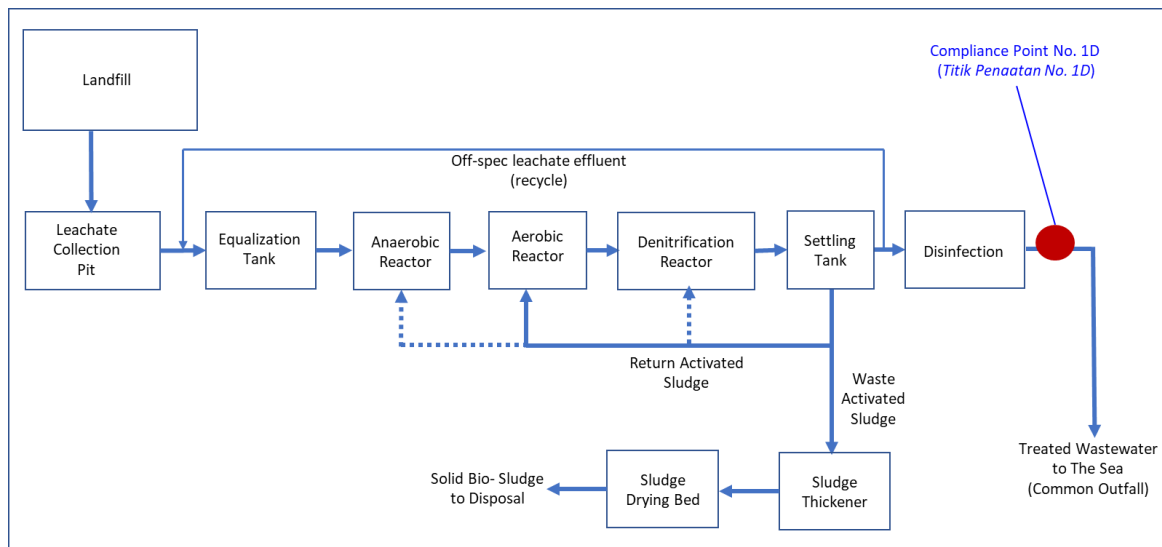
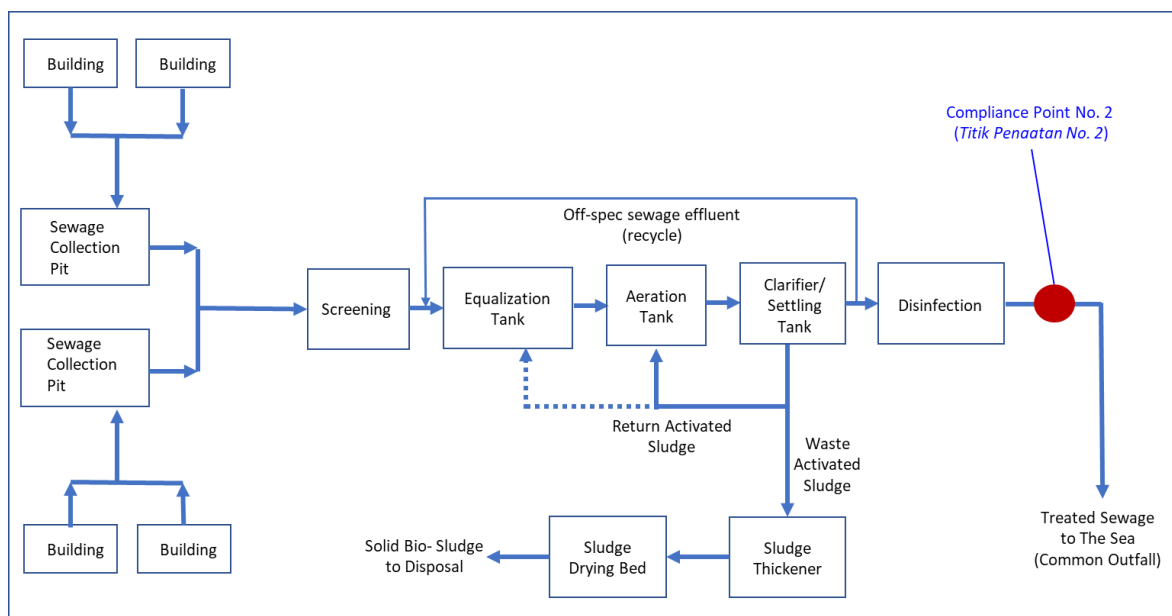


Brine Water, dan (7) Outlet Rainwater Bypass from AOC. Disamping itu juga merujuk pada beberapa Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang terkait seperti yang ditunjukkan dalam Tabel II-6.



Gambar II-58. Proses Pengolahan Air Lindi

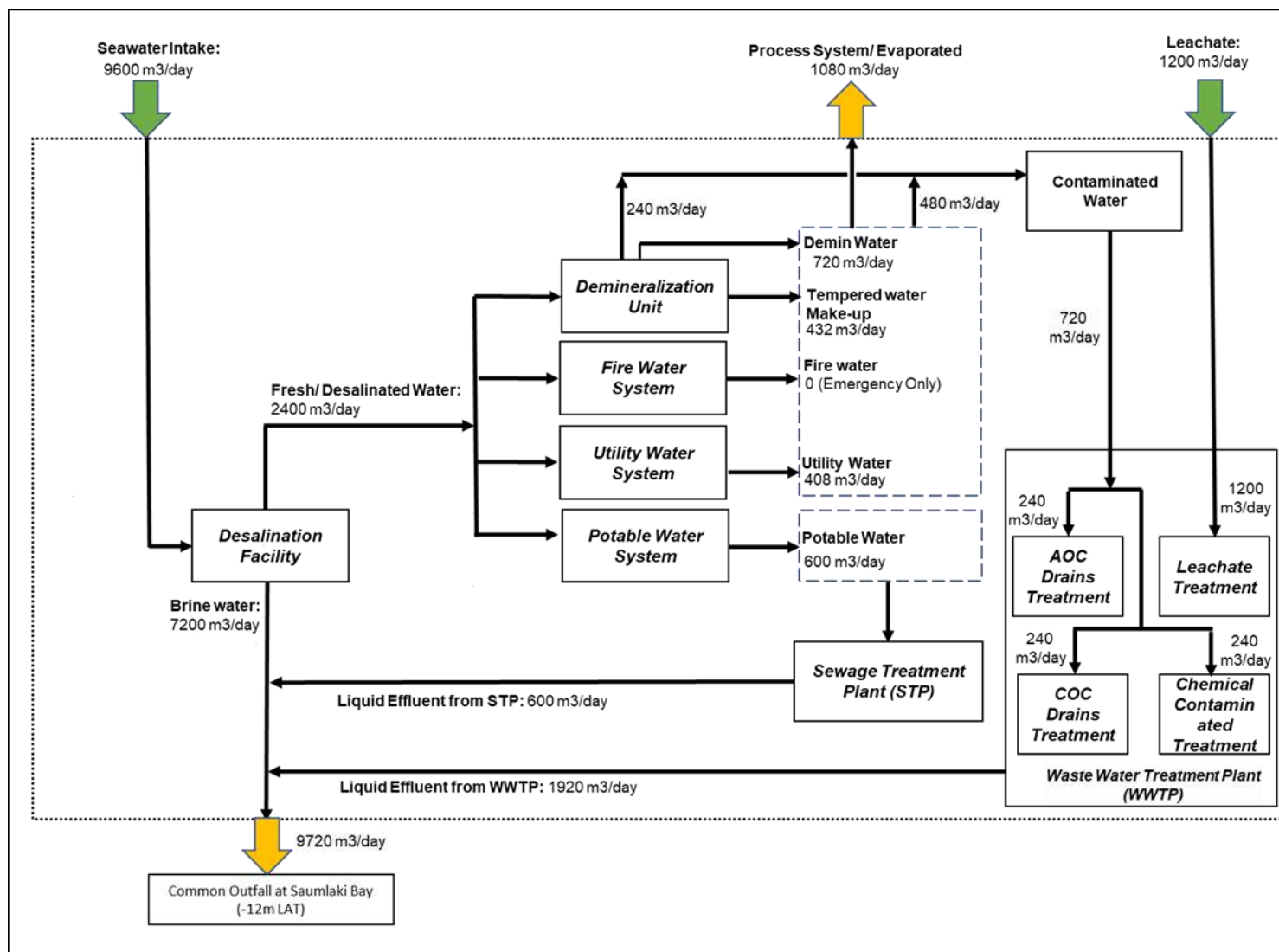


Gambar II-59. Proses Pengolahan Air Limbah di Sewage Treatment Plant

Secara keseluruhan, air limbah yang dihasilkan dari operasional OLNG diperkirakan mencapai 9.720 m³/hari. Sumber air untuk OLNG didapatkan dari hasil desalinasi air laut dengan jumlah intake air laut sebanyak 9.600 m³/hari. Desalinasi menghasilkan air bersih sebanyak 2.400 m³/hari yang digunakan untuk menunjang kegiatan operasi OLNG. Neraca air dari kegiatan OLNG tersebut dapat dilihat pada Gambar II-60.

Tabel II-27. Baku Mutu Acuan Pengolahan Air Limbah

Jenis Air Limbah	Baku Mutu Acuan
<i>Accidentally Oil Contaminated (AOC) water</i>	Permen LHK No. 19 Tahun 2010, Lampiran IV Poin 2
<i>Continuously Oil Contaminated (COC) water</i>	Permen LHK No. 19 Tahun 2010, Lampiran IV Poin 1
Air lindi	Permen LHK No.59 Tahun 2016, Lampiran I
Air dari <i>Sewage Treatment Plant</i>	Permen LHK No. 68 Tahun 2016, lampiran I



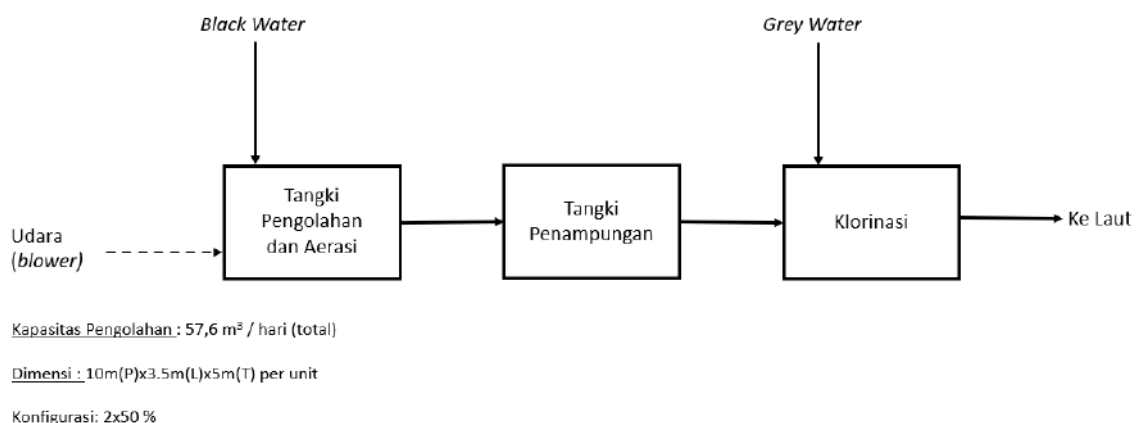
Gambar II-60. Neraca Air dari Operasional OLNG

Pengolahan dan pembuangan air limbah (limbah domestik, limbah berminyak dan limbah terkontaminasi) akan dilakukan sesuai dengan kajian teknis kegiatan pembuangan air limbah di O LNG dan FPSO yang telah mendapatkan persetujuan dari Direktorat Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Pesisir dan Laut, Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. S.376/PPKL/PPKPL/PKL.1/9/2021 pada tanggal 30 September 2021 (**Lampiran 10**).

Hasil pelingkupan menunjukkan kegiatan Pengolahan dan Pembuangan air limbah diidentifikasi menimbulkan dampak potensial sebanyak 11 parameter yaitu terhadap kualitas air laut terdiri dari: (1) perubahan pH air, (2) peningkatan konsentrasi minyak dan lemak (total hidrokarbon), (3) peningkatan konsentrasi TSS, (4) peningkatan konsentrasi khlorin bebas, (5) peningkatan konsentrasi sulfida, (6) peningkatan konsentrasi BOD, COD, TOC, (7) peningkatan konsentrasi fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) dan Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), (8) peningkatan konsentrasi total fenol, dan (9) peningkatan konsentrasi merkuri; dampak potensial terhadap biota laut terdiri dari: (1) gangguan terhadap habitat terumbu karang, dan (2) gangguan terhadap padang lamun atau rumput laut. Berdasarkan evaluasi terhadap dampak potensial, seluruh parameter dampak potensial tersebut ditetapkan menjadi DPH kecuali perubahan terhadap pH air laut. Seluruh DPH terhadap kualitas air laut diperkirakan dampaknya dalam Andal melalui pemodelan.

2.2.3.9.2 Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah (Limbah Domestik, Limbah Berminyak, dan Limbah Terkontaminasi) dari Kegiatan di Lepas Pantai

Air limbah selama operasional FPSO terutama adalah limbah *sewage* dan air limbah terkontaminasi minyak. Limbah *sewage* akan dikumpulkan dan diolah di *Sewage Treatment System* sesuai ketentuan dan persyaratan yang diatur dalam Permen LHK No. 19 Tahun 2010, Lampiran I Poin 4 dan *Annex IV MARPOL 73/78* tahun 2005. Sedangkan air limbah terkontaminasi minyak akan dikumpulkan dan diolah sesuai ketentuan Permen LHK No. 19 Tahun 2010, Lampiran I Poin 2 dan *Annex I MARPOL 73/78*. Konsentrasi minyak dan lemak yang boleh dibuang setelah air terkontaminasi minyak diolah adalah tidak melebihi 15 mg/L. Air limbah *sewage* akan dikumpulkan dan diolah dalam *Sewage Treatment System* yang ada di FPSO, seperti ditunjukkan pada **Gambar II-61**.



Gambar II-61. Sistem Pengolahan Air Limbah *Sewage*

Dari kegiatan operasional FPSO juga dihasilkan air limbah yang terkontaminasi minyak. Air limbah ini dikumpulkan dan diolah di dalam Slop Tank. Slop Tank di FPSO terdiri dari dua tangki, yaitu tangki

slop kotor dan tangki slop bersih. Tangki slop kotor menerima air dari open *drain system* di lambung kapal, kegiatan pencucian, *safety shower outlet*, dan kegiatan lainnya di bagian *topside* dan *hull* FPSO. Air berminyak di tangki slop kotor ini akan menetap selama beberapa hari hingga air dan minyak terpisah. Setelah beberapa hari, air bersih dari tangki slop kotor dipindahkan ke tangki slop bersih, sedangkan untuk lapisan minyak akan dipompa ke sistem drainase tertutup.

Pada tangki slop bersih, air juga dipertahankan selama beberapa hari untuk proses pengendapan. Setelah itu air bersih dari tangki akan dipompa melalui ODMS untuk memantau spesifikasinya. Jika spesifikasi terpenuhi, air yang telah diolah akan langsung dibuat ke laut. Sementara air yang masih belum memenuhi spesifikasi akan dialihkan kembali ke tangki slop kotor untuk diproses lebih lanjut. Diagram dari Slop Tank System dapat dilihat pada **Gambar II-62**.

Pengolahan dan pembuangan air limbah (limbah domestik, limbah berminyak dan limbah terkontaminasi) akan dilakukan sesuai dengan kajian teknis kegiatan pembuangan air limbah di OLNK dan FPSO yang telah mendapatkan persetujuan dari Direktorat Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Pesisir dan Laut, Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. S.376/PPKL/PPKPL/PKL.1/9/2021 pada tanggal 30 September 2021 (**Lampiran 10**).

Berdasarkan hasil pelingkupan, dampak potensial yang diidentifikasi oleh kegiatan Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah (Limbah Domestik, Limbah Berminyak, dan Limbah Terkontaminasi) dari Kegiatan di Lepas Pantai adalah peningkatan konsentrasi minyak dan lemak (total hidrokarbon), peningkatan konsentrasi TSS, peningkatan konsentrasi klorin bebas, peningkatan konsentrasi sulfida, penurunan konsentrasi DO, peningkatan konsentrasi BOD, COD, TOC, Peningkatan Konsentrasi Fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) dan Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$). Ketujuh dampak potensial ini, berdasarkan hasil evaluasi terhadap dampak potensial, tidak ada yang ditetapkan menjadi dampak penting hipotetik (DPH); namun demikian adanya dampak sisa (*residual impacts*) oleh pembuangan air limbah yang telah diolah ini tetap diperkirakan dampaknya dan dikaji dalam Andal melalui pemodelan dispersi senyawa-senyawa yang terkandung dalam air limbah.



Gambar II-62. Pengolahan Air Limbah Berminyak di *Slop Tank System*

2.2.3.9.3 Pengolahan dan Pembuangan Air Terproduksi

Sistem pengolahan air terproduksi pada fasilitas FPSO didesain untuk mengolah air terproduksi (*produced water*) dengan kapasitas desain sekitar 16.000 bpd untuk memenuhi spesifikasi proyek dengan kriteria kandungan minyak di dalam air kurang dari 50 mg/L, sebelum dibuang ke laut. Sistem pengolahan ini menerima air terproduksi (*produced water*) dari Inlet Gas HP Separator, LP Separator, *MEG Regeneration Package* dan *BTEX Removal Package*. Sistem pengolahan ini juga dapat dipakai untuk pengolahan air *off-spec* dari marine slop tank. Proses pengolahan air

terproduksi dilakukan di unit *Produced Water Treatment System* dengan kapasitas 2.544 m³/hari. Pengolahan di unit tersebut terbagi menjadi dua proses sebagai berikut:

1. Proses Pengolahan Primer

Pengolahan primer dimaksudkan untuk menghilangkan komponen hidrokarbon dan padatan tersuspensi dalam air diproduksi. Peralatan pengolahan yang digunakan adalah *Produced Water Degassing Vessel* dan *Produced Water Buffer Tanks*. Air diproduksi dari header dialirkan dalam *Produced Water Degassing Vessel*, yang menghilangkan sebagian besar gas hidrokarbon, cairan hidrokarbon, dan pasir. Air yang dihasilkan kemudian dikirim ke *Produced Water Buffer Tanks* untuk ditampung selama tujuh hari untuk memungkinkan dekantasi minyak tanpa menghentikan proses produksi utama. Air diproduksi keluaran dari *Produced Water Buffer Tanks* diharapkan memiliki hidrokarbon terdispersi maksimum 200 ppm (berat).

2. Proses Pengolahan Sekunder

Dari pengolahan primer, air yang dihasilkan dikirim ke pengolahan sekunder untuk menghilangkan tidak hanya senyawa organik, minyak, dan padatan tersuspensi, tetapi juga menghilangkan hidrokarbon aromatik terlarut seperti BTEX (benzena, toluena, etil-benzena dan xylene) dan PAHs (Hidrokarbon Aromatik Polisiklik). Pada fasilitas FPSO, proses ini akan dilakukan di bagian Ekstraksi Hidrokarbon. Ada berbagai teknologi untuk melakukan tindakan ini, berikut ini beberapa teknologi yang dipertimbangkan:

3. *Deoiling Hydrocyclone*

4. *Gas Floatation*

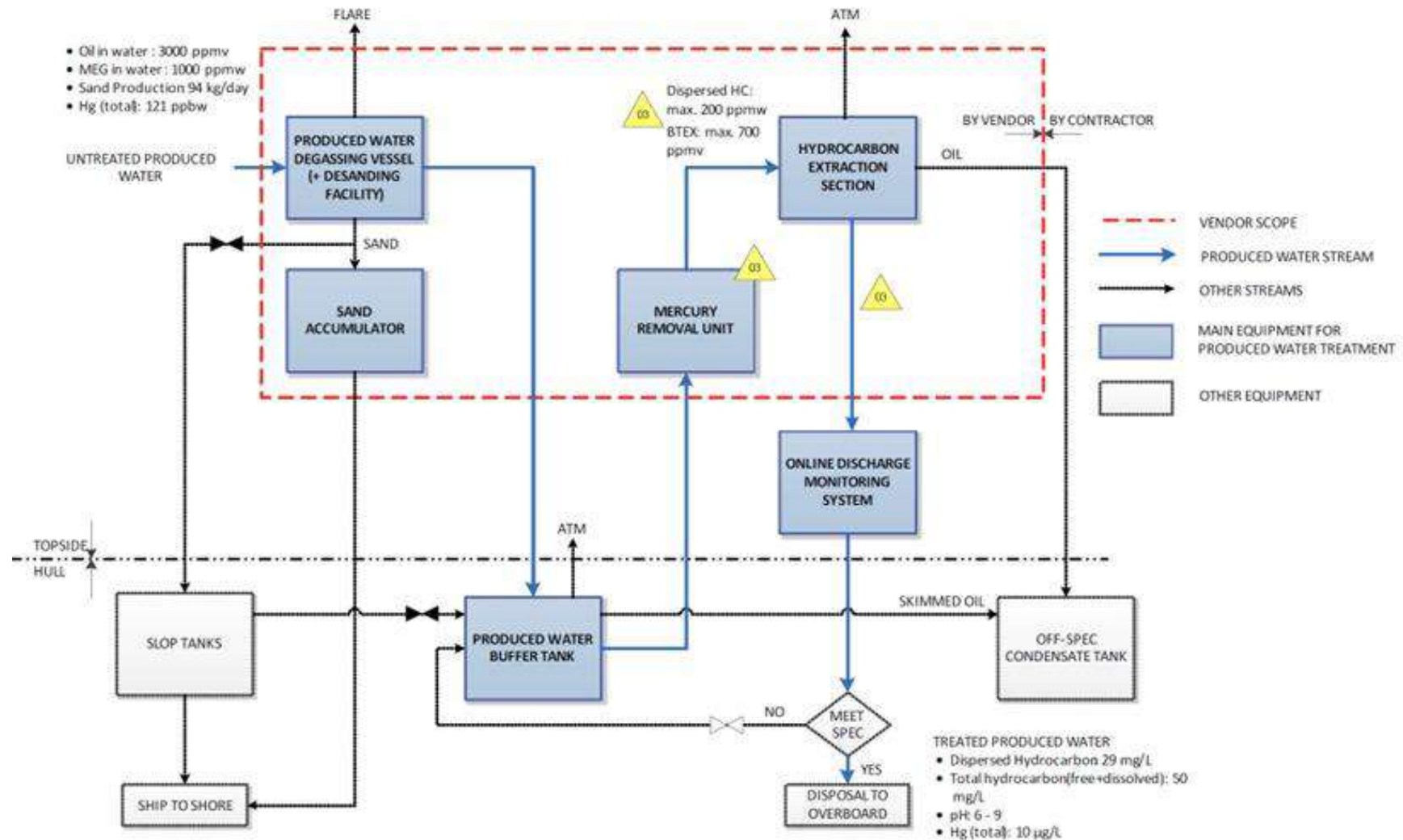
5. *Macro Porous Polymer Extraction*

6. *C-TourTM*

Sebelum memasuki bagian ekstraksi hidrokarbon, air diproduksi dialirkan melalui unit penghilangan merkuri untuk menyaring partikulat merkuri sebanyak mungkin. Unit penghilangan merkuri terdiri dari dua (2) tahap penyaringan: 20 µm dan 0,45 µm filter *cartridge*. Konsentrasi maksimum gabungan untuk merkuri ionik dalam bentuk partikulat, terlarut dan tidak terlarut dalam air diproduksi yang telah diolah (*overboard water*) adalah 0,01 mg/L (10 µg/L).

Setelah melalui unit ini, air kemudian dialirkan menuju *hydrocarbon extraction section* yang berfungsi menghilangkan hidrokarbon yang terlarut dalam air diproduksi. Konsentrasi HC total inlet adalah maksimum 2.250 mg/L dengan rincian HC tersuspensi 1.725 mg/L dan terlarut (BTEX) 21 mg/L. Dengan demikian efisiensi pengolahan (*removal rate*) adalah 98,3% untuk HC tersuspensi, 96% untuk BTEX. Secara keseluruhan efisiensi pengolahan HC total adalah 97,8%.

Setelah itu, sebelum dibuang ke laut air limbah yang telah diolah dialirkan menuju ODMS untuk memantau spesifikasi kualitas air limbah. Apabila spesifikasi telah sesuai, maka air dialirkan menuju ke *disposal section* untuk dibuang ke laut menggunakan *caisson*. Air dibuang ke Laut Arafura pada kedalaman -12 m LAT. Baku mutu pembuangan limbah air diproduksi mengacu kepada Persetujuan Teknis Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah yang Dibuang ke Laut dari kegiatan FPSO dengan Surat No. S.376/PPKL/PPKPL/PKL-1/9/2021, yang menetapkan kadar minyak dan lemak dalam air diproduksi tidak lebih dari 50 mg/L. Disamping itu juga mengacu pada Permen LHK No. 19 Tahun 2010, Lampiran I Poin 1. Bagan alir sistem pengolahan air diproduksi tercantum dalam **Gambar II-63**.



Gambar II-63. Bagan Alir Pengolahan Air Terproduksi di FPSO

Pengolahan dan pembuangan air limbah (limbah domestik, limbah berminyak dan limbah terkontaminasi) akan dilakukan sesuai dengan kajian teknis kegiatan pembuangan air limbah di O LNG dan FPSO yang telah mendapatkan persetujuan dari Direktorat Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Pesisir dan Laut, Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. S.376/PPKL/PPKPL/PKL.1/9/2021 pada tanggal 30 September 2021 (**Lampiran 10**).

Berdasarkan hasil pelingkupan, dampak potensial yang diidentifikasi dari kegiatan Pengolahan dan Pembuangan Air Terproduksi adalah peningkatan konsentrasi minyak dan lemak (total hidrokarbon), peningkatan konsentrasi TSS, peningkatan konsentrasi BTEX dan peningkatan konsentrasi merkuri. Dari keempat dampak potensial ini, berdasarkan hasil evaluasi terhadap dampak potensial, tiga dampak potensial yaitu peningkatan konsentrasi minyak dan lemak (total hidrokarbon), peningkatan konsentrasi TSS, peningkatan konsentrasi BTEX ditetapkan menjadi dampak penting hipotetik (DPH). Dampak sisa (*residual impacts*) oleh pembuangan air terproduksi yang telah diolah akan diperkirakan dampaknya dan dikaji dalam Andal melalui pemodelan dispersi senyawa-senyawa yang terkandung dalam air limbah air terproduksi yang dibuang ke laut.

2.2.3.9.4 Pengelolaan Air *Ballast*

Untuk kapal-kapal besar (Kapal Tanker LNG, Kapal Kondensat), pembuangan pengelolaan air limbah (*bilge water*, air limbah mengandung minyak, air *ballast*, air limbah sanitari) kapal dilakukan secara independen di luar daerah kerja INPEX, sesuai dengan ketentuan MARPOL dan PP No. 21 Tahun 2010. Kapal-kapal besar telah dilengkapi fasilitas pengolahan limbah sanitari dan air limbah yang mengandung minyak sesuai ketentuan MARPOL.

Sistem air *ballast* FPSO dirancang terpisah dan independen dari tangki kargo kondensat untuk menghindari potensi kontaminasi silang dan pembuangan hidrokarbon ke laut. Sistem pengambilan sampel hidrokarbon akan disediakan dalam tangki air *ballast* FPSO untuk mendeteksi kontaminasi hidrokarbon yang tidak disengaja. Untuk tangki *ballast* FPSO yang terletak berdekatan dengan tangki kargo, detektor hidrokarbon akan dipasang di jalur pompa pembuangan. Untuk kapal-kapal besar (Kapal Tanker LNG dan Kapal Kondensat), pengelolaan air *ballast* (pembuangan air *ballast*) dari kapal akan dilakukan secara independen di luar daerah kerja INPEX, sesuai dengan ketentuan MARPOL, PP No. 21 Tahun 2010 dan Peraturan Menteri Perhubungan No PM 29 Tahun 2014. Disamping itu, kapal-kapal besar sesuai ketentuan ini, harus memiliki fasilitas pengolahan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga, limbah sanitari, dan air limbah yang mengandung minyak.

Pengelolaan air *ballast* akan dilakukan mengikuti ketentuan *International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments (Ballast Water Management Convention or BWM Convention)* Tahun 2004 oleh IMO (*International Maritime Organization*) yang mulai berlaku efektif sejak September 2017 yang telah diratifikasi melalui Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 132 Tahun 2015 tentang Pengesahan Konvensi Internasional untuk Pengendalian Air *ballast* dan Sedimen dari Kapal, 2004; Peraturan Pemerintah No. 21 Tahun 2010 tentang Perlindungan Lingkungan Maritim (Pasal 5 dan Pasal 6); Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 29 Tahun 2014 tentang Pencegahan Pencemaran Lingkungan Maritim (Bagian Kedua, Paragraf 3, Pasal 48-50).

Pengolahan dan pembuangan air limbah (Ballast) akan dilakukan sesuai dengan kajian teknis kegiatan pembuangan air limbah di O LNG dan FPSO yang telah mendapatkan persetujuan dari Direktorat Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Pesisir dan Laut, Direktorat Jenderal

Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. S.376/PPKL/PPKPL/PKL.1/9/2021 pada tanggal 30 September 2021 (**Lampiran 10**).

Hasil pelingkupan menunjukkan dampak potensial yang diidentifikasi adalah introduksi spesies eksotik biota laut, namun oleh karena pengelolaan air ballas (baik oleh FPSO, kapal kargo, kapal tanker LNG dan kondensat) akan dan harus dilakukan sesuai ketentuan-ketentuan tersebut diatas, maka berdasarkan hasil evaluasi dampak potensial – introduksi spesies biota laut tidak ditetapkan sebagai DPH.

2.2.3.9.5 Peralatan Darurat Bertenaga Diesel (Bahan Habis Terpakai: Oli, Bahan Bakar, Baterai, Majun)

FPSO

Untuk mendukung kegiatan FPSO, Generator Listrik Darurat (*Emergency Power Generator*) dipasang untuk mencakup beban darurat dan beban pemulihan listrik dengan filosofi N. Generator Listrik Darurat berbahan bakar diesel akan mencakup kebutuhan akomodasi dan beban *start-up*, termasuk *start-up* pompa air laut, pompa air pendingin tertutup dan kompresor udara instrumen. Generator Listrik Darurat juga mencakup kebutuhan untuk peralatan kritis dari sudut pandang keselamatan dan dinilai dengan tingkat kontingensi 10%. Kebutuhan bahan bakar minyak diesel untuk keadaan darurat diperkirakan sebesar 3,1 m³/jam untuk memenuhi kebutuhan Pompa Pemadam Kebakaran, Pembangkit Listrik Darurat dan Pembangkit Listrik Esensial.

Tangki bahan bakar diesel memiliki kapasitas yang cukup untuk menampung kebutuhan bahan bakar selama empat belas (14) hari sebelum pengisian ulang dilakukan, namun kapasitas tersebut perlu diverifikasi sesuai dengan kode, kelas dan standar yang berlaku. Dalam pengoperasiannya, generator-generator tersebut juga memerlukan bahan atau material seperti oli (minyak pelumas), bahan bakar, baterai dan majun untuk kelancaran operasionalnya.

OLNG

Untuk mendukung kegiatan operasi Kilang OLNG, diperlukan Pembangkit Listrik Darurat Bertenaga Diesel (*Emergency Diesel Generator*) dan peralatan darurat bertenaga diesel lainnya. Pembangkit dan peralatan berbahan diesel ini akan siap beroperasi untuk memasok listrik dalam keadaan darurat dan memastikan keselamatan Kilang OLNG ketika Pembangkit Listrik Utama (*Gas Turbine Generator*) dalam keadaan mati. Dalam keadaan normal, pembangkit dan peralatan darurat ini akan dinyalakan secara berkala untuk menjaga kehandalannya pada saat darurat. Dalam pengoperasiannya, generator tersebut memerlukan bahan atau material seperti oli (minyak pelumas), bahan bakar, baterai, dan majun untuk kelancaran operasionalnya. Bahan bakar minyak diesel yang diperlukan untuk operasi pembangkit dan peralatan darurat ini diperkirakan sebesar 4.000 ton per tahun.

2.2.3.9.6 Pengolahan dan Pembuangan Sampah Rumah Tangga serta Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga

Kegiatan operasi Kilang OLNG akan menghasilkan limbah sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga (*garbage*), dari basecamp karyawan, dapur, kantin; dan limbah non-organik (non-biodegradable atau inert) yaitu dari area perkantoran, bangunan, akomodasi, dan area proses kilang yang diantaranya berupa serpihan logam, kaleng cat yang kosong, sisa-sisa packaging bahan dan material dan lainnya. Pengelolaan sampah dan sejenis sampah rumah tangga yang tergolong

non B3 akan dilakukan sesuai Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah dan Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Disamping itu kegiatan operasi Kilang OLNG juga akan menghasilkan sampah spesifik yang pengelolaannya diatur pada Peraturan Pemerintah No. 27 tahun 2020, tentang Pengelolaan Sampah Spesifik, terutama sampah yang mengandung B3 dan sampah yang mengandung limbah B3 yang perlu dikelola yang merupakan bagian dari sejumlah Sampah Spesifik yang dikemukakan dalam Pasal 2 Peraturan Pemerintah ini.

Sampah dan sampah sejenis sampah rumah tangga yang berasal dari kegiatan operasi OLNG akan dikumpulkan untuk dikelola di lokasi kilang. Pengelolaan limbah non B3 yang tergolong sebagai limbah organik (mudah terurai atau *biodegradable*) terdiri dari *sanitary landfill* atau dikomposkan. Limbah yang bersifat inert, semaksimal mungkin akan didaur-ulang atau dibakar di insinerator limbah non B3 untuk limbah-limbah yang tidak dapat didaur-ulang maupun dikomposkan. Insinerator terletak di dalam lokasi OLNG dengan jarak kurang lebih 2 (dua) km dari desa terdekat, yaitu Desa Lermatang. Perkiraan volume sampah yang dihasilkan pada tahap operasi Kilang OLNG tercantum dalam Tabel II-28.

Prinsip minimalisasi limbah padat akan secara kontinu dilaksanakan di seluruh rangkaian kegiatan pengoperasian Kilang OLNG beserta fasilitas pendukung hingga limbah yang dihasilkan serendah mungkin.

Tabel II-28. Perkiraan Jenis dan Volume Sampah Tahap Operasi OLNG

No	Limbah non-B3	Perkiraan Volume (m ³ /tahun)
1	Sampah organik	4.000
2	Sampah yang dapat didaur ulang	3.000
3	Sampah yang dapat dibakar	15.000
4	Sampah makanan	3.000
5	Sampah yang tidak mudah diuraikan (inert)	2.000

Sumber: INPEX 2019, dari berbagai referensi.

Hasil pelingkupan menunjukkan kegiatan Pengolahan dan Pembuangan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga diidentifikasi hanya menimbulkan dampak potensial berupa perubahan prevalensi penyakit dan perubahan sanitasi lingkungan. Berdasarkan evaluasi dampak potensial, dampak perubahan sanitasi lingkungan ditetapkan sebagai DPH, dan dampaknya dikaji lebih lanjut dalam Andal.

2.2.3.9.7 Pengolahan dan Pembuangan Sampah Rumah Tangga serta Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga dari Kegiatan di Lepas Pantai

Limbah sampah rumah tangga dan sejenis sampah rumah tangga (*garbage*) yang dihasilkan dari operasional FPSO dan juga kapal-kapal pendukung operasional SURF dan GEP terdiri dari limbah organik (sisa makanan) dan limbah non-organik antara lain plastik, kaleng, potongan logam bekas (*scrap metal*) dan styrofoam, sisa-sisa *packaging*, sisa muatan kapal, dan lainnya.

Limbah rumah tangga (sisa makanan sebagai limbah organik *biodegradable*) akan dikelola pada FPSO dan pada kapal-kapal untuk operasional SURF dan GEP. Pengelolaan limbah akan dilakukan sebagaimana dipersyaratkan pada PP No. 21 Tahun 2010 tentang Perlindungan Lingkungan Maritim dan Permen LH No. 19 tahun 2010, serta *Annex V MARPOL 73/78*. Limbah rumah tangga setelah diolah dan memenuhi ketentuan akan dibuang ke laut (Lepas Pantai Laut Arafura).

Limbah sejenis limbah rumah tangga yang termasuk sebagai limbah non-organik (*non-biodegradable* atau inert) akan dikumpulkan dan dikelola di darat di lokasi Fasilitas Pengolahan Limbah di lokasi Kilang OLNG. Pengelolaan limbah non-organik akan dilakukan mengikuti ketentuan sesuai PP No. 21 Tahun 2010 dan Permen LH No. 19 tahun 2010, serta *Annex V MARPOL 73/78*. Limbah maupun bahan lainnya yang tergolong sebagai limbah B3, antara lain oli bekas, baterai, majun terkontaminasi minyak dan lainnya, akan dibawa ke darat untuk ditampung dan dikelola lebih lanjut sesuai ketentuan peraturan perundangan mengenai pengelolaan limbah B3.

Berdasarkan hasil pelingkupan, dampak potensial yang diidentifikasi oleh kegiatan Pengolahan dan Pembuangan Sampah Rumah Tangga dari Kegiatan di Lepas Pantai adalah peningkatan sampah (benda terapung), peningkatan konsentrasi TSS, penurunan konsentrasi DO, peningkatan konsentrasi BOD, COD, TOC, dan Peningkatan Konsentrasi Fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) dan Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$). Kelima dampak potensial ini, berdasarkan hasil evaluasi terhadap dampak potensial, tidak ada yang ditetapkan menjadi dampak penting hipotetik (DPH); namun demikian adanya dampak sisa (*residual impacts*) oleh pembuangan limbah rumah tangga pada FPSO dan kapal-kapal pendukung yang telah diolah ini tetap diperkirakan dampaknya dan dikaji dalam Andal melalui pemodelan dispersi senyawa-senyawa yang terkandung dalam limbah yang dibuang ke laut.

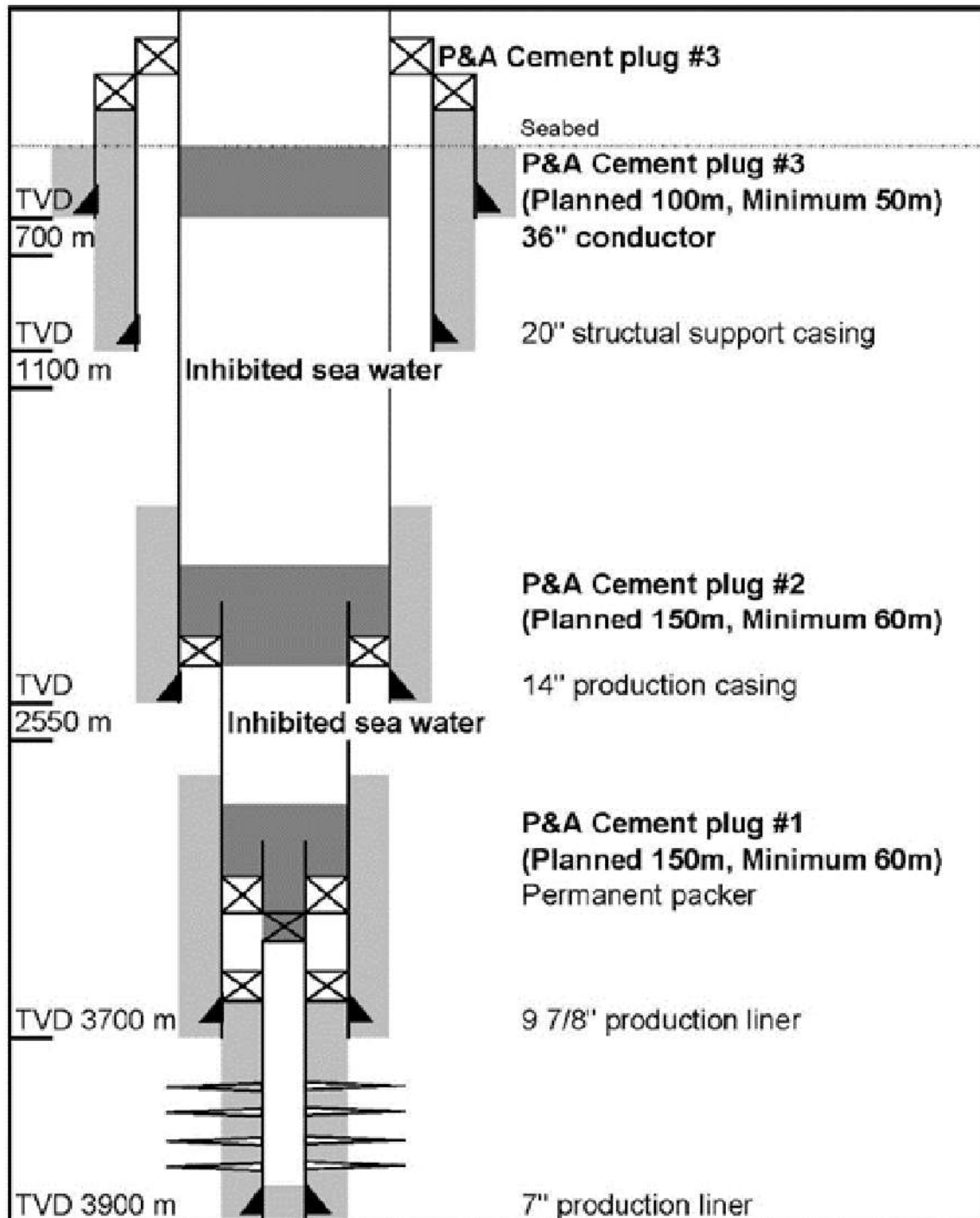
2.2.4 Tahap Pasca Operasi

2.2.4.1 Penutupan dan Pembongkaran Seluruh Fasilitas

Penutupan Sumur

Rencana penutupan sumur-sumur di Lapangan Gas Abadi dilakukan sesuai ketentuan SNI 6910-2022 yang berlaku mengenai Operasi Pemboran Darat dan Lepas Pantai serta mengacu kepada Permen ESDM No. 15 Tahun 2018 tentang Kegiatan Pasca Operasi Pada Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi. Gambar II-66 menunjukkan rencana penutupan sumur-sumur di Lapangan Gas Abadi. Sumur-sumur akan ditutup (*plug*) dan ditinggalkan secara permanen. *Well head* akan ditinggalkan di lokasi. *Subsea trees* akan dibongkar dan dibawa ke tempat pembuangan. Namun, analisis risiko akan dilakukan untuk menentukan jika *subsea trees* dapat ditinggalkan di tempat. Semua isolasi maupun katup-katup akan dipastikan dalam keadaan tertutup. Pekerjaan penutupan sumur ini akan dilakukan secara *batch* dengan tahapan pekerjaan sebagai berikut:

- *Run anchors*
- *Run BOP dan land on Christmas Tree*
- *Kill the well*
- *Recover BOP dan Christmas Tree*
- *Run BOP*
- *Recover completion*
- *Set cement plug*
- *Pull BOP*
- *Recover anchor*



Gambar II-64 Rencana Penutupan Sumur di Lapangan Gas Abadi

Fasilitas Bawah Laut dan Pipa

Kegiatan-kegiatan ASR (*Abandonment and Site Restoration*) berikut ini direncanakan akan dilaksanakan terkait fasilitas bawah laut dan pipa penyalur:

- *Subsea flowline* akan dibersihkan, dibilas, dan diisi dengan air laut. Setelah kedua sisi ditutup, akan ditinggalkan di tempat, minimal dengan kedua ujung tertanam.
- Pipa penyalur bawah laut akan dibersihkan, dibilas dari hidrokarbon dan ditinggalkan di tempat dengan ujungnya tertanam sedalam 1 (satu) meter di bawah *mudline* dasar laut. Penanganan bahan-bahan berbahaya dan beracun (B3) dan tidak berbahaya yang tidak digunakan lagi serta

pengelolaan limbah B3 dan limbah non B3 akan dilaksanakan sesuai dengan peraturan perundang-undangan dan standar yang berlaku.

- Umbilicals akan diterminasi, dipasang pulling head, dibersihkan, dan diisi dengan air laut dan dibiarkan di tempat. Beban mungkin ditambahkan untuk stabilisasi.
- Fiber optics dan kabel bawah laut, termasuk umbilicals fiber optics dan kabel akan diputus daya, diterminasi, dan dibiarkan di tempat.
- *Wellheads, jumpiers, manifolds, struktur bawah laut (manifolds, Pipeline End Terminations (PLETs), dan Umbilical Termination Assemblies (UTAs))* akan dibersihkan, dibilas dari hidrokarbon dan dibiarkan di tempat dengan pertimbangan untuk konversi *artificial reefs*.

Pembongkaran fasilitas akan mengikuti ketentuan dalam Permenhub No. 129 Tahun 2016 tentang Alur Pelayaran dan Bangunan dan/atau instalasi di Perairan.

FPSO (Floating Production Storage and Offloading)

Kegiatan-kegiatan Pasca Operasi (ASR) berikut ini akan dilaksanakan terkait fasilitas FPSO:

- a) FPSO akan dibersihkan dari seluruh hidrokarbon, bahan berbahaya dan beracun. *Seawater intake caisson, flowline* dan *umbilical riser* akan dipindahkan. FPSO akan disertifikasi “aman dan bersih” sebelum pelepasan alat-alat pendukung. FPSO akan dibawa ke dermaga terlindung untuk pembuangan atau penggunaan selanjutnya.
- b) Sistem *mooring (anchor chains)* akan dilepaskan dari FPSO dan ditinggal di tempat
- c) *Flowline riser* akan dibersihkan, disiram dari hidrokarbon dan diambil untuk dipotong lalu dibuang.

Kilang OLNG (Onshore LNG)

Rencana *deCommissioning* (penutupan) fasilitas Kilang OLNG akan disusun untuk mendapat persetujuan dari pemerintah. Rencana tersebut akan disusun dengan mengikuti peraturan untuk *deCommissioning* yang berlaku pada saat pasca operasi. Besar kemungkinan bahwa sebagian besar Kilang OLNG dan fasilitas pendukungnya akan dibongkar. Namun demikian, diskusi dengan pemangku kepentingan (stakeholders) terkait, akan dilaksanakan untuk menentukan apakah fasilitas-fasilitas yang ada nantinya akan digunakan atau ditinggalkan. Rencana penutupan proyek termasuk serah terima dan pengalihan tanggung jawab atas fasilitas-fasilitas tersebut secara hukum akan ditentukan melalui proses ini.

Kegiatan-kegiatan Pasca Operasi (ASR) berikut ini akan dilaksanakan terkait fasilitas OLNG sebelum proses pelepasan:

- a) Fasilitas OLNG akan dibersihkan dari seluruh hidrokarbon, bahan berbahaya dan beracun.
- b) Tangki LNG, kondensat, refrigeran, diesel dan tangki hidrokarbon yang lain dan semua obyek baja di atas permukaan dan alat-alat akan dibongkar. Baja dan alat-alat yang dibongkar akan dibawa ke fasilitas pembuangan dengan persetujuan Pemerintah.
- c) Fasilitas berikut yang bisa digunakan kembali atau ditransfer (camp konstruksi, jalan, bangunan kantor dan gudang, pengolahan air, dermaga dan pembangkit listrik) akan didiskusikan dengan pemerintah dan pihak yang akan menerima fasilitas.

- d) Tanah lokasi OLNG akan diremediasi dan ditanam kembali seperlunya untuk mencegah erosi dan meningkatkan stabilitas tanah, namun tanah tidak akan dikembalikan ke kontur semula.
- e) Fondasi dan footings akan ditinggalkan di lokasi. Pola drainase alami akan dikembalikan bila memungkinkan.
- f) Tenaga kerja operasi yang terlatih dan penduduk setempat akan dipekerjakan untuk aktivitas pembongkaran, bila memungkinkan.
- g) Aktivitas *decommissioning* termasuk survei (untuk memeriksa kontaminasi) dan serah-terima (*handover*) ke operator, serta restorasi wilayah lapangan dari fasilitas-fasilitas pendukung di darat.

Pengelolaan Fasilitas yang Ditinggalkan

Fasilitas yang sudah ditutup dan ditinggalkan akan dan/atau dapat menjadi milik Pemerintah atau didemolisi (dipotong-potong) atau dipertimbangkan untuk digunakan kembali di lokasi lain, sesuai kelak keputusan Pemerintah.

Dampak Terhadap Lingkungan

Dari seluruh rangkaian kegiatan Penutupan dan Pembongkaran Fasilitas Kilang OLNG dan fasilitas pendukungnya, FPSO, SURF dan GEP seperti dikemukakan tersebut diatas, akan menimbulkan berbagai jenis sisa-sisa bongkaran bangunan, *scrap metal*, sisa-sisa bahan kimia dan bahan lainnya yang tergolong B3, limbah B3 dan non B3. Seluruh limbah-limbah yang timbul akan dikelola sesuai peraturan perundangan yang berlaku kelak pada saat penutupan dan pembongkaran fasilitas dilakukan.

Pembongkaran (demolisi) bangunan dapat menimbulkan timbulan debu (partikulat) dan kebisingan, serta pembongkaran fasilitas TUKS di Teluk Saumlaki dan pengangkutan hasil bongkaran dapat mengganggu kegiatan perikanan masyarakat. Seluruh hasil-hasil bongkaran yang diangkut melalui jalan darat dan melalui laut berpotensi menimbulkan gangguan terhadap transportasi laut dan transportasi darat.

Berdasarkan hasil pelingkupan, parameter lingkungan yang diidentifikasi sebagai dampak potensial dari Penutupan dan Pembongkaran Fasilitas adalah: peningkatan konsentrasi Partikulat (TSP, PM₁₀ dan PM_{2.5}), peningkatan kebisingan, gangguan terhadap kegiatan perikanan, dan gangguan terhadap transportasi laut. Berdasarkan hasil evaluasi dampak potensial, tidak ada kegiatan yang ditetapkan lebih lanjut sebagai DPH dari kegiatan penutupan dan pembongkaran fasilitas.

2.2.4.2 Pelepasan Tenaga Kerja Operasional

Pelepasan tenaga kerja operasi akan dilakukan pada akhir tahap operasi. Proses pelepasan tenaga kerja akan ditentukan kemudian dan dilakukan sesuai peraturan yang berlaku. Pelepasan tenaga kerja mencakup tenaga kerja yang dipekerjakan langsung melalui INPEX (hubungan kontrak waktu tertentu dan tidak tertentu) serta tenaga kerja yang dipekerjakan melalui perusahaan pengarah tenaga kerja. Dalam pelaksanaannya, proses pelepasan tenaga kerja akan dikoordinasikan dengan para pemangku kepentingan (*stakeholder*) seperti halnya Dinas Perindustrian, Perdagangan dan Tenaga Kerja Kabupaten Kepulauan Tanimbar.

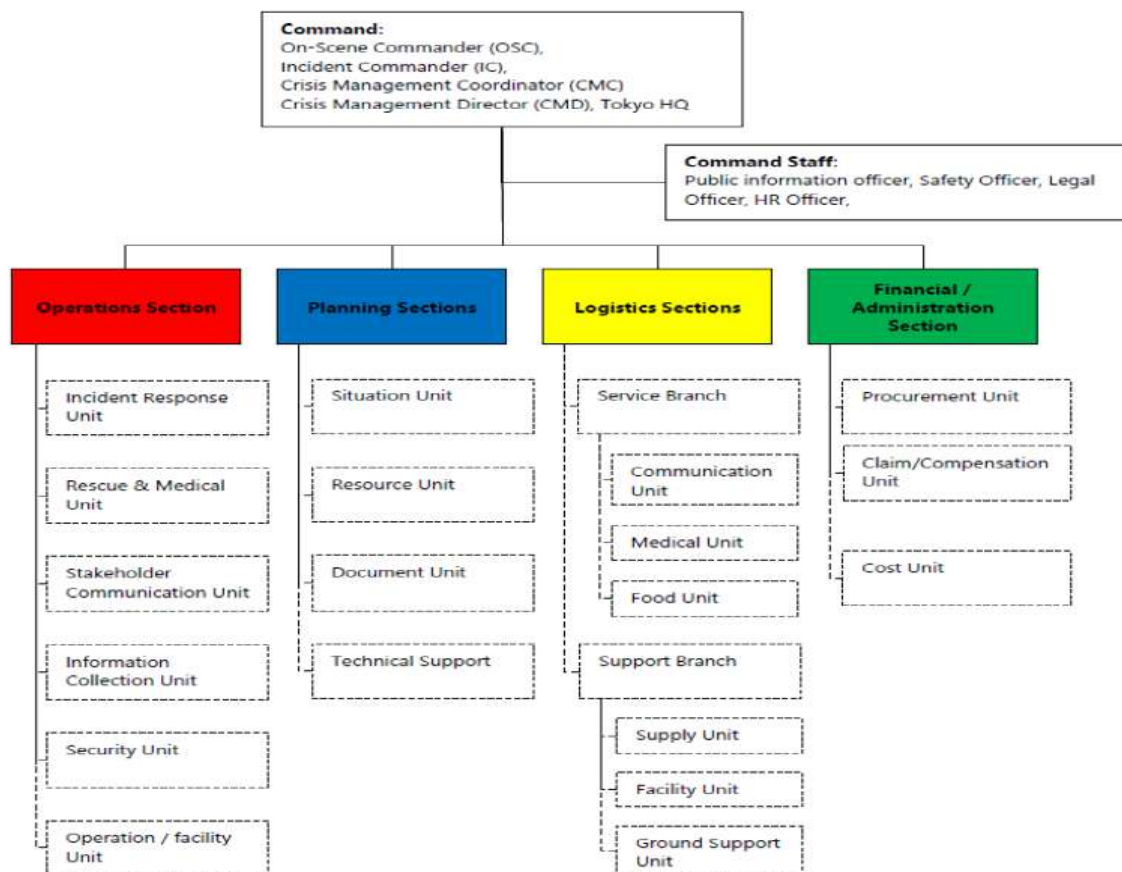
Beberapa dampak terhadap aspek sosial-ekonomi dan sosial-budaya akan timbul pada saat pelepasan tenaga kerja. Hasil pelingkupan menunjukkan Pelepasan Tenaga Kerja Operasional

diidentifikasi menimbulkan dampak potensial terhadap: perubahan peluang usaha lokal, perubahan tingkat pendapatan masyarakat, perubahan pola mata pencaharian masyarakat, kekhawatiran masyarakat, serta harapan dan keluhan masyarakat. Berdasarkan hasil evaluasi dampak potensial, kelima dampak potensial ini ditetapkan sebagai DPH yang dampaknya diperkirakan dan dikaji lebih lanjut dalam Andal.

2.3 Pengelolaan Lingkungan Hidup Awal yang Direncanakan

Secara umum pengelolaan lingkungan yang sudah direncanakan adalah membuat rencana tanggap darurat. Rencana tanggap darurat yang telah disiapkan untuk menunjang kegiatan proyek ditujukan untuk melindungi tenaga kerja dan masyarakat sekitar, melindungi Lingkungan, melindungi asset dan reputasi perusahaan serta memastikan keberlanjutan dalam menjalankan kegiatan proyek. Untuk memastikan efektivitas Rencana Tanggap Darurat ini, Tim Manajemen Tanggap Darurat telah dibentuk secara terstruktur dan memiliki kompetensi yang sesuai dalam merespons setiap kejadian kondisi darurat yang mungkin terjadi. Tim Manajemen Tanggap Darurat telah dan selalu secara reguler mendapatkan pelatihan-pelatihan untuk mempertahankan dan meningkatkan kompetensi serta kesiapsiagaan dalam penanganan situasi tanggap darurat.

Di antara persiapan tanggap darurat ini, koordinasi dengan instansi terkait direncanakan akan dilakukan secara rutin untuk memastikan dukungan penuh dalam setiap skenario tanggap darurat yang mungkin terjadi. Setiap kegiatan proyek yang akan dilaksanakan pada tiap tahapnya, baik masa konstruksi, operasi dan pasca operasi, akan dilengkapi dengan Rencana Tanggap Darurat yang lebih rinci dan menyeluruh. Rencana Tanggap Darurat tersebut akan disosialisasikan kepada seluruh tenaga kerja dan pemangku kepentingan lainnya yang terkait.



Gambar II-65. Contoh Struktur Organisasi Sistem Komando Kejadian Insiden (ICS/*Incident Command System*)

Selain itu secara khusus terhadap masing-masing yang timbul telah direncanakan pengelolaan lingkungan hidup awal. Rincian pengelolaan lingkungan tersebut adalah sebagai berikut:

2.3.1 Tahap Konstruksi

2.3.1.1 Penerimaan Tenaga Kerja Konstruksi

- a. Memberikan pengumuman kebutuhan pekerjaan pra-konstruksi secara transparan di kantor desa/kelurahan, kecamatan dan instansi terkait.
- b. Memprioritaskan menggunakan tenaga kerja setempat berkualifikasi yang memenuhi persyaratan.
- c. Membuat perjanjian kerja yang jelas dan transparan yang mengacu pada UU Ketenagakerjaan Indonesia No. 13 tahun 2003 dan Undang-undang No. 6 tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja menjadi Undang-Undang.
- d. Menerapkan juga praktik nasional dan internasional lainnya (yaitu melarang tenaga kerja anak, kerja paksa, dan tidak ada diskriminasi).
- e. Menetapkan standar kesehatan dan keselamatan yang mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 50 tahun 2012 tentang kesehatan dan keselamatan kerja.
- f. Membuat perjanjian kontrak dengan pemasok tenaga kerja (jika ada) yang berkomitmen untuk pelaksanaan Undang-Undang Ketenagakerjaan No. 13 tahun 2003, Undang-Undang Undang-undang No. 6 tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja menjadi Undang-Undang dan Peraturan Pemerintah No. 50 tahun 2012, serta praktik nasional dan internasional lainnya (yaitu melarang tenaga kerja anak, kerja paksa, dan tidak ada diskriminasi).
- g. Melakukan pendaftaran migrasi yang mengacu pada UU No. 52/2009 tentang Pengembangan Populasi dan Pengembangan Keluarga.
- h. Membuat dan melaksanakan perjanjian kerja yang bersih dan jelas yang mengacu pada UU Ketenagakerjaan Indonesia No. 13 tahun 2003 dan Undang-undang No. 6 tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja menjadi Undang-Undang.
- i. Menetapkan dan menerapkan standar kesehatan dan keselamatan yang mengacu pada PP No. 50 tahun 2012 tentang kesehatan dan keselamatan kerja.
- j. Membuat dan menerapkan perjanjian kontrak dengan pemasok tenaga kerja (jika ada) yang berkomitmen untuk pelaksanaan UU Ketenagakerjaan No. 13 tahun 2003, Undang-undang No. 6 tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja menjadi Undang-Undang dan Peraturan Pemerintah No. 50 tahun 2012, dan praktik nasional dan internasional lainnya (yaitu melarang tenaga kerja anak, kerja paksa, dan tidak ada diskriminasi).
- k. Memprioritaskan tenaga kerja dari tenaga kerja setempat sesuai dengan kebutuhan proyek dan sesuai dengan kualifikasi tenaga kerja setempat yang tersedia.

- l. Menginformasikan kepada masyarakat mengenai jumlah kesempatan kerja yang tersedia melalui Dinas Perindustrian, Perdagangan dan Tenaga Kerja Kabupaten Kepulauan Tanimbar serta dinas dan badan yang sama di Kabupaten Maluku Barat Daya
- m. Melakukan sosialisasi kesempatan kerja kepada Kepala Desa/Lurah dan Camat secara terbuka dan transparan.
- n. INPEX secara berkala akan melakukan sosialisasi peluang kesempatan kontraktor lokal kepada Kepala Desa/Lurah dan Camat secara terbuka dan transparan.
- o. INPEX akan mengikuti Keputusan Gubernur Maluku tentang upah minimum regional kabupaten/kota di Provinsi Maluku.
- p. INPEX akan menyusun, mensosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat.
- q. Mensosialisasikan kepada tenaga kerja migran terkait dengan warisan budaya yang ada di desa terdampak.
- r. Berkoordinasi dan berkonsultasi dengan pemilik warisan budaya dan tokoh adat setempat terkait dengan keberadaan cagar budaya.
- s. Membuat Program Pemberdayaan Masyarakat (PPM) untuk kelestarian budaya.
- t. Melakukan pemeriksaan kesehatan terhadap calon karyawan sebelum mulai bekerja, penyediaan asuransi kesehatan (BPJS Ketenagakerjaan dan Kesehatan).
- u. Melakukan tes kesehatan terhadap tenaga kerja secara berkala.
- v. INPEX akan melakukan Program Pemberdayaan Masyarakat (PPM) di bidang Kesehatan bagi masyarakat yang terkena dampak.
- w. Berkoordinasi dengan Dinas Perhubungan/DLLAJR dan Satlantas setempat.
- x. Menyiapkan rambu-rambu keselamatan lalulintas.
- y. Menyiapkan prosedur standar keselamatan dalam berkendara.

2.3.1.2 Mobilisasi Material, Peralatan dan Tenaga Kerja Menggunakan Jalur Laut

- a. Melakukan pemeriksaan secara berkala terhadap kelayakan mesin kapal yang digunakan, untuk memastikan kondisi mesin yang digunakan dalam keadaan laik sesuai dengan Perpres No. 29 tahun 2012 (Lampiran VI MARPOL 73/78)
- b. Melakukan sosialisasi rencana kegiatan
- c. Berkoordinasi dengan pihak terkait sehubungan dengan aktivitas di laut
- d. Menyiapkan rambu-rambu keselamatan pelayaran
- e. Menyiapkan prosedur standar keselamatan dalam pelayaran
- f. Membuat, mensosialisasikan dan melaksanakan mekanisme penyampaian dan penanganan keluhan
- g. Menjalin komunikasi efektif dengan para stakeholder.
- h. INPEX akan mematuhi peraturan yang berlaku tentang navigasi (PP No. 5 Tahun 2010)

2.3.1.3 Mobilisasi Material dan Tenaga Kerja Menggunakan Helikopter

- a. Melaksanakan rekomendasi manajemen lalu lintas udara
 - b. INPEX akan menyusun, mensosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat
 - c. Menjalin komunikasi efektif dengan para stakeholder.
1. Pengelolaan Air *Ballast*
 - INPEX akan mengelola air *ballast* agar aman terhadap lingkungan dalam kegiatan pengambilan dan pembuangan air sesuai dengan ketentuan MARPOL dan ketentuan MARPOL dan PM No. 29 Tahun 2014
 2. Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah (Limbah Domestik, Limbah Berminyak, dan Limbah Terkontaminasi)
 - a) Air Limbah *sewage* akan dikumpulkan dan diolah di Fasilitas Pengolahan Air Limbah *sewage* sesuai ketentuan dan persyaratan yang diatur dalam Permen LH No. 19 tahun 2010 dan *Annex IV MARPOL 73/78* tahun 2005
 - b) Air limbah terkontaminasi minyak akan dikumpulkan dan diolah sesuai ketentuan Permen LH No. 19 tahun 2010 dan *Annex I MARPOL 73/78*
 3. Pengolahan dan Pembuangan Sampah Rumah Tangga dan Sejenis Sampah Rumah Tangga dari Kegiatan di Lepas Pantai
 - a) INPEX akan mengikuti ketentuan-ketentuan yang berlaku dalam: (1) pengelolaan sampah (sesuai UU No. 18 Tahun 2008); (2) Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga (sesuai PP No. 81 Tahun 2012)
 - b) Tidak melakukan pembuangan akhir sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga di lepas pantai, melainkan akan ditransportasi ke darat dan dikelola lebih lanjut
 4. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (Bahan Habis Terpakai: Oli, Bahan Bakar, Baterai, Majun)
 - Mengupayakan tidak melakukan kegiatan-kegiatan yang berpotensi menimbulkan kebisingan pada malam hari
 5. Pelepasan Tenaga Kerja Konstruksi
 - a) INPEX akan mematuhi peraturan perundang-undangan yang berlaku tentang ketenagakerjaan
 - b) Secara berkala akan menginformasikan kepada masyarakat mengenai jumlah kesempatan kerja yang tersedia melalui Dinas Perindustrian, Perdagangan dan Tenaga Kerja Kabupaten Kepulauan Tanimbar serta Dinas dan badan yang sama di Kabupaten Maluku Barat Daya
 - c) Melakukan sosialisasi tentang pelepasan tenaga kerja pada seluruh tahap
 - d) Menyusun dan melaksanakan manajemen penanganan keluhan
 - e) Menjalin komunikasi efektif dengan para stakeholder.

2.3.1.4 Pembersihan dan Penyiapan Lahan (Pengoperasian Alat Berat, Peledakan, Gali-Urug, Perataan dan Pemadatan)

- a. Melakukan pengurangan timbunan debu dengan cara penyiraman/ penyemprotan air ke permukaan tanah pada lokasi proyek terutama pada hari-hari tidak hujan.
- b. Tidak melakukan kegiatan-kegiatan yang berpotensi menimbulkan kebisingan pada malam hari.
- c. Membangun sistem drainase sementara limpasan air hujan dilengkapi dengan kolam sedimentasi dan penangkap serasah.
- d. Pembukaan lahan dilakukan terbatas pada daerah konstruksi.
- e. Pembersihan dan penyiapan lahan dilakukan terbatas hanya di dalam lokasi proyek dan dalam pelaksanaannya akan mempertimbangkan jarak terdekat dengan pemukiman maupun infrastruktur umum untuk menghindari terjadinya dampak turunan.
- f. Melakukan diskusi dengan Kementerian Lingkungan Hidup dan target akuifer untuk menentukan suplai air tanah yang akan digunakan dalam kegiatan.
- g. Menerapkan dan membangun fasilitas pengendalian erosi pada lokasi proyek dengan memperhatikan kemiringan lahan dan arah aliran air.
- h. Pembukaan lahan dilakukan terbatas pada daerah konstruksi dan atau operasi.
- i. Segera melakukan penanaman pada lokasi kegiatan setelah penyiapan lahan selesai dilakukan.
- j. Menyediakan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam lokasi kegiatan sesuai dengan peraturan yang berlaku tentang RTH.
- k. Mempertimbangkan dan memprioritaskan pengusaha lokal sesuai kebutuhan dan persyaratan proyek dan kualifikasi serta spesifikasi yang dimiliki oleh pengusaha lokal.
- l. INPEX akan menyusun, mensosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat
- m. Menjalin komunikasi efektif dengan para *stakeholder*.

2.3.1.5 Pemboran untuk Pengembangan Sumur-Sumur Gas (RFSU dan *Infill*)

- a. Mengupayakan tidak melakukan kegiatan-kegiatan yang berpotensi menimbulkan kebisingan pada malam hari
- b. Memastikan bahwa operasi pemboran tidak dimulai saat mamalia laut berada dalam zona eksklusi radius 500 m, dengan durasi setidaknya 30 menit sebelum pemboran dimulai
- c. Operasi pemboran hanya dapat dimulai setelah mamalia laut berada di luar zona eksklusi.

2.3.1.6 Penyelesaian Sumur, Gas Suar (*Flaring*)

- a. Melakukan Flaring hanya apabila diperlukan
- b. Melakukan pemetaan terhadap jangkauan pendaran cahaya
- c. Menerapkan rencana pengelolaan gas rumah kaca yang disesuaikan dengan kebijakan perusahaan, regulasi di Indonesia, dan regulasi internasional

- d. Menghitung, dan melaporkan seluruh emisi gas rumah kaca yang dihasilkan berdasarkan regulasi nasional dan internasional
- e. Memprediksi emisi gas rumah kaca di masa depan untuk mengantisipasi potensi dampak yang dihasilkan di masa depan

2.3.1.7 Transportasi dan Pemasangan FPSO (*Mooring*)

- a. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap gangguan benthos. Gangguan terhadap benthos merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*). Namun demikian perubahan benthos akan dipantau
- b. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus untuk gangguan terhadap mamalia laut. Gangguan terhadap mamalia laut merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*) dari kegiatan

2.3.1.8 Pemasangan Pipa Ekspor Gas Bawah Laut (GEP) Lepas Pantai

- a. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap gangguan benthos. Gangguan terhadap benthos merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*). Namun demikian perubahan benthos akan dipantau.
- b. Memastikan bahwa kegiatan pemasangan pipa tidak dimulai saat mamalia laut berada dalam zona eksklusi radius 500 m, dengan durasi setidaknya 30 menit sebelum pengeboran dimulai.
- c. Operasi pemasangan hanya dapat dimulai setelah mamalia laut berada di luar zona eksklusi.
- d. INPEX akan menyusun, mensosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat.
- e. Menjalin komunikasi efektif dengan para stakeholder.
- f. Kegiatan pemasangan pipa akan dilakukan dengan mengacu pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 32 Tahun 2021 tentang Inspeksi Teknis dan Pemeriksaan Keselamatan Instalasi dan Peralatan Pada Kegiatan Usaha Minyak dan Gas Bumi
- g. Pemasangan pipa bawah laut akan mengacu Peraturan Menteri Perhubungan No. 129 tahun 2016 tentang Alur Pelayaran di Laut dan Bangunan dan/atau Instalasi di Perairan dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 27 Tahun 2022 Perubahan Ketiga atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 71 Tahun 2013 tentang Salvage dan/atau Pekerjaan Bawah Air
- h. INPEX akan mematuhi peraturan yang berlaku tentang navigasi (PP No. 5 Tahun 2010).
- i. Melakukan sosialisasi rencana kegiatan.
- j. Berkoordinasi dengan pihak terkait sehubungan dengan aktivitas di laut.
- k. Menyiapkan rambu-rambu keselamatan pelayaran.
- l. Menyiapkan prosedur standar keselamatan dalam pelayaran.

2.3.1.9 Pemasangan GEP di Perairan Pantai Pengeboran Horizontal (*HDD-Horizontal Directional Drilling*) dan/atau Penggalian (*Trenching*)

- a. Pemasangan pipa bawah laut akan mengacu Peraturan Menteri Perhubungan No. 129 tahun 2016 tentang Alur Pelayaran di Laut dan Bangunan dan/atau Instalasi di Perairan dan Peraturan

Menteri Perhubungan Nomor 27 Tahun 2022 Perubahan Ketiga atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 71 Tahun 2013 tentang Salvage dan/atau Pekerjaan Bawah Air

- b. Memaksimalkan penggunaan metode HDD untuk pemasangan pipa bawah laut < 20 m.
- c. Gangguan terhadap benthos merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*). Namun demikian perubahan benthos akan dipantau.
- d. Gangguan terhadap terumbu karang merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*). Namun demikian perubahan habitat terumbu karang akan dipantau.

2.3.1.10 Pendaratan Pipa Gas (GEP) ke O LNG Berdekatan dengan *Causeway*

- a. Kegiatan pemasangan pipa akan dilakukan dengan mengacu pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 32 Tahun 2021 tentang Inspeksi Teknis dan Pemeriksaan Keselamatan Instalasi dan Peralatan Pada Kegiatan Usaha Minyak dan Gas Bumi.
- b. INPEX akan menyusun, menyosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat.
- c. Menjalin komunikasi efektif dengan para *stakeholder*.
- d. Selama berlangsungnya kegiatan HDD, lumpur dari kegiatan HDD akan didaur ulang dan digunakan kembali untuk kegiatan HDD. Sisa Lumpur *bentonite* dari kegiatan ini, nantinya akan dikumpulkan di dalam lubang galian untuk kemudian setelah kering akan ditimbun di lokasi kegiatan.

~~a. Pemasangan GEP di Perairan Pantai Alternatif Kedua – Pengeboran Horizontal (HDD-*Horizontal Directional Drilling*) dan/atau Penggalian (*Trenching*)~~

- ~~1. Pemasangan pipa bawah laut akan mengacu Peraturan Menteri Perhubungan No. 129 tahun 2016 tentang Alur Pelayaran di Laut dan Bangunan dan/atau Instalasi di Perairan dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 27 Tahun 2022 Perubahan Ketiga atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 71 Tahun 2013 tentang Salvage dan/atau Pekerjaan Bawah Air~~
- ~~2. Memaksimalkan penggunaan metode HDD untuk pemasangan pipa bawah laut < 20 m. Untuk meminimalkan timbulan TSS di perairan, arah HDD dimulai dari darat di Pulau Nustual kemudian pipa ditarik dari laut ke darat.~~
- ~~3. Gangguan terhadap benthos merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*). Namun demikian perubahan benthos akan dipantau.~~
- ~~4. Gangguan terhadap terumbu karang merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*). Namun demikian perubahan habitat terumbu karang akan dipantau.~~ O LNG

2.3.1.11 Pasokan Air (Desalinasi Air Laut) dan Pembuangan *Brine Water*

Tidak ada pengelolaan secara khusus terhadap peningkatan salinitas akibat pembuangan limbah proses desalinasi.

2.3.1.12 Konstruksi Kilang OLNG dan Fasilitas Pendukungnya

- a. Mengupayakan tidak melakukan kegiatan-kegiatan yang berpotensi menimbulkan kebisingan pada malam hari.
- b. Dalam pendaur-ulangan dan pemanfaatan limbah Non-B3, INPEX akan mempertimbangkan dan memprioritaskan pengusaha lokal sesuai kebutuhan dan persyaratan proyek dan kualifikasi serta spesifikasi dimiliki oleh kontraktor dalam pengelolaan limbah non-B3.
- c. INPEX akan menyusun, mensosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat
- d. Menjalin komunikasi efektif dengan para *stakeholder*.

2.3.1.13 Pengalihan dan Pembangunan Jalan

- a. Penyiraman jalan yang akan dibangun, frekuensi penyiraman ditingkatkan pada musim kemarau.
- b. Pemakaian kendaraan, alat berat, dan peralatan berat yang lolos uji emisi.
- c. Pencucian ban kendaraan yang keluar dari area konstruksi.
- d. Emisi dari seluruh peralatan tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P20/MENLHK/SETJENKUM/KUM.1/3/2017 tentang Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori M, N, dan O.
- e. Membangun sistem drainase sementara limpasan air hujan dilengkapi dengan kolam sedimentasi dan penangkap serasah.
- f. Pembukaan lahan dilakukan terbatas pada daerah konstruksi.
- g. Pengalihan dan pembangunan jalan dilakukan terbatas hanya pada jalur yang menuju lokasi proyek.
- h. INPEX akan menyusun, mensosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat.
- i. Menjalin komunikasi efektif dengan para *stakeholder*.
- j. Berkoordinasi dengan Dinas Perhubungan/DLLAJR dan Sat lintas setempat.
- k. Menyiapkan rambu-rambu keselamatan lalulintas.
- l. Menyiapkan prosedur standar keselamatan dalam berkendara.

2.3.1.14 TUKS: Pengerukan dan Pembuangan Hasil Pengerukan

- a. Mematuhi peraturan perundang-undangan yang berlaku mengenai: Pengerukan dan Reklamasi (Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 52 Tahun 2011 dan No. PM 74 Tahun 2014).
- b. Mematuhi peraturan yang berlaku tentang navigasi (PP No. 5 tahun 2010).
- c. Memenuhi baku mutu kualitas air laut ambien (PP No. 22 Tahun 2021).
- d. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap gangguan benthos. Gangguan terhadap benthos merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*). Namun demikian perubahan benthos akan dipantau.

- e. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap gangguan terumbu karang. Gangguan terhadap terumbu karang merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*). Namun demikian perubahan habitat terumbu karang akan dipantau serta akan dilakukan penanam kembali terumbu karang pada lokasi yang sesuai (*offset*).
- f. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap padang lamun/rumput laut dan gangguan terhadap padang lamun/rumput laut merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*). Namun demikian perubahan habitat terumbu karang akan dipantau, serta akan dilakukan penanam kembali terumbu karang pada lokasi yang sesuai (*offset*).
- g. Melakukan sosialisasi rencana kegiatan.
- h. Berkoordinasi dengan pihak terkait sehubungan dengan aktivitas di laut.
- i. Menyiapkan rambu-rambu keselamatan pelayaran.
- j. Menyiapkan prosedur standar keselamatan dalam kegiatan pengerukan.
- k. Menginformasikan rencana dan kemajuan konstruksi TUKS kepada Kantor Syahbandar.
- l. Melakukan sosialisasi secara berkala tentang rencana dan kemajuan konstruksi TUKS kepada kepala desa (Lurah) dan Camat secara terbuka dan transparan.
- m. INPEX akan menyusun, mensosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat.
- n. Menjalin komunikasi efektif dengan para stakeholder.
- o. INPEX akan mematuhi peraturan yang berlaku tentang navigasi (PP No. 5 Tahun 2010).

2.3.1.15 TUKS: Pembangunan Jalan Lintasan (*Causeway*) ke TUKS

- a. Mengupayakan tidak melakukan kegiatan-kegiatan yang berpotensi menimbulkan kebisingan pada malam hari.
- b. INPEX akan mematuhi peraturan yang berlaku tentang navigasi (PP No. 5 tahun 2010).
- c. Memenuhi baku mutu kualitas air laut ambien (PP No. 22 tahun 2021).
- d. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap gangguan benthos. Gangguan terhadap benthos merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*). Namun demikian perubahan benthos akan dipantau.
- e. Pengurugan dilakukan terbatas pada daerah konstruksi.
- f. Segera melakukan penanaman pada lokasi kegiatan setelah penyiapan lahan selesai dilakukan.
- g. Menyediakan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam lokasi kegiatan sesuai dengan peraturan yang berlaku tentang RTH.
- h. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap gangguan terumbu karang. Gangguan terhadap terumbu karang merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*). Namun demikian perubahan habitat terumbu karang akan dipantau.
- i. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap padang lamun/rumput laut dan gangguan terhadap padang lamun/rumput laut merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat

dihindarkan (*given impact*). Namun demikian perubahan habitat terumbu karang akan dipantau.

- j. Melakukan sosialisasi rencana kegiatan.
- k. Berkoordinasi dengan pihak terkait sehubungan dengan aktivitas di laut.
- l. Menyiapkan rambu-rambu keselamatan pelayaran.
- m. Menyiapkan prosedur standar keselamatan dalam pembangunan jalan TUKS.
- n. INPEX akan menyusun, mensosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat.
- o. Menjalin komunikasi efektif dengan para stakeholder.
- p. Menyiapkan prosedur standar keselamatan dalam berkendara.

2.3.1.16 TUKS: Pembangunan TUKS-Pemuatan Material (MOF), TUKS Pionir, TUKS Pemuatan LNG dan Kondensat

- a. Mengupayakan tidak melakukan kegiatan-kegiatan yang berpotensi menimbulkan kebisingan pada malam hari.
- b. Mematuhi peraturan yang berlaku tentang navigasi (PP No. 5 tahun 2010).
- c. Memenuhi baku mutu kualitas air laut ambien (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, Lampiran III: Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut).
- d. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap gangguan benthos. Gangguan terhadap benthos merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*). Namun demikian perubahan benthos akan dipantau.
- e. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap gangguan terumbu karang. Gangguan terhadap terumbu karang merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*). Namun demikian perubahan habitat terumbu karang akan dipantau, serta akan dilakukan penanam kembali terumbu karang pada lokasi yang sesuai (*offset*).
- f. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap padang lamun/rumput laut dan gangguan terhadap padang lamun/rumput laut merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*). Namun demikian perubahan habitat terumbu karang akan dipantau.
- g. Melakukan sosialisasi rencana kegiatan.
- h. Berkoordinasi dengan pihak terkait sehubungan dengan aktivitas di laut.
- i. Menyiapkan rambu-rambu keselamatan.
- j. Menyiapkan prosedur standar keselamatan dalam pembangunan TUKS.
- k. INPEX akan menyusun, mensosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat.
- l. Menjalin komunikasi efektif dengan para *stakeholder*.

2.3.1.17 Konsumsi Bahan Bakar

- a. Melakukan pemantauan dan pemeriksaan rutin terhadap mesin-mesin kendaraan dan peralatan yang menggunakan bahan bakar sehingga selalu dalam kondisi optimal
- b. Pemakaian kendaraan yang lolos uji emisi
- c. Memastikan semua kendaraan yang digunakan dalam kegiatan mobilisasi alat dan material laik jalan dan memenuhi baku mutu emisi menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.20/ MENLHK/ SETJEN/ KUM.1/3/ 2017 tentang Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori M, N, dan kategori O
- d. Melakukan monitoring secara rutin terhadap emisi dari knalpot kendaraan dan peralatan-peralatan yang menggunakan bahan bakar
- e. Menerapkan rencana pengelolaan gas rumah kaca yang disesuaikan dengan kebijakan perusahaan, regulasi di Indonesia, dan regulasi internasional
- f. Memonitor, menghitung, dan melaporkan seluruh emisi gas rumah kaca yang dihasilkan berdasarkan regulasi nasional dan internasional
- g. Memprediksi emisi gas rumah kaca di masa depan untuk mengantisipasi potensi dampak yang dihasilkan di masa depan
- h. Membangun tangki bahan bakar yang anti air dilengkapi dengan tanggul sebagai penampungan sekunder (*secondary containment*) apabila terjadi kebocoran atau ceceran bahan bakar
- i. Membangun tempat penyimpanan dan pengisian bahan bakar yang dilapisi oleh *concrete* atau material lainnya yang kedap air dan dilengkapi dengan tanggul
- j. Menyusun Rencana Tanggap Darurat Tumpahan Minyak (*Oil Spill Contingency Plan: OSCP*). Tumpahan minyak diesel yang tidak disengaja mungkin terjadi dari FPSO atau kapal. Rencana tanggap darurat untuk tumpahan bahan bakar akan dijabarkan dalam OSCP

2.3.1.18 Pengolahan Limbah

2.3.1.18.1 Pengolahan dan Pembuangan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga

- a. Mengikuti ketentuan-ketentuan yang berlaku dalam: (1) pengelolaan sampah (sesuai UU No. 18 Tahun 2008); (2) Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga (sesuai PP No. 81 Tahun 2012).
- b. Menyediakan fasilitas MCK yang memadai bagi para tenaga kerja selama tahap konstruksi berlangsung.

2.3.1.18.2 *Hydrotest* dan Pembuangan Air *Hydrotest*

- a. Pembuangan air hidrotest akan dilakukan secara bertahap sehingga tidak menyebabkan penurunan oksigen terlarut (DO) air laut secara mendadak.
- b. Pembuangan air hidrotest dilakukan pada lokasi bawah permukaan laut sehingga terjadi dispersi secara optimal.
- c. Bahan kimia yang digunakan pada *Hydrotest* terutama *oxygen scavenger* sesuai ketentuan yang berlaku dan rekomendasi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

2.3.2 Tahap Operasi

2.3.2.1 Penerimaan Tenaga Kerja Operasi dan Mobilisasi Tenaga Kerja Menggunakan Jalur Darat

- a. Mematuhi peraturan perundang-undangan yang berlaku terkait dengan ketenagakerjaan.
- b. Mendukung dan mempertimbangkan untuk mempekerjakan tenaga kerja setempat sesuai kebutuhan proyek dan untuk memenuhi spesifikasi dan kualifikasi yang diprasyaratkan.
- c. Secara berkala akan menginformasikan kepada masyarakat mengenai jumlah kesempatan kerja yang tersedia melalui Dinas Perindustrian, Perdagangan dan Tenaga Kerja Kabupaten Kepulauan Tanimbar.
- d. Secara berkala akan melakukan sosialisasi kesempatan kerja kepada Kepala Desa dan Camat secara terbuka dan transparan.
- e. Menyediakan beasiswa pendidikan perguruan tinggi untuk siswa sekolah menengah atas yang terpilih sebagai kandidat potensial untuk dipekerjakan oleh Proyek.
- f. Menginformasikan jumlah peluang kerja kepada masyarakat secara transparan melalui Dinas Perindustrian, Perdagangan dan Tenaga Kerja Kabupaten Kepulauan Tanimbar serta Dinas dan badan yang sama di Kabupaten Maluku Barat Daya.
- g. Melakukan sosialisasi kesempatan kerja secara berkala Kepala Desa (Lurah) dan Camat secara terbuka dan transparan.
- h. INPEX akan menyusun, mensosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat.
- i. Menjalin komunikasi efektif dengan para stakeholder.

2.3.2.2 Mobilisasi Material, Peralatan dan Tenaga Kerja Menggunakan Jalur Laut

- a. Melaksanakan rekomendasi manajemen lalu lintas dan rekayasa lalu lintas sesuai dokumen alur pelayaran yang telah disetujui.
- b. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus gangguan terhadap mamalia laut. Gangguan terhadap mamalia laut merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*) dari kegiatan.
- c. Menginformasikan tentang transportasi peralatan dan bahan kepada Kantor Syahbandar Kabupaten secara berkala.
- d. Mematuhi peraturan yang berlaku terkait navigasi (PP No. 5 Tahun 2010).
- e. Melakukan sosialisasi rencana kegiatan.
- f. Berkoordinasi dengan pihak terkait sehubungan dengan aktivitas di laut.
- g. Menyiapkan rambu-rambu keselamatan pelayaran.
- h. Menyiapkan prosedur standar keselamatan pelayaran.

2.3.2.3 Mobilisasi Material dan Tenaga Kerja Menggunakan Helikopter

- a. Melaksanakan rekomendasi manajemen lalu lintas udara.
- b. Pembukaan lahan dilakukan terbatas pada daerah konstruksi dan atau operasi.

2.3.2.4 Keberadaan dan Pengoperasian FPSO

- a. Hanya mengoperasikan lampu penerangan apabila diperlukan.
- b. Melakukan pemetaan terhadap jangkauan pendaran cahaya.

2.3.2.5 Pasokan Air (Desalinasi Air Laut) dan Pembuangan *Brine Water*

Tidak ada pengelolaan secara khusus terhadap peningkatan salinitas akibat pembuangan limbah proses desalinasi.

2.3.2.6 Sistem Pendinginan dan Pembuangan Air Pendingin

- a. Pembangunan dan pengoperasian kanal air pendingin sebelum dilepas di outfall.
- b. INPEX akan memenuhi baku mutu air limbah yang berlaku sesuai Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 19 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas serta Panas Bumi.
- c. INPEX akan memenuhi baku mutu kualitas air laut ambien (PP No. 22 Tahun 2021, Lampiran VIII: Baku Mutu Air Laut).

2.3.2.7 Emisi Penggerak Turbin Gas dan Emisi PLTG

- a. Mengelola setiap emisi udara dengan melakukan pengolahan lebih lanjut menggunakan teknologi pengendalian pencemaran udara hingga setiap parameter mencapai konsentrasi yang sesuai dengan baku mutu.
- b. Melakukan monitoring rutin terhadap emisi udara yang dikeluarkan melalui cerobong.
- c. Menerapkan rencana pengelolaan gas rumah kaca yang disesuaikan dengan kebijakan perusahaan, regulasi di Indonesia, dan regulasi internasional.
- d. Menghitung, dan melaporkan seluruh emisi gas rumah kaca yang dihasilkan berdasarkan regulasi nasional dan internasional.
- e. Memprediksi emisi gas rumah kaca di masa depan untuk mengantisipasi potensi dampak yang dihasilkan di masa depan.

2.3.2.8 Gas Suar (*Flaring*)

- a. Membuat dan menerapkan prosedur Flaring agar proses Flaring berlangsung dalam kondisi optimal.
- b. Melakukan pemantauan secara rutin terhadap kondisi setiap peralatan yang digunakan dalam proses Flaring.
- c. Melakukan monitoring terhadap emisi gas yang dihasilkan dari proses Flaring.
- d. Untuk meredam kebisingan, revegetasi akan segera dilakukan pada area terbuka setelah lahan siap ditanami.
- e. Menyediakan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di dalam lokasi proyek mengacu pada peraturan yang berlaku tentang ruang terbuka hijau.
- f. Melakukan Flaring hanya apabila diperlukan.
- g. Melakukan pemetaan terhadap jangkauan pendaran cahaya.

- h. Menerapkan rencana pengelolaan gas rumah kaca yang disesuaikan dengan kebijakan perusahaan, regulasi di Indonesia, dan regulasi internasional.
- i. Memonitor, menghitung, dan melaporkan seluruh emisi gas rumah kaca yang dihasilkan berdasarkan regulasi nasional dan internasional.
- j. Memprediksi emisi gas rumah kaca di masa depan untuk mengantisipasi potensi dampak yang dihasilkan di masa depan.

2.3.2.9 Pemuatan dan Transportasi Kondensat

- a. Membuat dan menerapkan prosedur pemuatan dan transportasi kondensat secara ketat.
- b. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus gangguan terhadap mamalia laut. Gangguan terhadap mamalia laut merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (given impact) dari kegiatan.

2.3.2.10 Keberadaan dan Pengoperasian Kilang OLNG

- a. Untuk meredam kebisingan, revegetasi akan segera dilakukan pada area terbuka setelah lahan siap ditanami.
- b. Menyediakan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di dalam lokasi proyek mengacu pada peraturan yang berlaku tentang ruang terbuka hijau.
- c. Pendaran cahaya dari keberadaan dan pengoperasian OLNG merupakan dampak yang tidak terhindarkan (given impact).
- d. Lokasi Kilang OLNG dipusatkan hanya di dalam lokasi proyek dan dalam pelaksanaannya akan mempertimbangkan jarak terdekat dengan pemukiman maupun infrastruktur umum untuk menghindari terjadinya dampak turunan.
- e. Segera melakukan penanaman pada lokasi kegiatan setelah penyiapan lahan selesai dilakukan.
- f. Menyediakan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam lokasi kegiatan sesuai dengan peraturan yang berlaku tentang RTH.
- g. Pembukaan ladang lamun dilakukan terbatas pada daerah konstruksi dan atau operasi.
- h. INPEX akan menyusun, mensosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat.
- i. Menjalin komunikasi efektif dengan para stakeholder.

2.3.2.11 Unit Pentawaran Gas Kecut (AGRU)

- a. Melakukan pemantauan dan perawatan rutin terhadap unit pentawaran gas kecut agar dapat beroperasi secara optimal.
- b. Mengolah lebih lanjut emisi yang dihasilkan oleh unit pentawaran gas kecut hingga mencapai konsentrasi yang sesuai dengan baku mutu kualitas udara.
- c. Menerapkan rencana pengelolaan gas rumah kaca yang disesuaikan dengan kebijakan perusahaan, regulasi di Indonesia, dan regulasi internasional.
- d. Memonitor, menghitung, dan melaporkan seluruh emisi gas rumah kaca yang dihasilkan berdasarkan regulasi nasional dan internasional.

- e. Memprediksi emisi gas rumah kaca di masa depan untuk mengantisipasi potensi dampak yang dihasilkan di masa depan.

~~a. Dehidrasi Gas~~

~~b. Unit Penjerapan Merkuri (MRU)~~

2.3.2.12 Emisi Penggerak Turbin Gas dan Emisi PLTG

- a. Mengelola setiap emisi udara dengan melakukan pengolahan lebih lanjut menggunakan teknologi pengendalian pencemaran udara hingga setiap parameter mencapai konsentrasi yang sesuai dengan baku mutu.
- b. Melakukan monitoring rutin terhadap emisi udara yang dikeluarkan melalui cerobong.
- c. Menerapkan rencana pengelolaan gas rumah kaca yang disesuaikan dengan kebijakan perusahaan, regulasi di Indonesia, dan regulasi internasional.
- d. Memonitor, menghitung, dan melaporkan seluruh emisi gas rumah kaca yang dihasilkan berdasarkan regulasi nasional dan internasional.
- e. Memprediksi emisi gas rumah kaca di masa depan untuk mengantisipasi potensi dampak yang dihasilkan di masa depan.

2.3.2.13 Flaring (HP Wet, HP Dry dan LP Dry Flaring)

- a. Membuat dan menerapkan prosedur Flaring agar proses Flaring berlangsung dalam kondisi optimal.
- b. Melakukan pemantauan secara rutin terhadap kondisi setiap peralatan yang digunakan dalam proses Flaring.
- c. Melakukan monitoring terhadap emisi gas yang dihasilkan dari proses Flaring.
- d. Menerapkan rencana pengelolaan gas rumah kaca yang disesuaikan dengan kebijakan perusahaan, regulasi di Indonesia, dan regulasi internasional.
- e. Memonitor, menghitung, dan melaporkan seluruh emisi gas rumah kaca yang dihasilkan berdasarkan regulasi nasional dan internasional.
- f. Memprediksi emisi gas rumah kaca di masa depan untuk mengantisipasi potensi dampak yang dihasilkan di masa depan.

2.3.2.14 Pasokan Air (Desalinasi Air Laut) dan Pembuangan *Brine Water*

Tidak ada pengelolaan secara khusus terhadap peningkatan salinitas akibat pembuangan limbah proses desalinasi.

2.3.2.15 Sistem Pendinginan Menggunakan Udara

Melakukan pemetaan penyebaran panas yang dihasilkan dari proses pendinginan.

2.3.2.16 TUKS: Keberadaan dan Pengoperasian TUKS dan Jalan Lintas ke TUKS

- a. Menggunakan penerangan hanya apabila diperlukan.
- b. Melakukan pemetaan terhadap jangkauan pendaran cahaya.

- c. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap perubahan water regim dan gelombang, karena perubahan water regim dan gelombang merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (given impact) dari kegiatan pembangunan breakwater. Namun demikian perubahan water regim dan gelombang akan dimodelkan dan dipantau.
- d. Pembukaan ladang lamun dilakukan terbatas pada daerah konstruksi dan atau operasi.
- e. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap gangguan terumbu karang. Gangguan terhadap terumbu karang merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (given impact). Namun demikian perubahan habitat terumbu karang akan dipantau, serta akan dilakukan penanam kembali terumbu karang pada lokasi yang sesuai (offset).
- f. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap padang lamun/rumput laut dan gangguan terhadap padang lamun/rumput laut merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (given impact). Namun demikian perubahan padang lamun/rumput laut akan dipantau.
- g. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap mangrove karena merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (given impact). Namun demikian perubahan mangrove akan dipantau.
- h. Menginformasikan tentang transportasi dan bahan kepada Kantor Syahbandar kabupaten secara berkala.
- i. INPEX akan mematuhi peraturan yang berlaku terkait navigasi (PP No. 5 Tahun 2010).
- j. Mengikuti manajemen penanganan keluhan yang dibuat.
- k. Menjalin komunikasi efektif dengan para stakeholder.
- l. Melakukan sosialisasi rencana kegiatan.
- m. Berkoordinasi dengan pihak terkait sehubungan dengan aktivitas di laut.
- n. Menyiapkan rambu-rambu keselamatan pelayaran.
- o. Menyiapkan prosedur standar keselamatan pelayaran.

2.3.2.17 TUKS: Pemuatan dan Transportasi LNG

- a. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus gangguan terhadap mamalia laut. Gangguan terhadap mamalia laut merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (given impact) dari kegiatan.
- b. Melakukan sosialisasi rencana kegiatan.
- c. Berkoordinasi dengan pihak terkait sehubungan dengan aktivitas di laut.
- d. Menyiapkan rambu-rambu keselamatan pelayaran.
- e. Menyiapkan prosedur standar keselamatan pelayaran.
- f. INPEX akan menyusun, mensosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat.
- g. Menjalin komunikasi efektif dengan para stakeholder.
- h. INPEX akan mematuhi peraturan yang berlaku tentang navigasi (PP No. 5 Tahun 2010).

2.3.2.18 TUKS: Pemuatan dan Transportasi Kondensat

- a. Membuat dan menerapkan prosedur pemuatan dan transportasi kondensat secara ketat.
- b. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus gangguan terhadap mamalia laut. Gangguan terhadap mamalia laut merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (given impact) dari kegiatan.
- c. Melakukan sosialisasi rencana kegiatan.
- d. Berkoordinasi dengan pihak terkait sehubungan dengan aktivitas di laut.
- e. Menyiapkan rambu-rambu keselamatan pelayaran.
- f. Menyiapkan prosedur standar keselamatan pelayaran.
- g. INPEX akan menyusun, mensosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat.
- h. Menjalin komunikasi efektif dengan para stakeholder.
- i. INPEX akan mematuhi peraturan yang berlaku tentang navigasi (PP No. 5 Tahun 2010).

2.3.2.19 Konsumsi Bahan Bakar

- a. Melakukan pemantauan dan pemeriksaan rutin terhadap mesin-mesin kendaraan dan peralatan yang menggunakan bahan bakar sehingga selalu dalam kondisi optimal.
- b. Melakukan monitoring secara rutin terhadap emisi dari knalpot kendaraan dan peralatan-peralatan yang menggunakan bahan bakar.
- c. Menerapkan rencana pengelolaan gas rumah kaca yang disesuaikan dengan kebijakan perusahaan, regulasi di Indonesia, dan regulasi internasional.
- d. Menghitung, dan melaporkan seluruh emisi gas rumah kaca yang dihasilkan berdasarkan regulasi nasional dan internasional.
- e. Memprediksi emisi gas rumah kaca di masa depan untuk mengantisipasi potensi dampak yang dihasilkan di masa depan.
- f. Membangun tangki bahan bakar yang dibuat anti air dilengkapi dengan tanggul sebagai penampungan sekunder.
- g. Membangun tempat penyimpanan dan pengisian bahan bakar yang dilapisi oleh *concrete* atau material lainnya yang kedap air dan dilengkapi dengan tanggul.
- h. Memenuhi peraturan yang berlaku tentang Baku Mutu Pembuangan Air Limbah Drainase Kegiatan Pengilangan LNG dan LPG Terpadu yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 19 Tahun 2010.

2.3.2.20 Pengolahan Limbah

2.3.2.20.1 Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah (Limbah Domestik, Limbah Berminyak, Limbah Proses, dan Limbah Terkontaminasi)

- a. Air limbah proses akan diolah di fasilitas Pengolahan Air Limbah (Waste Water Treatment Plant atau WWTP). Air limbah *sewage* akan diolah menggunakan IPAL limbah domestik (*sewage treatment plant*) yang memenuhi persyaratan sesuai SNI 8455:2017 (Perencanaan pengolahan

air limbah rumah tangga dengan sistem reaktor anaerobik bersekat (SRAB)) atau Standard internasional lainnya.

- b. Air limbah yang terkontaminasi bahan kimia dan air limbah B3 akan dikirim ke pengelola limbah B3 yang memiliki izin dari KLHK.
- c. INPEX akan memenuhi baku mutu air limbah yang berlaku sesuai Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 19 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas serta Panas Bumi.
- d. INPEX akan memenuhi baku mutu kualitas air laut ambien (PP No. 22 Tahun 2021 Lampiran VIII : Baku Mutu Air Laut).
- e. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap gangguan terumbu karang. Gangguan terhadap terumbu karang merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (given impact). Namun demikian perubahan habitat terumbu karang akan dipantau, serta akan dilakukan penanam kembali terumbu karang pada lokasi yang sesuai (offset).
- f. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus terhadap padang lamun/rumput laut dan gangguan terhadap padang lamun/rumput laut merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (given impact). Namun demikian perubahan habitat terumbu karang akan dipantau.

2.3.2.20.2 Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah (Limbah Domestik, Limbah Berminyak, dan Limbah Terkontaminasi) dari Kegiatan di Lepas Pantai

- a. Air limbah proses akan diolah di fasilitas Pengolahan Air Limbah (Waste Water Treatment Plant atau WWTP). Air limbah *sewage* akan diolah menggunakan IPAL limbah domestik (*sewage treatment plant*) yang memenuhi persyaratan sesuai SNI 8455:2017 (Perencanaan pengolahan air limbah rumah tangga dengan sistem reaktor anaerobik bersekat (SRAB)) atau Standard internasional lainnya.
- b. Air limbah yang terkontaminasi bahan kimia dan air limbah B3 akan dikirim ke pengelola limbah B3 yang memiliki izin dari KLHK.
- c. INPEX akan memenuhi baku mutu air limbah yang berlaku sesuai Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 19 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas serta Panas Bumi.
- d. INPEX akan memenuhi baku mutu kualitas air laut ambien (PP No. 22 Tahun 2021, Lampiran VIII: Baku Mutu Air Laut).

2.3.2.20.3 Pengolahan dan Pembuangan Air Terproduksi

- a. Pembangunan dan pengoperasian Instalasi Pengolahan Air Terproduksi.
- b. INPEX akan memenuhi baku mutu air limbah yang berlaku sesuai Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 19 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi.

2.3.2.20.4 Pengelolaan Air *Ballast*

Mengelola air *ballast* agar aman terhadap lingkungan dalam kegiatan pengambilan dan pembuangan air.

2.3.2.20.5 Pengolahan dan Pembuangan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga

- a. Menerapkan prinsip minimalisasi sampah di seluruh rangkaian kegiatan.
- b. Menerapkan pengelolaan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga dengan melakukan pengomposan untuk limbah yang bersifat mudah terurai (biodegradable), daur ulang untuk limbah yang bersifat inert, pembakaran di insinerator limbah Non B3 untuk limbah-limbah yang tidak dapat didaur-ulang maupun dikomposkan, serta pembuangan akhir di *sanitary landfill*.

2.3.2.20.6 Pengolahan dan Pembuangan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga dari Kegiatan di Lepas Pantai

- a. INPEX akan mengikuti ketentuan-ketentuan yang berlaku dalam: (1) pengelolaan sampah (sesuai UU No. 18 Tahun 2008); (2) Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga (sesuai PP No. 81 Tahun 2012).
- b. Pembuangan akhir sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga tidak akan dilakukan di lepas pantai, melainkan akan ditransportasi ke darat dan dikelola lebih lanjut.

2.3.3 Tahap Pasca Operasi

2.3.3.1 Penutupan dan Pembongkaran Seluruh Fasilitas

- a. Melakukan pengurangan timbunan debu dengan cara penyiraman/ penyemprotan air ke permukaan tanah pada lokasi proyek terutama pada hari-hari tidak hujan.
- b. Mengupayakan tidak melakukan kegiatan-kegiatan yang berpotensi menimbulkan kebisingan pada malam hari.
- c. Penutupan kilang hanya di dalam lokasi keberadaan kilang dan dalam pelaksanaannya akan mempertimbangkan jarak terdekat dengan pemukiman maupun infrastruktur umum untuk menghindari terjadinya dampak turunan.
- d. Segera melakukan penanaman pada lokasi kegiatan setelah pembersihan lahan/penutupan kilang selesai dilakukan.
- e. Tidak terdapat pengelolaan secara khusus gangguan terhadap mamalia laut. Gangguan terhadap mamalia laut merupakan konsekuensi (dampak) yang tidak dapat dihindarkan (*given impact*) dari kegiatan.
- f. Memberikan sosialisasi kepada nelayan, pemerintah daerah setempat dan pihak lain terkait kegiatan penutupan kilang OLNG.
- g. Menyusun, mensosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat.
- h. Menjalin komunikasi efektif dengan para stakeholder.
- i. Memberikan sosialisasi kepada nelayan, pemerintah daerah, masyarakat sekitar dan pihak lain terkait kegiatan penutupan kilang OLNG.
- j. Menyediakan rambu-rambu lalu lintas dan tanda bahaya.
- k. Bekerja sama dengan aparat kepolisian untuk mengatur lalu lintas di darat dan laut.

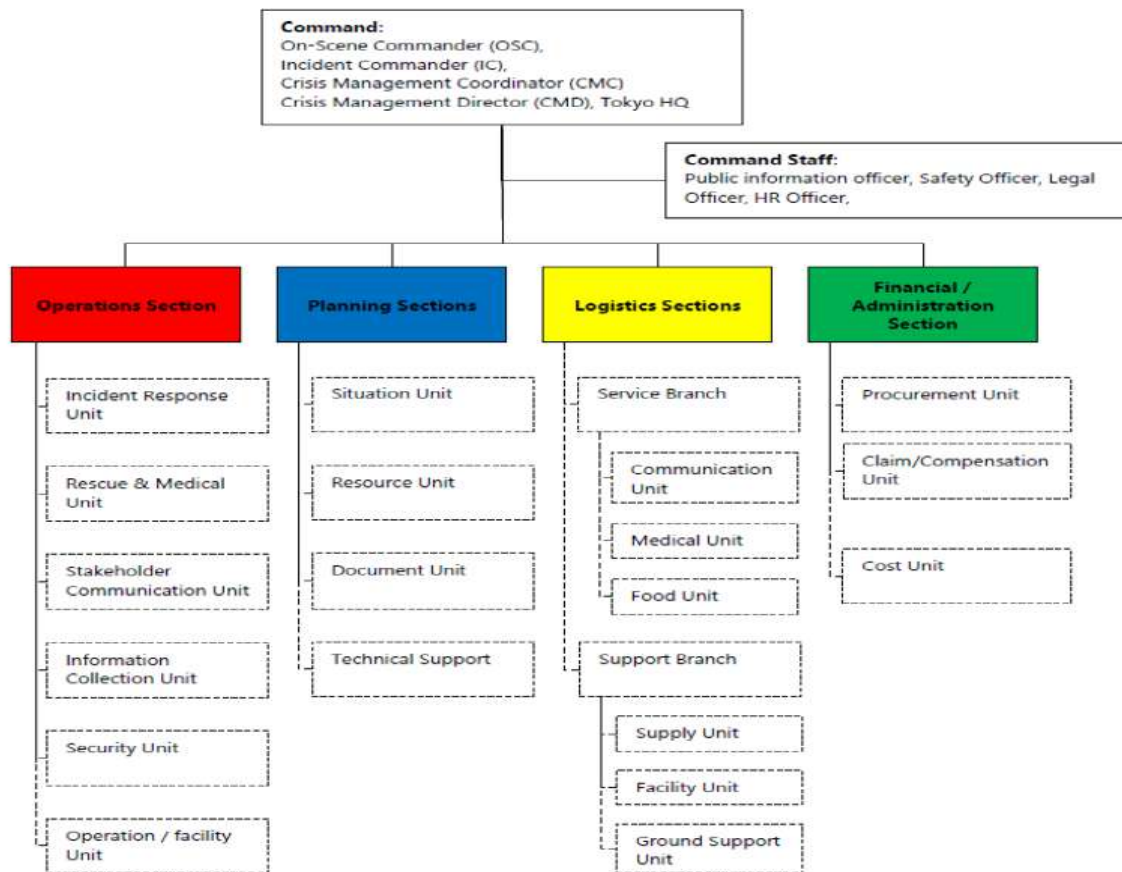
2.3.3.2 Pelepasan Tenaga Kerja Operasional

- a. Menginformasikan kepada Dinas Perindustrian, Perdagangan dan Tenaga Kerja Kabupaten Kepulauan Tanimbar serta Dinas dan badan yang sama di Kabupaten Maluku Barat Daya tentang jumlah pelepasan tenaga kerja selama masa operasi dan akhir masa operasi dan juga kepada Kepala Desa dan Camat secara terbuka dan transparan.
- b. INPEX akan mengikuti ketentuan-ketentuan tentang pelepasan tenaga kerja sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku tentang ketenagakerjaan.
- c. INPEX akan menyusun, mensosialisasikan dan menerapkan manajemen penanganan keluhan kepada masyarakat.
- d. Menjalin komunikasi efektif dengan para stakeholder.

2.3.4 Rencana tanggap darurat

Rencana tanggap darurat yang telah disiapkan untuk menunjang kegiatan proyek ditujukan untuk melindungi tenaga kerja dan masyarakat sekitar, melindungi Lingkungan, melindungi aset dan reputasi perusahaan serta memastikan keberlanjutan dalam menjalankan kegiatan proyek. Untuk memastikan efektivitas Rencana Tanggap Darurat ini, Tim Manajemen Tanggap Darurat telah dibentuk secara terstruktur dan memiliki kompetensi yang sesuai dalam merespons setiap kejadian kondisi darurat yang mungkin terjadi. Tim Manajemen Tanggap Darurat telah dan selalu secara reguler mendapatkan pelatihan-pelatihan untuk mempertahankan dan meningkatkan kompetensi serta kesiapsiagaan dalam penanganan situasi tanggap darurat.

Di antara persiapan tanggap darurat ini, koordinasi dengan instansi terkait direncanakan akan dilakukan secara rutin untuk memastikan dukungan penuh dalam setiap skenario tanggap darurat yang mungkin terjadi. Setiap kegiatan proyek yang akan dilaksanakan pada tiap tahapnya, baik masa konstruksi, operasi dan pasca operasi, akan dilengkapi dengan Rencana Tanggap Darurat yang lebih rinci dan menyeluruh. Rencana Tanggap Darurat tersebut akan disosialisasikan kepada seluruh tenaga kerja dan pemangku kepentingan lainnya yang terkait.



Gambar II-66. Contoh Struktur Organisasi Sistem Komando Kejadian Insiden (ICS/*Incident Command System*)

2.3.5 Program Pengembangan dan Pemberdayaan Masyarakat (PPM)

INPEX Masela Ltd (INPEX) di dalam POD (*Plan of Development/Rencana Pengembangan*) berkomitmen dalam melaksanakan program Tanggung jawab Sosial, khususnya Program Pengembangan Masyarakat (PPM) guna mendapatkan lisensi sosial untuk beroperasi (*Social License to Operate/SLO*) dan mendukung proyek yang berkelanjutan. Dalam hal ini, INPEX berkomitmen untuk menyeimbangkan kinerja ekonomi, lingkungan dan sosial melalui program sosial yang terintegrasi, efektif dan tepat sasaran. Komitmen tersebut dituangkan ke dalam beberapa program yang mampu mendorong kemandirian ekonomi masyarakat dan lingkungan sekitar, termasuk pelestarian lingkungan dan tradisi budaya lokal, baik di Kabupaten Kepulauan Tanimbar maupun Kabupaten Maluku Barat Daya. Adapun pendekatan proaktif yang telah dilakukan oleh perusahaan yaitu melalui berbagai program pelibatan masyarakat serta pemangku kepentingan terkait lainnya (di bawah program Abadi Project Social Investment (SI) program) telah dilakukan sejak 2011.

Semua PPM akan dirancang sejalan dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku, termasuk (i) Undang-Undang Nomor 25 Tahun 2007 tentang Penanaman Modal; (ii) UU 22/2001; (iii) PP 35/2004; (iv) Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2017 tentang Biaya Operasi yang Dapat Dikembalikan dan Perlakuan Pajak Penghasilan dalam Usaha Minyak dan Gas Bumi; (v) Revisi PTK-017/SKKO0000/2018/SO SKK Migas tentang hubungan masyarakat (vi) surat SKK Migas no. 0115/SKKMA0000/2018/SO tentang Pelaksanaan Program Bina Lingkungan dalam Kegiatan Usaha Hulu Migas; (vi) Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2012 tentang Izin Lingkungan (AMDAL); dan

(vii) peraturan lain yang berlaku. Program juga akan mengadopsi praktik terbaik internasional lainnya.

Strategi besar PPM INPEX terbagi menjadi 4 (empat) tahap:

1. Tahap Pra-konstruksi: PPM difokuskan pada pelaksanaan program investasi sosial dan komitmen pelaksanaan awal terkait dengan peraturan pemerintah seperti Amdal. PPM selama fase ini akan dirancang untuk membantu INPEX mendapatkan izin sosial untuk beroperasi di masyarakat. Pada tahap ini, pelaksanaan program akan mengacu pada pengembangan kegiatan yang telah dilaksanakan untuk menyelesaikan akar permasalahan dari suatu masalah sosial. Hasilnya, pengukuran tidak hanya melihat jumlah total penerima manfaat yang dijangkau tetapi juga dampak sosial yang dapat menyelesaikan akar permasalahan di masyarakat.
2. Tahap Konstruksi: PPM akan dilanjutkan dengan tambahan dari komitmen dari Amdal, peraturan pemerintah dan standar internasional (IFC *Strategic Community Investment*, SDGs, ISO 26000, dan IPIECA).
3. Tahap Produksi dan Operasi: INPEX tidak hanya akan melaksanakan program investasi sosial dan program terkait lainnya (yang sesuai dengan peraturan pemerintah dan standar internasional yang ada), tetapi juga akan melaksanakan PPM/program investasi sosial yang memberikan nilai tambah terhadap Proyek Gas Abadi. Tujuan dari pekerjaan tersebut adalah untuk menyelaraskan tujuan perusahaan dan manfaat terhadap penerima manfaat program. Pekerjaan tersebut sejalan dengan Proyek karena terdapat hasil terkait sosial dan bisnis yang dapat dicapai melalui program, terutama di sekitar risiko teknis dan non-teknis.
4. Tahap Pasca Operasi: PPM akan berfokus pada penciptaan kondisi di mana masyarakat sekitar dan pemangku kepentingan lainnya dapat hidup secara mandiri setelah berakhirnya Kontrak Bagi Hasil (*Production Sharing Contract/PSC*) dan memastikan adanya rencana pasca penutupan jangka panjang untuk pembangunan lokal.

Saat ini, tahapan yang masih berjalan dalam PPM ini adalah tahap pra-konstruksi, dimana program dirancang untuk membantu INPEX dalam mendapatkan *social license to operate*. Berikut beberapa PPM yang sudah dilakukan oleh INPEX dengan melibatkan *stakeholder* lokal adalah (detail program tercantum dalam Lampiran):

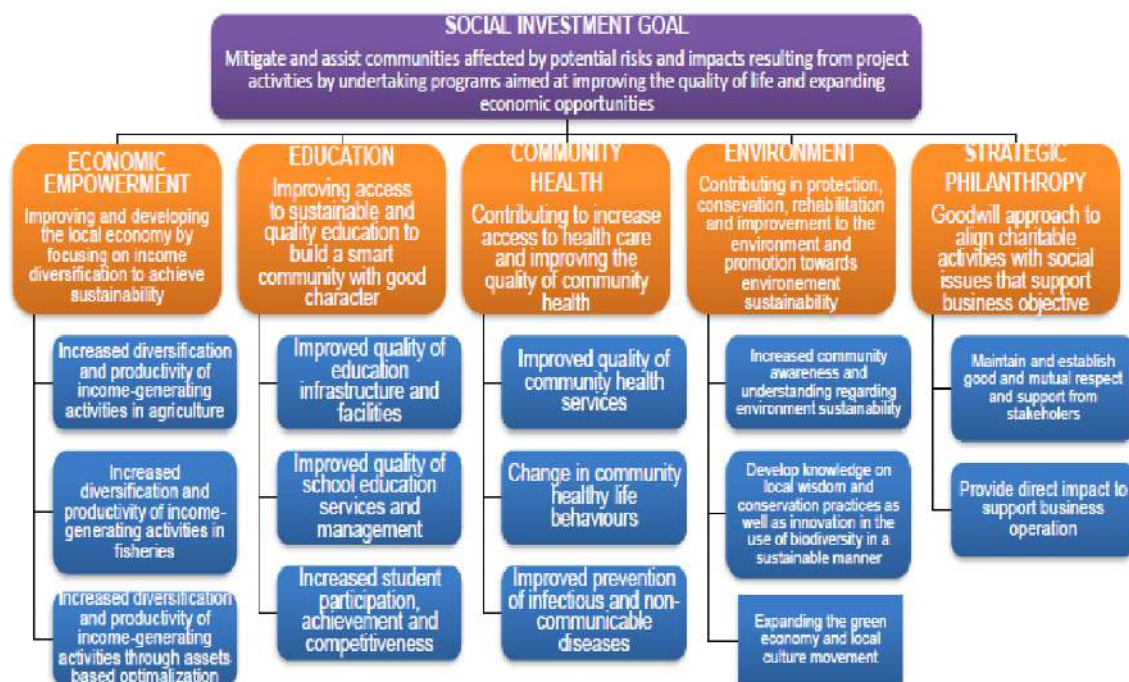
- a. Program Budidaya Rumput Laut dan pengembangan produk – dilaksanakan sejak tahun 2011 sampai 2017 berlokasi di Desa Lermatang dan Latdalam
- b. Program Pertanian Organik – dilaksanakan sejak tahun 2011 sampai 2017 berlokasi di Desa Kabiarat dan Wowonda
- c. Program Tenun Tanimbar – dilaksanakan sejak tahun 2013 sampai sekarang berlokasi di Desa Olilit dan Amdasa
- d. Program bantuan Solar Cell – dilaksanakan pada tahun 2015 – 2016 berlokasi di Saumlaki
- e. Program Beasiswa kepada mahasiswa Tanimbar dan Maluku – dilaksanakan sejak 2014

Ada 5 pilar program yang menjadi dasar bagi INPEX dalam melaksanakan PPM, yaitu:

1. Pemberdayaan Ekonomi - Meningkatkan dan mengembangkan ekonomi lokal dengan fokus pada diversifikasi pendapatan untuk mencapai keberlanjutan

2. Pendidikan - Meningkatkan akses pendidikan yang berkelanjutan dan berkualitas untuk membangun masyarakat yang lebih cerdas dan berkarakter
3. Kesehatan Masyarakat - Berkontribusi untuk meningkatkan akses pelayanan kesehatan dan meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat
4. Lingkungan - Berkontribusi dalam perlindungan, konservasi, rehabilitasi, dan perbaikan lingkungan dan promosi menuju kelestarian lingkungan
5. Filantropi strategis- Dukungan aktif yang diberikan perusahaan dalam menyelaraskan kegiatan charity dengan isu sosial yang mendukung tujuan bisnis.

Obyektif dan Tujuan dari PPM ditunjukkan pada **Gambar II-67**.



Gambar II-67. Obyektif dan Tujuan dari PPM Proyek Pengembangan Lapangan Gas Abadi

2.3.6 Program Ketenagakerjaan

Program Ketenagakerjaan akan dilaksanakan untuk mengoptimalkan dampak positif proyek dan untuk memastikan bahwa kegiatan proyek telah sejalan dengan Program dan Kebijakan Tanggung Jawab Sosial Proyek Pengembangan Lapangan Gas Abadi. Program ini ditujukan untuk meningkatkan partisipasi penduduk setempat dan orang-orang Maluku lainnya sebagai tenaga kerja proyek yang meliputi:

1. Program Penerimaan Tenaga Kerja;
2. Program Pelatihan Tenaga Kerja;
3. Program Mobilisasi Tenaga Kerja; dan
4. Program Pelepasan Tenaga Kerja (yang sudah selesai pekerjaannya).

Selama Tahap Konstruksi, sebagian besar tenaga kerja akan diserap melalui Kontraktor. Dalam hal ini, INPEX melakukan koordinasi dan pengawasan program ketenagakerjaan. Sosialisasi kepada penduduk setempat mengenai jenis ketenagakerjaan harus dilakukan di awal oleh Kontraktor.

Berkaitan dengan hal ini, INPEX akan memasukkan ke dalam klausul kontrak kerja sama dengan kontraktor untuk setiap tahapan kegiatan proyek agar memaksimalkan tenaga kerja setempat sepanjang memenuhi kualifikasi dan jumlah yang dibutuhkan; serta memastikan klausul ini dijalankan oleh seluruh kontraktor.

Dalam rangka mempersiapkan tenaga kerja untuk tahap operasi nantinya, perusahaan, melalui kontraktornya akan memberikan pemberdayaan dalam rangka mempersiapkan ketersediaan tenaga kerja setempat dalam jangka panjang. Program pemberdayaan masyarakat untuk meningkatkan kualitas tenaga kerja setempat yang diberikan melalui program pelatihan dan pengembangan dengan harapan agar menjadi angkatan kerja yang dapat diserap pasar, termasuk di industri migas. Hal ini sejalan dengan rencana dari INPEX untuk menyerap tenaga kerja setempat berpartisipasi dalam tahap operasi nantinya.

Dalam melaksanakan proyeknya, INPEX akan menggunakan beberapa Kontraktor pada tahap Konstruksi dan Operasi. Sebagai contoh nanti pada Tahap Konstruksi, akan ada Kontraktor Pengadaan, Rekayasa dan Konstruksi (*Engineering, Procurement and Construction* = EPC) utama yang bertanggung jawab dalam pelaksanaan pembangunan proyek Pengembangan Lapangan Gas Abadi. Dalam hal ini, Kontraktor ini yang akan bekerja sama dengan INPEX juga dalam hal ketenagakerjaan. Kontraktor utama boleh memiliki Kontraktor penunjang lainnya tetapi semua berada di bawah koordinasi Kontraktor utama.

Dalam hal penerimaan tenaga kerja, Kontraktor akan melakukan perekrutan secara langsung dengan memprioritaskan penduduk setempat tanpa mengesampingkan persyaratan pekerjaan yang diperlukan. Sebelum melakukan kegiatan penerimaan tenaga kerja, INPEX dan Kontraktor menyepakati bersama mengenai alur penerimaan tenaga kerja serta berkoordinasi dengan Dinas Perindustrian, Perdagangan dan Tenaga Kerja Kabupaten Kepulauan Tanimbar, dan Dinas serta Badan yang sama di Kabupaten Maluku Barat Daya serta Maluku mengenai pelaksanaannya. Kontraktor harus memiliki pedoman standar dalam melakukan kegiatan penerimaan tenaga kerja dan menjelaskan terlebih dahulu kepada Dinas Perindustrian, Perdagangan dan Tenaga Kerja dan para Kepala Desa mengenai program Ketenagakerjaan ini, termasuk di dalamnya proses penerimaan tenaga kerja sampai nanti proses pelepasan.

Laporan secara berkala wajib dilakukan oleh Kontraktor kepada INPEX serta Dinas Perindustrian, Perdagangan dan Tenaga Kerja setempat mengenai perkembangan penerimaan tenaga kerja. Dalam laporan ini, termasuk juga berapa jumlah tenaga kerja setempat yang telah diserap di proyek Pengembangan Lapangan Gas Abadi. Proses penandatanganan kontrak oleh tenaga kerja juga akan diatur oleh Kontraktor dengan memberikan sosialisasi di awal mengenai detail administrasi ketenagakerjaan yang termasuk di dalamnya: status ketenagakerjaan serta durasi kontrak, mekanisme pembayaran gaji, jadwal kerja serta mekanisme pelaporan diri pada saat bekerja (*time sheet*), mekanisme penyampaian keluhan, dan lain sebagainya yang dirasa perlu oleh Kontraktor sebagai pemberi kerja langsung. Kontraktor wajib memiliki Peraturan Perusahaan yang mengatur semua proses ketenagakerjaan berupa dokumen tertulis dan dokumen ini diberikan kepada semua tenaga kerja.

Pengaturan jadwal tenaga kerja akan diatur oleh Kontraktor mengikuti detail aktivitas yang akan dilakukan dalam proyek Pengembangan Lapangan Gas Abadi. Jika diperlukan adanya jadwal rotasi dalam pengerjaan proyek ini, maka hal tersebut harus mengacu pada peraturan pemerintah yang berlaku. Proses mobilisasi tenaga kerja dari daerah asal menuju daerah proyek Pengembangan

Lapangan Gas Abadi begitu pula sebaliknya akan diatur oleh Kontraktor untuk memastikan keselamatan tenaga kerja.

Proses ketenagakerjaan selama tenaga kerja bekerja di bawah Kontraktor juga menjadi hal yang penting untuk diperhatikan. Kontraktor wajib memberikan informasi yang jelas sebagaimana telah disampaikan dalam sosialisasi di awal ketika tenaga kerja tersebut bergabung lalu memberikan sosialisasi berkala dalam bentuk yang efektif. Skema penggajian, pengaturan jadwal kerja, penyampaian keluhan dan hal lainnya (yang belum disebutkan dalam dokumen ini) perlu diperhatikan pelaksanaannya sehingga tidak menyalahi peraturan pemerintah yang ada. Dalam pelaksanaannya, standar minimum yang akan diterapkan oleh Kontraktor harus sesuai dengan peraturan pemerintah yang berlaku.

Dalam rangka meningkatkan kemampuan masyarakat setempat sehingga dapat berkontribusi kepada proyek Pengembangan Lapangan Gas Abadi, Kontraktor akan memberikan beberapa kegiatan pengembangan yang dapat diikuti oleh masyarakat setempat. Secara spesifik mengenai pengembangan tenaga kerja juga akan dilakukan oleh Kontraktor INPEX pada tahap konstruksi dan di bawah pengawasan INPEX secara berkala. Kontraktor akan melaporkan proses pengembangan masing-masing tenaga kerja yang mereka miliki dan secara detail melaporkan pengembangan kemampuan dari tenaga kerja setempat yang dipekerjakan.

Sebagaimana telah diinformasikan oleh Kontraktor kepada tenaga kerja bahwa pekerjaan di Tahap Konstruksi sifatnya adalah sementara, maka Kontraktor nantinya akan melakukan pelepasan tenaga kerja apabila pekerjaannya telah selesai. Proses pelepasan tenaga kerja ini harus dilakukan secara seksama serta dikoordinasikan terlebih dahulu kepada INPEX serta pihak pemangku kepentingan seperti halnya Dinas Perindustrian, Perdagangan dan Tenaga Kerja dan Kepala Desa. Kontraktor wajib memberikan seluruh hak tenaga kerja pada saat proses pelepasan sesuai dengan apa yang telah dijanjikan di awal. Jika dalam pelaksanaannya timbul suatu perselisihan antara tenaga kerja dan Kontraktor, maka Kontraktor wajib menyelesaikan perselisihan tersebut sebelum masa kontrak tenaga kerja berakhir. Kontraktor harus mempersiapkan langkah – langkah penyelesaian perselisihan sebelum hal ini diselesaikan pada tingkat yang lebih atas lagi, misalnya dibawa ke Dinas Perindustrian, Perdagangan dan Tenaga Kerja.

Penyerapan tenaga kerja pada tahap operasi akan dilakukan oleh INPEX dan Kontraktor. Kontraktor akan membantu INPEX dalam mengelola tenaga kerja penunjang dan wajib memberikan laporan secara berkala mengenai pelaksanaannya. Sama halnya dengan pelaksanaan program ketenagakerjaan pada tahap konstruksi, INPEX akan memaksimalkan tenaga kerja setempat (tinggal di Kabupaten Kepulauan Tanimbar dan Kabupaten Maluku Barat Daya), sepanjang memenuhi kualifikasi dan jumlah yang dibutuhkan; serta memastikan klausul ini dijalankan oleh seluruh kontraktor.

Program pengembangan tenaga kerja juga akan terus dilakukan pada tahap operasi sebagai kelanjutan dari program – program sebelumnya. pada tahap awal operasi, INPEX akan berupaya melibatkan tenaga kerja setempat yang sudah diberikan program pengembangan sebelumnya berupa keterampilan dasar pekerjaan. Seiring dengan berjalannya waktu, INPEX akan terus mengembangkan tenaga kerjanya termasuk tenaga kerja setempat sehingga dapat berkontribusi lebih kepada INPEX dan juga dunia migas secara luas.

Di akhir tahap pasca operasi LNG Abadi nantinya, INPEX akan menghitung kembali jumlah komposisi tenaga kerja setempat pada keseluruhan tenaga kerja yang dipekerjakan selama tahap operasi.

Jumlah komposisi ini termasuk juga menghitung tenaga kerja penunjang yang diserap melalui kontraktor.

2.3.7 Program Pengembangan Peluang Berusaha

Kegiatan Pengembangan Lapangan Gas Abadi diharapkan dapat mendorong pertumbuhan ekonomi dan sosial sehingga dapat memberikan nilai tambah dan efek berganda bagi negara, Provinsi Maluku, Pemerintah Kabupaten Kepulauan Tanimbar, Pemerintah Kabupaten Maluku Barat Daya dan masyarakat di sekitar lokasi Kilang OLNG.

Disadari bahwa Kegiatan Pengembangan Lapangan Gas Abadi dapat menimbulkan dampak positif dan dampak negatif bagi lingkungan dan masyarakat di sekitar proyek. Dalam rangka mengurangi dampak negatif sekaligus meningkatkan dampak positif Kegiatan Pengembangan Lapangan Gas Abadi, khususnya dampak sosial ekonomi, maka INPEX menyusun strategi dan program yang diharapkan dapat mendorong pertumbuhan ekonomi daerah, salah satunya adalah Program Peningkatan Peluang Berusaha yang merupakan bagian dari program *National Capacity Building*.

Ruang lingkup dari Program Peningkatan Peluang Berusaha ini adalah untuk usaha lokal yang berada di Provinsi Maluku dengan secara khusus mengutamakan usaha lokal yang berdomisili di Kabupaten Kepulauan Tanimbar (KKT) dan Kabupaten Maluku Barat Daya untuk pekerjaan dengan kualifikasi, kapasitas dan kompleksitas tertentu.

Tujuan Program Peningkatan Peluang Berusaha adalah memfasilitasi Sumberdaya Daerah, dalam hal ini Usaha Lokal, agar dapat bertumbuh dan berkembang menjadi Penyedia Barang atau Jasa yang memiliki kualifikasi yang memadai untuk berpartisipasi di Kegiatan Pengembangan Lapangan Gas Abadi.

2.3.8 Faktor Pendorong Peluang Berusaha

2.3.8.1 Dampak oleh Penyediaan Lahan

Sektor pertanian merupakan sektor yang menjadi mata pencaharian utama masyarakat di mana mereka bekerja sebagai penggarap tanah sendiri atau pun sebagai buruh tani yang menggarap tanah orang lain. Masyarakat banyak menanam tanaman pangan, tanaman sayur, tanaman buah dan tanaman perkebunan di lahan pertanian yang digarapnya. Penyediaan lahan dapat memunculkan kekhawatiran di masyarakat akan terganggunya akses terhadap sumber mata pencaharian mereka sebagai petani. Meskipun demikian situasi tersebut juga dapat mendorong masyarakat untuk mencari sumber mata pencaharian baru atau jenis usaha baru guna melangsungkan kehidupan mereka sehari-hari.

Bagi masyarakat yang ingin tetap berusaha sebagai petani, pencarian sumber mata pencaharian baru dapat berupa upaya mendapatkan akses tanah baru untuk melanjutkan usaha mereka sebagai petani. Dalam hal ini peran Pemerintah Daerah sangat diperlukan untuk memfasilitasi para petani mendapatkan lahan garapan baru dan mengarahkan petani untuk menanam komoditas unggulan daerah. Bimbingan dan pelatihan diperlukan untuk meningkatkan produktivitas petani dan memberikan akses kepada pasar. Bagi masyarakat yang ingin mencari jenis usaha baru, mereka dapat mengembangkan keterampilan untuk menjalankan pekerjaan dan usaha baru.

2.3.8.2 Dampak oleh Migrasi Penduduk

Penerimaan tenaga kerja akan menyebabkan migrasi atau mobilisasi penduduk memasuki wilayah proyek dan tinggal di sekitar wilayah proyek. Sebagian tenaga kerja akan membawa keluarganya untuk menetap di sekitar wilayah proyek sehingga mendorong pertumbuhan ekonomi di wilayah tersebut. Pertumbuhan ekonomi akan mendorong munculnya peluang berusaha di mana peluang tersebut akan semakin besar seiring dengan meningkatnya populasi dan komposisi penduduk (usia, jenis kelamin, pendidikan, dan lainnya) yang memerlukan barang dan jasa untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari mereka.

2.3.8.3 Kebutuhan Barang dan Jasa Untuk Proyek

Kegiatan Proyek memerlukan barang dan jasa untuk melaksanakan pekerjaan proyek. Pada jumlah, kapasitas dan kompleksitas tertentu barang dan jasa tersebut diharapkan dapat dipasok oleh Penyedia Barang dan Jasa Daerah, misalnya: jasa transportasi darat, jasa penginapan, pasokan bahan makanan, pemasok tenaga kerja, dan lainnya. Penyedia Barang dan Jasa Daerah dapat menjadi rekanan Kontraktor atau rekanan INPEX tergantung dari kebutuhan.

2.3.8.4 Perbaikan Infrastruktur

Sejalan dengan berkembangnya Proyek, infrastruktur energi, transportasi dan telekomunikasi diharapkan akan semakin membaik. Hal ini akan mendorong munculnya peluang berusaha di banyak sektor, termasuk sektor komoditi unggulan seperti perikanan dan rumput laut dan juga sektor jasa-jasa umum seperti transportasi, logistik, teknologi informasi, pariwisata, kesehatan, pendidikan, dan lainnya.

2.3.8.5 *National Capacity Building*

Strategi INPEX dalam mendukung penggunaan dan keberpihakan terhadap sumberdaya dalam negeri dituangkan dalam *Integrated National Capacity Building* sebagaimana diilustrasikan pada **Gambar II-68**.

Program Local Content dan *National Capacity Building* (NCB) terdiri dari 3 bagian, yaitu: *Local Workforce Development Program*, *Local Vendor Development Program* dan *Maximizing Local Content Program*.

Pembahasan dalam dokumen ini berfokus kepada *Local Vendor Development Program*, sementara program lain dalam payung *Integrated NCB* diuraikan pada Bagian F Program Pengembangan Masyarakat (PPM).

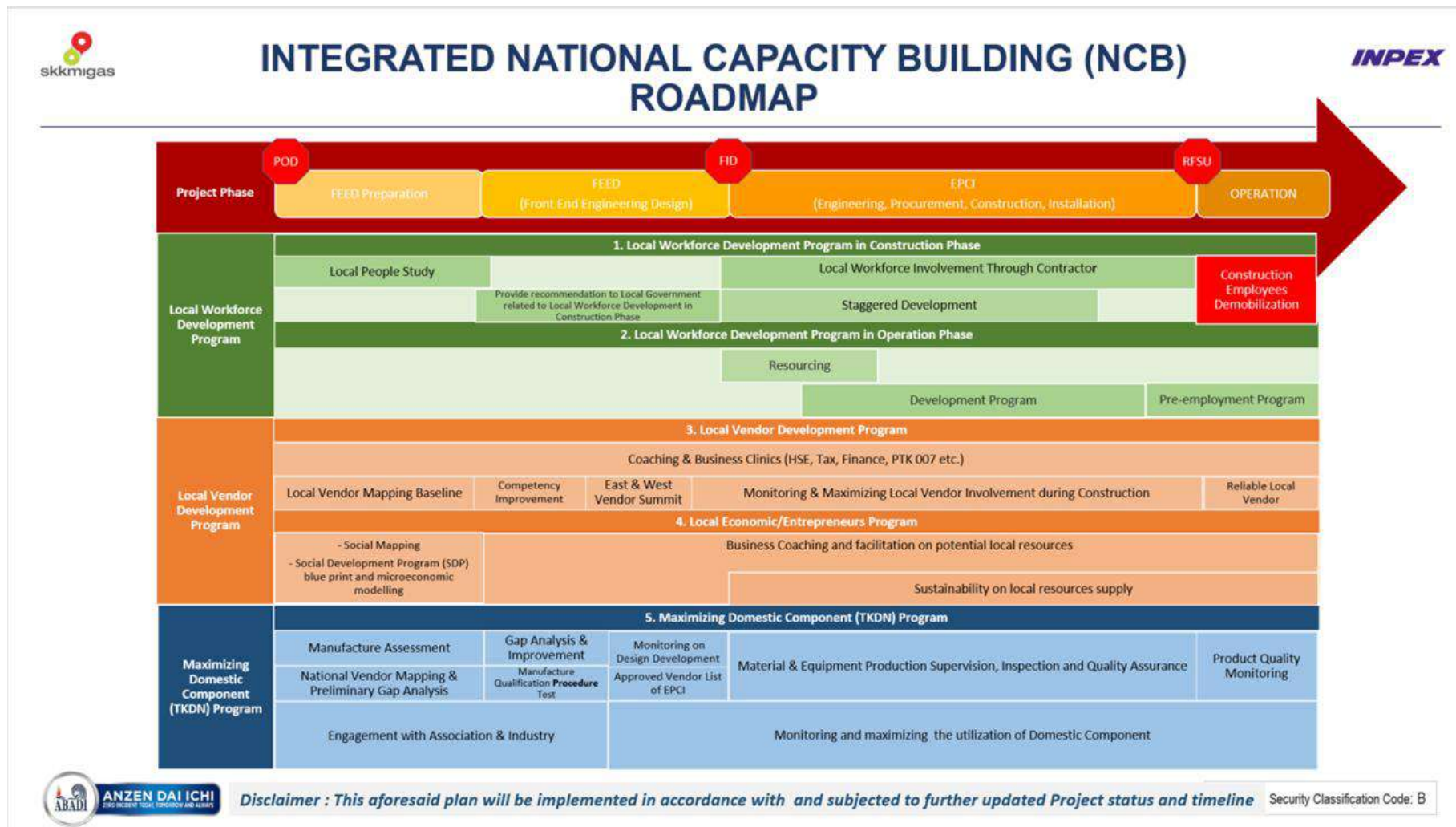
2.3.8.6 *Local Vendor Development*

Local Vendor Development Program adalah program peningkatan kemampuan penyedia barang dan jasa yang berdomisili di Provinsi Maluku pada umumnya serta Kabupaten Kepulauan Tanimbar dan Kabupaten Maluku Barat Daya khususnya dalam rangka mendukung Kegiatan Pengembangan Lapangan Gas Abadi dan pengembangan ekonomi daerah.

Local Vendor Development Program dimaksudkan untuk mengembangkan kualifikasi penyedia barang dan jasa daerah yang berpotensi terlibat dalam Kegiatan Pengembangan Lapangan Gas Abadi, baik yang akan secara langsung menjadi rekanan INPEX maupun yang akan menjadi rekanan kontraktor INPEX. Program ini dirinci sebagai berikut:

- a. Fase sebelum FEED, dilakukan dengan menyusun persiapan program termasuk studi pemetaan vendor daerah guna mengetahui beberapa informasi seperti: jumlah vendor daerah, jenis usaha, kualifikasi, pengalaman, fasilitas yang dimiliki, dan lain-lain.
- b. Fase FEED, akan dilakukan sosialisasi, pelatihan dan lokakarya kepada para penyedia barang dan jasa daerah guna meningkatkan kualifikasi administrasi sesuai peraturan yang berlaku. Pelatihan dan lokakarya tersebut antara lain:
 1. Standar K3L Industri Hulu Migas,
 2. *Contractor Safety Management System*,
 3. Persyaratan Sertifikasi, Laporan Keuangan dan Perpajakan,
 4. Prosedur Pengadaan sesuai PTK007, Persyaratan Dokumen Lelang, Registrasi CIVD, dan lainnya,
 5. Lokakarya dengan perbankan nasional juga akan dilakukan untuk membangun hubungan dengan institusi finansial
 6. Selanjutnya, untuk meningkatkan peluang kerja sama antara Penyedia Barang dan Jasa Daerah Maluku dan Penyedia Barang dan Jasa Tingkat Nasional dalam mendukung Kegiatan Pengembangan Lapangan Gas Abadi, INPEX akan menyelenggarakan lokakarya guna mempertemukan vendor Maluku dan vendor nasional dalam acara '*East & West Vendors Summit*' yang akan dilaksanakan sebelum tahap konstruksi dimulai.
- c. Fase EPCI (konstruksi), akan dilakukan pemantauan dalam rangka memaksimalkan pelibatan vendor lokal selama masa konstruksi. Kolaborasi atau kerja sama antara kontraktor utama dengan vendor lokal akan dimaksimalkan oleh INPEX melalui kewajiban kepada Kontraktor untuk bekerja sama dengan vendor lokal sebagai bagian dari strategi pencapaian TKDN yang dituangkan dalam Kontrak atau Subkontrak EPCI.

Ilustrasi Local Vendor Development Plan ditunjukkan pada **Gambar II-69**.



Gambar II-68. Ilustrasi Integrated National Capacity Building Road Map



Gambar II-69. Ilustrasi *Local Vendor Development Plan*

2.3.8.7 *Maximizing Local Content Program*

Dalam upaya memaksimalkan penggunaan produk dalam negeri pada Kegiatan Pengembangan Lapangan Gas Abadi, INPEX akan melakukan evaluasi terhadap penyedia barang dan jasa serta produsen dalam negeri. Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi penyedia barang dan jasa potensial dalam mendukung Kegiatan Pengembangan Lapangan Gas Abadi yang dirangkum dalam *National Vendor List* (NVL). NVL tersebut akan diberikan kepada Kontraktor FEED untuk digunakan sebagai referensi dalam penyusunan *Approved Manufacturer List* (AML).

2.3.8.8 Dukungan dan Sinergi Terhadap Pengembangan Peluang Berusaha.

Program Pengembangan Peluang Berusaha memerlukan dukungan dari Pemerintah Daerah dengan memberikan kebijakan yang sejalan. Namun demikian, kebijakan tersebut juga harus selaras dengan rencana Proyek agar tidak menjadi kontra-produktif. Selain itu, Program Pengembangan Peluang Berusaha juga memerlukan sinergi di antara pemangku kepentingan agar mendapatkan hasil yang optimal, antara lain sinergi dengan Bank BUMN dan/atau BUMD agar Usaha Lokal mendapatkan wawasan dan akses yang lebih terbuka terkait dengan pengelolaan keuangan.

Definisi:

- Penyedia Barang atau Jasa (atau Vendor) adalah badan usaha, institusi, perseorangan, atau konsorsium yang memiliki kemampuan menyediakan barang dan/atau jasa sesuai dengan bidang usaha dan kualifikasinya.
- Penyedia Barang atau Jasa Daerah adalah BUMN, BUMD, badan usaha swasta, koperasi, usaha kecil dan menengah atau usaha perseorangan yang berdomisili di wilayah Provinsi Maluku dan memiliki kemampuan menyediakan barang dan/atau jasa sesuai dengan bidang usaha dan kualifikasinya.
- Penyedia Barang atau Jasa Binaan adalah Penyedia Barang atau Jasa Daerah yang mengikuti program pembinaan penyediaan barang atau jasa yang dikelola oleh INPEX dan SKK Migas.
- Pembinaan Penyedia Barang atau Jasa bertujuan untuk meningkatkan kemampuan dan kinerja Penyedia Barang atau Jasa melalui pembinaan usaha kecil termasuk koperasi kecil dengan memberikan kesempatan berusaha sesuai bidang usahanya; memberikan pelatihan-pelatihan yang bermanfaat dalam meningkatkan kinerja Penyedia Barang atau Jasa dan kemampuan usaha masyarakat, antara lain tentang: *Standard Operating Procedure* (SOP) INPEX; Peraturan-peraturan yang terkait dengan Pengadaan Barang atau Jasa, persyaratan K3LL, memfasilitasi Uji coba Produk Dalam Negeri, pembinaan implementasi sistem manajemen mutu dan sistem manajemen K3LL.
- Usaha Industri Penunjang Minyak dan Gas Bumi yang selanjutnya disebut Usaha Industri Penunjang Migas adalah kegiatan usaha industri yang menghasilkan barang, material dan atau peralatan yang digunakan sebagai penunjang dalam kegiatan usaha minyak dan gas bumi.
- Pengadaan Barang atau Jasa adalah kegiatan untuk memperoleh barang atau jasa oleh INPEX yang prosesnya mulai dari perencanaan kebutuhan sampai diselesaikannya seluruh kegiatan untuk memperoleh barang atau jasa.

- Perusahaan Asing adalah perusahaan yang didirikan bukan berdasarkan hukum negara Republik Indonesia.
- Perusahaan Dalam Negeri adalah Badan Usaha Milik Negara, Badan Usaha Milik Daerah dan Badan Usaha Swasta yang kepemilikan sahamnya lebih dari 50% (lima puluh persen) dimiliki oleh Badan Usaha Milik Negara, Badan Usaha Milik Daerah dan/atau Perseorangan Warga Negara Indonesia, yang memiliki hak suara (*voting right*) dan didirikan sesuai dengan peraturan perundang-undangan serta bekerja dan berkedudukan di dalam wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia.
- Perusahaan Nasional adalah Badan Usaha Swasta yang kepemilikan sahamnya lebih dari 50% (lima puluh persen) dimiliki oleh Perusahaan Asing atau Warga Negara Asing dan didirikan sesuai dengan peraturan perundang-undangan serta bekerja dan berkedudukan di dalam wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia.
- Produk Dalam Negeri adalah barang dan/atau Jasa termasuk rancang bangun dan perekayasaan yang diproduksi atau dikerjakan oleh perusahaan yang berinvestasi dan memproduksi di Indonesia, yang dalam proses produksi atau pengerjaannya dimungkinkan penggunaan bahan baku atau komponen impor.
- Tingkat Komponen Dalam Negeri yang selanjutnya disingkat TKDN adalah besarnya komponen dalam negeri pada barang, jasa dan gabungan barang dan jasa yang dinyatakan dalam persentase
- Proyek adalah kegiatan yang bersifat tidak rutin untuk membangun atau menghasilkan sesuatu yang spesifik atau unik dengan batasan waktu mulai dan akhir yang telah ditetapkan sebelumnya.
- Subkontraktor adalah orang perseorangan atau badan usaha yang berbentuk badan hukum atau bukan badan hukum di luar negeri atau di dalam negeri yang menyediakan barang atau jasa bagi Pelaksana Kontrak.
- Produsen Dalam Negeri adalah badan usaha atau perseorangan yang kegiatan usahanya didirikan berdasarkan hukum Indonesia dan menghasilkan Produk Dalam Negeri.
- Penyedia Barang atau Jasa Perseorangan adalah orang perseorangan, perseroan komanditer, atau Firma yang mempunyai barang, jasa atau keahlian tertentu untuk memberikan pelayanan kepada INPEX.

BAB III

RONA LINGKUNGAN HIDUP

3.1 Geo-Fisik-Kimia

Pada bagian ini akan diuraikan komponen fisika dan kimia lingkungan sebagai berikut:

- Iklim dan Klimatologi
- Kualitas Udara
- Kebisingan
- Hidrologi
- Tanah
- Geologi
- Oseanografi
- Kualitas Air Permukaan
- Kualitas Air Laut
- Kualitas Air Tanah

3.1.1 Iklim

Data iklim diperoleh dari NASA *Langley Research Center (LaRC) Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER)* dengan periode data selama 2014-2023. Data iklim tersebut terdiri dari curah hujan, suhu udara, kelembapan udara, tekanan udara, dan angin. Data iklim yang diambil mencakup wilayah Kabupaten Kepulauan Tanimbar (KKT), wilayah *offshore* dan wilayah Kabupaten Maluku Barat Daya (MBD).

3.1.1.1 Iklim Kabupaten Kepulauan Tanimbar (KKT)

3.1.1.1.1 Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi, runoff dan infiltrasi. Berdasarkan data curah hujan selama 10 tahun terakhir curah hujan rata-rata tahunan periode 2014 – 2023 di wilayah studi termasuk kategori rendah ke sedang berkisar antara 103,9 mm/bulan pada tahun 2015 hingga 194,2 mm/bulan pada tahun 2017. Kemudian untuk rata – rata bulanan curah hujan selama 2014 – 2023 di lokasi kajian berkisar 18,8 mm/bulan saat bulan Oktober (musim peralihan II) hingga 254,3 mm/bulan saat bulan Januari (musim barat/musim hujan). Selain itu, menurut klasifikasi iklim Schmidt-Ferguson lokasi kajian termasuk dalam kategori "Sedang" dengan nisbah jumlah bulan kering terhadap bulan basah sebesar 0,72.

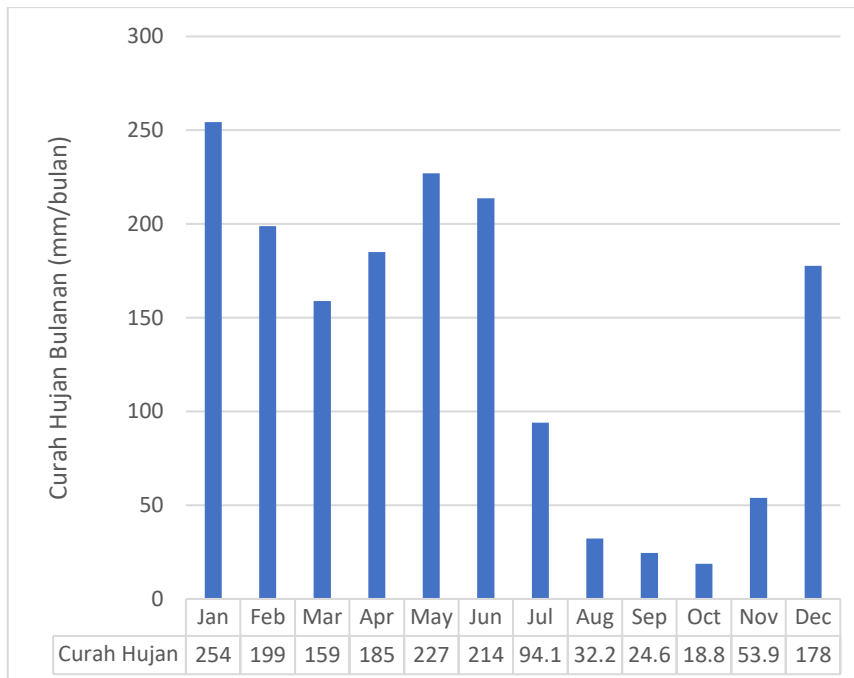
Pola tahunan rata – rata curah hujan disajikan dalam **Tabel III-1** dikategorikan sedang ketika musim barat (Desember – Januari) yang termasuk dalam puncak musim hujan di Indonesia, akan tetapi menurun ketika bulan Maret mencapai 158,9 mm/bulan, kemudian pada musim peralihan I (Maret – Mei) curah hujan berkisar 158,9 mm/bulan sampai 227,0 mm/bulan kemudian terus menurun pada musim timur (Juni – Agustus) yang merupakan musim kemarau dengan nilai terendah saat

bulan Agustus sebesar 32,2 mm/bulan. Setelah itu memasuki musim peralihan II (September – November) curah hujan di lokasi masih rendah dengan nilai terendah pada bulan Oktober (18,8 mm/bulan), namun kembali meningkat mencapai 53,9 mm/bulan saat bulan November.

Tabel III-1 Data Curah Hujan Bulanan di Kabupaten Kepulauan Tanimbar Tahun 2014-2023

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
2014	261	315	127	254	273	295	60	18	2	1	24	153	1785
2015	308	180	100	198	126	103	30	13	4	3	13	169	1247
2016	85	150	143	102	74	196	116	33	40	40	28	260	1266
2017	263	197	264	418	225	411	185	31	34	23	151	128	2331
2018	456	110	212	103	399	110	79	23	17	6	43	215	1773
2019	278	50	199	214	328	139	52	36	12	16	18	38	1379
2020	167	161	117	134	250	141	74	35	29	28	46	202	1384
2021	285	328	140	108	169	133	174	65	63	28	78	224	1794
2022	227	174	173	75	134	505	82	45	40	37	121	233	1844
2023	213	321	113	245	291	106	89	22	6	6	16	158	1585
Rata-Rata	254	199	159	185	227	214	94	32	25	19	54	178	1639

Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023



Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023

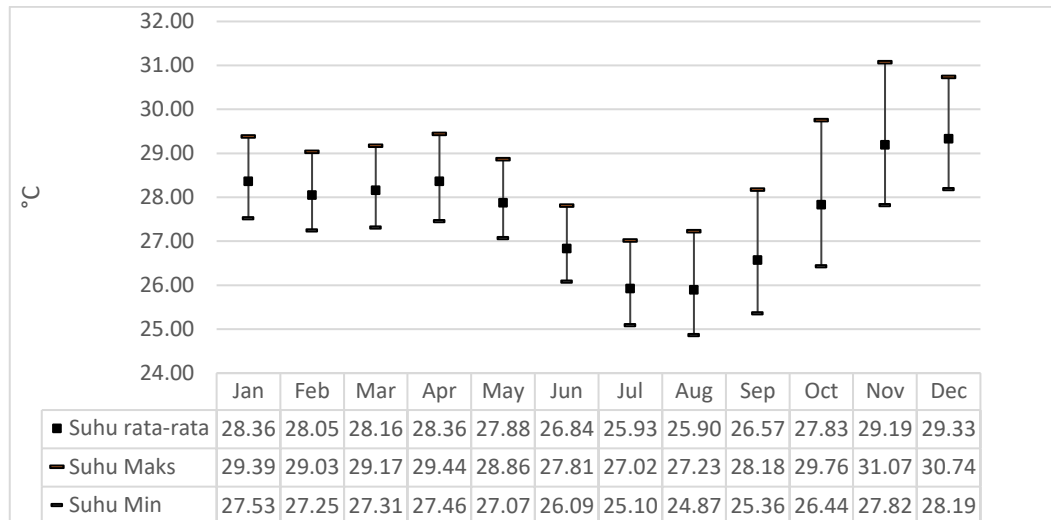
Gambar III-1 Curah Hujan (mm/bulan) Rata – Rata Selama Tahun 2014 – 2023

3.1.1.1.2 Suhu Udara

Suhu udara adalah keadaan panas atau dinginnya udara. Suhu udara tertinggi di muka bumi adalah di daerah tropis (sekitar ekuator) dan semakin ke kutub semakin dingin selain itu setiap kenaikan

elevasi 100 meter suhu berkurang rata – rata 0.6 °C. Suhu berperan penting dalam transfer energi dan kondisi iklim di sebuah lokasi. Suhu udara rata-rata selama periode tahun 2014 – 2023 berkisar pada 25,9 °C – 29,4 °C. Suhu udara rata-rata maksimum bulanan selama periode tersebut berkisar 27,0 °C – 31,1 °C, sedangkan suhu udara rata-rata minimum berkisar 24,9 °C – 28,2 °C.

Pada musim barat (Desember – Februari) rata – rata suhu udara cukup tinggi kemudian menurun ketika musim peralihan I (terutama di bulan Mei) mencapai 27,9 °C, kemudian saat musim timur (Juni – Agustus) suhu semakin menurun hingga 25,9 °C, kemudian meningkat saat musim peralihan II (September – November) hingga 29,2 °C. Dari pola tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu udara di lokasi kajian meningkat pada saat musim peralihan dan suhu tertinggi terjadi pada musim barat.

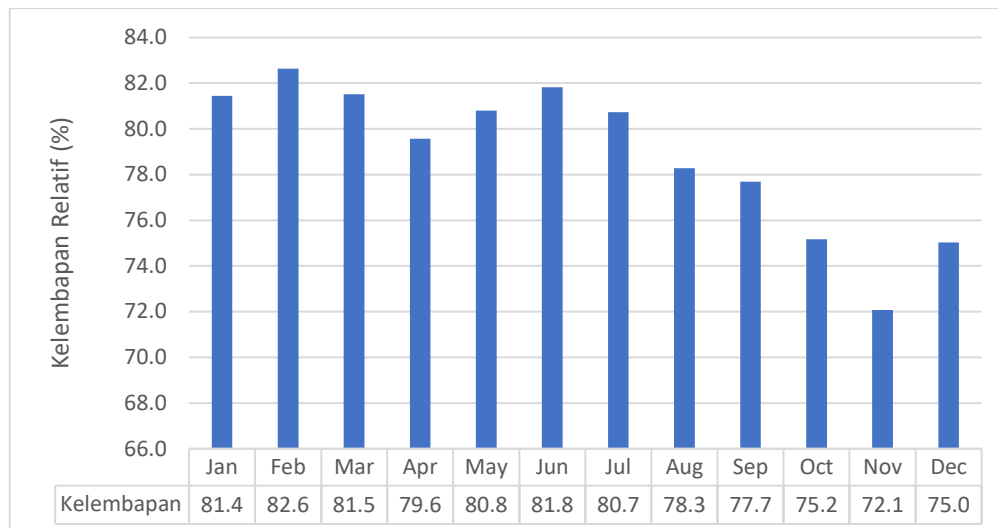


Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023

Gambar III-2 Suhu Udara (°C) Rata – Rata Selama Tahun 2014 – 2023

3.1.1.1.3 Kelembapan

Kelembapan relatif merupakan perbandingan jumlah uap air di udara dengan jumlah maksimum uap air yang dikandung pada temperatur tertentu. Kelembapan udara rata-rata selama periode tahun 2014 – 2023 berkisar 72,1% – 82,6%, kelembapan udara tersebut tergolong tinggi. Rata – rata bulanan tersebut didapatkan pola tahunan parameter kelembapan udara yang cukup tinggi pada saat musim barat (Desember, Januari, Februari) dengan nilai berkisar 75,0% - 82,6%, kemudian memasuki musim peralihan I (Maret – Mei) kelembapan udara cenderung tetap stabil dengan nilai 79,6% - 81,5%, pada saat musim timur kelembapan udara mencapai puncak pada bulan Juni dengan nilai 81,8% kemudian menurun hingga bulan Agustus mencapai 78,3%, pada Musim Peralihan II nilai kelembapan udara terendah terjadi pada bulan November dengan nilai 72,1% dan tertinggi pada bulan September dengan nilai 77,7%. Rata-rata nilai tertinggi terjadi pada bulan Februari dengan nilai kelembapan udara mencapai 82,6%, sedangkan kelembapan udara terendah terjadi pada bulan November dengan nilai kelembapan udara mencapai 72,1%. Dari pola tersebut dapat disimpulkan kelembapan udara menurun ketika bulan Agustus dan musim Peralihan II. Seperti yang disajikan pada gambar berikut.

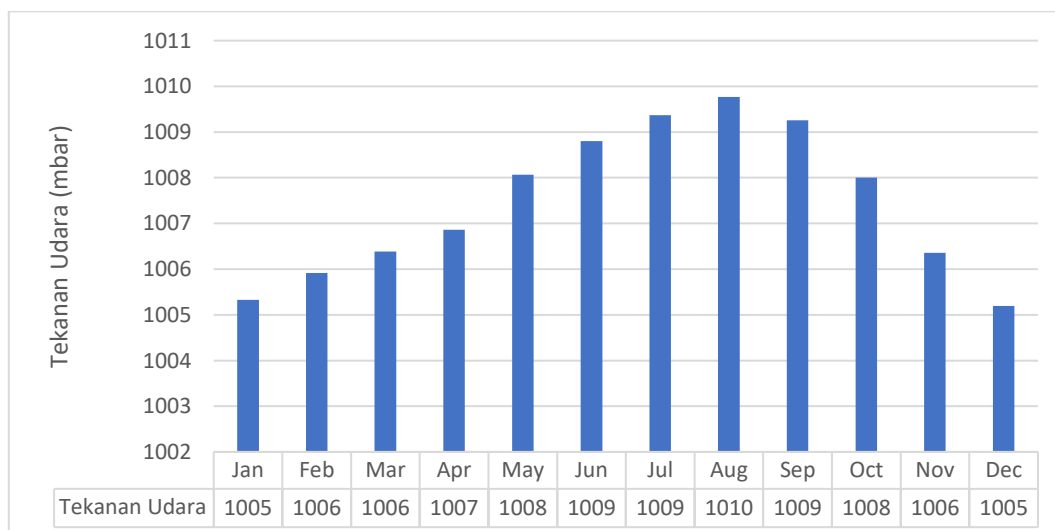


Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023

Gambar III-3 Kelembapan Udara (%) Rata – Rata Selama Tahun 2014 – 2023

3.1.1.1.4 Tekanan Udara

Tekanan udara merupakan berat sebuah kolom udara persatuan luas di atas sebuah titik, di mana tekanan udara berubah sesuai dengan tempat dan waktu. Tekanan udara berkaitan erat dengan pola angin akibat perbedaan gradien tekanan udara di sebuah wilayah. Tekanan udara bulanan rata-rata berkisar 1005,2 mbar – 1009,8 mbar. Sebagaimana disajikan pada Gambar III-4 terlihat tekanan udara meningkat mulai bulan Februari (1005,9 mbar) sampai puncaknya pada bulan Agustus dengan nilai mencapai 1009,8 mbar. Kemudian tekanan udara menurun sampai bulan Desember mencapai 1005,2 mbar. Nilai tekanan udara terendah terjadi pada saat bulan Desember dengan nilai 1005,2 mbar dan tekanan udara tertinggi terjadi pada saat bulan Agustus dengan nilai 1009,8 mbar.



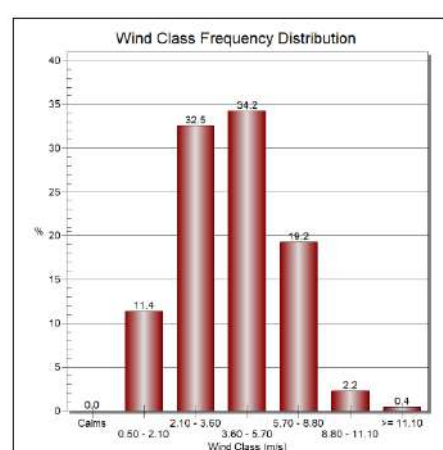
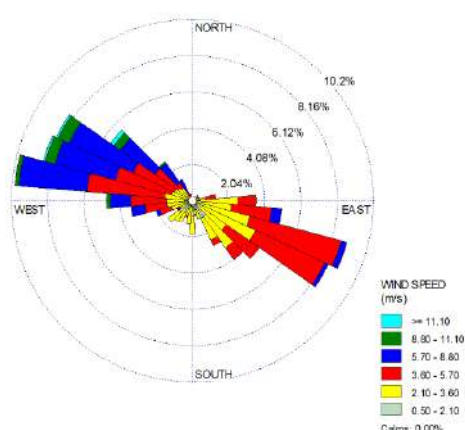
Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023

Gambar III-4 Tekanan Udara (mbar) Rata – Rata Selama Tahun 2014 – 2023

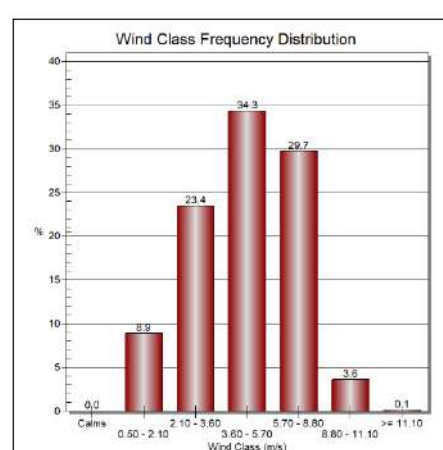
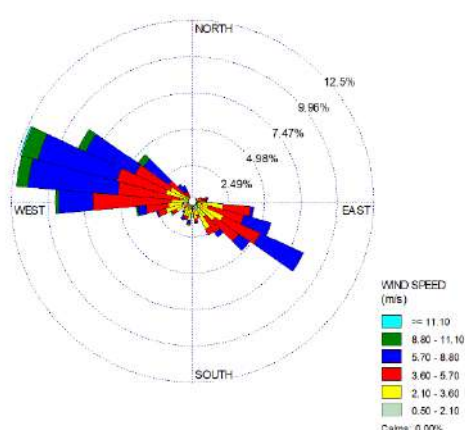
3.1.1.1.5 Arah dan Kecepatan Angin

Angin adalah gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi yang disebabkan oleh beda tekanan antar suatu tempat. Berdasarkan data angin rata-rata bulanan dari ECMWF selama tahun 2014 –

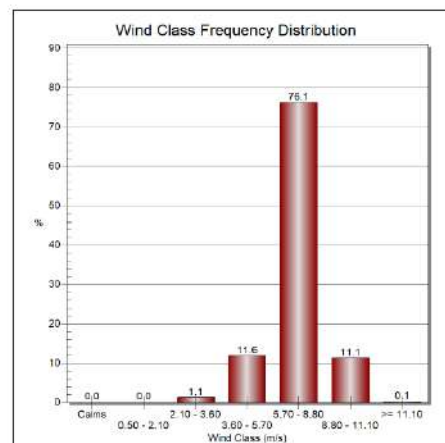
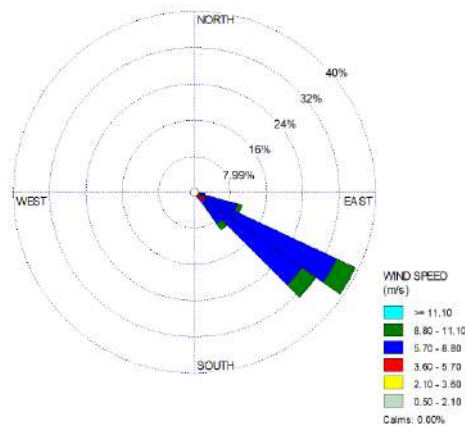
2023 yang kemudian dianalisis dengan menentukan frekuensi dan persentase kecepatan angin berdasarkan musim (Gambar III-5). Hasil analisis arah dan kecepatan angin selama periode 2014-2023 memberikan sebaran arah angin didominasi dari arah tenggara (25,9%) dengan kecepatan maksimal 11,1 m/s (0,2%), kecepatan angin didominasi dengan kecepatan berkisar 5,7 – 8,8 m/s (46%). Hasil analisis rata-rata musiman arah dan kecepatan angin selama tahun 2014 – 2023 memberikan sebaran frekuensi pada Musim Barat (November – Januari) menunjukkan angin saat Musim Barat dominan dari arah timur laut (10,2%) dan tenggara (8,1%) dengan kecepatan angin bisa mencapai > 11,1 m/s (0,4%) namun dominan berkisar 3,6 – 5,7 m/s sebesar (34,2%) dan 2,1 – 3,6 m/s (32,5%), kemudian pada Musim Peralihan I (Februari – April) frekuensi angin di lokasi sekitar didominasi dari arah timur laut (12,5%) dan tenggara (8%) dengan kecepatan angin maksimal > 11,1 m/s (0,1%), kecepatan angin dominan sebesar 3,6 – 5,7 m/s sebesar (34,3%), pada Musim Tenggara (Mei – Juli) angin dominan berasal dari arah barat daya (40%) dengan kecepatan maksimal mencapai > 11,1 m/s (0,1%), kecepatan angin dominan berkisar 5,7 – 8,8 m/s (76,1 %), kemudian pada Musim Peralihan II (Agustus – Oktober) angin masih didominasi dari arah barat daya (46,1%) dengan kecepatan angin didominasi sebesar 5,7 – 8,8 m/s (57,6%).



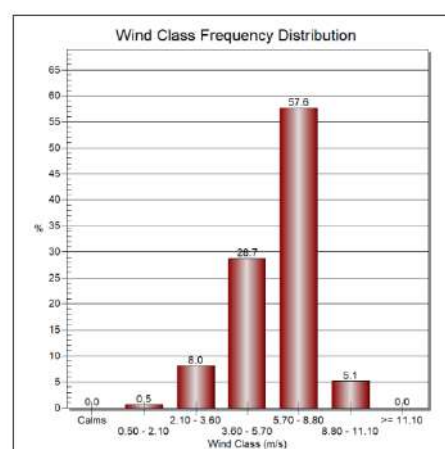
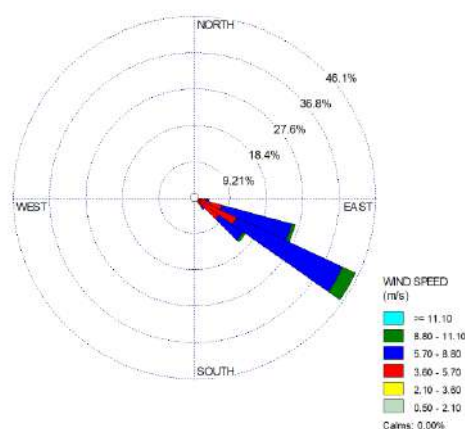
Musim Barat



Musim Peralihan I



Musim Tenggara



Musim Peralihan II

Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023

Gambar III-5 Windrose Berdasarkan Musim di KKT

3.1.1.2 Iklim Offshore

3.1.1.2.1 Curah Hujan

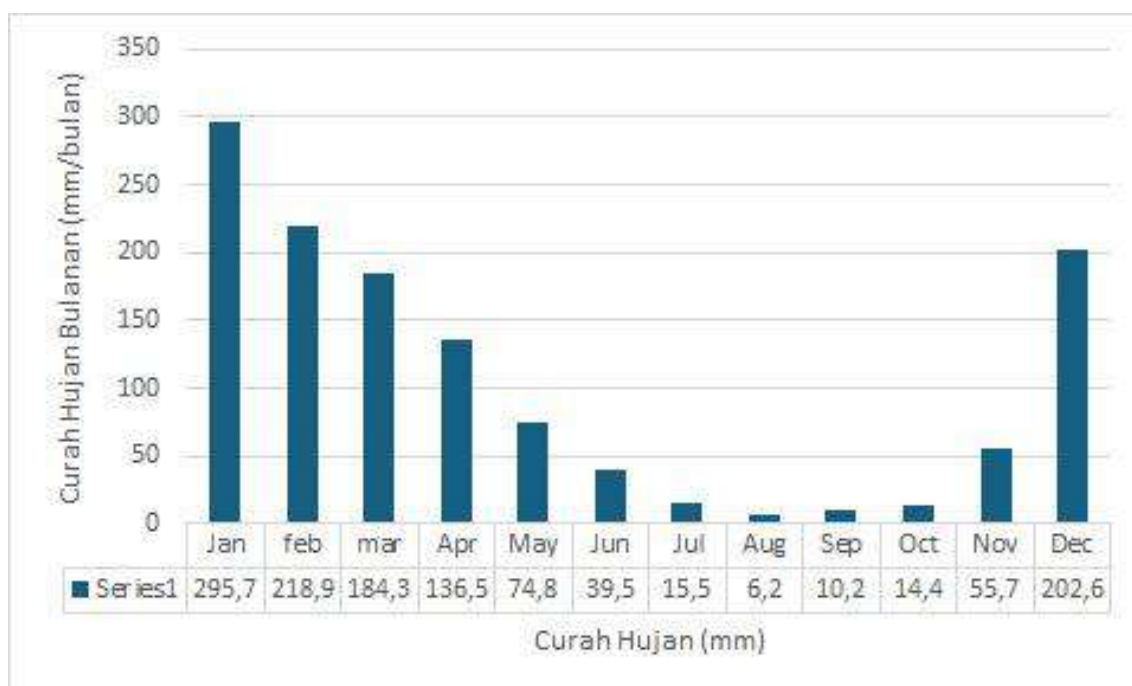
Data 2014-2023 menunjukkan curah hujan rata-rata tahunan sebesar 1.254 mm/tahun. Nisbah rata-rata bulan kering terhadap bulan basah adalah 0,5500 atau 55,00%. Dengan demikian, menurut klasifikasi iklim Schmidt dan Ferguson, tipe iklim lokasi FPSO termasuk tipe iklim C. Hal ini berarti iklim di daerah tersebut tergolong agak basah dengan jumlah bulan kering relatif sama dibanding jumlah basah.

Curah hujan Rata-rata bulanan disajikan pada Tabel III-2 dan Gambar III-6. Curah hujan maksimum dijumpai pada bulan Januari, rata-rata sebesar 296 mm/bulan; bulan-bulan basah (> 100 mm/bulan) dijumpai pada bulan Desember-April, sedangkan Bulan kering (< 60 mm/bulan) dijumpai pada Bulan Juni-November.

Tabel III-2 Data Curah Hujan Bulanan di lokasi Offshore Tahun 2014-2023

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
2014	518	250	125	148	60	47	6	5	6	3	11	143	1.321
2015	338	330	121	97	85	23	16	6	2	2	30	175	1.225
2016	76	132	170	59	63	46	18	11	26	43	37	284	963
2017	324	319	283	285	45	66	31	5	10	14	142	116	1.640
2018	458	272	266	38	56	11	17	6	8	12	44	194	1.382
2019	248	65	304	230	201	30	7	7	3	5	10	41	1.151
2020	219	223	140	57	88	16	9	5	8	18	26	312	1.120
2021	282	207	196	109	32	28	15	8	14	14	87	204	1.197
2022	233	144	145	102	42	101	16	6	23	30	161	301	1.303
2023	261	248	93	240	75	28	21	4	1	3	9	257	1.241
Rata-Rata	296	219	184	137	75	40	15	6	10	14	56	203	1.254

Sumber: NASA LaRC POWER dengan periode data selama (2014 - 2023)



Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023

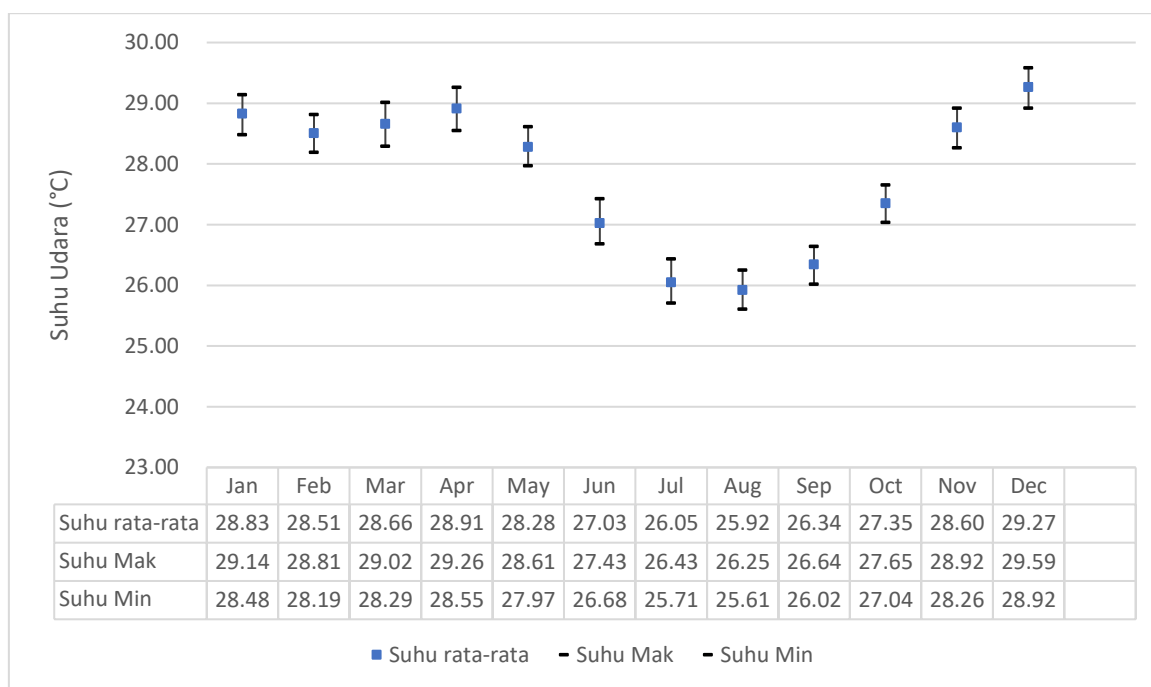
Gambar III-6 Curah Hujan Bulanan Lokasi Offshore Tahun 2014 – 2023

3.1.1.2.2 Suhu Udara

Suhu udara adalah keadaan panas atau dinginnya udara. Suhu udara tertinggi di muka bumi adalah di daerah tropis (sekitar ekuator) dan semakin ke kutub semakin dingin selain itu setiap kenaikan elevasi 100 meter suhu berkurang rata – rata 0,6 °C. Suhu berperan penting dalam transfer energi

dan kondisi iklim di sebuah lokasi. Berdasarkan data NASA LaRC POWER suhu udara rata-rata selama periode tahun 2014 – 2023 berkisar pada 25,92 °C – 29,27 °C. Suhu udara rata-rata maksimum bulanan selama periode tersebut berkisar 26,25 °C – 29,59 °C, sedangkan suhu udara rata-rata minimum berkisar 25,61 °C – 28,92 °C.

Pola tahunan rata – rata suhu udara selama 2014 – 2023 disajikan dalam berikut terlihat tidak begitu berbeda secara signifikan dan cenderung mirip sepanjang tahun. Pada musim barat (Februari-April) rata – rata suhu udara cukup tinggi kemudian menurun ketika musim peralihan I (Mei – Juli) mencapai 26,05 °C, kemudian saat musim tenggara (Agustus-Oktober) kembali naik hingga 27,35 °C, kemudian meningkat kembali saat musim peralihan II (Oktober-Januari) hingga 28,83 °C. Dari pola tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu udara di lokasi kajian menurun pada saat musim peralihan I.



Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023

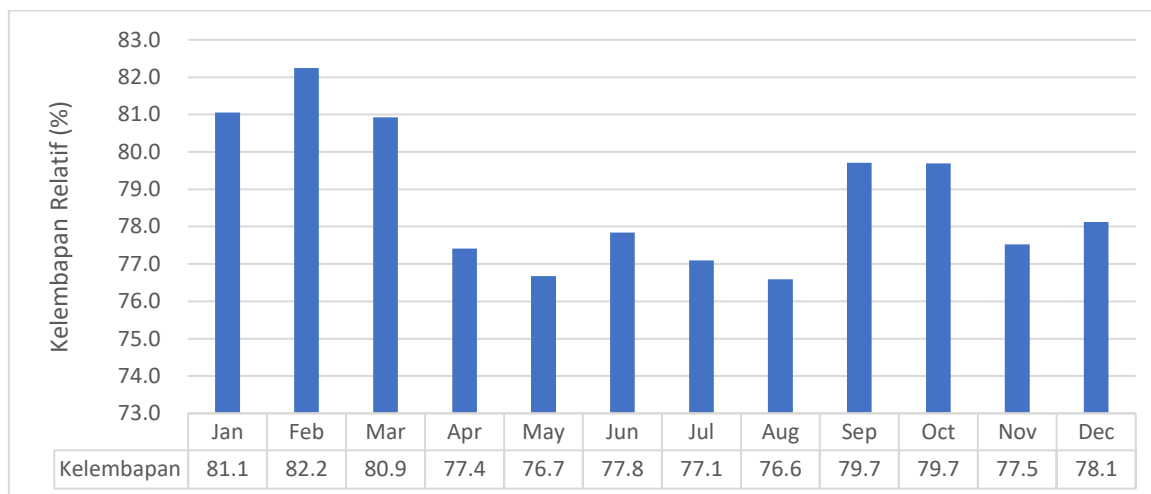
Gambar III-7 Suhu Udara (°C) Rata – Rata Selama Tahun 2014 – 2023

3.1.1.2.3 Kelembapan

Kelembapan relatif merupakan perbandingan jumlah uap air di udara dengan jumlah maksimum uap air yang dikandung pada temperatur tertentu. Kelembapan udara rata-rata selama periode tahun 2014 – 2023 berkisar 76,6% – 82,2%, Kelembapan udara tersebut tergolong tinggi.

Dari rata – rata bulanan tersebut didapatkan pola tahunan parameter Kelembapan udara yang cukup tinggi pada awal musim barat (Februari – April) namun kemudian menurun seiring berjalannya musim dengan nilai berkisar 82,2% - 77,4%. Pada musim peralihan 1 (Mei - Juli), kelembapan udara relatif stabil dengan kisaran nilai 76,7% - 77,8%. Pada saat musim tenggara (Agustus - Oktober) kelembapan udara meningkat sedikit dengan nilai mencapai 79,7%. Pada musim peralihan 2 (Oktober – Januari) kelembapan udara naik kembali hingga 81,1%. Dari pola tersebut dapat disimpulkan kelembapan udara menurun mulai dari musim barat hingga peralihan 1

kemudian meningkat kembali mulai dari musim tenggara hingga peralihan 2. Seperti yang disajikan pada gambar berikut.

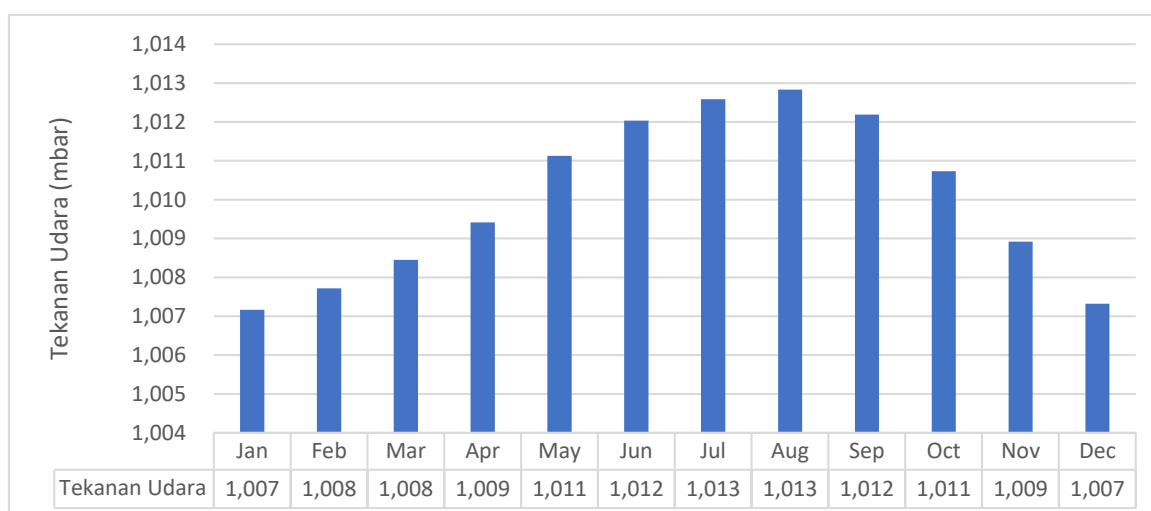


Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023

Gambar III-8 Kelembapan Udara (%) Rata – Rata Selama Tahun 2014 – 2023

3.1.1.2.4 Tekanan Udara

Tekanan udara merupakan berat sebuah kolom udara persatuan luas di atas sebuah titik, di mana tekanan udara berubah sesuai dengan tempat dan waktu. Tekanan udara berkaitan erat dengan pola angin akibat perbedaan gradien tekanan udara di sebuah wilayah. Berdasarkan data periode 2014 – 2023 tekanan udara rata- rata bulanan berkisar 1.007, 2 mbar – 1.012,8 mbar sebagaimana disajikan pada gambar berikut. Dari grafik tersebut terlihat pola tekanan udara yang terus naik dari akhir musim peralihan 2 hingga awal musim tenggara yang mencapai 1.012,8 mbar, lalu mengalami penurunan hingga pertengahan musim peralihan 2 dengan nilai 1.007,2 mbar. Nilai tekanan udara terendah terjadi pada saat bulan Januari dengan nilai 1.007,2 mbar dan tekanan udara tertinggi terjadi pada saat bulan Agustus dengan nilai 1.012,8 mbar.



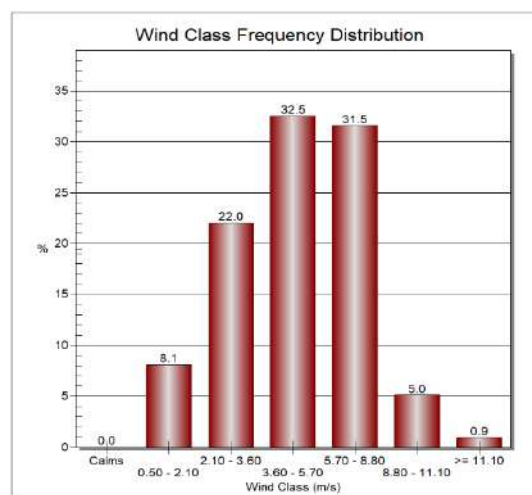
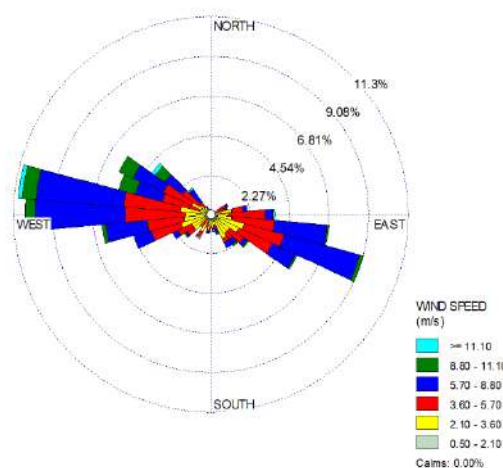
Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023

Gambar III-9 Tekanan Udara (mbar) Rata – Rata Selama Tahun 2014 – 2023

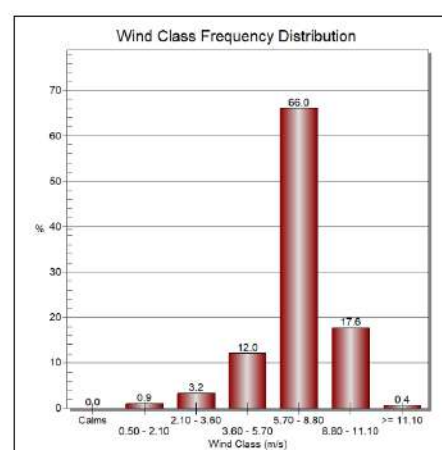
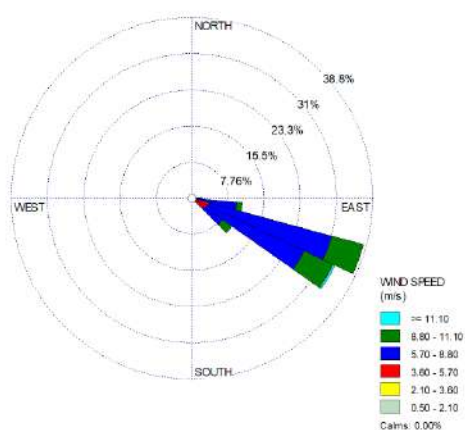
3.1.1.2.5 Arah dan Kecepatan Angin

Angin adalah gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi yang disebabkan oleh beda tekanan antar suatu tempat. Berdasarkan data angin rata-rata bulanan dari ECMWF selama tahun 2014-2023 yang kemudian dianalisis dengan menentukan frekuensi serta persentase kecepatan angin pada tiap musimnya.

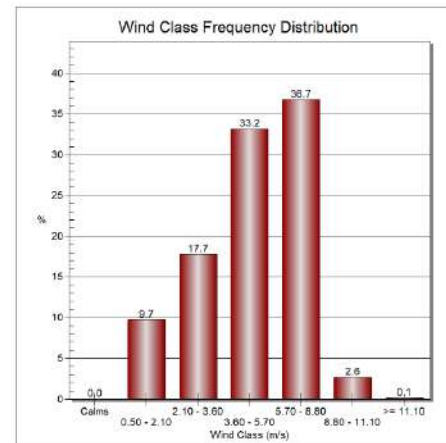
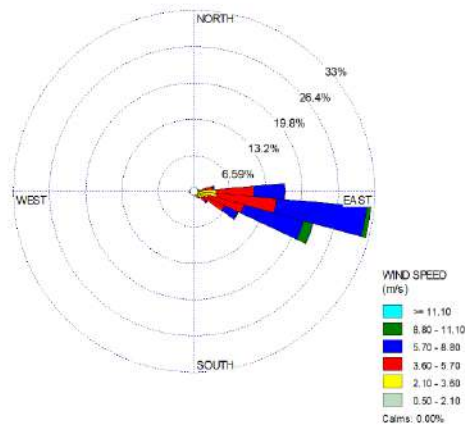
Musim barat (Februari - April) angin dominan dari arah barat (11,3%) dan timur (9,08%) dengan kecepatan angin mencapai 11,1 m/s. Kecepatan angin dominan berkisar 3,6 – 5,7 m/s sebesar 32,5%. Pada musim Peralihan 1 (Mei – Juli) angin dominan dari arah Tenggara (38,8%). Kecepatan angin mencapai lebih dari 11,1 m/s namun kecepatan dominan berkisar 5,7 – 8,8 m/s sebesar 66%. Pada musim Tenggara (Agustus – Oktober) angin dominan dari arah timur (33%). Kecepatan angin dominan pada musim tenggara berkisar 5,7 – 8,8 m/s sebesar 36,7%. Pada musim Peralihan 2 (Oktober – Januari) angin dominan dari barat (11%) dan timur (7%). Kecepatan angin dominan pada musim berkisar 2,1 – 3,6 m/s. Hasil analisis rata-rata musiman arah dan kecepatan angin selama tahun 2014-2023 disajikan pada gambar berikut.



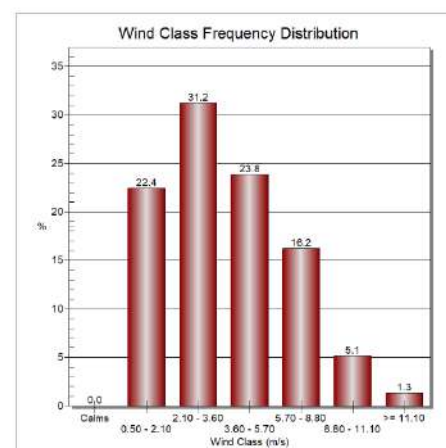
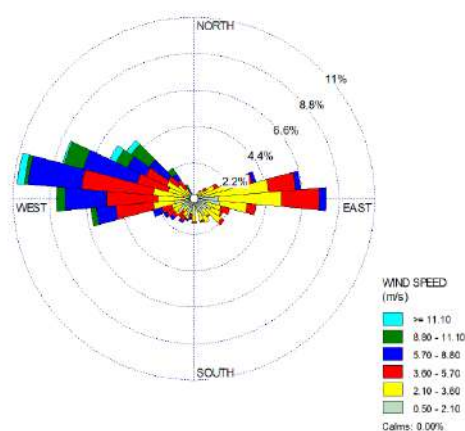
Musim Barat



Musim Peralihan I



Musim Tenggara



Musim Peralihan II

Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023

Gambar III-10 Arah dan kecepatan angin Berdasarkan Musim

3.1.1.3 Iklim Kabupaten Maluku Barat Daya

3.1.1.3.1 Curah Hujan

Berdasarkan data curah hujan selama 10 tahun terakhir (2014-2023), rata-rata tahunan curah hujan di wilayah studi berada dalam kategori rendah hingga sedang, dengan rentang antara 79,8 mm/bulan pada tahun 2016 hingga 135,0 mm/bulan pada tahun 2017. Selain itu, rata-rata bulanan curah hujan selama periode yang sama bervariasi dari 14,6 mm/bulan pada bulan Oktober (musim peralihan II) hingga 222,7 mm/bulan pada bulan Januari (musim barat/musim hujan). Lokasi kajian, menurut klasifikasi iklim Schmidt-Ferguson, termasuk dalam kategori "Agak Kering" dengan nisbah bulan kering terhadap bulan basah sebesar 1,15.

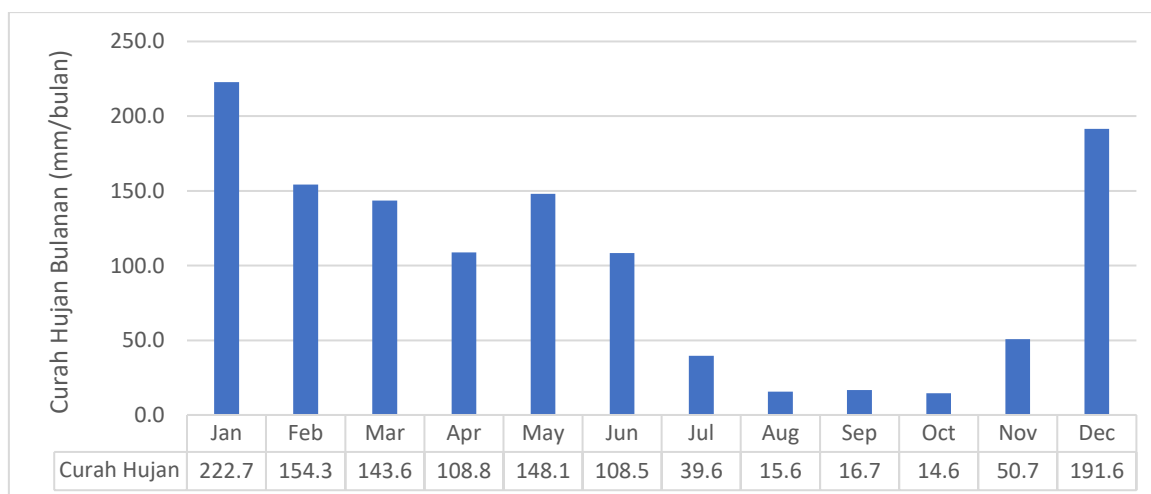
Pola tahunan rata – rata curah hujan disajikan dalam Gambar III-11 terlihat sedang ketika musim barat (Desember – Januari) yang termasuk dalam puncak musim hujan di Indonesia akan tetapi menurun ketika bulan Maret mencapai 143,6 mm/bulan, kemudian pada musim peralihan I (Maret – Mei) curah hujan berkisar 143,6 mm/bulan sampai 148, 1 mm/bulan kemudian terus menurun pada musim timur (Juni – Agustus) yang merupakan musim kemarau dengan nilai terendah saat

bulan Agustus sebesar 15,6 mm/bulan. Setelah itu memasuki musim peralihan II (September – November) curah hujan di lokasi masih rendah dengan nilai terendah pada bulan Oktober (14,6 mm/bulan), namun kembali meningkat mencapai 50,8 mm/bulan saat bulan November.

Tabel III-3 Data Curah Hujan Bulanan MBD Tahun 2014-2023

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
2014	324	232	83	116	89	98	18	6	0	1	4	134	1106
2015	294	164	108	133	97	48	14	19	2	0	1	158	1040
2016	60	132	74	56	79	127	50	24	26	46	19	266	958
2017	256	87	266	265	96	208	98	12	26	16	172	117	1620
2018	336	96	202	36	190	45	31	7	10	6	79	210	1246
2019	264	34	192	58	446	50	27	10	1	2	2	47	1134
2020	173	153	114	72	130	55	20	13	17	17	23	217	1002
2021	236	285	156	107	72	64	48	32	39	14	76	321	1451
2022	135	123	132	95	157	333	37	11	43	44	128	223	1462
2023	149	236	109	150	124	57	52	22	2	1	4	223	1128
Rata-Rata	223	154	144	109	148	108	40	16	17	15	51	192	1215

Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023



Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023

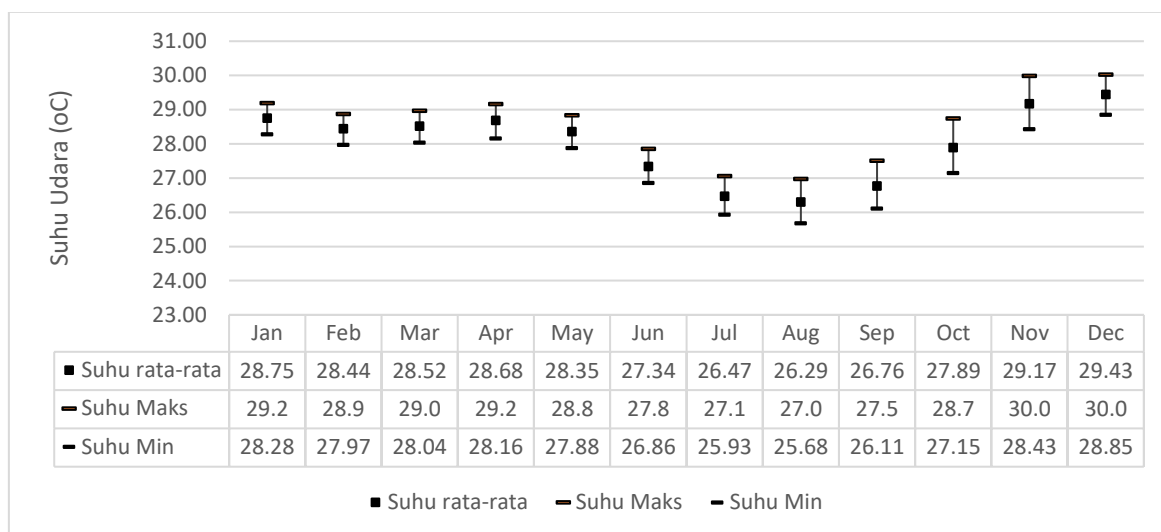
Gambar III-11 Curah Hujan Bulanan Rata-Rata Selama 2014 – 2023

3.1.1.3.2 Suhu Udara

Berdasarkan data ECMWF suhu udara rata-rata selama periode tahun 2014 – 2023 berkisar pada 25,9 °C – 29,33 °C. Suhu udara rata-rata maksimum bulanan selama periode tersebut berkisar 27,0 °C – 30,0 °C, sedangkan suhu udara rata-rata minimum berkisar 25,7 °C – 28,8 °C.

Pola tahunan rata-rata suhu udara selama 2014 – 2024 disajikan dalam Gambar III-12 terlihat tidak begitu berbeda secara signifikan dan cenderung mirip sepanjang tahun. Pada musim barat (Desember – Februari) rata – rata suhu udara cukup tinggi kemudian menurun ketika musim peralihan I (Maret – Mei) mencapai 28,4 °C, kemudian saat musim timur (Juni – Agustus) suhu semakin menurun hingga 26,3 °C, kemudian meningkat saat musim peralihan II (September –

November) hingga 29,2 °C. Dari pola tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu udara di lokasi kajian meningkat pada saat musim peralihan dan suhu tertinggi terjadi pada musim barat, hal tersebut kemungkinan besar akibat posisi matahari yang berada tepat di ekuator pada bulan – bulan tersebut sehingga menyebabkan suhu lebih tinggi.



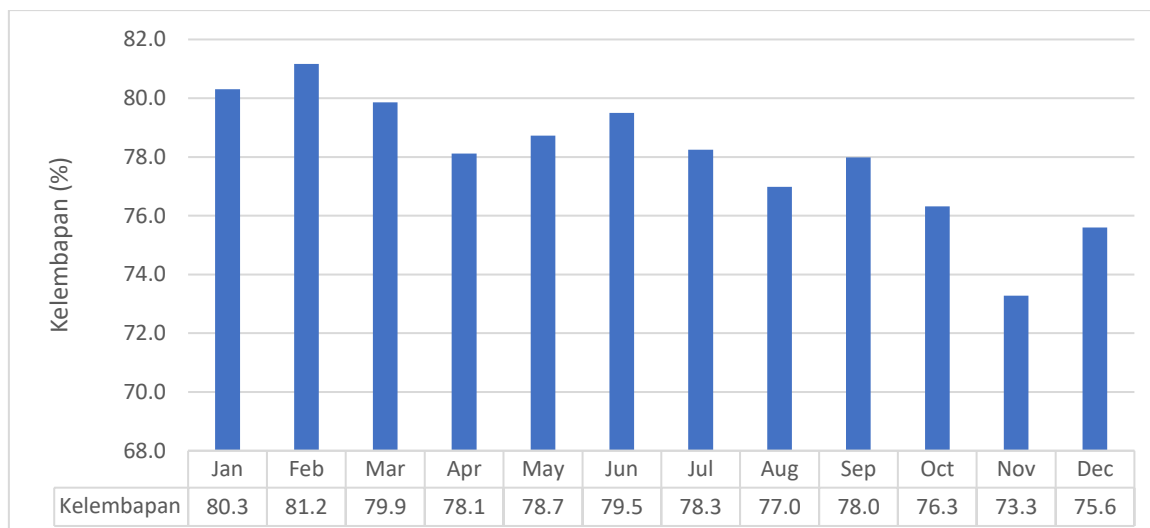
Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023

Gambar III-12 Suhu Udara (°C) Rata – Rata Selama Tahun 2014 – 2023

3.1.1.3.3 Kelembapan

Kelembapan udara rata-rata selama periode tahun 2014 – 2023 berkisar 73,3% – 81,2%, kelembapan udara tersebut tergolong tinggi. Dari rata-rata bulanan tersebut didapatkan pola tahunan parameter kelembapan udara yang cukup tinggi pada saat musim barat (Januari – Februari) dengan nilai berkisar 80,3% - 81,2% akan tetapi pada bulan Desember hanya berkisar 75,6%, kemudian memasuki musim peralihan I (Maret – Mei) kelembapan udara cenderung mengalami penurunan dengan nilai 78,1% - 79,5%, pada saat musim timur kelembapan udara pada bulan Juni berkisar 79,5% dan terus mengalami penurunan pada bulan Agustus mencapai nilai 77%, pada Musim Peralihan II nilai kelembapan udara terendah terjadi pada bulan Oktober mencapai 73,28%.

Dari data rata – rata parameter kelembapan udara didapatkan nilai tertinggi terjadi pada bulan Februari dengan nilai kelembapan udara mencapai 81,2%, sedangkan kelembapan udara terendah terjadi pada bulan November dengan nilai kelembapan udara mencapai 73,3%. Dari pola tersebut dapat disimpulkan kelembapan udara meningkat pada musim barat, akan tetapi menurun ketika musim peralihan, seperti yang disajikan pada gambar berikut.

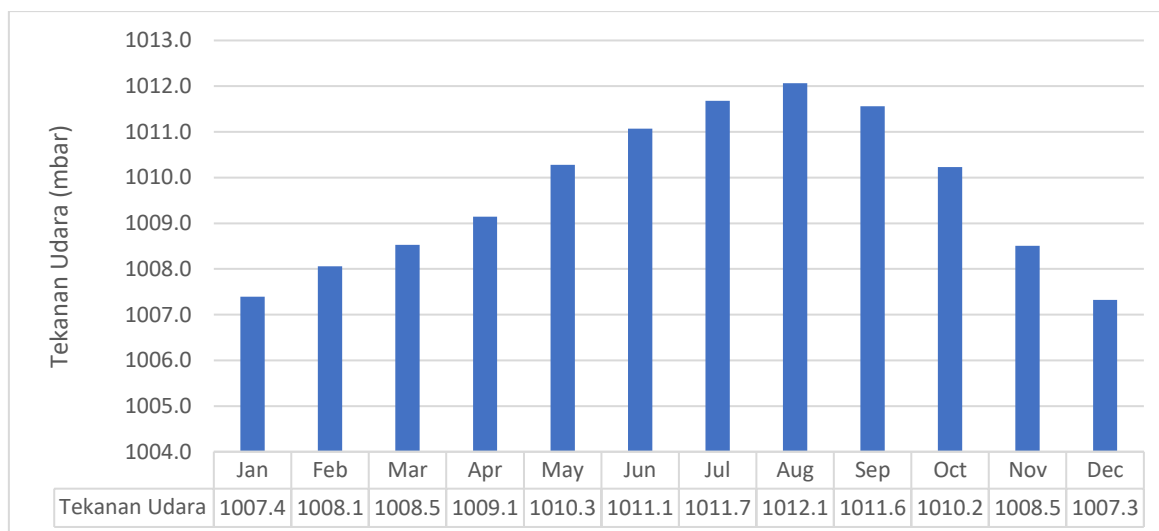


Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023

Gambar III-13 Kelembapan Udara (%) Rata – Rata Selama Tahun 2014 – 2023

3.1.1.3.4 Tekanan Udara

Berdasarkan data NASA LaRC POWER periode tahun 2014 – 2023 tekanan udara rata- rata bulanan berkisar 1005,2 mbar –1009,8 mbar, sebagaimana disajikan pada Gambar III-14. Dari grafik tersebut terlihat pola fluktuatif tekanan udara yang tinggi saat bulan Juni-September berkisar 1008,8 mbar – 1009,3 mbar kemudian menurun terus sampai bulan Desember mencapai 1005,2 mbar, lalu tekanan udara kembali naik pada bulan – bulan berikutnya hingga saat bulan Mei mencapai 1008,1 mbar. Nilai tekanan udara terendah terjadi pada saat bulan Desember dengan nilai 1005,2 mbar dan tekanan udara tertinggi terjadi pada saat bulan Agustus dengan nilai 1009,8 mbar.

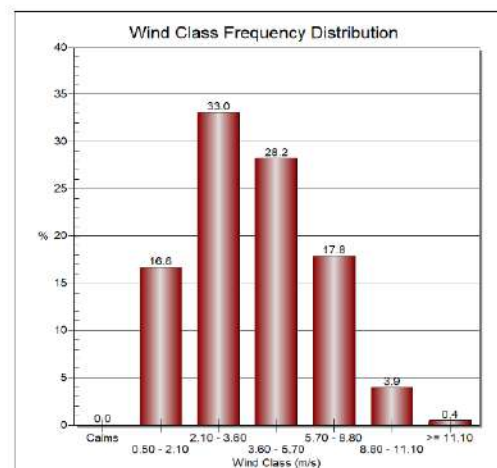
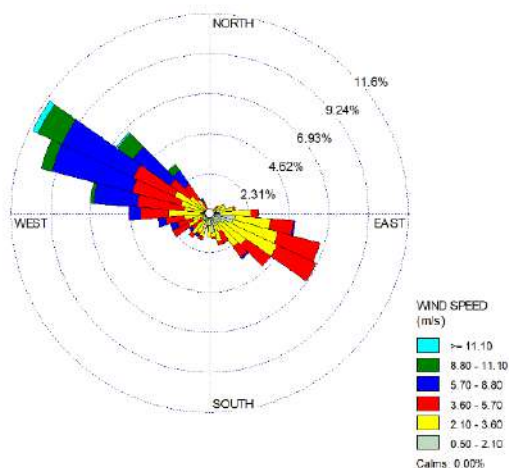


Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023

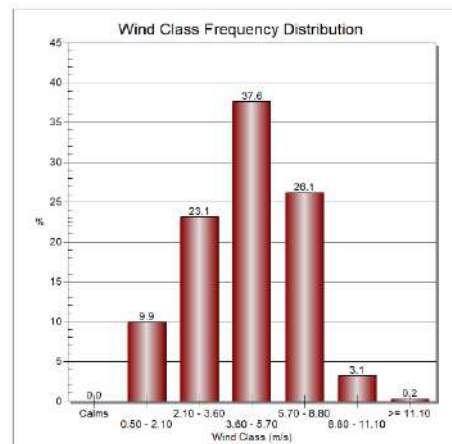
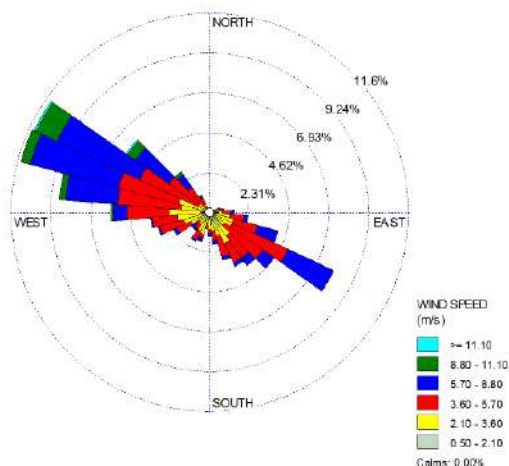
Gambar III-14 Tekanan Udara (mbar) Rata – Rata Selama Tahun 2014 – 2023

3.1.1.3.5 Arah dan Kecepatan Angin

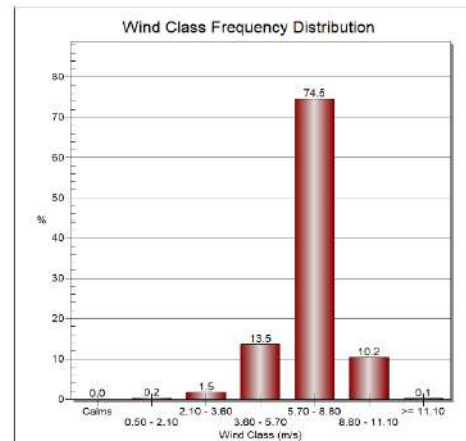
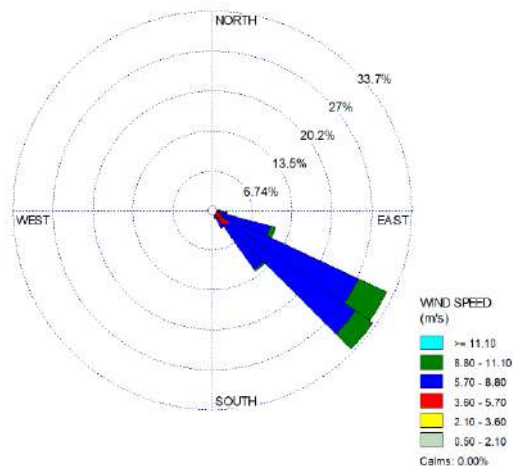
Angin adalah gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi yang disebabkan oleh beda tekanan antar suatu tempat. Berdasarkan data angin rata-rata bulanan dari ECMWF selama tahun 2014 – 2023 yang kemudian dianalisis dengan merata-ratakan pada masing-masing musim dan menentukan frekuensi dan persentase kecepatan angin pada tiap musimnya seperti pada Gambar III-15. Hasil analisis rata-ratan selama tahun 2019-2023, menunjukkan angin selama periode tahun tersebut dominan dari arah tenggara (21,9 %) dengan kecepatan angin mencapai >11,1 m/s namun kecepatan angin yang dominan 5,7-8,8 m/s (42,4%) Hasil analisis rata-ratan musiman arah dan kecepatan angin selama tahun 2014 – 2023 memberikan sebaran frekuensi pada Musim Barat (November-Januari) menunjukkan angin saat Musim Barat dominan dari arah timur laut (11,6%) dengan kecepatan angin bisa mencapai >11 m/s (0,4%) namun angin yang dominan berkisar 2,1 – 3,6 m/s sebesar (33%), kemudian pada Musim Peralihan I (Februari-April) frekuensi angin di lokasi sekitar didominasi dari arah timur laut (11,6%) dengan kecepatan angin >11,1 m/s (0,2%) (kecepatan angin dominan 0,2 – 0,4 m/s sebesar 48,4%), pada Musim Tenggara (Mei – Juli) angin dominan berasal dari arah barat daya (33,7%) dengan kecepatan mencapai > 11,1 m/s, kecepatan angin dominan berkisar 5,7 - 8,8 m/s (74,5%), kemudian pada Musim Peralihan II (Agustus-Oktober) angin masih didominasi dari arah barat daya (22,7%) dan timur laut (4,5%) dengan kecepatan angin dominan sebesar 5,7 – 8,8 m/s (37,8%) dan angin dengan kecepatan 3,6 – 5,7 m/s (37,4%).



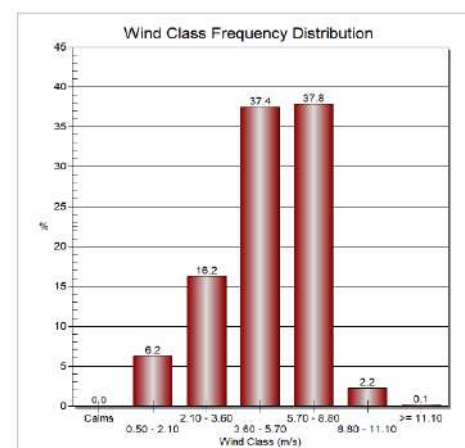
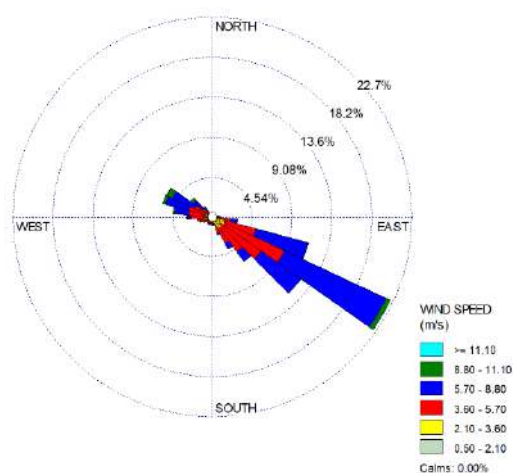
Musim Barat



Musim Peralihan I



Musim Tenggara



Musim Peralihan II

Sumber: NASA LaRC POWER periode 2014-2023

Gambar III-15 Arah dan Kecepatan Angin Berdasarkan Musim

3.1.2 Kualitas Udara

Kualitas udara di lokasi studi diukur di sembilan titik baik pada musim hujan maupun musim kemarau. Pengukuran dan sampling kualitas udara pada musim kemarau dilakukan dari tanggal 07 November hingga 30 November 2019, sedangkan pengukuran dan sampling kualitas udara pada musim hujan dilakukan dari tanggal 12 Maret hingga 19 Maret 2020. Masing-masing titik pengukuran dan sampling mewakili desa-desa seperti tercantum dalam Tabel III-4 dan **Peta III-1**.

Tabel III-4 Lokasi Sampling Kualitas Udara

Titik Sampling	Koordinat		Lokasi	Keterangan Lokasi
AQ-1	E : 131° 13' 50.6"	S : 08° 00' 15.0"	Desa Lermatang	Permukiman
AQ-2	E : 131° 14' 18.0"	S : 07° 59' 57.9"	Desa Lermatang	Permukiman
AQ-3	E : 131° 15' 01.5"	S : 07° 58' 54.6"	Desa Lermatang	Lahan kering bercampur semak
AQ-4	E : 131° 13' 47.8"	S : 07° 58' 44.6"	Desa Lermatang	Hutan
AQ-5	E : 131° 13' 44.1"	S : 07° 58' 17.9"	Desa Lermatang	Hutan
AQ-6	E : 131° 13' 33.5"	S : 07° 57' 48.4"	Desa Lermatang	Hutan

Titik Sampling	Koordinat		Lokasi	Keterangan Lokasi
AQ-7	E : 131° 15' 17.2"	S : 07° 57' 35.5"	Desa Lermatang	Sisi jalan raya
AQ-8	E : 131° 17' 09.5"	S : 07° 55' 14.5"	Desa Bomaki	Permukiman
AQ-9	E : 131° 17' 44.1"	S : 07° 59' 22.2"	Desa Olilit	Permukiman

Sumber: Data Primer ESC (2019)

Terdapat 14 parameter kualitas udara yang diuji dalam studi ini. Data hasil pengujian sampel di laboratorium tercantum dalam Tabel III-5. Hasil pengujian dibandingkan dengan baku mutu kualitas udara berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 Lampiran VII, terkecuali untuk parameter merkuri dan BTEX. Hingga saat ini, belum ada peraturan yang menjadi acuan untuk baku mutu merkuri dan BTEX di Indonesia.

Berdasarkan data pada Tabel III-5 secara umum konsentrasi untuk seluruh parameter yang diuji berada jauh di bawah nilai ambang batas baku mutu kualitas udara. Hal ini didukung oleh kondisi lokasi studi yang sebagian besar masih berupa lahan yang didominasi oleh semak-belukar dan/atau permukiman yang jumlah penduduknya relatif rendah.

Dari 14 parameter kualitas udara yang diuji, 11 diantaranya diidentifikasi sebagai parameter tergolong dampak penting hipotetik yaitu merkuri, Hidrogen sulfida (H_2S), Nitrogen dioksida (NO_2), Sulfur dioksida (SO_2), *total suspended particulate* (TSP), PM_{10} , $PM_{2.5}$, dan BTEX. Konsentrasi merkuri, H_2S , NO_2 , SO_2 , dan BTEX sebagian besar berada di bawah nilai limit deteksi (konsentrasi sangat kecil). Konsentrasi yang terdeteksi hanya konsentrasi SO_2 pada AQ-1 di musim kemarau dengan nilai yang jauh berada di bawah baku mutu ($21 \mu g/Nm^3$). Kondisi ini dapat disebabkan oleh lokasi pengukuran dan pengambilan sampel kualitas udara berada di daerah yang masih belum banyak aktivitas manusia (sumber-sumber antropogenik), kecuali lokasi pengukuran di Desa Olilit. Sebagian lokasi pengukuran terletak di ladang penduduk atau di tengah hutan, sementara sebagian lainnya terletak di permukiman masyarakat. Tidak terdapat kegiatan industri dan sejenisnya yang dapat berkontribusi terhadap emisi NO_2 , SO_2 , H_2S , dan merkuri.

Emisi dari transportasi pun dapat dikatakan rendah karena lokasi sampling tidak berada di kawasan dengan tingkat lalu lintas yang tinggi. Konsentrasi parameter partikulat (TSP, PM_{10} dan $PM_{2.5}$) disajikan pada Gambar III-16. Berdasarkan gambar tersebut, konsentrasi partikulat pada musim kemarau memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan pada musim hujan, meskipun seluruhnya masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan. Kontribusi partikulat pada musim kemarau sebagian besar berasal dari partikulat akibat kebakaran hutan, karena praktik pembakaran vegetasi pada ladang/semak belukar (*slash-burnt*) untuk membuka lahan umum dilakukan oleh masyarakat di lokasi studi. Hal kemungkinan yang menyebabkan konsentrasi partikulat cukup tinggi meskipun lokasi sampling berada di area hutan. Titik sampling yang berada di area hutan atau hutan dan atau ladang diwakili oleh titik AQ-3, AQ-4, AQ-5, AQ-6, dan AQ-7. Sementara titik AQ-1, AQ-2, AQ-8, dan AQ-9 berada di tengah permukiman warga. Khusus untuk AQ-7 dan AQ-8, titik sampling berlokasi di pinggir jalan utama sehingga aktivitas transportasi darat juga menjadi kontributor yang besar dalam meningkatkan konsentrasi partikulat.

Untuk yang memiliki BMUA (Baku Mutu Udara Ambien) dan tercakup dalam parameter penilaian ISPU, penilaian dilakukan dengan mengonversi konsentrasi ke ISPU berdasarkan rumus:

$$I = \frac{(Ia - Ib)}{(Xa - Xb)}(Xx - Xb) + Ib$$

I = ISPU Terhitung

Ia = ISPU batas atas

Ib = ISPU batas bawah

Xa = konsentrasi ambien batas atas

Xb = konsentrasi ambien batas bawah

Xx = konsentrasi ambien nyata

Matriks kelas internal ISPU, kategori kualitas dan konsentrasi adalah sebagai berikut:

Nilai ISPU	Kategori	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
		PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂	HC
0-50	Baik	25	15,4	22	2.000	75	26	45
51-100	Sedang	75	55	75	4.000	150	65	100
101-200	Tidak Sehat	175	110	167	7.500	300	367	215
201-300	Sangat Tidak Sehat	210	165	667	15.000	450	734	432
>300	Berbahaya	250	220	500	22.500	600	975	648

Untuk parameter yang memiliki baku mutu namun tidak tercakup dalam parameter ISPU, penilaian kualitas lingkungan dilakukan berdasarkan skala penilaian tersebut sebagai berikut:

Kualitas Lingkungan	Skala	% Terhadap BMUA	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	H ₂ S (ppm)
Baik	5	≤ 50	≤ 115	< 0,01
Sedang	4	51-100	116-230	0,01-0,02
Buruk	3	101-200	231-460	0,021-1,50
Sangat Buruk	2	201-300	461-690	1,51-5,00
Berbahaya	1	> 300	> 690	> 5,00

Untuk parameter yang tidak memiliki BMUA penilaian dilakukan berdasarkan persentase perubahan terhadap rona awal:

Kualitas Lingkungan	Skala	% Terhadap Rona Awal
Baik	5	≤ 50
Sedang	4	51-100
Buruk	3	101-200
Sangat Buruk	2	201-300
Berbahaya	1	> 300

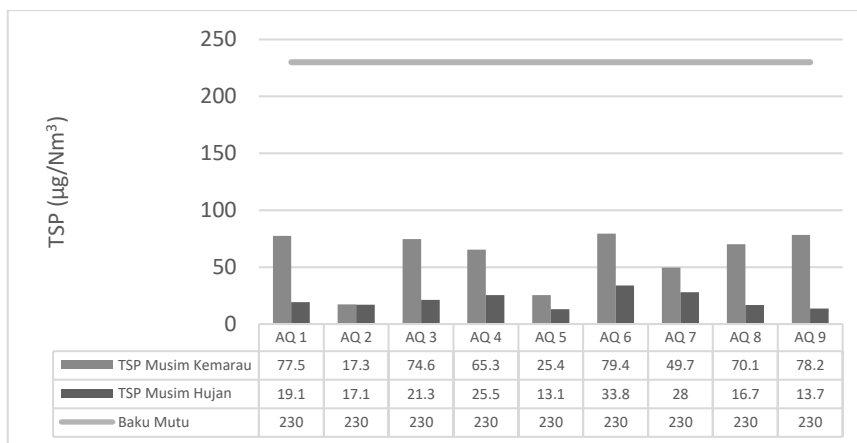
Pada **Tabel III-5** terlihat hasil pada musim kemarau cenderung memberikan kualitas udara ambien yang lebih rendah dibanding musim hujan. Pada musim kemarau kebanyakan titik sampling memberikan kualitas udara sedang, sementara pada musim hujan semua titik sampling memberikan kualitas udara baik. Hal ini disebabkan oleh komponen partikulat yang pada musim kemarau jauh lebih tinggi dibanding pada musim hujan. Komponen partikulat yang tinggi adalah PM₁₀ dan PM_{2,5} yang kebanyakan titik sampling memberikan hasil 51-100% BMUA (Baku Mutu Udara Ambien). Mengingat bahwa lokasi titik sampling ini belum ada kegiatan industri, maka dapat

disimpulkan tingginya partikulat ini adalah berasal dari debu fugitif akibat angin pada musim kemarau

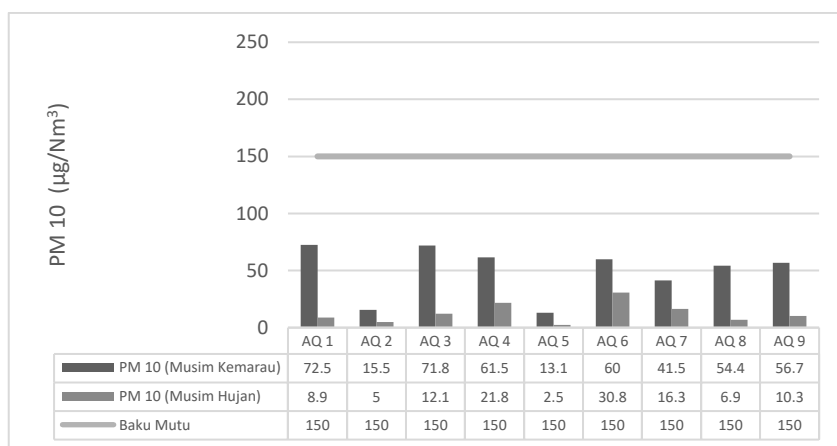
Tabel III-5 Hasil Pengukuran Konsentrasi Kualitas Udara Ambien di Lokasi Studi

Sampel:				AQ 1	AQ 2	AQ 3	AQ 4	AQ 5	AQ 6	AQ 7	AQ 8	AQ 9	Rata-rata	Kualitas	AQ 1	AQ 2	AQ 3	AQ 4	AQ 5	AQ 6	AQ 7	AQ 8	AQ 9	Rata-rata	Kualitas
Musim Pengambilan:				Musim Kemarau											Musim Hujan										
Tanggal Sampling:				07-Nov-19	08-Nov-19	17-Nov-19	11-Nov-19	30-Nov-19	29-Nov-19	15-Nov-19	14-Nov-19	13-Nov-19			12-Mar-20	13-Mar-20	14-Mar-20	16-Mar-20	17-Mar-20	18-Mar-20	19-Mar-20	11-Mar-20	10-Mar-20		
No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil	Hasil	Hasil	Hasil	Hasil	Hasil	Hasil	Hasil	Hasil			Hasil	Hasil	Hasil	Hasil	Hasil	Hasil	Hasil	Hasil	Hasil		
1	Karbon Monoksida, CO (24 Hours)	µg/Nm³	10000	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	-	Baik	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	-	Baik
2	Merkuri, Hg (24 Hours)	µg/Nm³	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	baik	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	-	Baik
3	Hydrogen Sulfida, H₂S (1 Hours)	µg/Nm³	-	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	-	Baik	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	-	Baik
4	Nitrogen Dioksida, NO₂ (24 Hours)	µg/Nm³	200	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	baik	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	-	Baik
5	Oxidant, O3 (1 Hours)	µg/Nm³	150	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	-	baik	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	-	Baik
6	Sulfur Dioksida, SO₂ (24 Hours)	µg/Nm³	75	21	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	-	baik	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	-	Baik
7	Partikulat <2.5µm, PM₂.5 (24 Hours)	µg/Nm³	55	40,6	12,8	61,5	52,5	11,6	42,8	37,5	45,0	32,6	37,4	Baik - sedang	2,60	0,9	5,3	12,0	1,2	12,2	2,1	5,1	2,4	4,9	Baik
8	Partikulat <10µm, PM₁₀ (24 Hours)	µg/Nm³	75	72,5	15,5	71,8	61,5	13,1	60,0	41,5	54,4	56,7	49,7	Baik-Tidak sehat	8,90	5,0	12,1	21,8	2,5	30,8	16,3	6,9	10,3	12,7	Baik-Sedang
9	Total Suspended Particulates, TSP (24 Hours)	µg/Nm³	230	77,5	17,3	74,6	65,3	25,4	79,4	49,7	70,1	78,2	59,7	Baik	19,1	17,1	21,3	25,5	13,1	33,8	28	16,7	13,7	20,9	Bak
10	Total Hidrokarbon, HC (3 Hours)	µg/Nm³	160	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	-	Baik	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	-	
	Kualitas			Tidak sehat	baik	Tidak sehat	Sedang	baik	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang			Baik	Baik	Baik	Baik	Baik	Sedang	Baik	Baik	Baik		
BTEX dalam Kualitas Udara (3 Hours)																									
1	Benzene	mg/Nm³	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	
2	Toluene	mg/Nm³	-	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	-		<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	-	
3	Ethyl Benzene	mg/Nm³	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	
4	Xylenes Total	mg/Nm³	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	

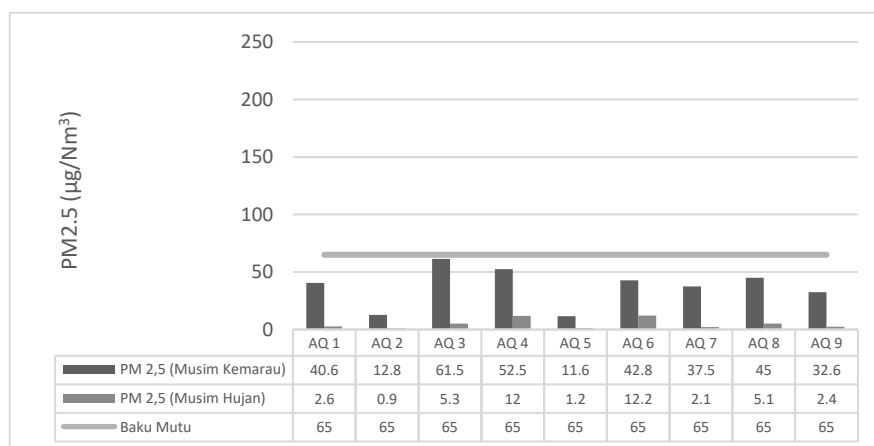
Sumber: Data Primer ESC (2019)



(a)

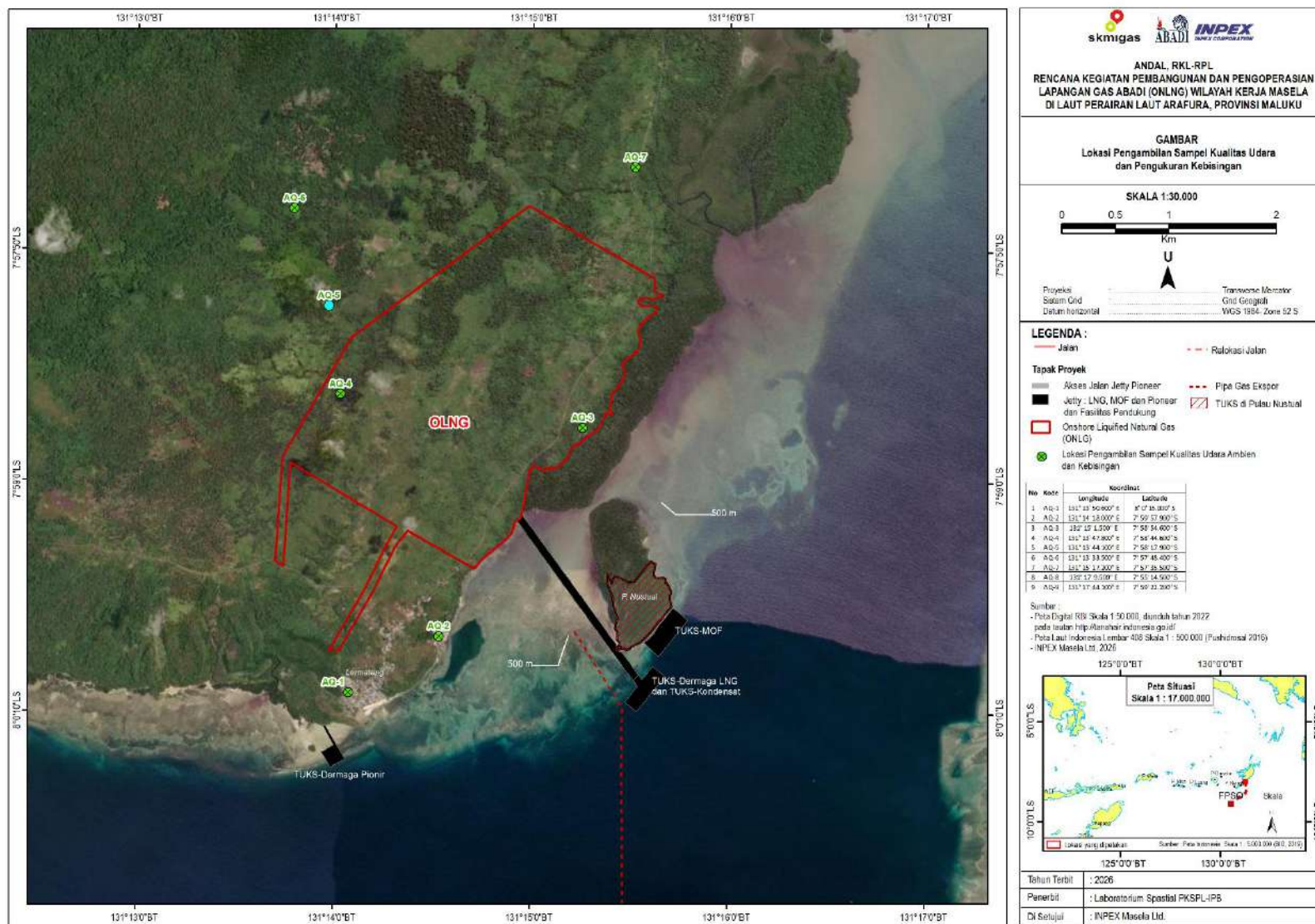


(b)



(c)

Gambar III-16 Konsentrasi Partikulat di Lokasi Pengukuran Sampling untuk Parameter (a) TSP; (b) PM₁₀; (c) PM_{2.5}



Peta III-1

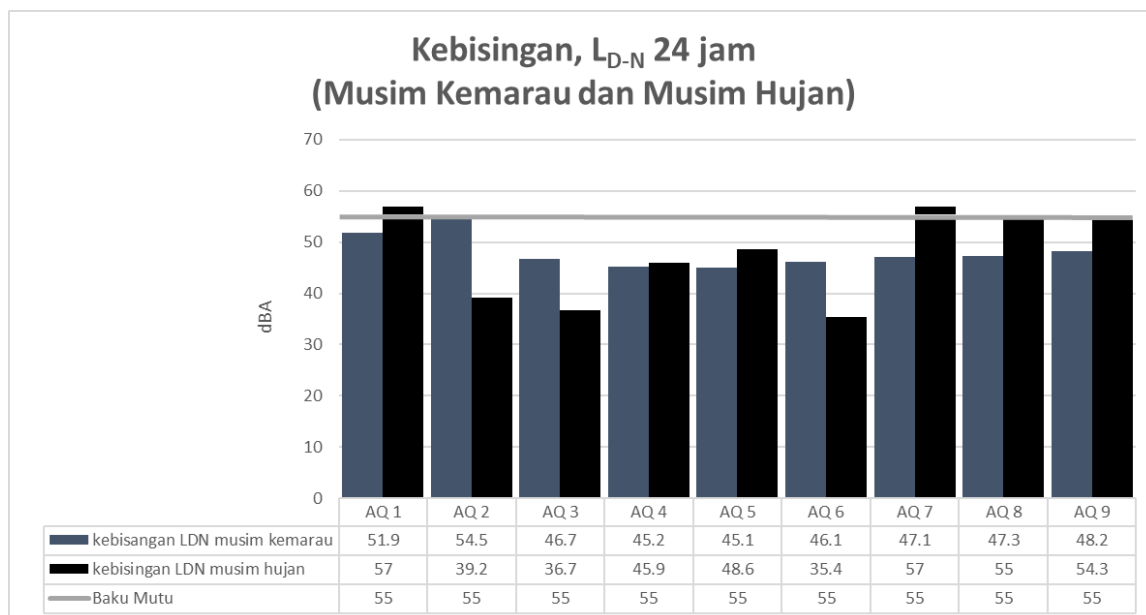
Lokasi Pengambilan Sampel Kualitas Udara dan Pengukuran Kebisingan

3.1.3 Kebisingan

Pengukuran rona kebisingan pada musim kemarau dan musim hujan dilakukan pada 9 titik yang lokasinya sama dengan lokasi pengukuran kualitas udara seperti tercantum pada **Peta III-1**. Pada Musim kemarau pengukuran dilakukan dari tanggal 07 November 2019 hingga 30 November 2019. Sedangkan pada Musim Hujan, pengukuran dilakukan dari tanggal 12 Maret 2020 hingga 19 Maret 2020. Hasil pengukuran kebisingan LD-N 24 jam pada kedua musim yang dibandingkan dengan Lampiran II baku mutu menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-48/MENLH/11/1996 tentang Baku Mutu Kebisingan disajikan pada Gambar III-17.

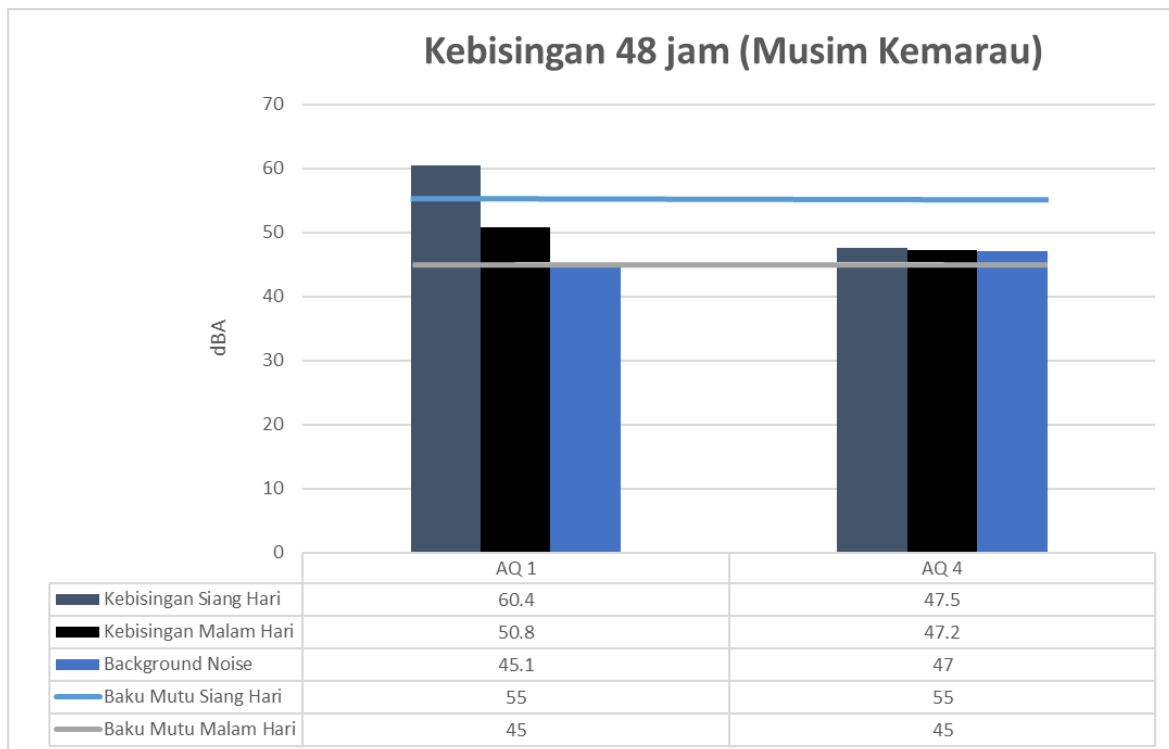
Pada lokasi-lokasi tertentu terutama di desa-desa terdekat dengan lokasi proyek dilakukan pengukuran kebisingan 2x24 jam secara kontinu, mengikuti ketentuan *IFC General EHS Guideline*. Standar tersebut digunakan karena di Indonesia belum ada peraturan yang memuat pengukuran kebisingan selama 2x24 jam. Hasil pengukuran kebisingan selama 2x24 jam dicantumkan pada Gambar III-18 dan Gambar III-19.

Kebisingan 48 jam diukur pada dua lokasi (AQ-1 dan AQ-4), masing-masing pada Musim kemarau dan musim hujan. Titik AQ-1 dipilih karena titik tersebut dapat mewakili tingkat kebisingan di area permukiman, sementara titik AQ-4 dipilih untuk mewakili pengukuran kebisingan di area OLNG. Kriteria *IFC General EHS Guideline* digunakan sebagai kriteria kebisingan yang bersifat terus menerus selama 48 jam dan juga digunakan untuk mengidentifikasi kebisingan pada siang dan malam hari selama 48 jam. Kriteria kebisingan 48 jam menurut *IFC General EHS Guideline* yaitu 55 dBA pada siang hari dan 45 dBA pada malam hari.



Sumber: Data Primer ESC (2019)

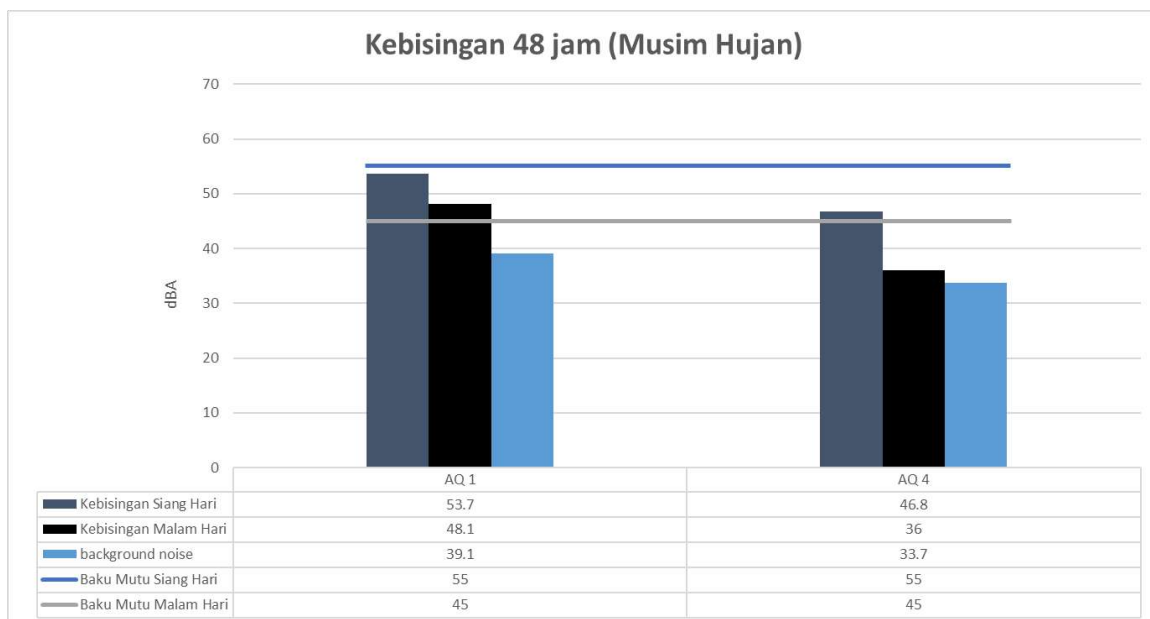
Gambar III-17 Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran Kebisingan LD-N Musim Kemarau dan Musim Hujan



Catatan: Baku mutu pengukuran kebisingan 48 jam mengacu pada IFC General EHS Guidelines

Sumber: Data Primer ESC (2019)

Gambar III-18 Hasil Pengukuran Kebisingan 48 Jam di Lokasi AQ-1 dan AQ-4 pada Musim Kemarau



Catatan: Baku mutu pengukuran kebisingan 48 jam mengacu pada IFC General EHS Guidelines

Sumber: Data Primer ESC (2019)

Gambar III-19 Hasil Pengukuran Kebisingan 48 Jam di Lokasi AQ-1 dan AQ-4 pada Musim Hujan

Penilaian kualitas lingkungan intensitas kebisingan dilakukan berdasarkan matriks berikut:

Kategori	Skala	Interval Tingkat Kebisingan (dBA)
Tidak mengganggu	5	≤ 55
Sedikit mengganggu	4	56-58
Mengganggu	3	59-72
Sangat mengganggu	2	73-85
Berbahaya	1	>86

Gambar III-17 menunjukkan secara umum tingkat kebisingan musim kemarau dan musim hujan di semua titik pengukuran (AQ 1, AQ 2, AQ 3, AQ 4, AQ 5, AQ 6, AQ 7, AQ 8, dan AQ 9) berada dalam rentang 45,1 -54,5 dBA pada musim kemarau sehingga kualitas lingkungan kebisingan tergolong tidak mengganggu; sedangkan pada musim hujan dalam rentang 35,4 – 57,0 sehingga tergolong tidak mengganggu sampai sedikit mengganggu. Kebisingan masih memenuhi baku mutu tingkat kebisingan menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 nilai baku mutu tingkat kebisingan yang ditetapkan memiliki toleransi +3 dBA, sehingga masih memenuhi baku mutu tingkat kebisingan

Pada titik pengukuran AQ-1 dan AQ-7 kebisingan teramati lebih tinggi daripada titik lain dikarenakan pada titik pengukuran AQ-1 kebisingan berasal dari aktivitas warga setempat sedangkan pada titik AQ-7 kebisingan berasal dari transportasi kendaraan yang melalui titik sampling AQ-7. Selain itu pada titik pengukuran AQ-1, AQ-4, AQ-5, AQ-7, AQ-8, dan AQ-9 tingkat kebisingan pada musim hujan teramati sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat kebisingan pada musim kemarau. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh pengaruh suara yang ditimbulkan oleh angin dan gelombang air laut yang lebih tinggi pada musim hujan. Adanya kecenderungan kebisingan lebih tinggi pada musim hujan dibandingkan musim kemarau disebabkan oleh peningkatan kelembapan udara dan peningkatan suhu udara. Kedua unsur fisika atmosfer tersebut menyebabkan kerenggangan densitas udara, sehingga berdampak pada berkurangnya kemampuan peredaman suara oleh atmosfer (Ahrens, 1994).

Berdasarkan Gambar III-18, nilai kebisingan ekuivalen siang dan malam hari di titik AQ-4 pada musim kemarau sebesar 47,5 dBA dan 47,4 dBA, sehingga masih memenuhi baku mutu kebisingan dengan toleransi +3 dBA. Sedangkan pada titik AQ-1, nilai kebisingan lebih tinggi yaitu sebesar 60,4 dBA untuk kebisingan siang hari dan 50,8 dBA untuk kebisingan malam hari. Titik AQ-1 berlokasi di tengah permukiman warga Desa Lermatang, sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat bising yang ada dipengaruhi oleh aktivitas warga setempat. Terdapat satu aktivitas warga Desa Lermatang yang dapat berkontribusi terhadap meningkatnya bising di lokasi tersebut, yaitu warga desa memiliki kebiasaan untuk mendengarkan musik dalam volume yang besar dengan menggunakan *sound system* yang ditempatkan di teras rumah mereka. Kegiatan ini dapat menjadi salah satu penyebab hasil pengukuran kebisingan di AQ-1 berada di atas nilai ambang batas baku mutu kebisingan. Titik AQ 4 berada pada daerah hutan sehingga tidak terdapat banyak sumber bising. *Background Noise* digunakan untuk menggambarkan kondisi kebisingan yang umumnya terjadi pada titik pemantauan sebagai dasar dalam pertimbangan dalam mengidentifikasi sumber kebisingan lain yang ada di titik pemantauan.

Berdasarkan Gambar III-19, nilai kebisingan ekuivalen siang dan malam hari di titik AQ-1 pada musim hujan, sebesar 53,7 dBA dan 48,1 dBA masih memenuhi baku mutu kebisingan dengan toleransi +3 dBA. Sedangkan pada titik AQ-4, nilai kebisingan ekuivalen yaitu sebesar 46,8 dBA untuk

kebisingan siang hari dan 36 dBA untuk kebisingan malam hari. Nilai tersebut memenuhi baku mutu kebisingan.

Terlihat kualitas lingkungan berdasarkan intensitas kebisingan pada musim kemarau cenderung lebih rendah dibanding musim hujan.

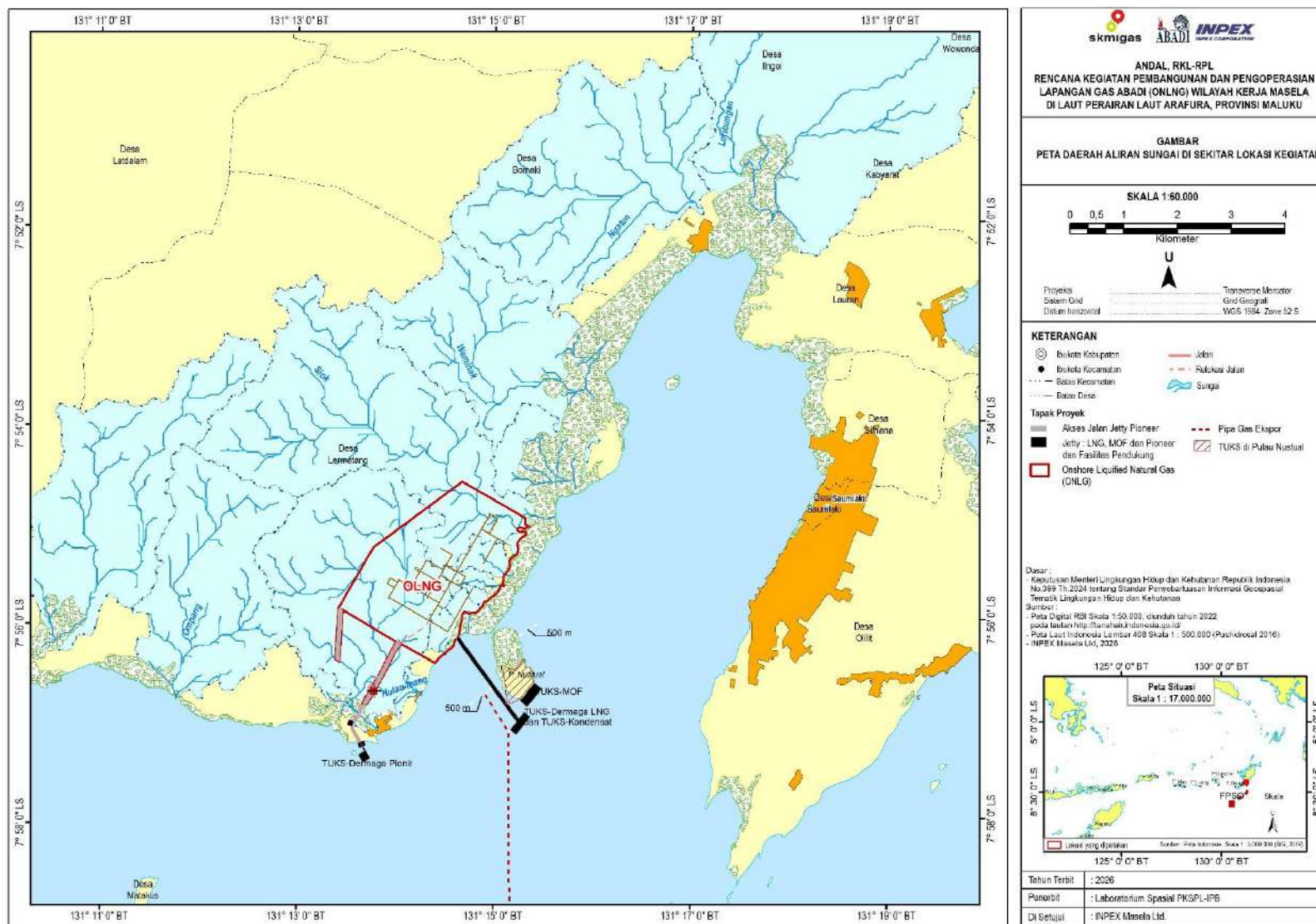
3.1.4 Hidrologi

Secara umum Daerah Aliran Sungai (DAS) di lokasi studi termasuk ke dalam DAS kepulauan Yamdena-Wetar. Di dalam DAS tersebut terdapat berbagai perbukitan kecil yang terbentuk dari batuan induk batu kapur (limestone) dan napal (campuran batu kapur dan batu lempung). Oleh karena itu di dalam DAS kepulauan Yamdena-Wetar terdapat beberapa DAS kecil yang airnya mengalir dari wilayah-wilayah perbukitan kecil menuju pantai di bagian selatan dan utara lokasi studi. Sungai utama yang mengalir di sekitar wilayah studi adalah Sungai Ranar Majo dengan panjang alirannya sekitar 106,8 km. Sungai tersebut terdapat di sebelah timur di luar lokasi studi dan mengalir ke pantai utara Pulau Yamdena.

DAS di dalam dan sekitar lokasi studi diidentifikasi menggunakan DEMNAS 8 m dan didelineasi menggunakan ArcSWAT 3.1 (**Peta III-2**). Delineasi DAS tersebut sudah cukup baik walaupun pada beberapa kasus masih menggabungkan beberapa DAS yang sangat kecil ke dalam sebuah DAS untuk penyederhanaan. Simplifikasi deliniasi tersebut menyebabkan penggabungan beberapa luasan DAS sehingga luasan DAS tersebut cukup besar, padahal di lapangan DAS tersebut terbagi ke dalam beberapa DAS yang beberapa sungainya (parit) mengalirkan air masing-masing menuju pantai.

DAS yang terdapat dalam lokasi proyek adalah DAS Lematang seluas 4.668 ha dan DAS Bak yang luasnya sekitar 3.788 ha, DAS terbesar adalah DAS Ranar Majo yang meliputi areal seluas 74.375 ha dimana sebagian besar wilayah DAS tersebut terletak di luar lokasi studi (bagian timur-utara lokasi studi). Sebagian besar wilayah studi memiliki topografi bergelombang-perbukitan kecil sehingga memungkinkan terbentuknya genangan-genangan air yang membentuk rawa-rawa kecil terutama di bagian tengah dan hilir DAS yang dapat berfungsi sebagai cadangan air permukaan pada wilayah tersebut khususnya pada musim kemarau. Daerah rawa-rawa yang cukup luas terdapat di wilayah hilir Sungai Lematang.

Sungai yang mengalir dalam lokasi studi diantaranya adalah Sungai Lematang (lebar ± 4 m), sungai Bak (lebar ± 6 m), sungai Waem Jari (lebar 1-2 m), Sungai Wetyayan (lebar 1-2 m), Sungai Raemet (lebar 1-2 m), sungai LSB (lebar 2-3 m), Sungai Bat Memetmar (lebar 1-2 m), Sungai Krompau Mamputuk (lebar 2-4 m), Sungai Ompang (lebar 4-5 m), Sungai Siok (Lebar 6-7 m), Sungai Weminak (Lebar 26-27 m), Sungai Ngatun (Lebar 10-11 m), Sungai Loribungan (Lebar 22-23 m), Sungai Hutan Ibang (Lebar 6-7 m) dan beberapa anak sungai atau parit lainnya. Sungai-sungai tersebut merupakan sungai intermiten yang hanya mengalir pada musim penghujan dan kering pada musim kemarau (URS, 2014).



Peta III-2

Daerah Aliran Sungai di Sekitar Lokasi Rencana Kegiatan

Debit aliran sungai di wilayah studi sangat dipengaruhi oleh pola dan distribusi hujan, litologi karst, topografi perbukitan kecil, kondisi tanah yang relatif dangkal, dan tutupan vegetasi yang sebagian besar merupakan lahan tegalan bercampur semak dan sedikit hutan sekunder kerapatan tajuk rendah. Oleh karena itu sebagian besar sungai yang terdapat pada lokasi studi merupakan sungai intermiten yang hanya mengalir pada musim penghujan.

Hasil pengukuran debit pada musim kemarau (November 2019) ditemukan sungai-sungai di wilayah studi dalam kondisi kering, walaupun ada airnya memiliki kecepatan aliran sangat rendah. Lokasi pengukuran dan hasil pengolahan data debit aliran sungai pada wilayah studi disajikan pada Tabel III-6 sedangkan kondisi sungai pada saat pengukuran di lapangan dapat dilihat pada Gambar III-20 dan Gambar III-21.

Tabel III-6 Debit Sungai Sesaat Pada Musim Kemarau di Lokasi Studi (November 2019)

Kode	Longitude	Latitude	Nama Sungai	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Debit (m ³ /dt)	Keterangan
SWH1	131010'52,003"E	7059'4,809" S	Werbacire/ Lermatang	10,00	0,73	0,003	Muara sungai
SWH2	131011'56,566"E	7059'33,499"S	Ompang	4,60	0,70	-	Muara sungai, Menggenang
SWH3	131014'36,246"E	7058'1,080" S	Siok	6,50	-	-	Muara sungai Kering
SWH4	131015'26,819"E	7056'49,902"S	Weminak	26,60	0,42	0,16	Muara sungai
SWH5	131017'5,966"E	7055'13,335"S	Ngatun	10,20	0,40	0,01	Muara sungai
SWH6	131017'53,966"E	7054'45,157"S	Loribungan	22,30	0,40	0,52	Muara sungai
SWH7	131013' 51,312"E	7057'15,678"S	Hutan Ibang	6,00	-	-	Sungai bagian hulu Kering

Sumber : Data Primer ESC, 2019



Gambar III-20 Kondisi Sungai Werbacire/Lermatang (SWH1) pada saat Pengukuran Kecepatan Aliran Sungai



Gambar III-21 Kondisi Sungai Siok (SWH3) pada saat Pengukuran Kecepatan Sungai

Pengukuran debit aliran sungai sesaat pada musim penghujan dilakukan pada akhir Maret 2021. Pengukuran tersebut dilakukan pada seluruh titik pengukuran pada musim kemarau yaitu SWH1, SWH2, SWH3, SWH4, SWH5, dan SWH6. Karena akses yang cukup sulit dan *safety surveior* dalam pengukuran debit aliran, pengukuran debit aliran pada titik SWH7 bergeser ke arah hilir pada alur sungai yang sama. Pengukuran kecepatan arus menggunakan pendekatan pelampung semi tenggelam, sedangkan dimensi bidang basah sungai (lebar dan kedalaman) diukur secara manual.

Berdasarkan hasil pengukuran debit tertinggi terukur di SWH 6 yaitu sebesar 2,06 m³/dt dan debit terendah terukur di SWH 7 sebesar 0,07 m³/dt hal ini berbeda apabila dibandingkan dengan hasil pengukuran pada SWH 2, SWH 3, dan SWH 7 di mana pada lokasi tersebut tidak terdapat aliran, sehingga dapat di simpulkan aliran air di lokasi studi sangat di pengaruhi oleh musim. Secara detail hasil pengukuran debit sesaat di lokasi studi dapat dilihat pada Tabel III-7.

Tabel III-7 Debit Sungai sesaat pada musim hujan di lokasi studi

Kode	Longitude	Latitude	Nama Sungai	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Debit (m ³ /dt)	Keterangan
SWH1	131010'32,800"E	7059'4,800" S	Werbacire/ Lermatang	11.35	1.03	0.757	Tidak Hujan
SWH2	131012'37,600"E	7059'51,300" S	Ompang	5.70	1.32	0.146	Gerimis
SWH3	131014'36,246"E	7058'1,080" S	Siok	7.00	1.60	0.674	2 jam setelah hujan berhenti
SWH4	131015'40,800"E	7057'24,800" S	Weminak	17.00	0.87	1.186	Setelah hujan berhenti
SWH5	131017'6,700"E	7055'13,100" S	Ngatun	7.40	0.75	0.472	Tidak Hujan
SWH6	131017'48,900"E	7054'23,500" S	Loribungan	19.00	0.78	2.342	Tidak Hujan
SWH7	131017'48,900"E	7054'23,500" S	Hutan Ibang	3.76	0.29	0.025	Tidak Hujan

Sumber : Data Primer ESC, 2021



Titik SWH 1

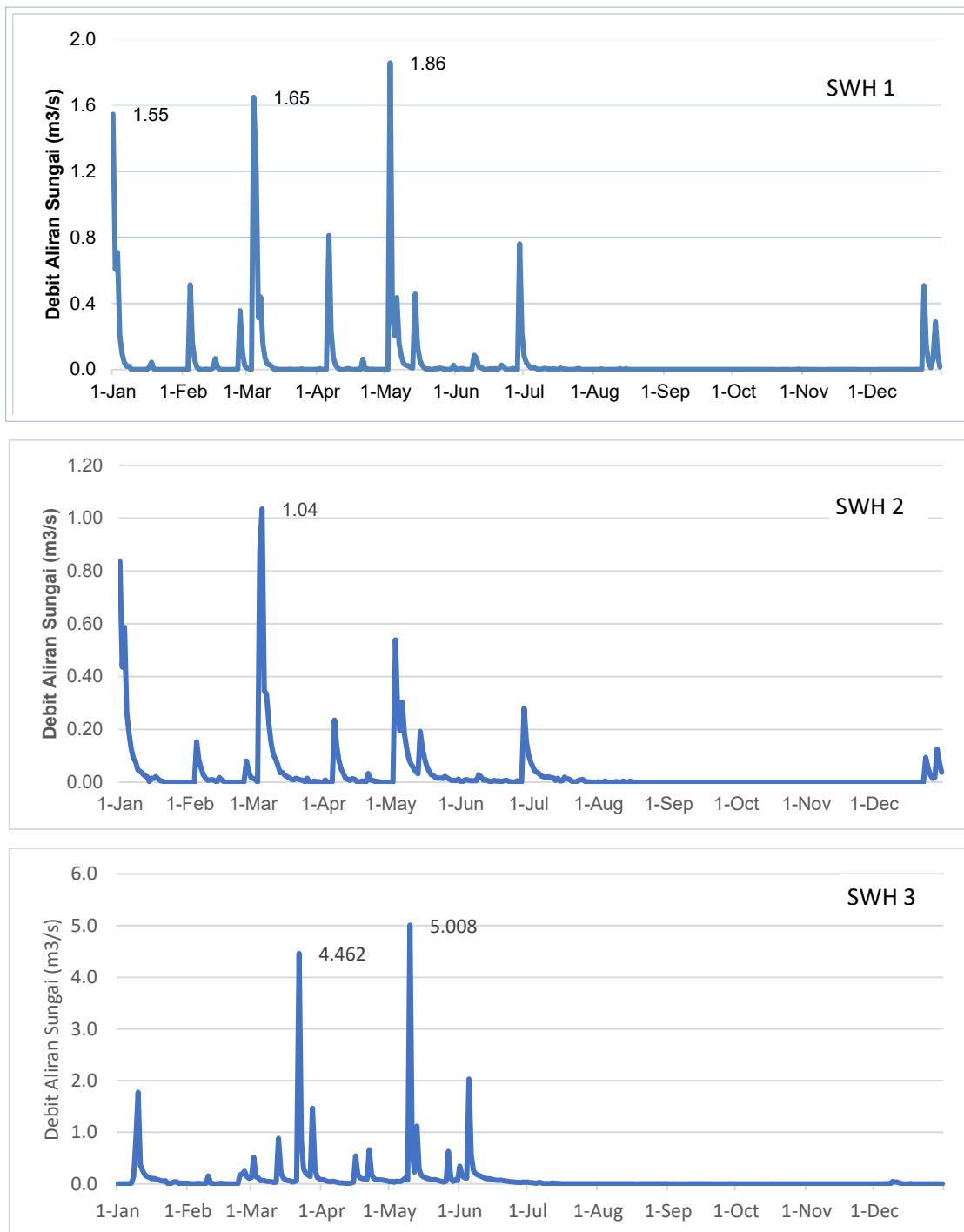


Titik SWH 3

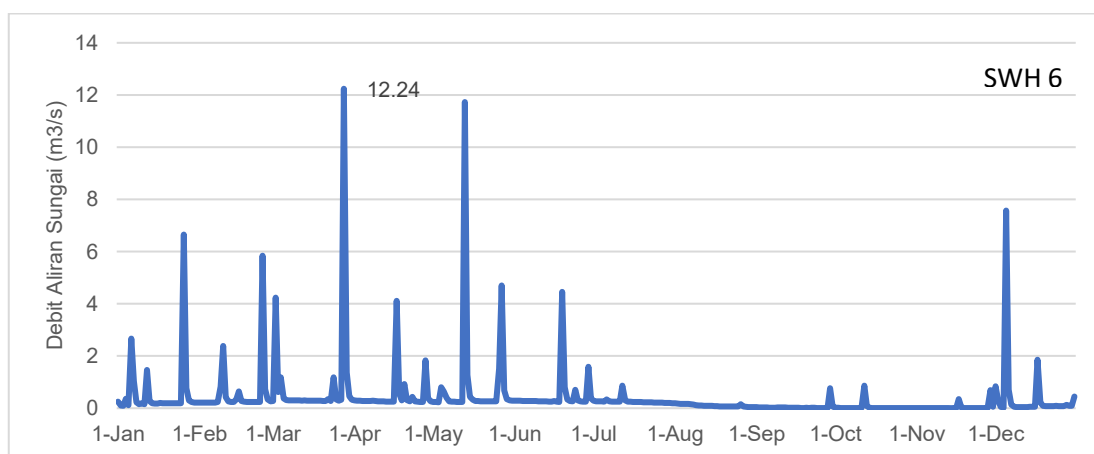
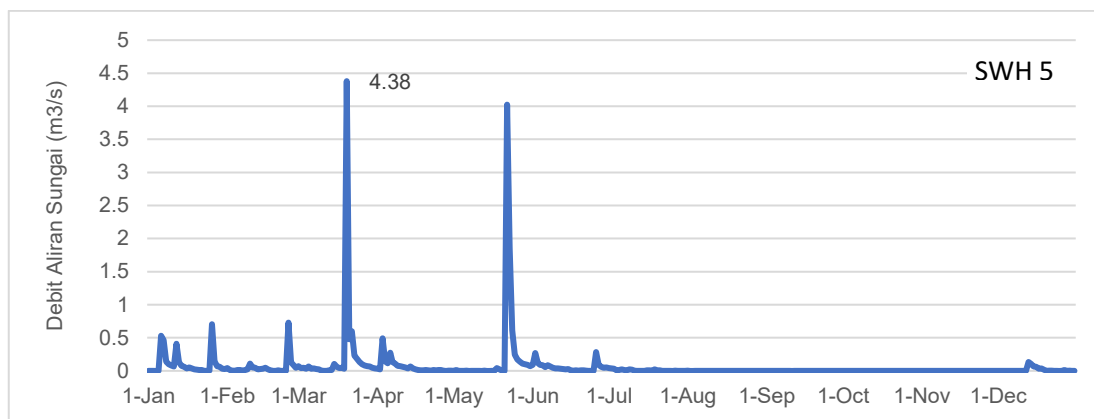
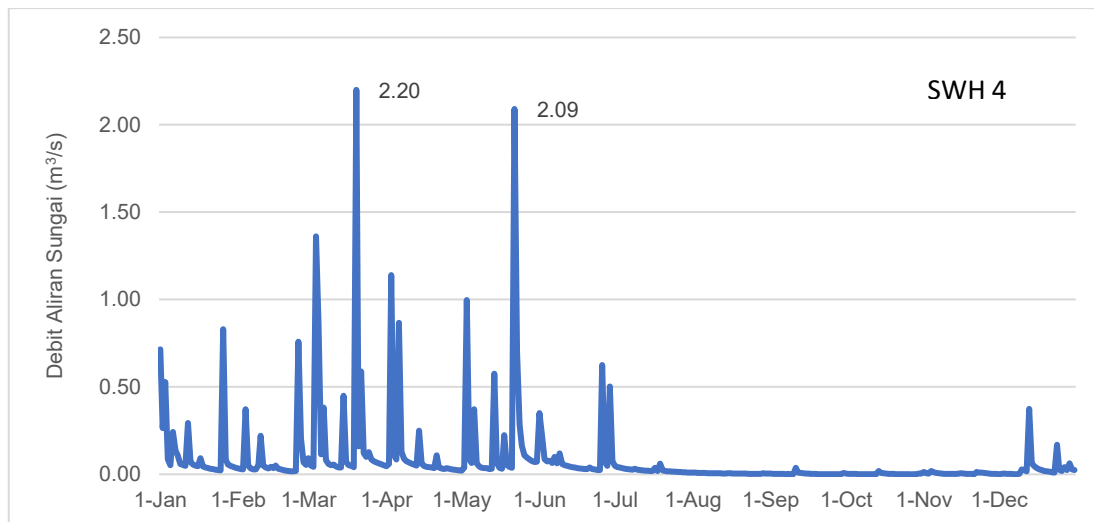
Gambar III-22 Kondisi SWH 1 dan SWH 3 Saat Pengukuran Debit Sesaat

Karena debit aliran sungai hasil pengukuran lapang sangat terbatas, debit aliran sungai di lokasi studi didapatkan dari hasil prediksi model SWAT (ArcSWAT 10.3). Parameter input model yang digunakan terdiri dari curah hujan harian (data diperoleh dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) dan observasi sinoptik (BMKG) via GTS WMO (*World Meteorological Organization*) berupa data rata-rata dari tahun 1978 hingga 2018; topografi lokasi studi (DEMNAS 8 m); data karakteristik tanah; data tutupan lahan, dan data morfometri sungai di lokasi studi. Pengaruh tanah dan tutupan lahan terhadap aliran permukaan yang dihasilkan model disimulasikan menggunakan pendekatan kelompok hidrologi tanah (*hydrology soil group*) dan bilangan kurva aliran permukaan (*runoff curve number*) (Viessman, *et al.*, 1989). Parameter tanah yang dipertimbangkan meliputi kedalaman solum tanah, lapisan tanah, tekstur, bobot isi tanah, permeabilitas tanah, dan porositas sekunder serta karakteristik fisik dan kimia tanah lainnya yang mempengaruhi peresapan air ke dalam tanah dan penguapan air ke atmosfer. Faktor vegetasi yang dipertimbangkan meliputi jenis dan tipe vegetasi, tinggi vegetasi, kedalaman perakaran, dan tutupan/canopy vegetasi. Rataan debit aliran sungai hasil prediksi model SWAT pada beberapa sungai yang cukup besar disajikan pada Gambar III-23 dan Gambar III-24, sedangkan untuk beberapa alur parit kecil sebelah hilir lokasi tapak proyek disajikan pada Gambar III-25.

Mengacu pada Gambar III-23 debit maksimum pada sungai Lermatang adalah $1,86 \text{ m}^3/\text{s}$ yang terjadi pada bulan Mei, Sungai ompang $1,04 \text{ m}^3/\text{s}$ yang terjadi pada bulan Maret sedangkan pada Sungai Siok debit maksimum adalah $5,008 \text{ m}^3/\text{s}$ yang terjadi pada bulan Mei. Sedangkan debit maksimum pada Sungai Weminak, Ngatun, Loribungan berturut-turut adalah $2,20 \text{ m}^3/\text{s}$, $4,38 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $12,24 \text{ m}^3/\text{s}$. Berdasarkan grafik pada (Gambar III-23 dan Gambar III-24 tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi debit sungai di lokasi studi sangat tergantung dengan musim, di mana debit maksimum terjadi pada musim hujan, sedangkan pada musim kemarau di beberapa sungai tidak ada aliran air seperti di Sungai Siok sebagaimana tersaji pada Tabel III-6.



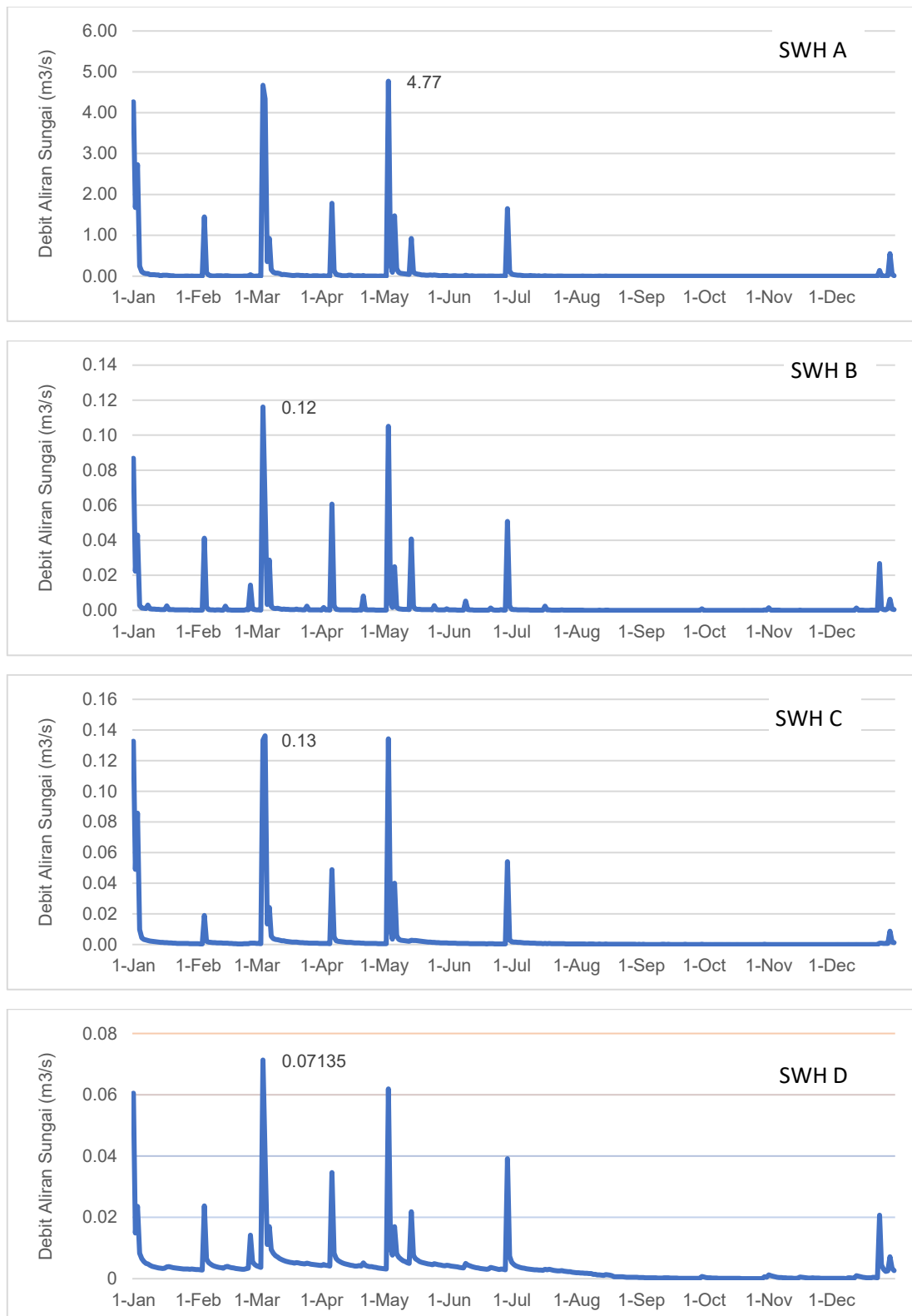
Gambar III-23 Rataan Debit Aliran Sungai Hasil Prediksi Model SWAT pada Sungai Lermatang (SWH 1) dan Sungai Ompang (SWH 2) Sungai Siok (SWH 3)

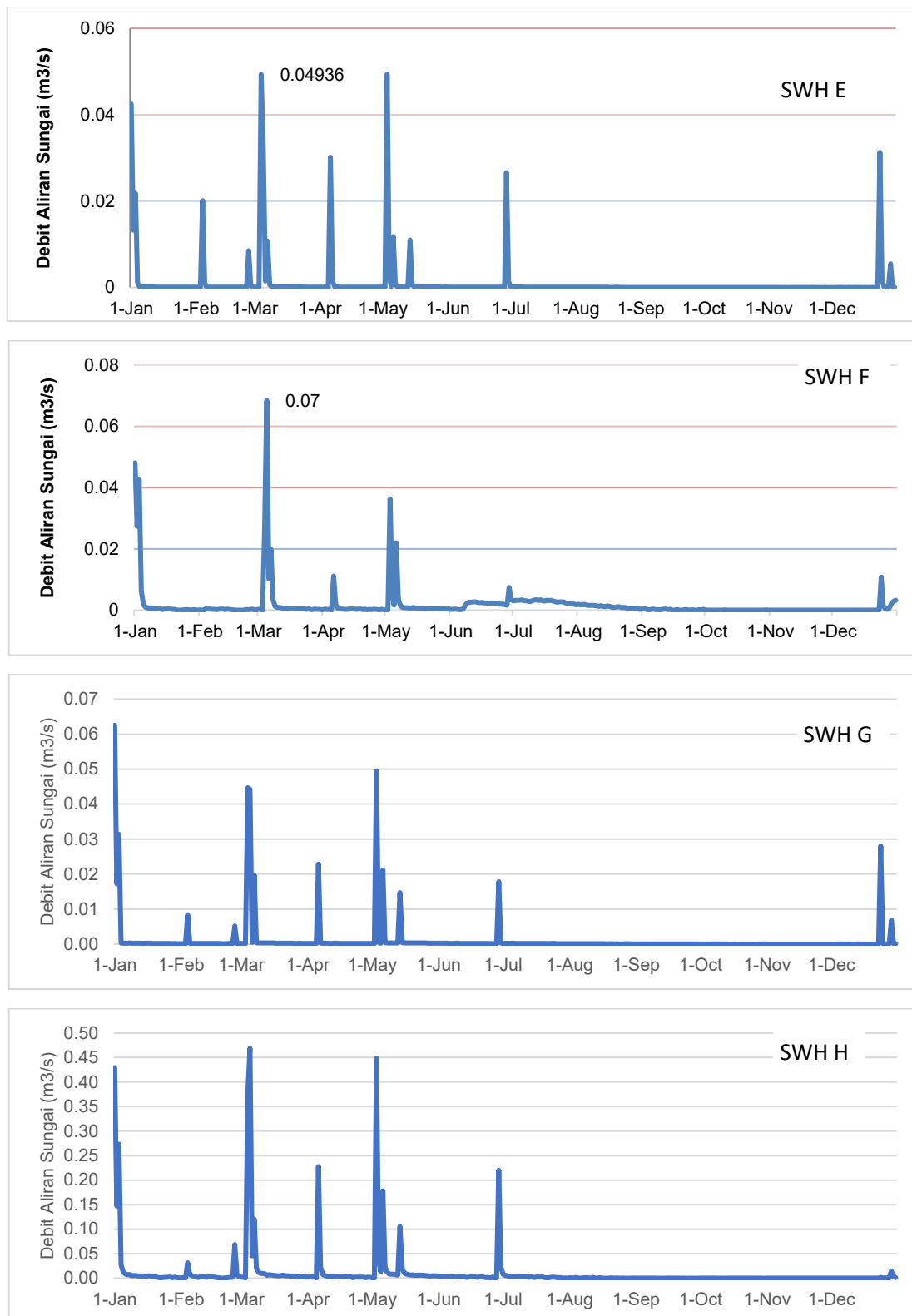


Gambar III-24 Rataan Debit Aliran Sungai Hasil Prediksi Model SWAT pada Sungai Waminak (SWH 4) dan Sungai Ngatun (SWH 5) Sungai Loribungan (SWH 6)

Gambar III-25 menjelaskan prediksi debit aliran pada parit sungai di sekitar tapak proyek dengan menggunakan model SWAT. Hasil prediksi model aliran air hanya ada di musim hujan yaitu pada akhir Desember sampai Bulan Juli, sedangkan pada musim kemarau aliran air sangat kecil bahkan cenderung kering (Agustus sampai pertengahan Desember), debit maksimum terdapat pada SWH A yaitu 4,77 m³/s sedangkan pada parit lainnya debit maksimum <0.3 m³/s. Adapun peta lokasi

prediksi debit aliran sungai dengan menggunakan Model SWAT pada SWH 1 - SWH 6 dan parit sungai pada SWH A - SWH H dapat dilihat pada Gambar III-28, di mana sebagai catatan SWH 7 merupakan bagian dari SWH B sehingga prediksi debit aliran pada SWH 7 sama dengan prediksi debit aliran pada SWH B yaitu dengan debit maksimum 0,12 m³/s yang terjadi pada bulan Maret.





Gambar III-25 Parit Sungai di Sebelah Hilir Lokasi Tapak Proyek (SWH A sampai SWH H)

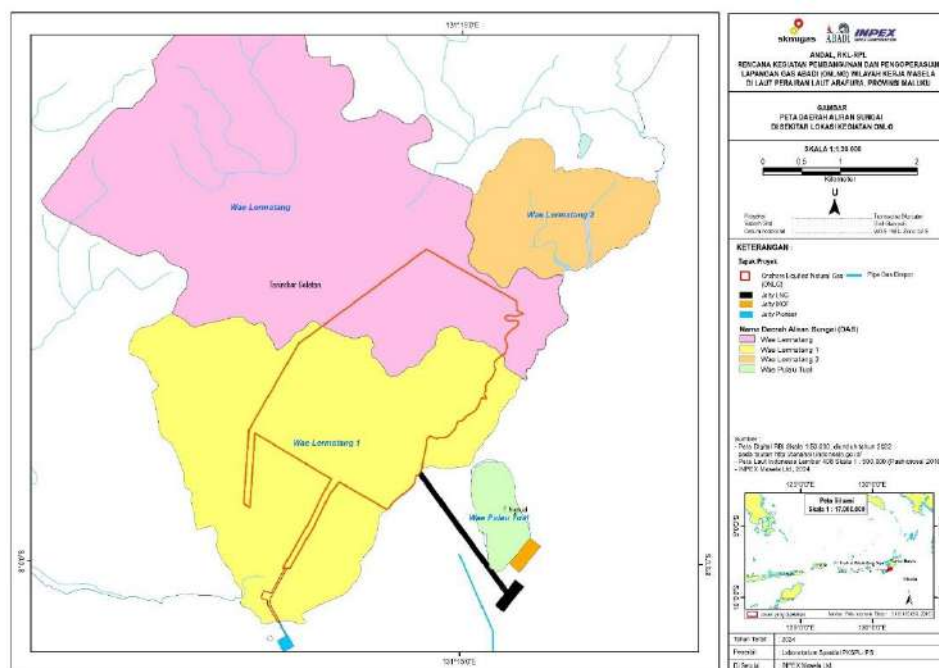
Air Larian

Daerah Aliran Sungai atau biasa disebut dengan DAS adalah suatu wilayah daratan yang menerima, menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkan ke laut atau danau melalui satu sungai utama. Dengan demikian suatu DAS akan dipisahkan dari wilayah DAS lain di sekitarnya oleh batas alam (topografi) berupa punggung bukit atau gunung. Dengan demikian DAS merupakan suatu sistem kompleks yang dibangun atas sistem fisik (*physical systems*), sistem biologis (*biological systems*), dan sistem manusia (*human systems*), yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami.

Berdasarkan wilayah pengaliran sungainya, wilayah rencana pembangunan LNG dan fasilitas pendukungnya berada dalam wilayah pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Lematang yang tersebar pada Sub DAS Lematang, Sub DAS Lematang 1 Penamaan wilayah DAS didasarkan atas nama sungai utama. Berikut ini tersaji peta wilayah DAS yang menjadi fokus dalam kajian rona hidrologi (air larian).

Wilayah studi rencana pembangunan Fasilitas OLNG dan Jalan tersebar pada wilayah Sub DAS Lematang 209,01 dan Sub DAS Lematang 1 seluas 455,92 Ha. Pada kajian hidrologi ini, unit analisisnya mengacu pada batas fungsional yaitu pada ke dua Sub DAS tersebut. Besarnya laju air larian masing-masing Sub DAS diprediksi menggunakan Metode Rasional dengan masukan beberapa parameter iklim yaitu curah hujan dan parameter lahan, seperti sifat-sifat tanah, kondisi topografi, tutupan lahan dan luas DAS.

Angka koefisien limpasan (C), merupakan indikator suatu Sub DAS apakah telah mengalami perubahan. Besar kecilnya nilai C tergantung pada permeabilitas dan kemampuan tanah dalam meretensi atau menahan air. Nilai C yang besar menunjukkan bahwa banyak air hujan yang menjadi limpasan. Koefisien limpasan permukaan pada studi ini dihitung berdasarkan pola tutupan lahan eksisting yang bersumber dari data Kementerian LHK tahun 2021. Karena pola tutupan lahan pada masing-masing Sub DAS, tergolong relatif heterogen, maka nilai tetapan C diberikan bobot (*weighted*) untuk memperoleh nilai rata-rata tertimbang. Berikut ini hasil perhitungannya.



Gambar III-26. Peta batas Sub DAS Lematang dan Lematang 1 yang beririsan dengan rencana tapak

Limpasan Air Permukaan (*Run off*)

Potensi limpasan permukaan (*run off*) di area rencana kegiatan didekati melalui kondisi curah hujan harian maksimum, luas wilayah studi dan jenis penutupan lahan (*land coverage*) di daerah studi dengan persamaan rasional sebagai berikut :

$$Q = 0.0028 * C * I_{\max} * A$$

Di mana:

Q = potensi volume limpasan aliran permukaan (m³/hari)

C = koefisien aliran permukaan, yaitu fraksi curah hujan yang berubah menjadi aliran permukaan yang nilainya tergantung pada jenis penutupan lahan

I_{max} = intensitas curah hujan maksimum

A = luas wilayah studi

Rujukan yang digunakan untuk menentukan nilai C adalah nilai-nilai yang dikemukakan oleh *US Forest Service* dalam Asdak (2007). Perubahan bentuk dan jenis penutupan lahan akan menentukan perubahan koefisien aliran permukaan. Perubahan nilai koefisien tersebut dapat menggambarkan seberapa besar jumlah air hujan maksimum yang pada tahap awalnya terserap oleh permukaan akan berubah menjadi aliran permukaan.

Tabel III-8. Nilai C komposit eksisting pada masing-masing Sub DAS Lematang dan Sub DAS Lematang 1

Sub DAS Lematang				
Tutupan lahan eksisting	C	Luas (Ha)	%	C-Komposit
Hutan Mangrove Sekunder	0,8	0.21	0.100474	0.0008
Belukar	0,2	125.14	59.87273	0.1197
Pertanian Lahan Kering Campur Semak	0,15	83.66	40.02679	0.0600
Jumlah		209.01	100	0,18
Sub DAS Lematang 1				
Tutupan lahan eksisting	C	Luas (Ha)	%	C-Komposit
Hutan Mangrove Sekunder	0,02	7	98,82	0.0123
Belukar	0,22	269.3	1,18	0.1181
Pertanian Lahan Kering Campur Semak	0,15	179.61		0.0591
		455.91		0,19
Sub DAS Pulau Nustual				
Tutupan lahan eksisting	C	Luas (Ha)	%	C-Komposit
Semak/belukar	0,1	31,08	100	0,1
		31,08		0,1

Sumber: Data sekunder dan hasil analisis, 2024

Intensitas Hujan

Intensitas hujan maksimum (I) dihitung dengan menggunakan metode Mononobe dengan perhitungan waktu konsentrasi (t_c) menggunakan metode Kirpich (1940), dan diolah dari data 10 curah hujan tahun.

$$t_c = 0.0195 L^{0,77} S^{-0,385}$$

t_c merupakan waktu konsentrasi (menit), L adalah panjang maksimum larian (meter), dan S adalah beda ketinggian antara titik pengamatan dengan lokasi terjauh pada tapak proyek dibagi panjang maksimum larian. Berdasarkan peta topografi diperoleh panjang maksimum larian dan beda tinggi pada setiap lokasi kegiatan. Dengan menggunakan persamaan metode Kirpich diperoleh waktu konsentrasi (t_c) untuk setiap lokasi kegiatan

Adapun intensitas curah hujan maksimum (I_{max}) dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe melalui persamaan berikut :

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{Tc} \right)^{2/3}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai intensitas hujan seperti pada **Tabel berikut.**

Tabel III-9. Nilai Intensitas Hujan Berdasarkan Waktu Konsentrasi (T_c)

Lokai	Panjang Lereng	Beda Tinggi	Nilai T_c	$R24/24$	Nilai I
Sub DAS Lematang	1900	74	1,86	1.46	8,03
Sub DAS Lematang1	2300	38	1,24	1.46	10.51
Sub DAS Pulau Nustual	496	13	0,86	1.46	13,39

Tabel III-10. Debit aliran permukaan (*runoff*)

Lokasi	C	I Max	A	K	Q maks
Sub DAS Lematang	0.18	8.03	209.01	0.0028	0.85
Sub DAS Lematang 1	0.19	10.51	455.91	0.0028	2.55
Sub DAS Pulau Nustual	0,1	13,39	31,08	0.0028	0.11

Pola Kerapatan Drainase

Sebagian besar pola drainase di wilayah studi tergolong ke dalam kelompok dendritik di mana aliran air dari perbukitan kecil turun menuruni lereng perbukitan dan bertemu dengan aliran air dari lereng lainnya pada wilayah tengah dan hilir DAS yang kemudian mengalir menuju pantai. Solum tanah yang dangkal dan litologi batuan kapur mendorong terbentuknya rekahan-rekahan tanah dan pelarutan batuan kapur sehingga memungkinkan terbentuknya porositas sekunder yang menyebabkan aliran permukaan masuk ke dalam batuan di bawah permukaan tanah dan mengalir di dalam batuan. Meresapnya air hujan dan aliran permukaan ke dalam tanah dan batuan kapur menyebabkan tanah cepat kering sehingga vegetasi yang tumbuh di atas lahan demikian kurang berkembang dengan baik. Defisit air pada musim kemarau sangat terlihat pada saat dilakukan survei lapang (Gambar III-27).



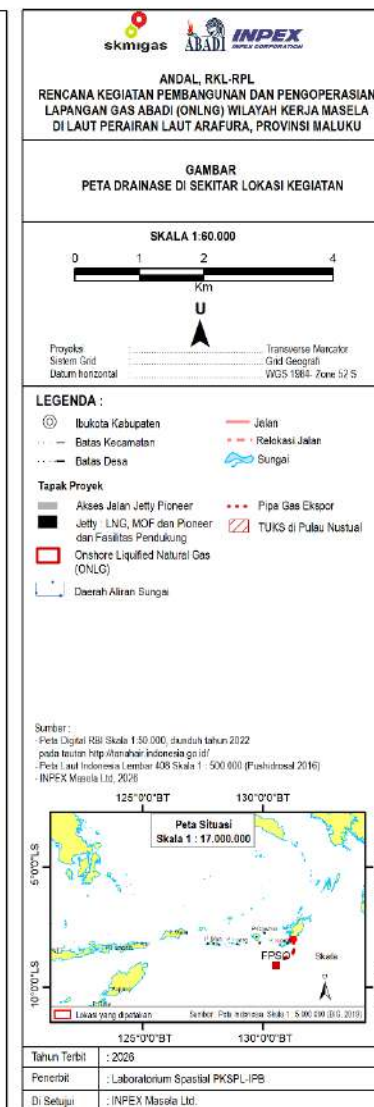
Gambar III-27 Kondisi Tutupan Lahan Lokasi Studi pada Musim Kemarau

Pola drainase sekunder di lokasi studi belum berkembang intensif sehingga sebagian besar air pada wilayah ini bergerak secara lateral melalui sistem sungai yang terbentuk di dalamnya. Relatif rendahnya curah hujan yang jatuh pada wilayah ini menyebabkan tidak intensifnya pelarutan batu kapur di mana curah hujan merupakan media pelarut utama dalam proses karstifikasi. Semakin besar curah hujan, semakin besar media pelarut, sehingga tingkat pelarutan yang terjadi di batuan karbonat juga semakin besar. Berdasarkan pengamatan lapang tidak dijumpai air sungai yang masuk (hilang) ke dalam tanah (batuan) dan dolina merupakan indikasi bahwa drainase lateral lebih dominan dibandingkan dengan drainase vertikal, dengan pola drainase seperti disajikan pada Peta III-3.



Peta III-3

Pola Drainase di Lokasi Studi



Kerapatan drainase (drainage density) dihitung menggunakan persamaan:

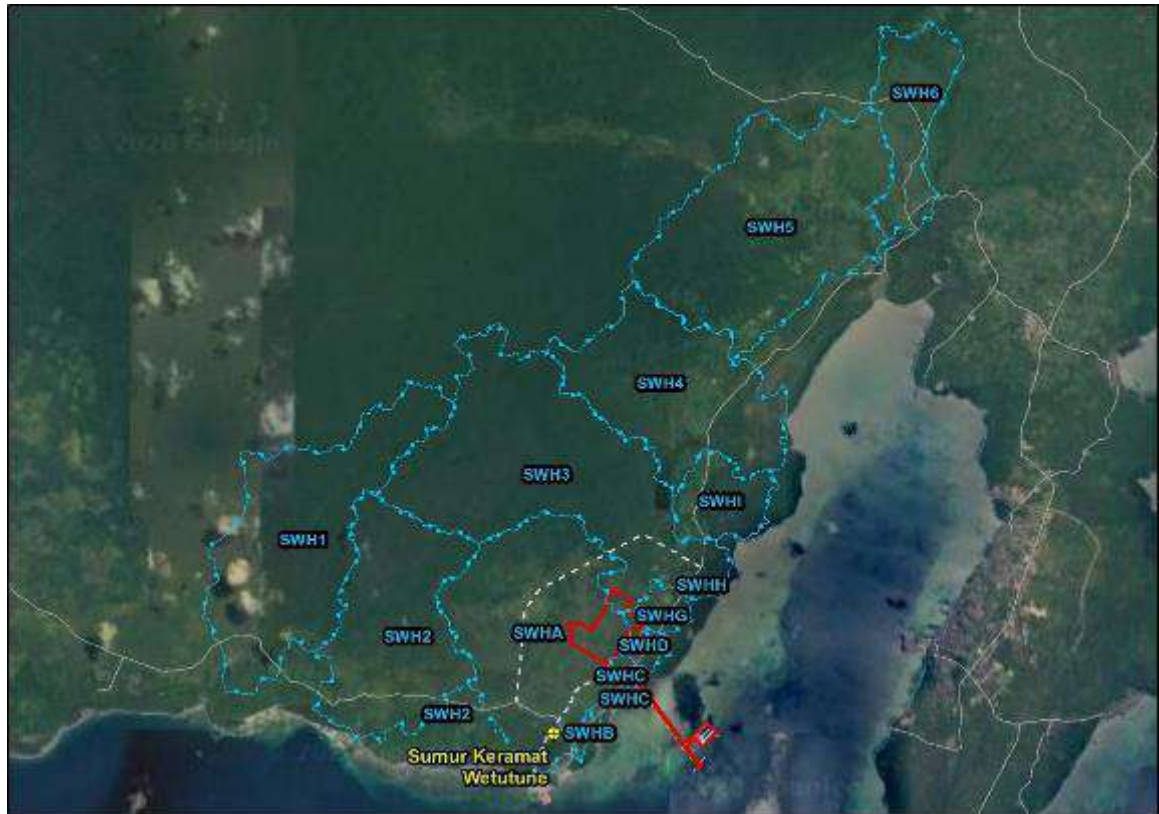
$$DD = \frac{\sum L}{A}$$

DD : Kerapatan drainase
 $\sum L$: jumlah panjang sungai (km)
 A : luas daerah aliran sungai (km²)

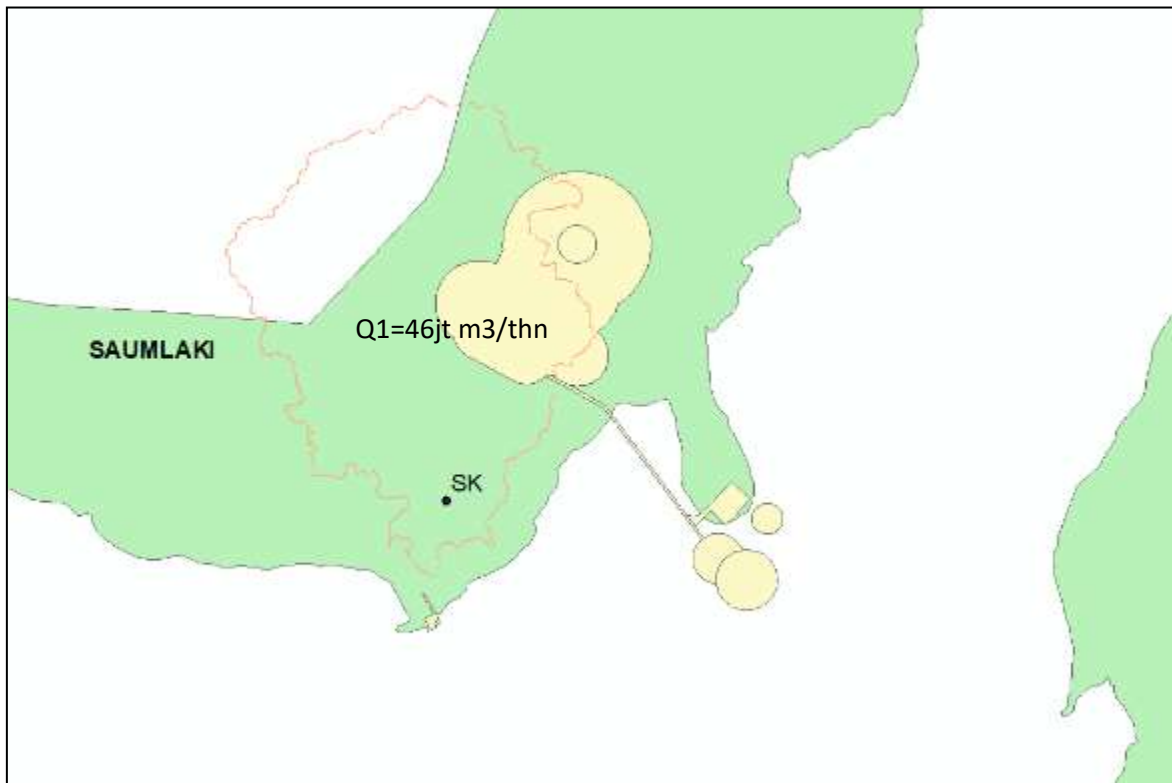
Panjang sungai yang digunakan adalah alur sungai hasil prediksi model SWAT dengan input utama DEM Nasional 8 m, sedangkan luas daerah aliran sungai adalah luas tapak proyek yaitu seluas <700 Ha (<7 km²). Panjang seluruh alur drainase yang terdapat pada lokasi tapak proyek adalah 18,21 km, sehingga kerapatan drainasenya adalah 2,28. Kerapatan drainase tersebut dikategorikan ke dalam klasifikasi sedang yang menunjukkan bahwa alur sungai melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak sehingga angkutan sedimennya akan lebih besar (Soewarno 1991).

Hidrogeologi

Lokasi tapak proyek pembangunan kilang OLNG terletak di atas cekungan air tanah (CAT) Saumlaki dengan potensi air tanah dangkal pada akuifer bebas sebesar 46 juta m³/tahun dan tidak ditemukan potensi air tanah dalam pada akuifer tertekan. CAT Saumlaki meliputi areal seluas 23.328 Ha yang di dalamnya terdapat Sumur Keramat (SK) disekitar daerah pelembahan Sungai Lematang dengan luas *catchment area* sekitar 1,086 Ha (Gambar III-29). Dengan mempertimbangkan potensi air tanah dangkal pada aquifer bebas sebesar 46 juta m³/tahun dan luas *catchment area* SK 1,086 hektar, maka debit air tanah bebas adalah ±6,79 Lt/s. Aliran air tanah bebas tersebut akan mengisi sumur keramat yang terletak pada bagian pelembahan Sungai Lematang. Air sumur keramat digunakan oleh penduduk sekitar tapak proyek sebagai sumber air bersih untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari terutama untuk kebutuhan air minum.



Gambar III-28 DAS dan Parit Sungai yang di Modelkan dengan Model SWAT



Gambar III-29 Cekungan Air Tanah dan Sumur Keramat disekitar Tapak Proyek

3.1.5 Tanah

OLNG direncanakan berlokasi di Pulau Yamdena, sekitar 1,5 km dari Desa Lermatang di ketinggian 60 + 0,5 meter sementara lokasi *Jetty* dan TUKS berada di Pulau Nustual berada pada 0,5 meter di atas permukaan laut, di beberapa lokasi terdapat vegetasi mangrove. Berdasarkan peta *land system* skala 1:250.000 (RepProT 1983) tanah di lokasi studi didominasi oleh asosiasi jenis tanah Calciustolls-Haplustalf, kemudian diikuti oleh Ustropepts-Haplustalfs, Ustropepts-Haplustalfs-Calciustolls, Hydraquents-Sulfaquents, dan Usthorthents-Calciustolls-Ustropepts **Tabel III-11**.

Tabel III-11 Jenis Tanah di Lokasi Studi

No	Asosiasi Jenis Tanah	Bahan Induk	Bentuk Wilayah	Tekstur
1.	Calciustolls, Haplustalfs	Limestone, coral, marl	Dataran karstic bergelombang dengan perbukitan kecil pada wilayah kering	Halus bercampur batu, halus
2.	Ustropepts, haplustalfs	Marl	Datar-bergelombang pada wilayah kering	Halus, halus
3.	Ustropepts, Haplustalfs	Marl, limestone	Perbukitan curam dengan batuan outcrops pada wilayah kering	Halus, halus
4.	Ustropepts, Haplustalfs, Calciustolls	Marl, limestone	Perbukitan kecil pada wilayah kering	Halus, halus, halus bercampur batuan
5.	Hydraquents, Sulfaquents	Alluvium-recent estuarine-marine (saline)	Inter-tidal mudflats pada vegetasi halophytic	Halus, halus
6.	Ustrothents, Calciustolls, Ustropepts	Coral; alluvium, recent estuarine marine (saline); alluvium, recent marine	Pulau coral dan karang-karang muncul pada wilayah kering	Kasar bercampur batuan, halus, kasar

Sumber: INPEX Masela Physical Baseline, Environmental and Social Baseline Volume II, 2014

Calciustolls

Calciustolls merupakan tanah yang biasanya berwarna gelap mempunyai kandungan basa-basa yang tinggi, mempunyai epipedon (horizon penciri atas) mollic (horizon berwarna gelap, kandungan basa tinggi, kadar bahan organik sedang-tinggi dan struktur tanah yang baik). Tanah ini biasanya terbentuk pada daerah sub-humid (curah hujan sedang) dengan rejim kelembapan ustic hingga semi arid, dengan curah hujan turun terkonsentrasi pada musim hujan. Tanah ini juga mempunyai horizon calcic atau gypsic di dalam 100 cm permukaan tanah mineral, serta tidak mempunyai horizon argilic di atas calcic, gypsic atau petrocalcic. Tanah pada lapisan atas (18 cm dari permukaan tanah) bercampur dengan bahan-bahan calcareous dan mempunyai tekstur lempung berpasir atas lebih kasar. Karena terbentuk dari bahan induk batu kapur (*limestone*) yang bercampur dengan batuan karang dan marl serta tertutup oleh vegetasi hutan sekunder atau semak belukar tanah ini biasanya

mempunyai pH yang tinggi (basa), kapasitas tukar kation (KTK) sedang, bahan organik tinggi dan kation basa dapat ditukar sangat tinggi terutama kalsium dan magnesium. Tanah ini terbentuk pada wilayah karst datar-bergelombang-hingga berbukit kecil dengan solum tanah yang tergolong dangkal (<50 cm).

Haplustalfs

Haplustalfs adalah tanah mineral yang tidak mempunyai lapisan bahan organik di atas lapisan litik atau paralitik, tidak memiliki horizon spodik, kandic atau natric. Tanah ini mempunyai horizon argilik (horizon penimbunan lempung), kandungan basa-basa sedang sampai tinggi dan mempunyai rejim kelembapan ustic (peralihan dari kelembapan udic ke arid). Selain itu, tanah ini mempunyai warna tanah dengan kroma yang tinggi, tidak pernah jenuh air dan mempunyai rejim suhu mesic, isomesic atau lebih panas. Tanah ini terbentuk pada wilayah karst pada wilayah dataran-bergelombang-perbukitan kecil.

Haplustalfs tergolong tanah dengan tingkat perkembangan sedang (virille stage) terbentuk dari bahan induk marl-limestone. Perkembangan tanah ditunjukkan oleh terbentuknya horizon argilik sebagai akibat terjadinya translokasi lempung dari lapisan atas dan tertimbun di lapisan bawah. Sedangkan faktor bahan induk menyebabkan kejenuhan basa tanah ini tinggi sehingga tanah ini mengandung kadar basa yang dapat ditukar cukup tinggi (terutama kalsium, natrium, dan magnesium). Kedalaman solum tergolong dangkal (<50 cm) dan bertekstur halus baik pada lapisan atas maupun lapisan bawah. Pada tanah bagian atas tekstur tanah halus dapat bercampur dengan batuan kasar (kerikil/kerakal).

Ustrophepts

Ustrophepts tergolong tanah dengan tingkat perkembangan sedang (Inceptisols) yang mempunyai lapisan tanah di atas kontak litik/paralitik antara kedalaman 40-50 cm mempunyai regim kelembapan aquic untuk beberapa waktu dalam setahun. Tanah ini mempunyai ESP (*exchangeable sodium percentage*) 15 atau lebih besar, SAR (*sodium adsorption ratio*) 13 atau lebih besar, mempunyai perbedaan suhu tanah antara musim hujan dan musim kering lebih dari 5°C, dan mempunyai rejim kelembapan tanah ustic (peralihan udic ke arid).

Ustrophepts terbentuk dari bahan induk limestone-marl pada wilayah karst datar bergelombang-hingga perbukitan curam dengan ketebalan solum tanah dangkal-sedang dan bertekstur halus. Translokasi lempung pada tanah ini menyebabkan terbentuk horizon kambik dengan kejenuhan basa yang tinggi.

Hasil survei lapang pada bulan september 2019 diperoleh bahwa secara umum tanah di lokasi studi mempunyai solum tanah agak dangkal sampai sedang (40-60 cm), berwarna coklat kekuningan-coklat kemerahan/merah, bertekstur klei berpasir-lempung berpasir, batas horizon baur, dan konsistensi agak keras-keras pada kondisi kering. Selain itu juga tampak rekahan-rekahan tanah sebagai akibat pengkerutan tanah pada musim kemarau. Karena tutupan vegetasi relatif rendah maka tidak banyak dijumpai perakaran (halus-kasar) di dalam tanah. Sebagian besar tanah pada tapak proyek digunakan sebagai lahan pertanian (ladang) bercampur semak.

Tanah terbentuk dari bahan induk batu kapur (lime stone) pada wilayah bercurah hujan sedang sampai agak tinggi (+ 2.000 mm/tahun) dengan musim kemarau yang agak nyata (sekitar 6 bulan) sehingga pengaruh bahan induk terhadap karakteristik tanah masih cukup signifikan. Pada beberapa

tempat, batuan kapur masih tampak/muncul di atas permukaan tanah seperti disajikan pada Gambar III-30.



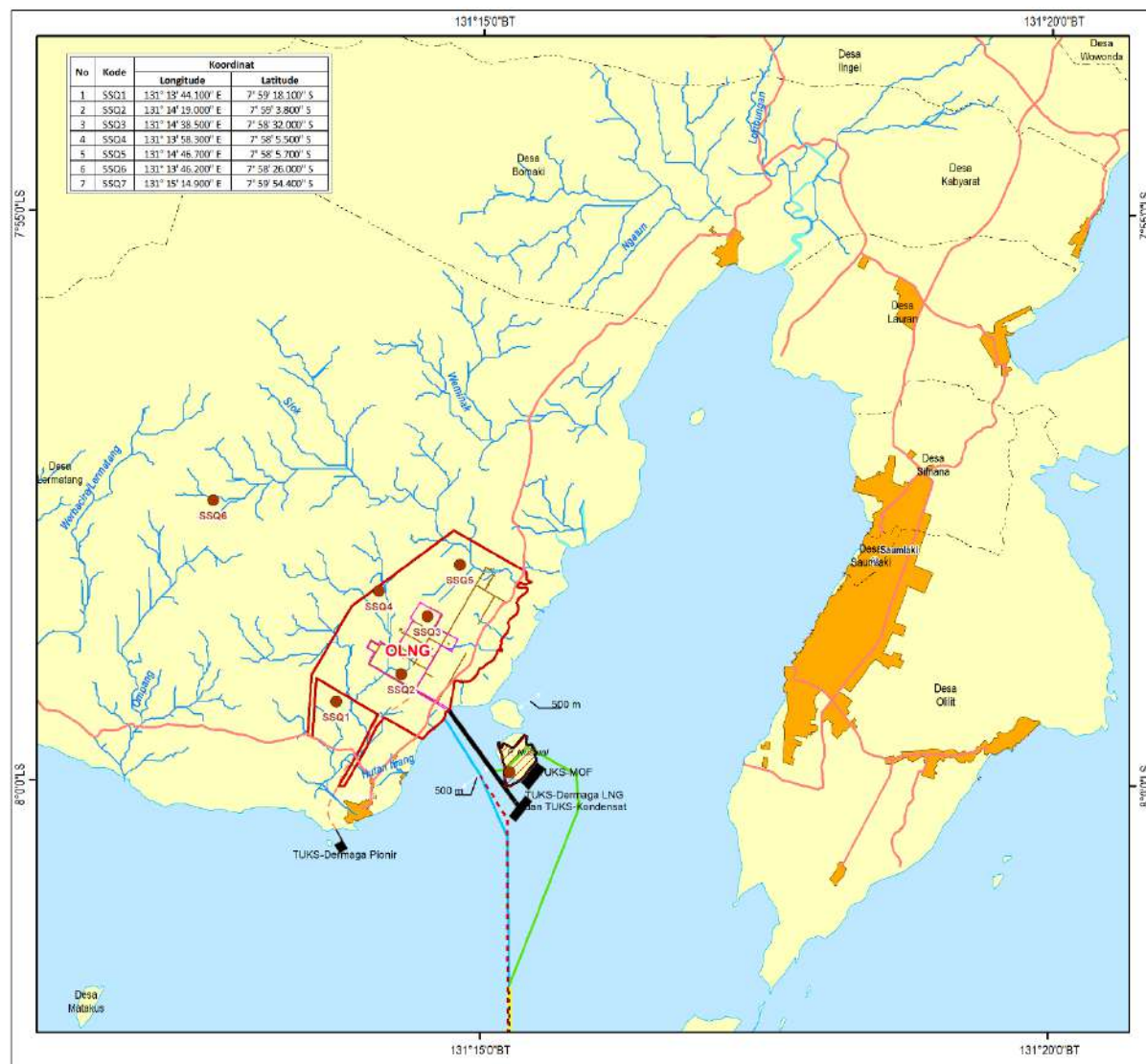
Gambar III-30 Batuan Kapur (*Lime Stone*) di Permukaan Tanah (Outcrop Batuan Kapur)

Untuk keperluan uji tanah dilakukan pengambilan sampel tanah yang terdiri dari sampel tanah utuh (*undisturbed sample*) diambil pada kedalaman 0-20 cm dan 20-40 cm dan contoh tanah komposit (*disturbed sample*) yang diambil pada kedalaman 0-40 cm. Sampel tanah utuh digunakan untuk analisis bobot isi, tekstur, distribusi pori dan permeabilitas tanah, sedangkan sampel tanah komposit digunakan untuk analisis sifat kimia tanah yang meliputi: pH, kapasitas tukar kation, kejenuhan basa, C-organik, Nitrogen total, fosfor total dan fosfor tersedia, kalium total dan kalium tersedia, aluminium dapat ditukar, kadar logam Fe, Zn, Cu, Mn, Cr, Pb, dan Hg Lokasi pengambilan contoh tanah disajikan pada Peta III-4 dan hasil analisis uji tanah disajikan pada Tabel III-12.

Tabel III-12 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

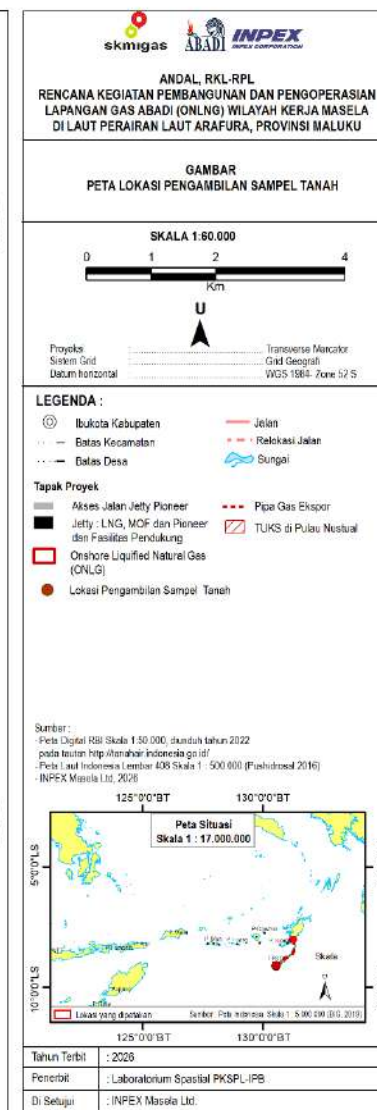
Titik Sampling	Koordinat Geografi	Jenis Tanah	Topografi	Penggunaan Lahan
SSQ1	131013'43,227'' E 7059'17,753'' S	Ustropepts	Bergelombang-Berbukit (16-25%)	Semak belukar-meranggas
SSQ2	131014'17,381'' E 7059'3,172'' S	Ustropepts	Bergelombang-Berbukit (16-25%)	Ladang campur semak
SSQ3	131014'31,122'' E 7058'32,704'' S	Ustropepts - Haplustalfs	Bergelombang-Berbukit (16-25%)	Ladang campur semak
SSQ4	131014'5,376'' E 7058'19,513'' S	Calciustolis	Bergelombang-Berbukit (16-25%)	Hutan Sekunder Kerapatan Rendah
SSQ5	131014'48,219'' E 7058'5,440'' S	Ustropepts	Bergelombang-Berbukit (16-25%)	Ladang campur semak
SSQ6	131012'37,632'' E 7057'32,200'' S	Calciustolis	Berbukit (26-40%)	Ladang campur semak
SSQ7	131015'14,940'' E 7059'54,413'' S	Calciustolls	Bergelombang-Berbukit	Hutan Sekunder

Titik Sampling	Koordinat Geografi	Jenis Tanah	Topografi	Penggunaan Lahan
			(16-25%)	Kerapatan Rendah



Peta III-4

Lokasi Pengambilan Sampel Tanah



Tabel III-13 Kriteria Penilaian Kualitas Tanah

No	Parameter Tanah	Satuan	Sangat Rendah (SR)	Rendah (R)	Sedang (S)	Tinggi (T)	Sumber	Metode Analitis
1	pH	-		< 5,5	5,5 – 7,0	7,0 – 8,5	Landon., 1991	H ₂ O ₂ (1 : 1)
2	CEC	mg/100g	< 5	5 – 15	15 – 25	25 – 40	Landon., 1991	N NH ₄ pH 7.0
3	Base Sat. (BS)	%	< 10	< 20	20 – 60	> 60	Landon., 1991	N NH ₄ pH 7.0
4	C – Org	%	< 2	2 – 4	4 – 10	10 – 20	Landon., 1991	Walkley & Black
5	N – total	%	< 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,5	0,5 – 1,0	Landon., 1991	Kyeldahl
6	P (P ₂ O ₅)	ppm	11,5	13,7 – 27,5	29,8 – 57,3	> 57,3	Landon., 1991	Bray – 1
7	K	me/100g	< 0,10	0,10 – 0,2	0,21 – 0,31	0,31 – 0,41	Havlin et.al., 1999	N NH ₄ OAc pH 7.0
8	Ca	me/100g	< 0,2	0,2 – 0,8	0,9 – 10	> 10	Havlin et.al., 1999	N NH ₄ OAc pH 7.0
9	Mg	me/100g	< 0,2	0,2 – 0,4	0,5 – 0,8	> 0,8	Landon., 1991	N NH ₄ OAc pH 7.0
10	S	ppm	-	< 3		-	Landon., 1991	Morgan, NaOAc+HOAc, pH 4.5
11	Fe		-	0 – 2,5	2,6 – 4,5	> 4,5	Havlin et.al., 1999	DTPA
12	Mn		-	< 1,0		> 1,0	Havlin et.al., 1999	DTPA
13	Cu		-	0 – 0,4	0,4 – 0,6	> 0,6	Havlin et.al., 1999	DTPA
14	Zn		-	0 – 0,5	0,6 – 1,0	> 1,0	Havlin et.al., 1999	DTPA
15	Al – Sat.*	%	-	<30	30 - 60	>60 *	Landon., 1991	N KCl; N NH ₄ OAc pH 7.0 Al Sat (%) = $\frac{\text{exch.Al} \times 100}{\text{ECEC}}$
16	P ₂ O ₅ – Pot.	mg/100g	< 21	21 – 40	41 – 60	61 – 100	te Riele and Idenburg (Wirjodihardjo, 1953)	HCl 25%
17	K ₂ O – Pot.	mg/100g	< 100	21 – 40	41 – 60	61 – 100	te Riele and Idenburg (Wirjodihardjo, 1953)	HCl 25%
18	Ca – Pot.	mg/100g	< 100	101 – 200	201 – 500	500 – 1.000	te Riele and Idenburg (Wirjodihardjo, 1953)	HCl 25%
19	Mg – Pot.	mg/100g	< 100	101 – 200	201 – 500	500 – 1.000	te Riele and Idenburg (Wirjodihardjo, 1953)	HCl 25%
20	ECe 1)	mg/100g	0 – 2	3 – 8	8 – 15	> 15	Landon., 1991	Saturation extract

No	Parameter Tanah	Satuan	Sangat Rendah (SR)	Rendah (R)	Sedang (S)	Tinggi (T)	Sumber	Metode Analitis
21	BD	g/cc	< 0,9	0,9 – 1,2		> 15	Landon., 1991	
22	Total Porosity	%	< 50% restrict root				Landon., 1991	
23	Permeability	cm/h	< 0,8	0,8 – 2,0	2,1 – 6,0	6,1 – 8,0 **	Landon., 1991	
24	Avail. Water Capacity (AWC)	mm/m	-	< 120	120 – 180	> 180	Landon., 1991	pF

Tabel III-14 Karakteristik Fisik Tanah di Lokasi Studi

Titik Sample	Kedalaman (cm)	Bulk Density (g/cm ³)		Porositas (%)		Kandungan Air (% Volume) untuk setiap pF			Pori Drainase (%Volume)					Permeabilitas (cm/jam)	
		Nilai	Status*	Nilai	Status*	pF 1	pF 2	pF 2.54	Sangat Cepat	Cepat	Lambat	Total	Status**	Nilai	Status
SSQ 1	0 - 20	0,76	SR	71,44	TMP	55,06	41,57	32,47	16,39	13,49	9,10	38.98	T	28,49	T
	20 - 40	0,89	SR	66,4	TMP	52,6	44,77	29,78	13,80	7,83	14,99	36.62	T	22,77	T
SSQ 2	0 - 20	0,77	SR	70,78	TMP	60,24	46,74	34,41	10,54	13,50	12,33	36.37	T	50,52	T
	20 - 40	0,72	SR	72,99	TMP	57,27	43,07	35,39	15,72	14,20	7,68	37.60	T	47,05	T
SSQ 3	0 - 20	0,94	R	64,37	TMP	50,96	38,68	31,61	13,40	12,28	7,07	32.75	T	44,73	T
	20 - 40	1,05	R	60,19	TMP	53,11	44,61	32,23	7,09	8,50	12,38	27.97	T	31,40	T
SSQ 4	0 - 20	0,79	SR	70,14	TMP	56,13	43,84	38,03	14,02	12,28	5,81	32.11	T	57,86	T
	20 - 40	1,14	R	56,9	TMP	46,33	37,08	22,96	10,57	9,25	14,12	33.94	T	40,39	T
SSQ 5	0 - 20	1,07	R	59,72	TMP	51,4	39,79	33,05	8,32	11,61	6,74	26.67	T	34,29	T
	20 - 40	1,06	R	59,88	TMP	48,57	42,09	28,37	11,31	6,48	13,72	31.51	T	28,7	T
SSQ 6	0 - 20	0,79	SR	70,35	TMP	54,65	45,59	32,92	15,71	9,05	12,67	37.43	T	26,08	T
	20 - 40	0,89	SR	66,25	TMP	57,3	43,21	37,11	8,95	14,10	6,10	29.15	T	18,81	T
SSQ 7	0 - 20	0,75	SR	71,61	TMP	55,41	39,63	29,25	16,2	15,79	10,38	42.37	T	47,75	T
	20 - 40	0,77	SR	70,78	TMP	57,83	43,53	35,02	12,94	14,30	8,52	35.76	T	25,53	T
Titik Sample	Tekstur Tanah (PPT, 1983)														
	Pasir Kasar	Pasir Halus	Debu	Klei	Kelas Tekstur										
SSQ 1	1,88	1,53	19,48	77,11	Klei										
SSQ 2	2,3	1,28	43,7	52,73	Klei berdebu										
SSQ 3	2,69	1,34	16,91	79,06	Klei										
SSQ 4	40,85	4,14	33,39	21,61	Loam										
SSQ 5	39,95	2,78	14,29	42,98	Klei berpasir										
SSQ 6	1,21	0,61	55,37	42,81	Klei berdebu										
SSQ 7	3,65	1,3	59.30	35,75	Klei berdebu										

T : Tinggi
S : Sedang
R : Rendah
SR : Sangat Rendah
TMP : Tidak Membatasi Pertumbuhan

Tabel III-15 Karakteristik Kimiawi Tanah di Lokasi Studi

Titik Sample	pH H ₂ O		pH KCl	N-Total		P2O5 Tersedia		P2O5 Total		K2O Tersedia		K2O Total		cmol/kg							
	Nilai	Status		(%)	status	ppm	status	ppm	status	ppm	status	ppm	status	Cadd	status	Mgdd	status	Kdd	status	Nadd	status
SSQ1	6,45	N	5,78	0,43	S	47,35	S	1,311.9	T	59,46	T	138,9	T	18,16	T	3,18	T	0,24	S	0,13	R
SSQ2	7,10	N	6,30	0,72	T	46,77	S	1,796.4	T	78,80	T	148,4	T	25,51	T	2,09	T	0,28	S	0,21	R
SSQ3	6,46	N	5,65	0,47	S	41,78	S	1,211.6	T	238,70	T	123,5	T	18,15	T	3,81	T	0,24	S	0,18	R
SSQ4	7,46	N	6,60	0,70	T	46,92	S	88.6	T	122,28	T	277,7	T	62,25	T	1,99	T	0,44	T	0,36	R
SSQ5	6,82	N	6,18	0,51	T	53,11	S	785.1	T	112,02	T	154,7	T	22,21	T	3,16	T	0,41	T	0,2	R
SSQ6	7,10	N	6,45	0,55	T	27,92	S	271.1	T	152,36	T	1495,0	T	81,12	T	5,56	T	0,82	T	0,33	R
SSQ7	7,43	N	6,6	0,81	T	38,14	S	129.8	T	159,29	T	1460,2	T	45,28	T	1,58	T	0,7	T	0,29	R

Titik Sample	KTK		KB		Aldd	Fe		Cu		Mn		Zn		Pb		Hg		Cr		Hdd	
	Cmol /kg	status	%	Status	Cmol /kg	ppm	status	ppm	status	ppm	status	ppm	status	ppm	status	ppm	status	ppm	status	Cmol/kg	status
SSQ1	23,96	S	90.6	T	tr	8,21	T	6,06	T	110,8	T	1,57	T	4,11	T	tr	-	0.1	R	0.12	SR
SSQ2	31,35	T	89.6	T	tr	11,02	T	8,08	T	91,2	T	1,28	T	2,23	T	tr	-	0.1	R	0.12	SR
SSQ3	26,97	T	83.0	T	tr	14,63	T	6,81	T	209,8	T	1,65	T	2,03	T	tr	-	0.1	R	0.12	SR
SSQ4	38,68	T	100.0	T	tr	12,34	T	4,71	T	42,5	T	1,75	T	1,32	T	tr	-	0.0	R	0.12	SR
SSQ5	32,12	T	80.9	T	tr	40,3	T	2,84	T	63,0	T	2,23	T	1,14	T	tr	-	0.0	R	0.12	SR
SSQ6	74,52	T	100.0	T	tr	47,17	T	22,33	T	104,7	T	3,94	T	1,41	T	tr	-	0.1	R	0.12	SR
SSQ7	47,77	T	100.0	T	tr	8,48	T	1,32	T	56,1	T	1,12	T	3,31	T	tr	-	0.1	R	0.12	SR

ST : Sangat Tinggi
 T : Tinggi
 S : Sedang
 R : Rendah
 SR : Sangat Rendah
 N : Netral

Berdasarkan pengamatan lapang dan analisis tanah tersebut serta beberapa kajian yang telah dilakukan sebelumnya (Inpex, 2014), karakteristik tanah di lokasi studi adalah:

- Tanah di lokasi studi umumnya bersolum dangkal (<50 cm) yang terbentuk dari bahan induk batu kapur dan marl (batuan kapur bercampur dengan batuan klei).
- Tekstur tanah lapisan atas tergolong caly dan lempung clay yang kemudian beralih menjadi clay pada lapisan bawah. Pada lapisan bawah juga ditemukan tekstur lempung berpasir (sandy loam).
- pH tanah tergolong netral (SSQ1 dan SSQ3) dan agak alkalis (SSQ2, SSQ4, SSQ5, SSQ6, dan SSQ7).
- kapasitas tukar kation sedang (SSQ1), tinggi (SSQ2, SSQ3, SSQ4, dan SSQ5), dan sangat tinggi (SSQ6 dan SSQ7).
- Kejenuhan basa sangat tinggi (SSQ1, SSQ2, SSQ3, SSQ4, SSQ5, SSQ6, dan SSQ7),
- Aluminium dapat ditukar tidak terdeteksi,
- Nitrogen total sedang (SSQ1, SSQ3, SSQ5) dan tinggi (SSQ2, SSQ4, SSQ6, dan SSQ7),
- Fosfor total sedang (SSQ3, SSQ6 dan SSQ7) dan tinggi (SSQ1, SSQ2, SSQ4, dan SSQ5).
- Kalium total dan kalium tersedia sangat tinggi (SSQ1, SSQ2, SSQ3, SSQ4, SSQ5, SSQ6 dan SSQ7),
- Susunan kation basa didominasi oleh kalsium dan magnesium.
- Kation besi dapat ditukar berkisar 8,21 - 47,17 ppm, tembaga dapat ditukar (1,23-22,33 ppm), seng dapat ditukar (1,12 – 3,94 ppm), mangan dapat ditukar (42,51 – 209,76 ppm), plumbum terlarut (1,14 – 4,11 ppm), chromium terlarut (0,02 – 0,1 ppm), dan merkuri terlarut (Hg) tidak terdeteksi pada semua sampel yang dianalisis.
- Konsentrasi senyawa organik (pestisida dan hidrokarbon) di bawah batas kemampuan ukur alat laboratorium (tidak terdeteksi). Demikian juga untuk Benz(a)anthracene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Dibenz(a,h) anthracene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Pentachlorophenol dan Thallium.
- Konsentrasi karbonat inorganik berkisar antara 5,5 g/kg tanah - 19,5 g/kg tanah walaupun dengan nilai pH tanah relatif rendah.
- Konsentrasi total karbon organik (TOC) berkisar antara 7,5 g/kg tanah - 48,1 g/kg tanah dengan konsentrasi TOC yang tinggi dipermukaan tanah.
- Exchangeable sodium percentages (ESP) pada tanah klei < 6%.

Erosi Tanah

Erosi tanah merupakan faktor utama penyebab kerusakan tanah di lokasi studi. Hal ini dikarenakan kondisi topografi yang bergelombang – berbukit, tutupan lahan yang relatif terbuka/ladang dan sering mengalami pembakaran merupakan faktor pendorong tingginya erosi tanah di lokasi studi (Gambar III-31).



Gambar III-31 Lahan Terbuka dan Terbakar

Pembakaran lahan dapat mempercepat penurunan kadar bahan organik tanah serta menurunkan jumlah dan jenis biota tanah yang pada gilirannya akan menyebabkan kemantapan agregat tanah yang kurang stabil dan peka terhadap erosi tanah. Secara visual gejala erosi lembar (*sheet erosion*) tampak pada seluruh lahan yang terbuka dan mulai berkembang menjadi erosi parit (*rill erosion*). Pada lahan bergelombang dan berbukit erosi parit akan berubah menjadi erosi gully (*gully erosion*) di mana parit yang terbentuk akibat erosi tanah menjadi semakin besar dan semakin dalam.

Prediksi erosi adalah metode untuk memperkirakan laju erosi yang akan terjadi dari tanah dengan penggunaan dan pengelolaan lahan tertentu. Salah satu metode perkiraan erosi adalah yang dikenal dengan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978). Perhitungan dengan metode USLE ini bukan untuk menentukan besar erosi aktual, tetapi nilainya merupakan besaran indeks erosi yang memberikan gambaran tentang pengelolaan yang harus diterapkan pada areal (tapak) rencana pembangunan jalan dan fasilitas penunjang. Beberapa parameter yang mempengaruhi besarnya laju erosi di antaranya Erosivitas hujan (R), Erodibilitas tanah (K), Faktor kemiringan lereng (S), Faktor panjang lereng (L), Faktor pengelolaan tanaman (C) dan Faktor pengelolaan lahan (P). Prakiraan besarnya indeks erosi diformulasikan dalam persamaan USLE yaitu $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$, di mana A adalah besarnya laju erosi (ton/tahun/ha).

- A : total erosi tanah (ton/ha/tahun)
- R : erosivitas hujan
- K : erodibilitas tanah
- L : faktor panjang lereng
- S : faktor kemiringan lereng
- C : faktor tanaman dan pengelolaan tanaman
- P : faktor tindakan konservasi tanah.

Faktor Erosivitas Hujan

Dalam menentukan faktor erosivitas hujan di areal fasilitas dan jalan, menggunakan data curah hujan yang berasal dari NASA LaRC POWER periode 2014-2023, maka pada wilayah studi ini dipengaruhi S. Data yang digunakan dalam analisis erosivitas hujan merupakan rata-rata curah hujan bulanan periode tahun 2014 - 2023. Berikut ini hasil analisis erosivitas hujan yang terjadi di areal rencana pembangunan pabrik pemurnian alumina.

Tabel III-16. Rata-rata curah hujan dan faktor erosivitas hujan (R) di areal rencana pembangunan pabrik pemurnian alumina

No	Bulan	Curah hujan (mm)	Erosivitas hujan (R)
1.	Januari	223	150.7
2.	Februari	154	91.1
3.	Maret	144	83.1
4.	April	109	56.9
5.	Mei	148	86.3
6.	Juni	108	56.2
7.	Juli	40	14.6
8.	Agustus	16	4.2
9.	September	17	4.5
10.	Oktober	15	3.8
11.	November	51	20.3
12.	Desember	192	122.9
	Total tahunan	1.217	694.4

Sumber: Data NASA LaRC POWER 2023 dan hasil analisis, 2023

Berdasarkan data tersebut, curah hujan tahunan di areal rencana pembangunan fasilitas O LNG dan jalan adalah 1.217 mm dan dari perhitungan erosivitas hujan diperoleh nilai 694,4. Faktor erosivitas hujan pada wilayah ini relatif sedang , karena curah hujannya tidak tinggi.

Faktor Erodibilitas

Erodibilitas tanah adalah tingkat kepekaan tanah terhadap daya perusak oleh hujan. Nilai erodibilitas tanah pada wilayah studi rencana pembangunan fasilitas dan jalan sepanjang 6 km dipengaruhi oleh jenis tanah yang ada. Di wilayah studi terdapat beberapa jenis tanah yaitu Calciustolls-Haplustalf, Ustropepts-Haplustalfs,Ustropepts-Haplustalfs-Calciustolls,Hydraquents-Sulfaquents,dan sthorthents - Calciustolls-Ustropepts. Nilai erodibilitas tanah (K) pada areal rencana pembangunan pabrik pemurnian alumina merupakan nilai representasi setiap jenis tanah. Nilai erodibilitas ditetapkan berdasarkan perhitungan rumus menggunakan data hasil analisis tanah. Berdasarkan hasil analisis fraksi tanah untuk jenis tanah tropopsammets, melalui perhitungan rumus diperoleh nilai erodibilitas seperti pada tabel di bawah

Tabel III-17. Hasil analisis erodibilitas tanah

Kode Titik Sample	Tekstur Tanah				Erodibilitas (K)
	% Pasir Kasar	% Pasir Halus	% Debu	% Liat	
SSQ 1	1,88	1,53	19,48	77,11	0,29
SSQ 2	2,3	1,28	43,7	52,73	0,20
SSQ 3	2,69	1,34	16,91	79,06	0,15
SSQ 4	40,85	4,14	33,39	21,61	0,35
SSQ 5	39,95	2,78	14,29	42,98	0,19
SSQ 6	1,21	0,61	55,37	42,81	0,19
SSQ 7	3,65	1,3	59,30	35,75	0,30

Sumber: Hasil analisis, 2024

Nilai erodibilitas tanah pada lokasi rencana pembangunan fasilitas dan jalan tergolong tinggi. Tinggi rendahnya nilai erodibilitas tanah, ditentukan oleh kandungan liatnya, bila kandungan

liatnya tinggi maka nilai erodibilitasnya rendah, berarti jenis tanah pada lokasi rencana pembangunan fasilitas dan jalan tidak peka terhadap erosi.

Faktor Lereng

Pengaruh topografi terhadap erosi terutama ditentukan oleh kemiringan dan panjang lereng. Panjang lereng dan kemiringan lahan adalah panjang kemiringan yang diukur pada titik saat terjadinya aliran permukaan hingga aliran permukaan terhenti atau terhalang. Perhitungan faktor kemiringan dan panjang lereng berdasarkan kelas kemiringan lereng, dengan menganggap unit lahan dengan relief yang homogen di mana kelas kemiringannya sama mempunyai faktor panjang lereng yang sama juga. Hal ini disebabkan karena lereng setiap unit lahan pada wilayah kajian cukup beragam dan sukar untuk dihitung satu persatu. Nilai faktor lereng pembacaan tabel hasil berdasarkan klasifikasi dari Goldmand *et al.* (1986) pada Tabel III-18.

Tabel III-18. Faktor kemiringan dan panjang lereng dominan di areal rencana pembangunan fasilitas dan jalan

Kelas Lereng	Kemiringan lereng (%)	Faktor LS
I	<3	0,10
II	3 - 8	0,90
III	8 - 15	2,38
IV	15 - 25	4,97
V	25 - 45	9,43

Sumber: Goldman *et al* 1986

Areal rencana pembangunan pabrik pemurnian alumina terdapat di wilayah pesisir pantai dengan amplitudo relief minimum dan bertopografi landai, dengan demikian faktor kemiringan dan panjang lerengnya berlaku seragam.

Faktor Pengelolaan Tanaman (C) dan Tindakan Konservasi (P)

Penggunaan lahan eksisting pada lokasi rencana pembangunan fasilitas dan jalan Gas Abadi umumnya hutan lahan kering sekunder, semak, pertanian lahan kering campuran, dan lahan terbuka dan tubuh air. Sistem pengelolaan lahan sebagian besar belum menerapkan kaidah konservasi tanah dan air.

Penentuan nilai faktor tanaman dan faktor konservasi tanah ditentukan berdasarkan hasil-hasil penelitian. Nilai faktor tanaman ini diperoleh dengan membandingkan erosi yang terjadi pada tanah dengan tanaman tertentu terhadap erosi pada tanah sejenis dalam keadaan berat dengan kondisi lainnya yang sama, sedangkan faktor konservasi diperoleh dengan membandingkan erosi dengan konservasi tertentu terhadap tanah sejenis tanpa konservasi dengan kondisi lainnya sama.

Tabel III-19. Hasil analisis nilai C dan P pada masing-masing Sub DAS Langkap

Sub DAS	Penggunaan Lahan	Luas	Nilai C	C Terbobot	P	CP
Wae Lematang	Hutan Mangrove Sekunder	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00
	Belukar	125.14	0.40	0.24	0.40	0.12
	Pertanian Lahan Kering Campur Semak	83.66	0.30	0.12	0.60	0.08
		209.01				0.20

Wae Lematang 1	Hutan Mangrove Sekunder	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Belukar	269.30	0.40	0.24	0.50	0.12
	Pertanian Lahan Kering Campur Semak	179.61	0.30	0.12	0.70	0.08
		455.92				0.20

Sumber: Hasil analisis, 2024

Prakiraan Laju Erosi

Prediksi dan pemetaan laju erosi menggunakan Metode USLE diperoleh dengan mengalikan nilai faktor-faktor erosi (RKLSCP) yang mempunyai nilai indeks masing-masing dari hasil reklasifikasi. Wilayah rencana pembangunan fasilitas ONLG dan jalan berada pada wilayah Sub DAS Wea Lematang dan Wea Lematang 1.

Laju erosi potensial (E-pot) dapat dinyatakan sebagai hasil ganda antara faktor-faktor curah hujan, erodibilitas tanah, dan topografi (kemiringan dan panjang lereng). Sub DAS Wae Lematang mempunyai luas area 209,01 ha dan dari perhitungan erosi sebesar 14,51ton/Ha/tahun. E-pot pada Sub DAS Wae Lematang ` sebesar 19,10 ton/Ha/tahun.

Laju erosi aktual (E-akt) adalah hasil antara laju erosi potensial dengan pola penggunaan lahan pada masing-masing Sub DAS. Daerah tangkapan air terdiri dari beberapa klasifikasi penggunaan lahan. Hasil analisis laju erosi aktual (E-akt) pada masing-masing Sub DAS adalah sebagai berikut.

Tabel III-20. Hasil perhitungan laju erosi potensial dan aktual pada Sub DAS

No	Sub DAS	Luas	R	K	LS	CP	A
1	Wae Lematang	209.01	694.4	0.19	0.45	0.2	11.87
2	Wae Lematang 1	455.92	694.4	0.25	0.45	0.2	15.62

Sumber: Hasil analisis, 2024

3.1.6 Geologi

Kepulauan Tanimbar terletak pada bagian tenggara rangkaian pulau-pulau yang berada pada jalur Busur Banda bagian luar (Forearc) dipengaruhi oleh pergerakan Busur Banda dan bagian barat laut lempeng benua Australia. Pulau Tanimbar memiliki singkapan batuan pre-Tersier yang telah mengalami deformasi sangat intensif. Struktur geologi yang berkembang di Kepulauan Tanimbar dan sekitarnya dikontrol dan tidak terlepas dari pengaruh struktur besar dan tektonik regional yang berkembang di Pulau Maluku dan sekitarnya. Kelurusan-kelurusan yang dianggap sebagai manifestasi struktur geologi relatif berarah Utara - Selatan dan Barat Timur. Struktur geologi yang dapat diamati berupa lipatan, sesar naik, sesar geser, dan kelurusan-kelurusan yang menunjukkan arah utama Utara-Selatan dan Barat daya-Timur laut. Struktur lipatan seperti antiklin dan sinklin berarah Barat laut - Tenggara dan Barat Daya – Timur Laut. Di daerah ini proses tektonik terjadi pada Akhir Paleogen atau bahkan lebih tua. Gejala ini mengakibatkan perlipatan, pensesaran dan pemalihan regional derajat rendah. Tektonik yang dapat diamati terjadi pada Plio-Plistosen, yang mengakibatkan ketidakselarasan dengan batuan yang lebih tua dan mengaktifkan kembali struktur-struktur geologi yang terbentuk sebelumnya.

Di Pulau Yamdena juga ditemukan berbagai jenis batuan, yaitu batuan beku, malihan dan batuan sedimen. Batuan campuran ini termasuk dalam Kompleks Molu. Kompleks Mulo ini diduga terbentuk oleh adanya aktivitas tektonik pada awal Neogen yang merupakan batuan mélange

dengan sebaran yang cukup luas, meliputi pulau-pulau kecil di utara P. Yamdena. Hubungan Kompleks Mulo dengan Formasi Tungastubun belum dapat dijelaskan kaitannya. Di atas Formasi Tungastubun dan Kompleks Mulu, diendapkan secara tidak selaras batuan dari Formasi Batimafudi yang terdiri dari perselingan batu gamping pasir, napal dan batu pasir gamping, berumur Miosen. Batuan ini tersebar luas di P. Yamdena bagian timur, berupa perbukitan dengan arah punggung barat daya-timur laut. Dalam Formasi Batimafudi terdapat anggota napal yang terdiri dari batuan napal bersisipan batu gamping pasir. Batuan ini juga tersebar di beberapa pulau sekitarnya. Formasi ini ditutupi tidak selaras oleh Formasi Batulembuti yang berumur Pliosen; yang hampir seluruhnya terdiri dari napal kapuran berwarna putih dan ringan. Sebarannya cukup luas, yaitu di P. Yamdena bagian barat dan utara, P. Selaru, P. Larat dan pulau-pulau kecil lainnya.

Formasi Saumlaki diduga terbentuk oleh adanya aktivitas tektonik pada awal Neogen yang merupakan batuan melange. Sebaran batuan ini ditemukan cukup luas, meliputi pulau-pulau kecil di utara P. Yamdena. Formasi ini ditutupi tidak selaras oleh Formasi Batulembuti yang berumur Pliosen; yang hampir seluruhnya terdiri dari napal kapuran berwarna putih dan ringan. Sebarannya cukup luas, yaitu di P. Yamdena bagian barat dan utara, P. Selaru, P. Larat dan pulau-pulau kecil lainnya.

Batugamping yang terdapat di daerah kajian ini umumnya bersifat mudah meresapkan dan melarutkan air. Tersebar di daerah Pantai Barat dan Utara Yamdena, Pulau Selaru, Pulau Larat, dan pulau-pulau kecil disekitar pulau Yamdena.

Batuan penyusun wilayah pesisir selatan di Kecamatan Tanimbar Selatan (yang juga menjadi lokasi rencana tapak proyek OLNG dan TUKS), batuan permukaan merupakan formasi Saumlaki yang terdiri dari batugamping koral dan perlapisan (5-50 cm) batugamping bioklastika.

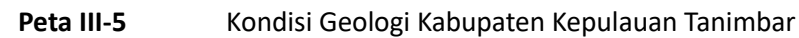
Batugamping: Tersusun oleh batugamping koral disusun pecahan koral, batugamping bioklastika dan batugamping kalkarenit berbutir kasar-sangat kasar mengandung fragmen koral, gastropoda dan palecipoda.

Napal: Berada di bagian bagian utara Kecamatan Tanimbar Selatan, struktur berlapis, dengan sisipan batugamping pasir dengan ketebalan 3-30 cm). Batuan napal tersebut kaya akan fosil plankton dan benthos. rmasi napal batimafudi yang memiliki lapisan batuan napal yang bersisipan batu gamping pasir. Pada area pesisir bagian timur terdiri dari perselingan kalkarenit dan kalsilutit disisipi oleh kalsirudit dan atau napal. Kalkarenit berwarna putih kekuningan-kecoklatan sampai coklat, berbutir halus sampai sangat kasar, mengandung butiran atau pecahan batugamping dan foraminifera. Kalsilutit atau mudstone dan wackstone berwarna coklat-abu-abu muda, terkadang mengandung beberapa fragmen fosil seperti koral dan bivalve sedangkan kalsirudit secara dominan tersusun oleh pecahan batugamping dan fosil berukuran lebih besar dari 2 mm (ESDM, 2011).

Batulempung tufaan: Tersingkap di pulau Yamdena perselingan lempung coklat kemerahan dan kelabu, dengan tufa kaca putih kotor; ke arah bagian atas terdapat sisipan batu gamping coklat kemerahan sampai kelabu, pasir gamping dan batu pasir kuarsa. Batuan tersebut termasuk dalam formasi Saumlaki yang berumur Paleogen.

Endapan alluvial: Aluvial dijumpai paa pesisir Pantai merupakan hasil endapan Pantai dan Sungai pada muara tersusun oleh lumpur, lanau, pasir. Peta geologi Pulau Yamdena bagian barat dan sekitarnya diperlihatkan pada Peta III-5.

Pada bagian pesisir selatan di Kecamatan Tanimbar Selatan (yang juga menjadi lokasi rencana tapak proyek OLNG dan Dramaga), batuan permukaan merupakan formasi Saumlaki yang terdiri dari batugamping koral dan perlapisan (5-50 cm) batugamping bioklastika. Batugamping koral disusun oleh branching koral. Batugamping bioklastika merupakan batugamping kalkarenit berbutir kasar-sangat kasar mengandung fragmen koral, gastropoda dan palecipoda. Sementara pada bagian utara Kecamatan Tanimbar Selatan, struktur geologi terdiri dari formasi batulembuti yang memiliki lapisan batuan napal yang kaya akan fosil plankton dan benthos, serta formasi napal batimafudi yang memiliki lapisan batuan napal yang bersisipkan batu gamping pasir. Pada area pesisir bagian timur terdapat formasi batimapudi yang terdiri dari perselingan (5-30 cm) kalkarenit dan kalsilutit disisipi oleh kalsirudit dan atau napal. Kalkarenit berwarna putih kekuningan-kecoklatan sampai coklat, berbutir halus sampai sangat kasar, mengandung butiran atau pecahan batugamping dan foraminifera. Kalsilutit atau mudstone dan wackstone berwarna coklat-abu-abu muda, terkadang mengandung beberapa fragmen fosil seperti koral dan bivalve sedangkan kalsirudit secara dominan tersusun oleh pecahan batugamping dan fosil berukuran lebih besar dari 2 mm (ESDM 2011).



3.1.6.1 Topografi dan Fisiografi

a. Topografi

Kabupaten Maluku Tenggara Barat merupakan wilayah yang relatif datar (kemiringan 0-3%), landai/berombak (kemiringan 3-8%), bergelombang (kemiringan 8-15%), agak curam (kemiringan 15-30%), curam (kemiringan 30-50%) dan sangat curam (kemiringan >50%). Di utara Pulau Yamdena terdapat sederet pulau-pulau kecil. Kedua deretan pulau tersebut terpisah oleh selat yang dangkal dengan kedalaman tidak lebih dari 20 meter, sehingga apabila terjadi pasang surut, terbentuk daratan kering yang luasnya bisa mencapai setengah kilometer dari tepi pantai Yamdena. Yamdena utara umumnya datar dengan ketinggian kurang dari 50 meter, sedangkan daerah perbukitan di bagian selatan Yamdena tingginya lebih dari 200 meter. Secara keseluruhan morfologi, daerah ini dapat dibedakan menjadi tiga satuan morfologi, yaitu perbukitan, dataran rendah dan teras. Daerah perbukitan seperti yang terdapat di Pulau Labobar memiliki puncak tertinggi yang mencapai lebih dari 300 meter di atas muka laut. Di pulau-pulau lainnya, ketinggiannya kurang dari 300 m di atas permukaan laut.

Lokasi kegiatan berada di P Yamdena merupakan pulau utama di Kabupaten Maluku Tenggara Barat (MTB). Pulau Yamdena terletak antara 131° 03' 39" - 131° 45' 09" BT dan 07° 06' 13" - 08° 02' 08" LS. Secara topografi P Yamdena dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas topografi, yaitu: (1) daerah rendah dengan ketinggian 0 – 100 m; (2) daerah tengah dengan ketinggian 100 – 300 m; dan (3) daerah tinggi dengan ketinggian > 300 m.

Kepulauan Tanimbar terletak pada bagian tenggara rangkaian pulau-pulau yang berada pada jalur Busur Banda bagian luar (*Forearc*) dipengaruhi oleh pergerakan Busur Banda dan bagian barat laut lempeng benua Australia. Pulau Tanimbar memiliki singkapan batuan pre-Tersier yang telah mengalami deformasi sangat intensif. Struktur geologi yang berkembang di Kepulauan Tanimbar dan sekitarnya dikontrol dan tidak terlepas dari pengaruh struktur besar dan tektonik regional yang berkembang di Pulau Maluku dan sekitarnya. Kelurusan-kelurusan yang dianggap sebagai manifestasi struktur geologi relatif berarah Utara - Selatan dan Barat - Timur. Struktur geologi yang dapat diamati berupa lipatan, sesar naik, sesar geser, dan kelurusan-kelurusan yang menunjukkan arah utama Utara-Selatan dan Barat Daya-Timur Laut. Struktur lipatan seperti antiklin dan sinklin berarah Barat laut - Tenggara dan Barat daya – Timur laut. Di daerah ini proses tektonik terjadi pada Akhir Paleogen atau bahkan lebih tua. Gejala ini mengakibatkan perlipatan, pensesaran dan pemalihan regional derajat rendah. Tektonik yang dapat diamati terjadi pada Plio-Plistosen, yang mengakibatkan ketidakselarasan dengan batuan yang lebih tua dan mengaktifkan kembali struktur-struktur geologi yang terbentuk sebelumnya.

b. Fisiografi

Kondisi Fisiografis Maluku Selatan dan Busur Banda memiliki Basin Banda tengah yang dibatasi oleh dua busur parallel yaitu busur dalam yang batasi oleh busur gunung api aktif, sedangkan busur luarnya tidak ditemukan aktivitas vulkanisme berumur muda. Proses pembentukan Busur Banda terjadi sekitar lima juta tahun yang lalu, ketika Australia bergerak ke arah Utara, Papua berotasi ke arah kiri yang mengakibatkan terjadinya pelengkungan ke arah Barat Laut pada Busur Banda yang semula mengarah ke Barat - Timur. Daerah Banda selatan merupakan suatu orogenesis yang merupakan bagian dari sistem pegunungan dalam status nascendi (Sirkum Mediterania).

Busur luar Banda (Banda *Outer Arc*) adalah bentuk pengangkatan berupa geantiklinal yang memiliki lebar 100-200 km yang deposit geosinklinalnya telah terangkat menjadi rangkaian pegunungan dengan struktur lapisan rebah. Selain itu, pada struktur ini juga tidak ditemukan aktivitas vulkanisme yang aktif seperti pada komposisi vulkanik muda di zona busur dalam Banda. Pada bagian timur Pulau Yamdena terdapat perbedaan tinggi rata-rata 4500 m dan 7500 m. hal ini menunjukkan adanya kesesuaian elevasi, meskipun kenyataannya menunjukkan bahwa rangkaian pegunungan di luar Banda mencapai ketinggian 3000 m, sedangkan kompleks Kepulauan Tanimbar hanya mencapai 800 m diatas permukaan laut. Bagian selatan busur luar Banda merupakan kelanjutan dari busur luar Kepulauan Sunda kecil, dimulai dari igir sempit Leti-Sermata kemudian diikuti oleh kulminasi Babar Selaru yang terdapat punggung-punggung rendah menyebar radial ke segala arah. Bagian timur busur Banda terdiri dari Kepulauan Tanimbar – Kai, yang memiliki lereng dalam dan sangat terjal menuju Palung Weber. Lebar geantiklinal di Tanimbar 100 km, sedang di Kepulauan Kai 200 km dan semakin menyempit lagi menjadi 75 km membentuk paritan bawah laut.

Secara geologi, batuan yang tersingkap di pulau Yamdena adalah perselingan lempung coklat kemerahan dan kelabu, dengan tufa kaca putih kotor; ke arah bagian atas terdapat sisipan batu gamping coklat kemerahan sampai kelabu, pasir gampingan dan batu pasir kuarsa; batuan ini termasuk dalam formasi Saumlaki yang berumur Paleogen. Batuan ini tersebar luas di pulau Yamdena bagian tengah, membentuk perbukitan yang memanjang dengan arah barat daya – timur laut; tebal minimum 600 m. Daerah ini juga terdapat batuan yang terdiri dari bermacam-macam batuan baik batuan beku, malihan, dan batuan sedimen yang umumnya berbeda-beda; batuan campuran ini dikelompokkan dalam Komplek Molu, ini diduga terbentuk oleh adanya aktivitas tektonik pada awal neogen yang merupakan batuan “melange”. Sebaran batuan ini cukup luas, meliputi pulau kecil di utara P. Yamdena.

Tenaga tektonik yang berperan terhadap perubahan geomorfologi sepanjang pesisir Yamdena adalah tenaga marin yakni gelombang, pasang surut dan arus. Proses geomorfologi di kawasan ini meliputi proses destruksional (pelapukan sepanjang garis pantai dan erosi pantai), dan proses konstruksional (pergerakan sedimen dan deposisi sedimen). Satuan bentuk lahan hasil proses tersebut adalah gisik, rataan pasang surut, terumbu karang, rataan pengikisan gelombang (platform), tebing terjal (*cliff*), tebing menggantung (*notch*), dan *stack* (tiang batu yang terpisah dari daratan).

Mengacu pada Peta Pulau–Pulau Seramata dan Pulau–Pulau Tanimbar No.48 Skala 1: 500.000 yang dikeluarkan oleh DISHIDROS tahun 2013 menunjukkan bahwa distribusi kedalaman perairan pesisir di Yamdena cenderung dangkal. Perairan dangkal di dominasi oleh rataan terumbu yang luas terutama di kawasan perairan bagian Teluk Saumlaki.

3.1.6.2 Geomorfologi

Pulau Yamdena merupakan pulau utama di Kabupaten Maluku Tenggara Barat (MTB). Pulau Yamdena terletak antara 131° 03' 39" - 131° 45' 09" BT dan 07° 06' 13" - 08° 02' 08" LS. Topografi Pulau Yamdena dapat dibagi atas 3 kelas topografi, yaitu: (1) daerah rendah dengan ketinggian 0 – 100 m; (2) daerah tengah dengan ketinggian 100 – 300 m; dan (3) daerah tinggi dengan ketinggian > 300 m. Secara keseluruhan morfologi di daerah ini dapat dibedakan menjadi 3 satuan morfologi, yaitu perbukitan, dataran rendah dan teras. Di daerah perbukitan seperti yang terdapat di P. Laibobar puncak tertinggi mencapai lebih dari 300 meter di atas muka laut. Di pulau-pulau lainnya,

ketinggiannya kurang dari 300 meter. Daerah tinggi ini umumnya berlereng terjal, sungai-sungai yang mengalir umumnya pendek dan berpola aliran dendritik (bercabang).

Di Pulau Yamdena bagian tenggara terdapat perbukitan bergelombang dengan ketinggian mencapai 260 meter. Pola aliran sungai umumnya hampir sejajar dan berpantai terjal. Dataran rendah mengikuti aliran sungai dan yang terpanjang terdapat di sepanjang Sungai Ranormoye. Undak batugamping terdapat di sejumlah pulau kecil seperti Pulau Selura, Larat dan Vordata. Undak tersebut dibatasi tepian lereng terjal, tetapi puncaknya hampir mendatar dengan puncak tertinggi 104 meter. Pada kawasan batugamping ini banyak ditemukan gua dan sungai bawah tanah yang mencirikan bahwa batugamping tersebut telah mengalami proses karstifikasi. Sungai-sungai besar dan berair sepanjang tahun yang terdapat di P. Yamdena adalah Sungai Ranarmoye, Sungai Bungat dan sungai Mitak.

Pulau Yamdena sebagai pusat rencana kegiatan, dan kegiatan yang berpotensi terpengaruh lingkungan maupun mempengaruhi, secara morfometri menurut Van Zuidam (1985) dapat dikelompokkan menjadi 4 satuan geomorfologi yaitu: satuan geomorfologi perbukitan bergelombang kuat, satuan geomorfologi perbukitan bergelombang landai dan satuan geomorfologi dataran, serta satuan khusus yaitu satuan geomorfologi karst.

Satuan Geomorfologi Perbukitan Bergelombang Kuat

Satuan morfologi perbukitan bergelombang kuat sebagian besar berada di bagian Timur rencana *trace* jalan, sebarannya membentang dari barat – timur dengan ketinggian antara 200 – 300 meter di atas permukaan laut dan kemiringan lereng umumnya 25-45%. Sungai-sungai yang mengalir umumnya pendek dan berpola aliran dendritik (bercabang). Batuan penyusunya terdiri dari batugamping terumbu dan batugamping berlapis dengan sisipan batulempung.

Satuan Geomorfologi Perbukitan Bergelombang Landai

Satuan morfologi perbukitan bergelombang lemah, menempati bagian tengah pulau menyebar di bagian memanjang dari dengan ketinggian 100 - 200 meter di atas permukaan laut. Satuan morfologi ini terbentuk oleh batuan sedimen tersier lempung dan batupasir. Pola aliran pada satuan geomorfologi ini adalah pola dendritik, dengan sungai sebagian dengan aliran permanen air mengalir terus sepanjang tahun dan sebagian sungai intermiten aliran ada hanya pada musim penghujan.

Satuan Geomorfologi Dataran

Satuan geomorfologi ada pada bagian barat rencana pembangunan *trace* jalan tambang morfologinya berupa dataran, memiliki kemiringan lereng hingga $<5^{\circ}$. Dataran rendah mengikuti aliran sungai dan yang terpanjang terdapat di sepanjang yaitu sungai Ranormoye. Litologi yang terdapat di satuan geomorfologi ini adalah satuan endapan aluvium.

Satuan Geomorfologi Karst

Satuan karst yang ditemukan di satuan batuan kawasan batugamping ini banyak ditemukan beberapa gua dan sungai bawah tanah. Bentuk bentang alam tersebut yang mencirikan bahwa batugamping tersebut telah mengalami proses karstifikasi. Sungai bawah tanah tersebut menyuplai pengaliran sungai-sungai besar sehingga berair sepanjang tahun yang terdapat di P. Yamdena seperti Sungai Ranarmoye, Sungai Bungat dan Sungai Mitak.

Proses geomorfologi

Tenaga tektonik yang berperan terhadap perubahan geomorfologi sepanjang pesisir Yamdena adalah tenaga marin yakni gelombang, pasang surut dan arus. Proses geomorfologi di kawasan ini meliputi proses destruksional (pelapukan sepanjang garis pantai dan erosi pantai), dan proses kontruksional (pergerakan sedimen dan deposisi sedimen). Satuan bentuk lahan hasil proses tersebut adalah gisik, ratahan pasang surut, terumbu karang, ratahan pengikisan gelombang (*platform*), tebing terjal (*cliff*), tebing menggantung (*notch*), dan *stack* (tiang batu yang terpisah dari daratan).

Mengacu pada Peta Pulau–Pulau Seramata dan Pulau–Pulau Tanimbar No.48 Skala 1: 500.000 yang dikeluarkan oleh DISHIDROS tahun 2013 menunjukkan bahwa distribusi kedalaman perairan pesisir di Yamdena cenderung dangkal. Perairan dangkal di dominasi oleh ratahan terumbu yang luas terutama di kawasan perairan bagian teluk Saumlaki

Lokasi kegiatan untuk tapak proyek Kilang OLNG desa Lermatang di West Saumlaki, Pulau Tanimbar terletak pada kemiringan lereng antara 2 - 8 % atau berlereng landai - bergelombang dengan perbedaan ketinggian antara 5 - 50 m (van Zuidam 1985), pada satuan morfologi ini ditemukan bukit-bulit kecil batu gamping dari Formasi Saumlaki (Peta III-6).

Satuan geomorfologi pulau Yamdena pada umumnya merupakan tanah bersolum (mengalami pelapukan) sangat dangkal sampai dangkal yang berasal dari batuan induk batugamping dan napal. Jenis tanah ini mudah tererosi dan longsor atau merupakan lahan kritis yang mudah melongsor, banjir, sedimentasi dan kekeringan. Pulau Yamdena termasuk kawasan yang rawan terhadap kerusakan lahan (*land degradation*) seperti guguran, longsor, penurunan kesuburan tanah, kekurangan air, dan penggaraman tanah.

Di utara Pulau Yamdena terdapat sederet pulau - pulau kecil. Deretan pulau-pulau tersebut terpisah oleh selat yang dangkal dengan kedalaman tidak lebih dari 20 m, sehingga apabila terjadi pasang surut terbentuk daratan kering yang luasnya bisa melampar sampai setengah kilometer dari tepi pantai Yamdena. Yamdena Utara umumnya datar dengan ketinggian kurang dari 50 m, sedang daerah perbukitan di bagian selatan tingginya melebihi 200 m. Secara keseluruhan morfologi di daerah ini dapat dibedakan menjadi tiga satuan morfologi yaitu dataran rendah, perbukitan kecil dan teras/undak.

Berdasarkan pengelompokan kemiringan lereng van Zuidam (1985) maka morfologi Pulau Yamdena dapat dibagi dalam kelas lereng (Tabel III-21).

Tabel III-21 Morfologi kemiringan lereng P. Yamdena berdasarkan klasifikasi kemiringan lereng van Zuidam (1985).

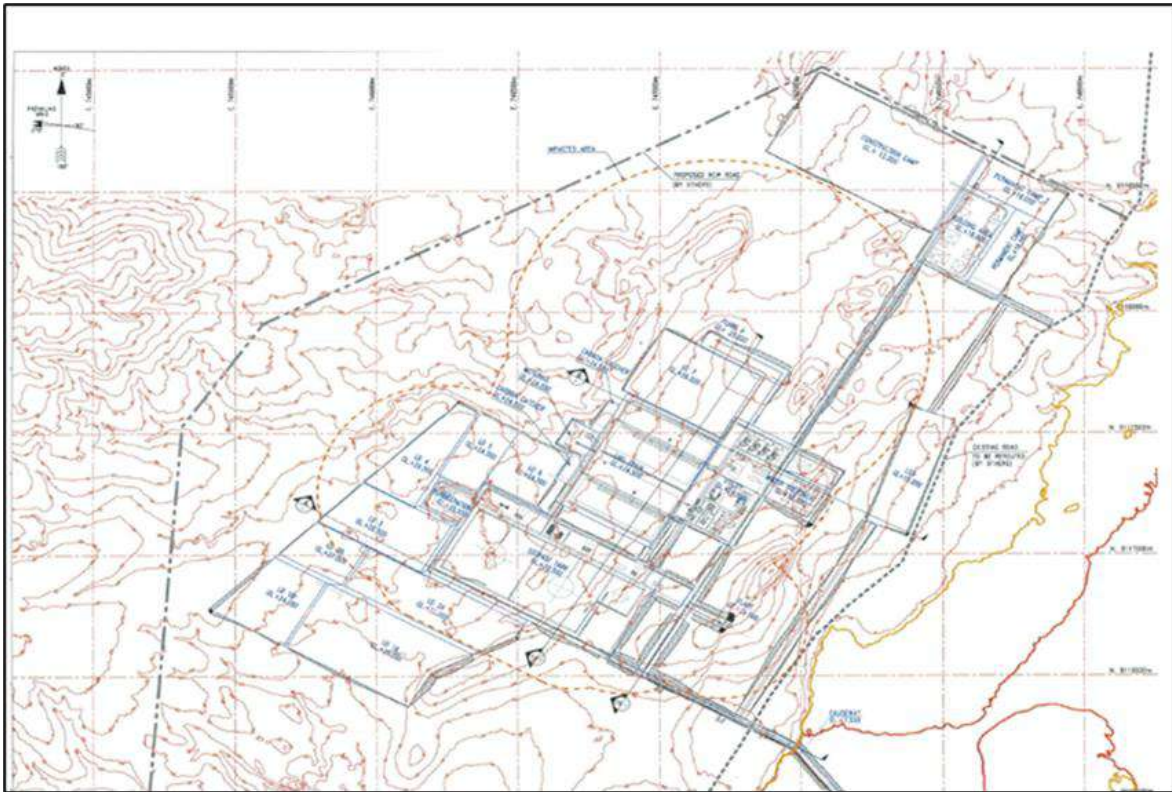
No.	Kemiringan Lereng	Luas (Ha)	Kelas relief
1	< 2	22.674	Datar atau sangat datar
2	2 - 8	44.140	Lereng landai - bergelombang
3	9 - 15	92.205	Bergelombang -bukit landai
4	16 - 25	115.734	Perbukitan curam
5	> 26	50.972	Perbukitan sangat curam

Morfologi tapak proyek Kilang OLNG desa Lermatang di West Saumlaki, Pulau Tanimbar terletak pada kemiringan lereng antara 2 - 8 % atau berlereng landai - bergelombang dengan perbedaan

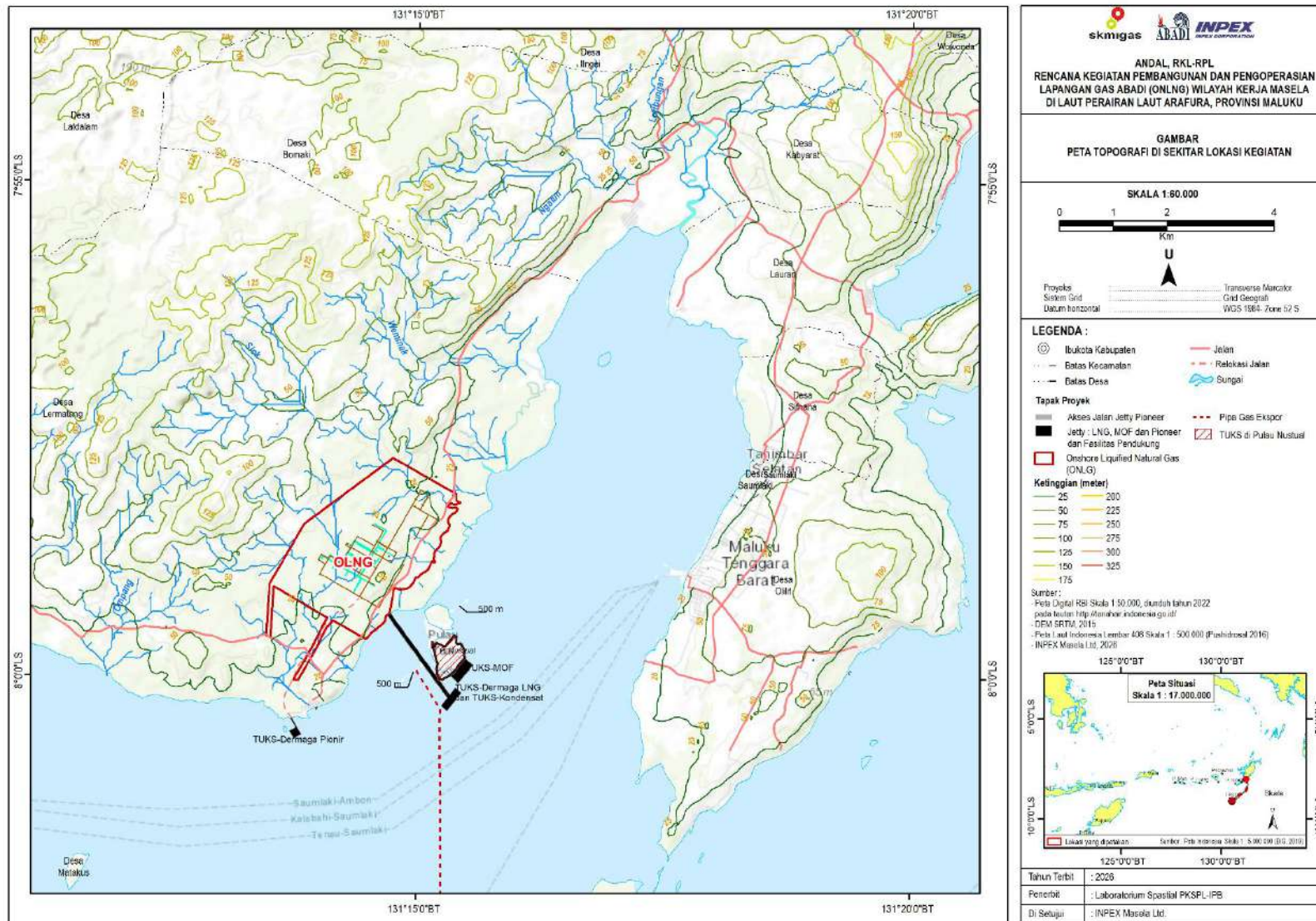
ketinggian antara 5 - 50 m (van Zuidam 1985), pada satuan morfologi ini ditemukan bukit-bulit kecil batu gamping dari Formasi Saumlaki yang telah ditumbuhi oleh tanaman semak (Peta III-6).

Berdasarkan perbedaan ketinggian dan kelas kemiringan lereng P. Yamdena dapat dikelompokkan menjadi 3 satuan morfologi, yaitu perbukitan, dataran rendah dan teras. Di daerah perbukitan seperti yang terdapat di P. Laibobar puncak tertinggi mencapai lebih dari 300 meter di atas muka laut. Di pulau-pulau lainnya, ketinggiannya kurang dari 300 meter. Daerah tinggi ini umumnya berlereng terjal, sungai-sungai yang mengalir umumnya pendek dan berpola aliran dendritik (bercabang).

Di Pulau Yamdena bagian tenggara terdapat perbukitan bergelombang dengan ketinggian mencapai 260 meter. Pola aliran sungai umumnya hampir sejajar dan berpantai terjal. Dataran rendah mengikuti aliran sungai dan yang terpanjang terdapat di sepanjang Sungai Ranormoye. Undak batugamping terdapat di sejumlah pulau kecil seperti Pulau Selura, Larat dan Vordata. Undak tersebut dibatasi tepian lereng terjal, tetapi puncaknya hampir mendatar dengan puncak tertinggi 104 meter, seperti yang disajikan pada gambar berikut.



Gambar III-32 Peta Topografi lokasi tapak OLNG dan Sekitarnya



Peta III-6

Topografi dan Geomorfologi Tapak Proyek Kilang OLNG Desa Lermatang

3.1.6.3 Stratigrafi, dan Struktur Geologi

a. Stratigrafi

Stratigrafi Kepulauan Tanimbar mulai dari batuan berumur pra-Tersier sampai dengan Kuartar, yaitu: batuan berumur pra-Tersier terdiri dari Formasi Selu, Formasi Wotar, Formasi Labobar, dan Formasi Ungar sedangkan batuan Tersier dan Kuartar terdiri dari Formasi Tangustabun, Formasi Batimapudi, Formasi Batilembuti, Formasi Saumlaki dan Komplek Bubuan.

Stratigrafi wilayah studi dan sekitarnya yang berada di Kepulauan Tanimbar dari publikasi peta geologi lembar Tanimbar, Maluku skala 1:250.000 Puslitbang Geologi Bandung (Peta III-5) tersusun oleh terdiri batugamping koral, Formasi Batilembuti (QTb), Formasi Batimafudi (Tmb) dan Kompleks Molu (M), secara terinci penyusun batuan dari masing-masing formasi sebagai berikut.

Formasi Batimapudi : terdiri dari perselingan (5-30cm) kalkarenit dan kalsilitut disisipi oleh kalsirudit dan atau napal. Kalkarenit berwarna putih kekuningan-kecoklatan sampai coklat, berbutir halus sampai sangat kasar, mengandung butiran atau pecahan batugamping dan foraminifera. Kalsilitut atau mudstone dan wackstone berwarna coklat-abu-abu muda, terkadang mengandung beberapa fragmen fosil seperti koral dan bivalve sedangkan kalsirudit secara dominan tersusun oleh pecahan batugamping dan fosil berukuran lebih besar dari 2 mm. Kalsirudit ini sering membentuk endapan *channel*. Struktur sedimen terdiri dari perlapisan berangsur (*graded bedding*), laminasi konvolut (*convolute lamination*), laminasi sejajar, laminasi silangsiur, mendatan (*slump structure*) dan cetakan suling (*flute cast*).

Formasi Batulembuti : juga ditemukan berupa napal, berlapis tidak baik atau masif, mengandung kaya akan fosil foraminifera. Lingkungan pengendapan berupa laut terbuka dengan menunjukkan umur Plistosen Awal (N22) sedangkan fosil bentonik menunjukkan kedalaman 100-300 meter. Formasi Batilembuti berada selaras di bawah Formasi Saumlaki dan berada tidak selaras di atas Formasi Batimapudi.

Formasi Saumlaki : terdiri dari batugamping terumbu dan perlapisan (5-50 cm) batugamping bioklastika. Batugamping terumbu disusun oleh branching koral. Batugamping bioklastika merupakan batugamping kalkarenit berbutir kasar -sangat kasar mengandung fragmen koral, gastropoda dan palecipoda.

Kompleks Molu (M) yang terdiri dari batupasir gampingan coklat tua sampai muda, batuan vulkaniklastika halus sampai kasar, batulempung kelabu tua, batugamping pasir kemerahan serta konglomerat basalan.

Endapan Aluvium (Qa) yang terdiri dari pasir, kerikil dan lumpur.

b. Struktur Geologi

Struktur di Kepulauan Tanimbar dipengaruhi proses tektonik terjadi pada Akhir Paleogen atau bahkan lebih tua. Gejala ini mengakibatkan perlipatan, pensesaran dan pemalihan regional derajat rendah. Tektonik yang dapat diamati terjadi pada Plio-Plistosen, yang mengakibatkan ketidakselarasan dengan batuan yang lebih tua dan mengaktifkan kembali struktur-struktur geologi yang terbentuk sebelumnya. Secara umum kondisi geologi daerah Kabupaten Maluku Tenggara Barat dan sekitarnya, relatif kompleks namun memperlihatkan stress tektonik yang berasal dari selatan.

Struktur geologi yang berkembang di daerah Kabupaten Tanimbar dan sekitarnya dipengaruhi oleh struktur besar dan tektonik regional yang berkembang di Pulau Maluku dan sekitarnya. Kelurusan-kelurusan yang dianggap sebagai pembentuk struktur geologi yang relatif berarah Utara-Selatan dan Barat-Timur. Struktur geologi yang ditemukan berupa lipatan, sesar naik, sesar geser, dan kelurusan-kelurusan yang menunjukkan arah utama Utara-Selatan dan Baratdaya-Timurlaut. Struktur lipatan seperti antiklin dan sinklin umumnya berarah baratlaut-Tenggara dan Baratdaya-Timurlaut.

Di kawasan ini proses tektonik terjadi pada Akhir Paleogen atau bahkan lebih tua. Gejala ini mengakibatkan perlipatan, pensesaran dan pemalihan regional derajat rendah. Tektonik yang dapat diamati terjadi pada Plio-Plistosen, yang mengakibatkan ketidakselarasan dengan batuan yang lebih tua dan mengaktifkan kembali struktur-struktur geologi yang terbentuk sebelumnya. Secara umum kondisi geologi daerah Kabupaten Maluku Tenggara Barat dan sekitarnya, relatif kompleks namun memperlihatkan stress tektonik yang berasal dari selatan.

Struktur geologi yang berkembang di daerah tapak proyek Pengembangan Lapangan Gas Abadi Beserta Fasilitas Pendukungnya INPEX Masela, termasuk Fasilitas Kilang ONLG (*Onshore Liquefied Natural Gas*) yaitu di Kecamatan Tanimbar Selatan, Kabupaten Kepulauan Tanimbar, Propinsi Maluku, berupa lipatan yang diperlihatkan dengan kemiringan lapisan, serta struktur patahan mendatar yang memotong batuan malihan dan batu gamping berarah timur laut – tenggara.

Kesiapsiagaan program mitigasi bencana yang perlu disiapkan.

Melakukan Analisis Risiko: Identifikasi area yang rentan terhadap lukiofaksi dan gerakan tanah sudah dilakukan dengan melakukan analisis stabilitas lereng dengan melakukan melalui analisis risiko, dengan tinjau faktor-faktor seperti topografi, kondisi tanah, dan kegiatan manusia yang dapat mempengaruhi potensi terjadinya bencana.

Membangun sistem komunikasi Darurat: (1) Membangun sistem komunikasi darurat agar lebih efektif untuk dapat menginformasikan dan memberikan peringatan informasi kepada Masyarakat dan pekerja/karyawan. (2). Memberikan pelatihan kepada karyawan dan masyarakat dalam merespons peringatan darurat dengan cepat.

Evakuasi dan Penyelamatan: (1) Melakukan pelatihan kepada Masyarakat dan karyawan khususnya petugas penanggulangan bencana dalam prosedur evakuasi yang cepat dan aman. (2) Pelatihan akan difokuskan pada teknik penyelamatan dan pertolongan pertama bagi korban yang mungkin terperangkap.

Penggunaan Teknologi: (1) Memanfaatkan teknologi seperti sistem peringatan dini, sistem sensor tanah, dan pemetaan risiko untuk meningkatkan kapasitas antisipasi. (2). Memberikan pelatihan kepada tim untuk memahami dan menggunakan teknologi yang diterapkan.

Koordinasi Tim: (1) Pelatihan tim penanggulangan bencana dalam koordinasi dan kolaborasi dengan lembaga terkait, termasuk pasukan penjaga keamanan, petugas medis, dan relawan.

Pengelolaan Pemukiman dan Infrastruktur: (1) Simulasikan tindakan pengelolaan pemukiman dan infrastruktur untuk mengurangi risiko lukiofaksi, seperti pemasangan struktur penahan tanah atau dinding penahan air. (2) Melatih masyarakat dalam pemeliharaan dan perawatan infrastruktur penanggulangan bencana.

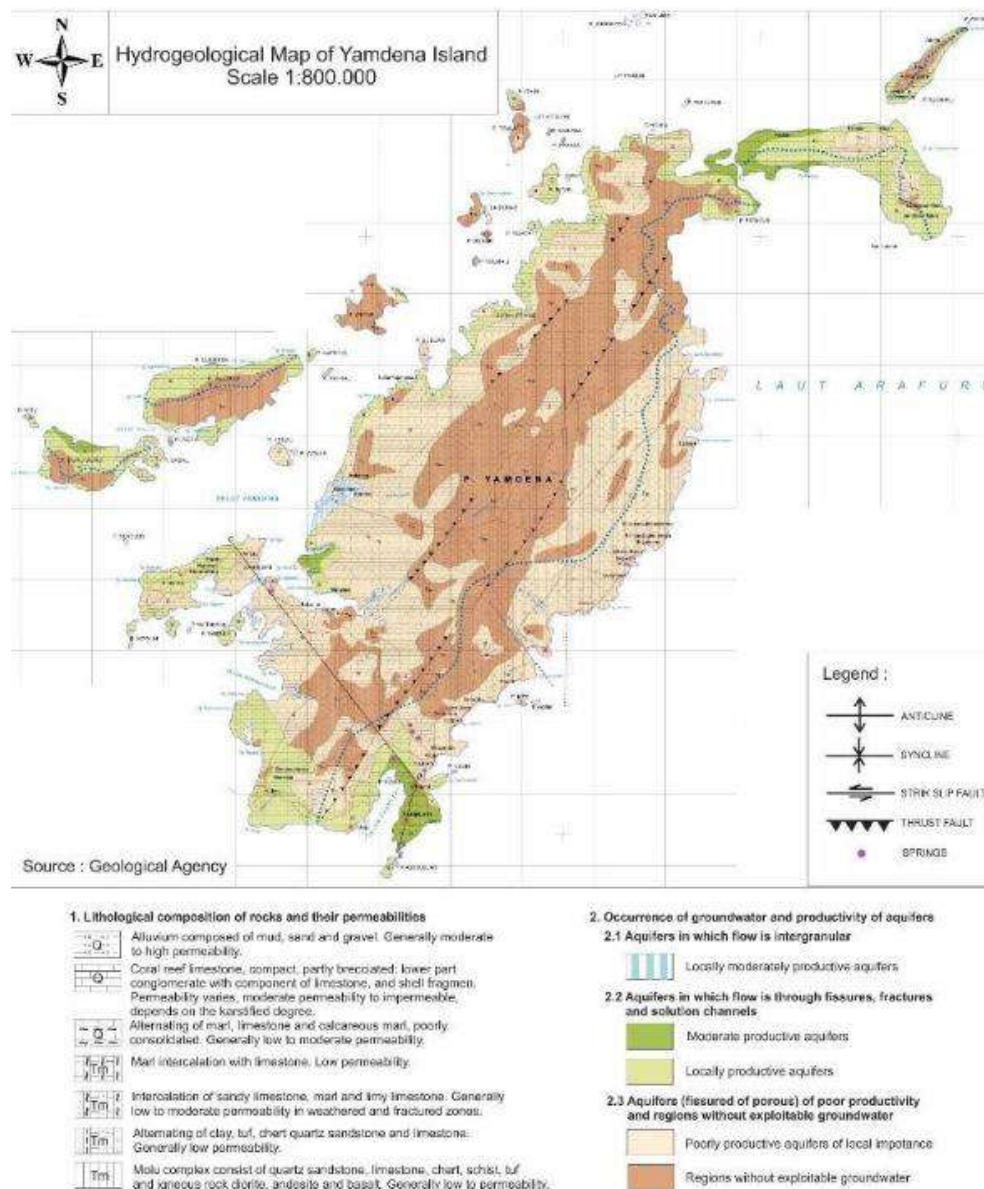
Evakuasi Darurat melakukan simulasi evakuasi darurat untuk menguji kesiapan dan kelancaran proses evakuasi. Evaluasi rute evakuasi, lokasi pengungsian, dan kebutuhan logistik selama evakuasi.

3.1.6.4 Hidrogeologi

Air tanah dan akuifer air merupakan salah satu kebutuhan utama manusia, keberadaan air tanah sangat tergantung besarnya curah hujan dan besarnya air yang dapat meresap ke dalam tanah. Faktor lain yang mempengaruhi adalah kondisi litologi (batuan) dan geologi setempat. Kondisi tanah yang berpasir lepas atau batuan yang permeabilitasnya tinggi akan mempermudah infiltrasi air hujan ke dalam formasi batuan. Dan sebaliknya batuan dengan sementasi kuat dan kompak memiliki kemampuan untuk meresapkan air kecil. Dalam hal ini hampir semua curah hujan akan mengalir sebagai limpasan (*runoff*) dan terus ke laut. Faktor lainnya adalah perubahan lahan-lahan terbuka menjadi pemukiman dan industri, penebangan hutan tanpa kontrol. Hal tersebut akan sangat mempengaruhi infiltrasi terutama bila terjadi pada daerah resapan (*recharge area*).

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2011 Tentang Penetapan Cekungan Air Tanah, area rencana lokasi proyek masuk ke dalam wilayah cekungan air tanah (CAT) No.370. Keterdapatan air tanah dan produktivitas akuifer di lokasi studi berdasarkan Peta Hidrogeologi lembar Pulau Selaru, Pulau Yamdena dan Pulau Molu yang dikeluarkan oleh Pusat Lingkungan Geologi, diketahui bahwa lokasi proyek terletak pada akuifer dengan aliran melalui celahan dan saluran pelarutan yaitu setempat akuifer produktif (aliran air tanah terbatas pada zona celahan dan saluran pelarutan, muka air tanah umumnya dalam, setempat air tanah dapat dimanfaatkan debit <3 L/detik). Setiap cekungan air tanah memiliki ciri-ciri hidrogeologis tersendiri yang secara hidrolik dapat berhubungan dengan cekungan air tanah lainnya atau bahkan tidak sama sekali. Berdasarkan peta Cekungan Air tanah yang dikeluarkan oleh Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan (DTLGKP) di Wilayah Kabupaten Maluku Tenggara Barat (sekarang Kabupaten Kepulauan Tanimbar) lokasi proyek masuk ke dalam Cekungan Air Tanah Saumlaki dengan luas 131 km², dengan litologi akuifer batugamping terumbu dan memiliki potensi jumlah air tanah bebas 46 juta m³/tahun (RISPAM MTB 2015).

Peta hidrogeologi pulau Yamdena yang digabungkan dengan komposisi litologi, struktur geologi dan akuifer air tanah diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



Gambar III-33 Hidrogeologi dan Akuifer Air Tanah (Rispam MTB , 2015)

3.1.6.5 Petroleum System

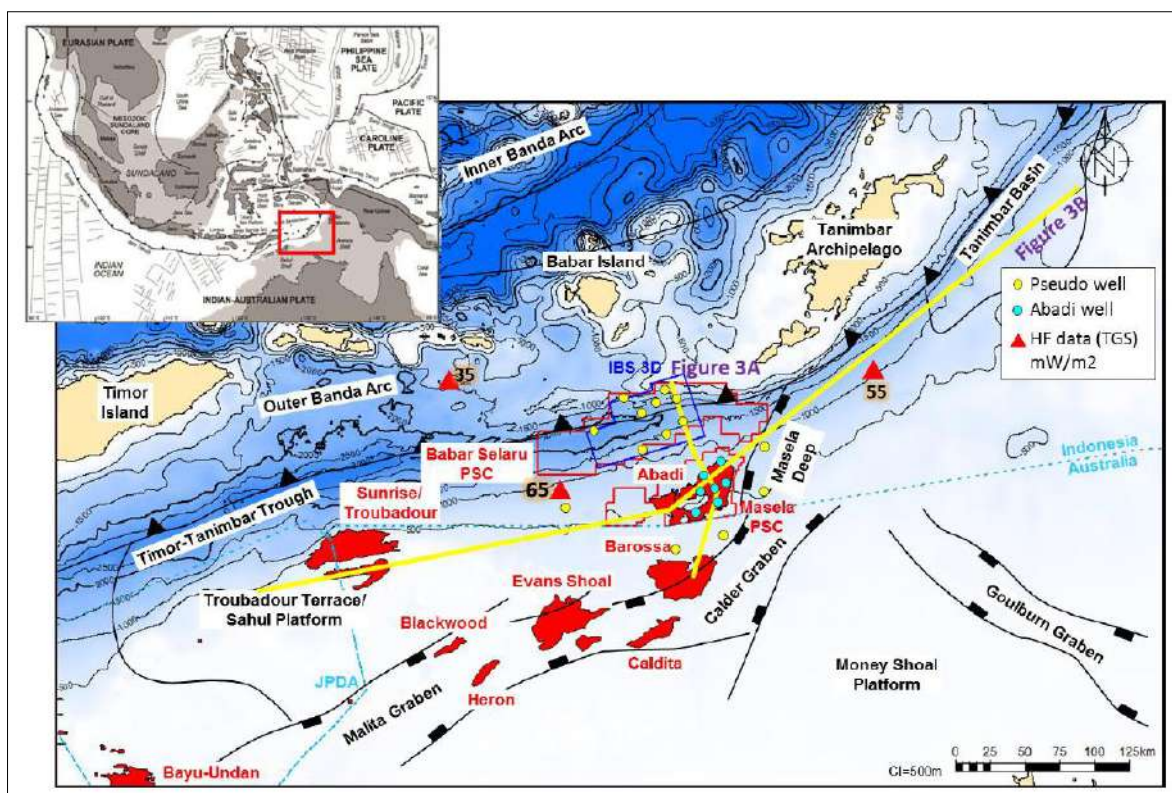
Pemodelan sistem cekungan minyak bumi (*petroleum system*) adalah salah satu cara yang paling andal untuk memahami implikasi dari evolusi cekungan terhadap pembentukan hidrokarbon, migrasi dan lapisan akumulasinya (reservoir). Pemodelan tersebut dapat mengurangi risiko eksplorasi migas terutama di daerah di lepas pantai. Untuk membangun model sistem perminyakan yang ideal secara geologis di wilayah target, maka sejarah perkembangan tektonik yang terintegrasi dengan evaluasi batuan sumber merupakan faktor kunci untuk memahami terdistribusinya hidrokarbon. Pemodelan cekungan di beberapa lokasi kunci perlu dilakukan untuk memahami sejarah kematangan (maturitas) hidrokarbon tersebut.

Wilayah studi *petroleum system* ini terletak di lepas pantai Tanimbar yang berdekatan dengan Cekungan Bonaparte Utara. Cekungan ini memiliki sejarah perkembangan yang kompleks sejak sistem retakan Mesozoikum yang diikuti oleh tumbukan Neogen Akhir antara Busur Banda dan perbatasan benua Australia. Kemunculan minyak dan gas di Busur Luar Banda Selatan di tepian benua pasif Australia menunjukkan adanya potensi hidrokarbon, seperti yang ditemukan di lapangan gas Abadi, Sunrise-Troubadour dan Lynedoch.

Kajian *petroleum system* ini menggambarkan kontribusi dapur Masela Deep dan Malita Graben yang diterapkan pada lapangan gas Abadi. Selain itu, hasil kajian juga menunjukkan bahwa wilayah lepas pantai Tanimbar juga merupakan dapur hidrokarbon yang potensial. Perbedaan provinsi hidrokarbon antara kedua wilayah tersebut dapat dijelaskan berdasarkan perbedaan sejarah termal dan aktivitas sesar naik selama Mesozoikum Akhir sampai Kuartir serta variasi jenis batuan induk.

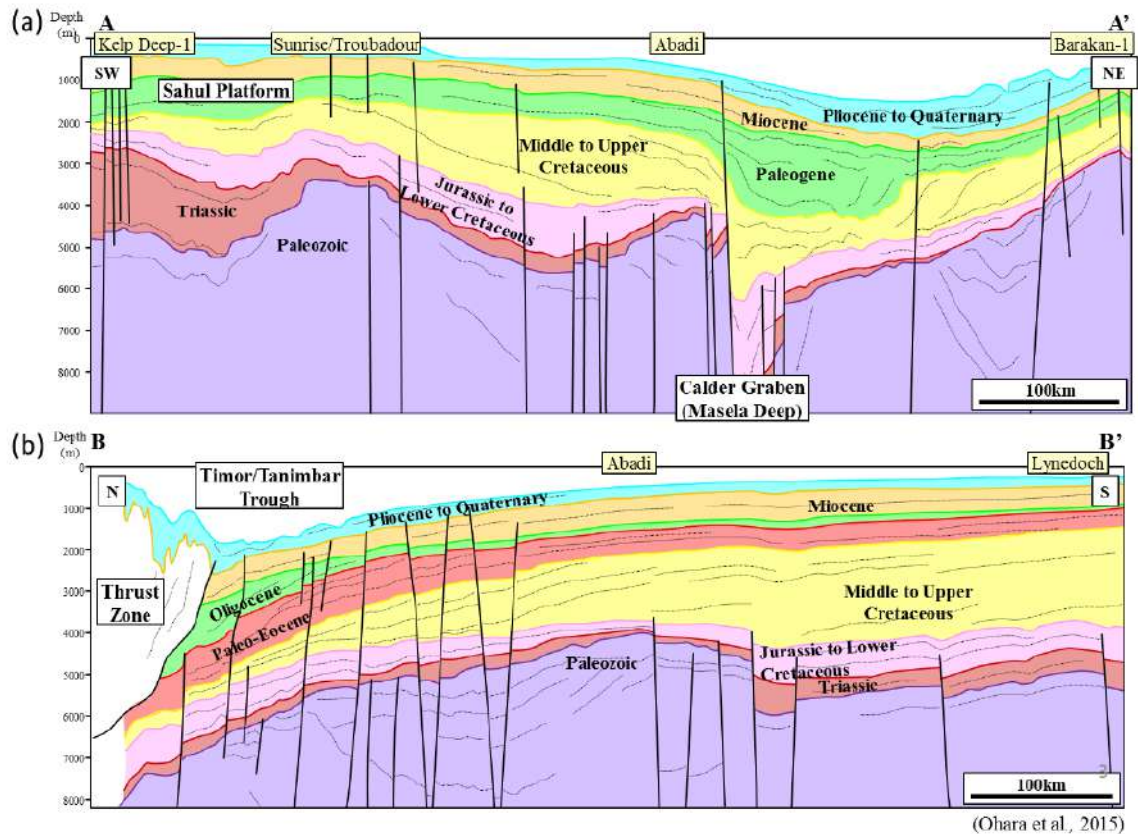
Geologi Regional

Geologi wilayah lepas pantai Tanimbar yang terletak di bagian tenggara wilayah Indonesia ini dibatasi oleh tepian benua (*continental margin*) wilayah Australia di sebelah selatan. Wilayah ini terdiri dari Blok Babar Selaru di bagian utara dan Lapangan Abadi di bagian selatan. Secara geologis, wilayah lepas pantai Tanimbar terletak pada Busur Luar Banda, Palung Timor-Tanimbar dan Cekungan Bonaparte Utara. Publikasi Ohara dkk. (2015) mempresentasikan secara detail aktivitas tektonik di lepas pantai Tanimbar. Wilayah ini terdiri dari sebagian tepian benua pasif di Cekungan Bonaparte Utara dan sabuk lipatan sesar naik Busur Luar Banda Selatan. Publikasi ini menggambarkan tektonostratigrafi khususnya dari Mesozoikum hingga sekarang berdasarkan interpretasi seismik regional.



Gambar III-34 Wilayah Kajian Petroleum System Sumur Abadi pada Wilayah Prospek di Masela Deep, Tanimbar

Gambar di bawah ini menunjukkan penampang regional wilayah kajian yang menggambarkan konfigurasi struktur geologi wilayah studi. Celah Mesozoikum diwakili oleh patahan normal yang memotong Mesozoikum yang kemudian sebagian dari sesar ini reaktifkan kembali selama penunjaman lempeng pada Plio - Pleistosen karena efek tumbukan. Deposenter sedimen bergeser dari Selatan / Tenggara lapangan Abadi pada kala Kapur ke Utara / Timur Laut lapangan Abadi pada Paleogen.



Gambar III-35 Skema Penampang Geologi Regional Pada Blok Masela, (A) Penampang Melintang dari Kelp Deep Sampai Barakan Melewati Sumur Abadi, (B) Penampang Melintang Dari Sesar Naik Blok Babar Selaru Melewati Sumur Abadi Sampai Ke Lapangan Gas Lynedoch

Gambar ini memberikan ilustrasi diagram 3D kejadian geologi yang merupakan kunci evolusi cekungan dari kala Kapur Akhir hingga saat ini.

a. Mesozoikum

Mesozoikum adalah waktu yang sangat penting untuk wilayah ini karena sebagian besar sumber utama batuan dan batuan reservoir diendapkan pada masa ini. Secara regional, *rifting* terjadi di sepanjang barat laut Australia pada jaman Jura yang menyebabkan aktivasi Masela Deep dan Calder Graben di lepas pantai Tanimbar. Sedimen yang terkonsentrasi pada area celah di dalam graben dan area blok Babar Selaru berada pada struktur tinggian. Ohara dkk. (2015) menyatakan bahwa puncak dari Calder dan Malita Graben terjadi pada Kapur Akhir berdasarkan interpretasi seismik regional. Dengan demikian, Malita Graben menjadi deposenter batuan utama saat sekarang ini.

b. Paleogen

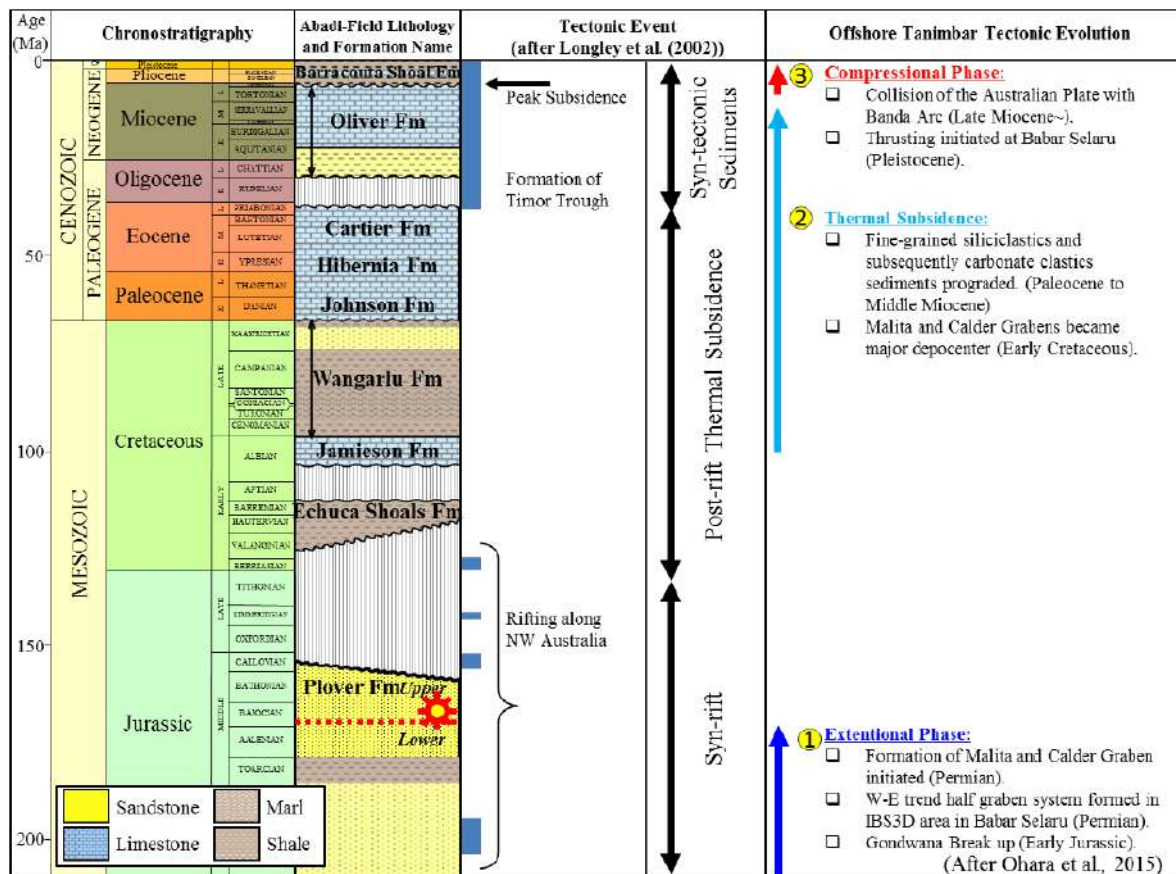
Pada kala Paleogen, tidak ditemukan adanya aktivitas tektonik, sehingga deposenter bergerak ke Masela Deep. Wilayah ini sebagian besar terletak pada margin kontinen pasif saat ini. Endapan sedimen pada Masela Deep ini terdiri dari prograding karbonat dari Formasi Johnson, Hibernia, dan Cartier.

c. Neogene – Present

Rekonstruksi tektonik Indonesia Timur yang dikemukakan oleh Hall (2012) menggambarkan bahwa pergerakan di tektonik di wilayah ini sangat kompleks kala Neogen. Hal ini berkaitan dengan interaksi tiga batas lempeng utama antara Lempeng Eurasia, Pasifik, dan Lempeng Australia. Pada periode Miosen, wilayah lepas pantai kawasan Tanimbar relatif stabil yang dicirikan oleh perkembangan batuan karbonat yang tidak mengalami perubahan ketebalan signifikan (Ohara *et al.*, 2015). Oleh sebab itu, Perdana dkk. (2016) memperkenalkan pengembangan karbonat di dalam kawasan tersebut sebagai tabrakan antara Busur Banda dan Benua Australia mengakibatkan terbentuknya sabuk lipatan sesar naik di Busur Banda, Palung Timor-Tanimbar dan aktivasi kembali sesar normal Mesozoikum di bagian selatan tepian benua Australia.

Stratigrafi

Data stratigrafi yang digunakan dari interpretasi geologi disusun berdasarkan data seismik regional dan data seismik *broadband* 3D INPEX Babar Selaru yang berkaitan dengan data sumur Abadi. Pemerian batuan dan properti litologinya dikorelasikan dengan hasil interpretasi lingkungan paleo-pengendapan. Properti batuan yang digunakan sebagai input didasarkan pada konduktivitas termal, panas radiogenik, kapasitas panas, dan pemadatan mekanis-kimiawi. Kualitas interpretasi di wilayah studi bagian selatan relatif baik tetapi terdapat kesulitan di bagian utara (wilayah sesar naik) area seismik 3D karena beberapa reflektor yang tidak jelas. Hal ini mengakibatkan hasil interpretasi seismik yang tidak akurat terutama dalam menentukan unit stratigrafi.



Gambar III-36 Stratigrafi dan Evolusi Cekungan di Sekitar Lapangan Abadi, Blok Masela (After Ohara *Et al*, 2015)

Batuan Sumber (Source Rock)

Secara regional, ada beberapa kemungkinan level batuan sumber di wilayah Masela Deep. Serpih laut yang setara dengan Formasi Plover dianggap sebagai batuan sumber utama lapangan Abadi (Nagura *et al.*, 2003). Sedangkan Calder-Malita Graben dan Masela Deep diduga sebagai menjadi dapur utama maturasi (Nagura *et al.*, 2003). Berdasarkan hasil evaluasi dari contoh hidrokarbon yang dianalisa lebih dominan sebagai besar termasuk Kerogen tipe III pada plot diagram Van Krevelen.

Dengan demikian sumber batuan serpih laut ini dipengaruhi juga oleh sumber yang berasal dari terestrial. Sumber batuan potensial kedua yang dipertimbangkan dalam pemodelan adalah ekuivalensi Formasi Trias Aitutu. Adanya sumber hidrokarbon di wilayah Busur Banda Selatan ini merupakan bukti bahwa sistem hidrokarbon di wilayah ini cukup potensial.

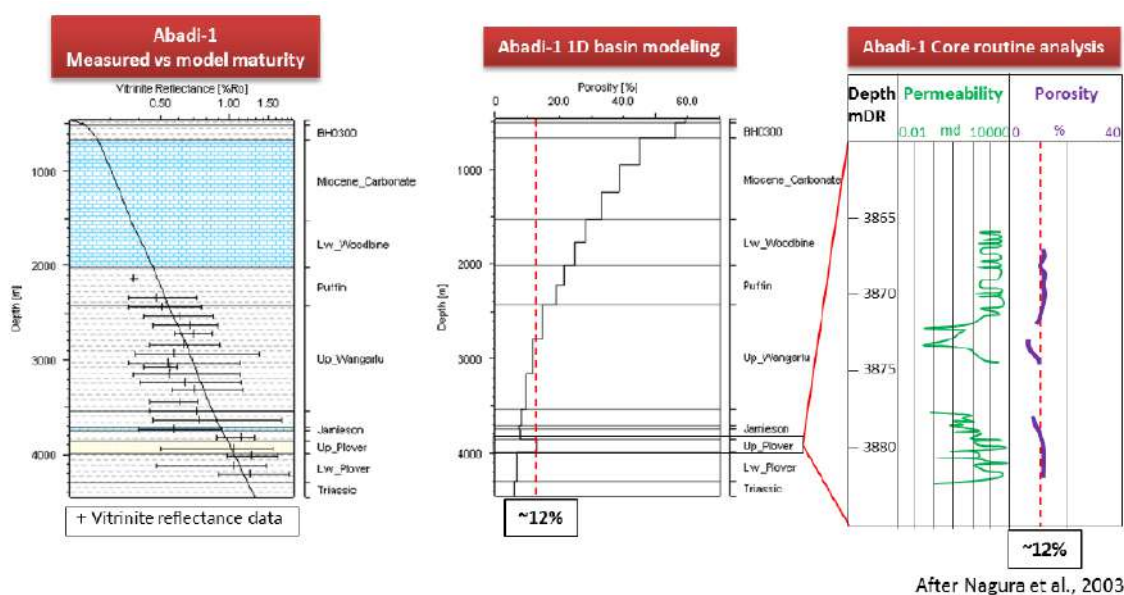
Nilai *Total Organic Carbon* (TOC) Formasi Aitutu di lokasi sampel adalah 23,3%, sedangkan nilai TOC batuan sumber menghasilkan TOC 8% dan HI 396 mgHC/g TOC dari wilayah yang sama. Hasil pemodelan migrasi hidrokarbon yang dilakukan oleh JOGMEC-INPEX (2011) menunjukkan bahwa jejak hidrokarbon yang ditemukan di Cekungan Tanimbar bersumber dari batuan sumber Pra-Jura.

Pemodelan Petroleum Sistem

Pemodelan sistem hidrokarbon pada dasarnya adalah menggabungkan sejarah cekungan berdasarkan tektonik dan stratigrafi, sifat batuan sumber, dan kondisi pada batas-batas cekungan. Simulasi dilakukan dalam pemodelan ini terletak di dalam Masela *Deep* dan di sekitar lapangan

Abadi untuk mengetahui sejarah kematangan atau maturitas, pembangkitan dan migrasi hidrokarbon di wilayah lepas pantai Tanimbar. Hasil pemodelan dari beberapa skenario menunjukkan bahwa kemungkinan yang terjadi akibat beberapa ketidakpastian parameter seperti estimasi aliran panas, sifat batuan, dan kinetika batuan induk. Namun demikian, pemodelan ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk menjelaskan sistem hidrokarbon yang telah diterapkan dan terbukti menghasilkan adanya potensi hidrokarbon untuk kegiatan eksplorasi selanjutnya.

Syarat batas pemodelan yang diterapkan meliputi kedalaman paleo-air, suhu antarmuka air sedimen, dan aliran panas. Kedalaman paleo-air didasarkan pada analisis lingkungan paleo yang diperoleh dari core pada sumur Abadi dan interpretasi seismik.



Gambar III-37 Pemodelan Tingkat Maturitas Hidrokarbon Terhadap Data Relektan Vitrinite Kala Jura dari Core Sumur Abadi-1.

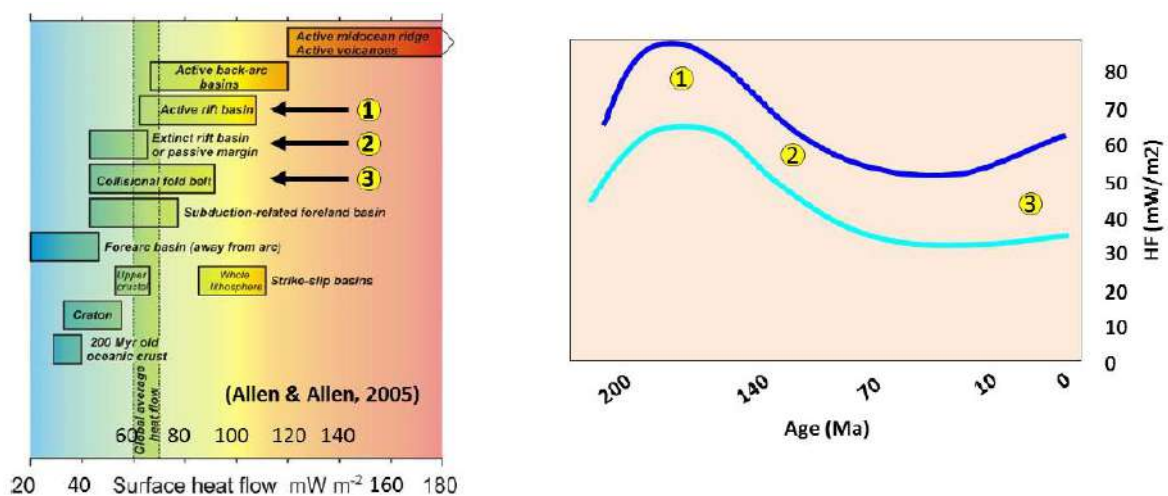
Kedalaman Air Paleo (Purba)

Kedalaman air paleo ditentukan dari interpretasi geologi berdasarkan laporan pemboran geologi dari sumur Abadi yang digabungkan dengan hasil interpretasi seismik. Umumnya, batimetri dimulai pada lingkungan sekitar neritik luar pada kala Trias (Pertamina-Core Laboratories, 1995) dan diikuti oleh lingkungan marin dangkal pada kala Jura (Aswan *et al.*, 2012). Fasies perairan dalam dikembangkan dari model penurunan termal pada kala Kapur. Pada masa Paleogen, kedalaman air mulai turun dan semakin dangkal hingga kala Miosen. Aktivitas tektonik berupa pengangkatan telah mengangkat wilayah utara, sebaliknya wilayah selatan (Palung Timor-Tanimbar) semakin dalam dengan cepat karena penunjaman lempeng benua Australia (Ohara *et al.*, 2015). Data suhu antarmuka air sedimen (SWIT = *sediment-water interface temperature*) saat ini diambil dari data Abadi, sedangkan suhu dasar laut diambil dari wireline log dan data Drill Stem Test (DST) pemboran. Suhu pada antarmuka air sedimen terhadap waktu dihitung menggunakan PetroMod dengan algoritma (Wygrala, 1990) yang menghubungkan suhu rata-rata paleosurface dan umur geologi sebagai fungsi dalam merekonstruksikan lempeng tektonik pada letak garis lintang dan kedalaman saat sekarang ini.

Aliran Panas (Heat Flow)

Aliran panas merupakan komponen yang sangat penting pada pemodelan termal. Hal ini dapat menentukan evolusi sejarah termal pada cekungan dan kematangan organik. Nilai Aliran panas yang sekarang ini dihitung dari beberapa sumur regional di wilayah kajian dan aliran paleo-panas yang diasumsikan dan diperkirakan melalui kajian sejarah tektonik yang mengacu pada Allen (2005). Hasil pengukuran Aliran Panas saat ini yang diperoleh dari pemboran lapangan Abadi sekitar 60 - 65 mW/m^2 , sedangkan untuk daerah palung, nilai Aliran panasnya relatif rendah karena penebalan kerak dari formasi sesar naik seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

Gambar ini menunjukkan nilai Aliran panas purba (paleo) hasil estimasi dari pemodelan Allen (2005) berdasarkan sejarah tektonik.



Gambar III-38 Estimasi Aliran Panas Paleo yang Diestimasi dari Sejarah Pemisahan Tektonik (Tectonic Rifting) pada Kala (1) Jura, (2) Kapur, dan (3) Neogen Akhir

Ada beberapa skenario Aliran Panas paleo yang telah diuji dan dikalibrasi oleh data sumur Abadi. Estimasi aliran panas paleo yang disajikan dalam kajian ini adalah salah satu kasus yang paling mungkin berdasarkan kalibrasi data Sumur Abadi. Aliran panas relatif tinggi selama Mesozoic rifting sekitar 80 mW/m^2 dan menurun secara bertahap karena penurunan panas terjadi pada kala Kapur hingga Paleogen (50-60 mW/m^2). Aliran panas diinterpretasikan meningkat kembali pada Miosen Akhir-Pliosen sejak teraktivasi sesar normal Mesozoikum akibat tekukan Lempeng Australia. TGS-NOPEC (2008) melaporkan aliran panas di wilayah Tanimbar sekarang ini berkisar antara 30,2 - 63,1 mW/m^2 .

Analisa Maturitas Hidrokarbon

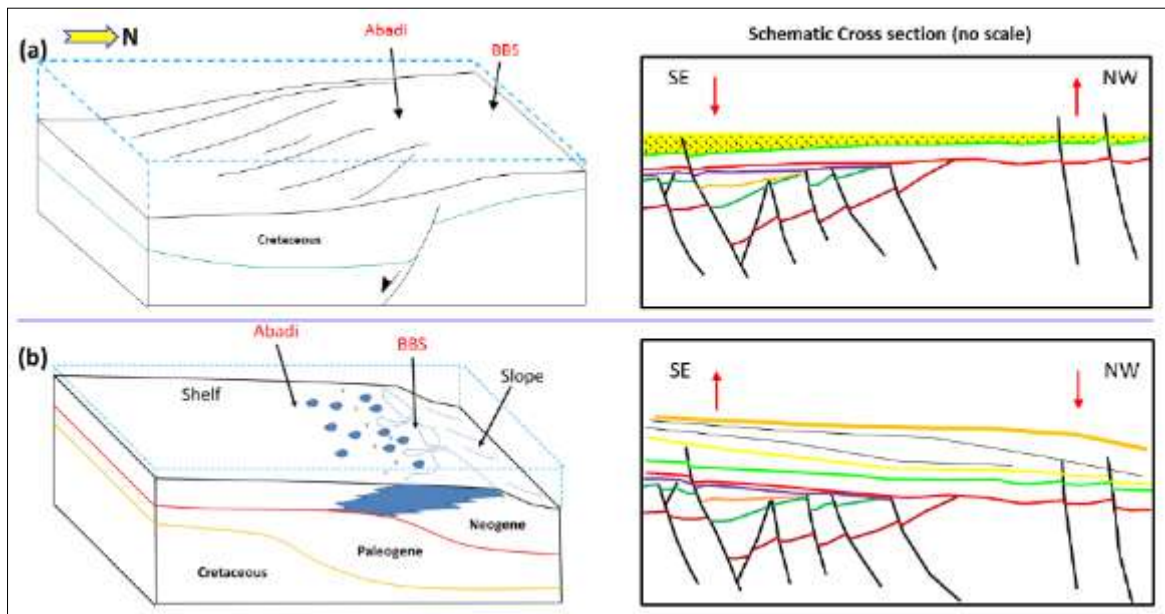
Hasil pemodelan maturitas hidrokarbon dikalibrasi terhadap data maturitas terukur dari sumur Abadi. Pada kala Kapur, nilai Ro (Reflectan Vitrinite) bergeser menjadi nilai rendah yang diduga disebabkan oleh komponen maseral vitrinit yang lebih sedikit karena Formasi Wangarlu terendapkan pada lingkungan laut. Oleh karena itu, kalibrasi difokuskan pada Formasi Plover pada kala Jura yang memiliki Kerogen tipe III yang memiliki nilai Ro lebih valid.

Hasil pemodelan menunjukkan perbedaan dalam sejarah maturasi yang mungkin dikontrol oleh perbedaan sejarah penimbunan sedimen secara spasial dan variasi aliran panas di seluruh wilayah.

Ketebalan sedimen di seluruh wilayah Masela, Lapangan Abadi, dan Babar Selaru sangat bervariasi. Pada daerah sesar naik lebih rumit dari pada sumur Abadi karena adanya perulangan stratigrafi akibat sesar naik. Jenis deformasi sesar naik ini berbentuk lapisan tipis yang menyebabkan timbunan lapisan yang lebih tebal karena terjadinya perulangan stratigrafi, di sisi lain, urutan lapisan kala Jura dan Trias mengalami pengangkatan. Hal ini menunjukkan bahwa ada kemungkinan maturitas hidrokarbon menjadi tinggi di bawah batuan sumber, tetapi nilai maturasi batuan sumber yang terangkat nilainya relatif tetap. Oleh karena itu, bagian yang mengalami perubahan ini menjadi kunci untuk memahami tingkat kematangan batuan induk pada sesar naik untuk saat sekarang ini.

Model paleo menggunakan bagian yang mengalami pemulihan (restorasi) Ro menghasilkan 0,7 - 0,85% untuk batuan sumber kala Jura dan Ro 0,85 - 1% untuk batuan sumber kala Trias. Sebelum terjadinya sesar naik, batuan sumber Jura di wilayah Babar Selaru relatif kurang matang dibandingkan di wilayah Abadi dan Masela Deep. Distribusi Suhu dan sejarah perkembangan Ro menunjukkan tumpang tindih pada kala Kapur Akhir. Perbedaan ketebalan yang signifikan menyebabkan laju temperatur dan Ro di lapangan Abadi lebih meningkat dibandingkan di wilayah Babar Selaru.

Wilayah Babar Selaru secara topografi relatif tinggi pada kala Kapur Akhir dengan ketebalan sedimen yang lebih sedikit dibandingkan dengan di wilayah lapangan Abadi. Pada Miosen Akhir sedimen diendapkan ke arah utara.

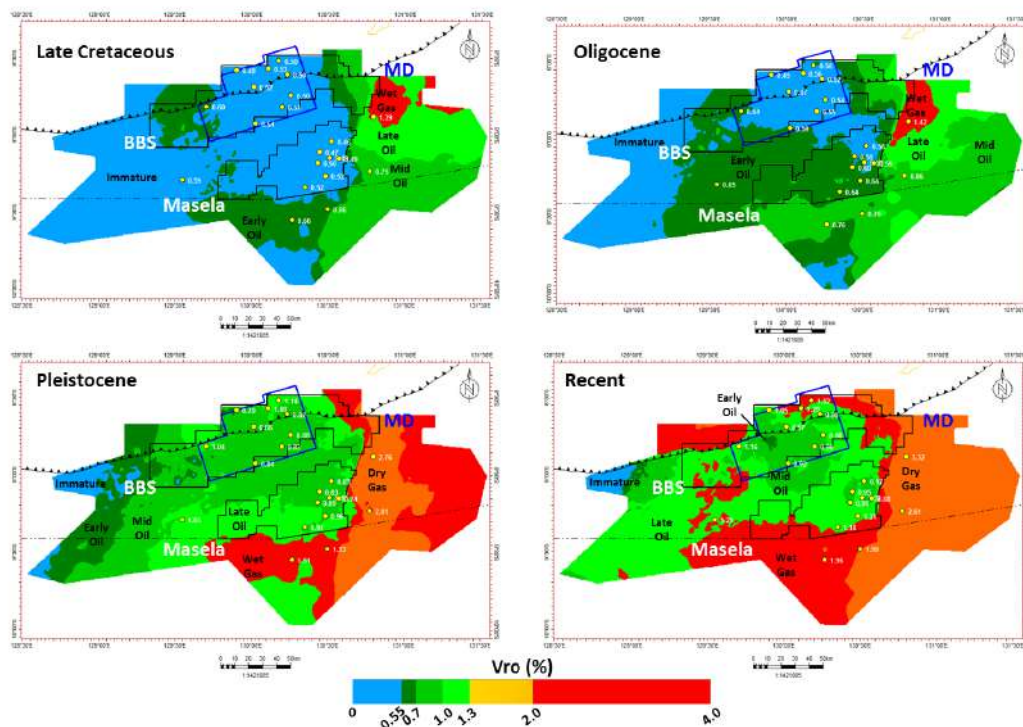


Gambar III-39 Skema diagram 3D penampang dari Blok Babar Selaru – Lapangan Abadi pada kala (a) Kapur Akhir, dan (b) Miosen Akhir

Peta distribusi maturitas telah dibuat dengan ekstrapolasi pemodelan cekungan yang berpedoman pada peta penimbunan sedimen penutup sepanjang waktu. Peta lapisan penutup dibuat dari peta kedalaman yang direstorasi berdasarkan asumsi interpretasi geologi. Area dapur aktif pertama terletak di Masela Deep / Calder Graben pada Kapur Akhir sementara Lapangan Abadi dan Blok Babar Selaru masih belum mengalami pematangan. Sumber batuan kala Jura di bagian terdalam Masela Deep mencapai fasa gas basah (gas window). Pada Oligosen, depositer sedimen bergeser ke utara dan mulai meningkatkan tingkat kematangan batuan sumber kala Jura di lapangan Abadi.

Itu berlanjut hingga Miosen Akhir, di mana sumber batuan kalsium Jura berada pada fasa hidrokarbon matang di seluruh wilayah Lapangan Abadi. Sebelum terjadinya sesar naik (~ 2Ma), batuan sumber Jura di Masela Deep mencapai fasa gas kering dan sebagian dari Lapangan Abadi selatan sudah berada pada fasa gas basah. Sementara itu, Lapangan Abadi dan kawasan Babar Selaru sedang memasuki tahap pematangan hidrokarbon pada fasa tengah hingga akhir. Sumber batuan Jurac di Masela Deep telah sepenuhnya berubah menjadi fasa gas kering di seluruh graben dan fasa gas basah menutupi seluruh wilayah lapangan Abadi bagian selatan sampai saat ini.

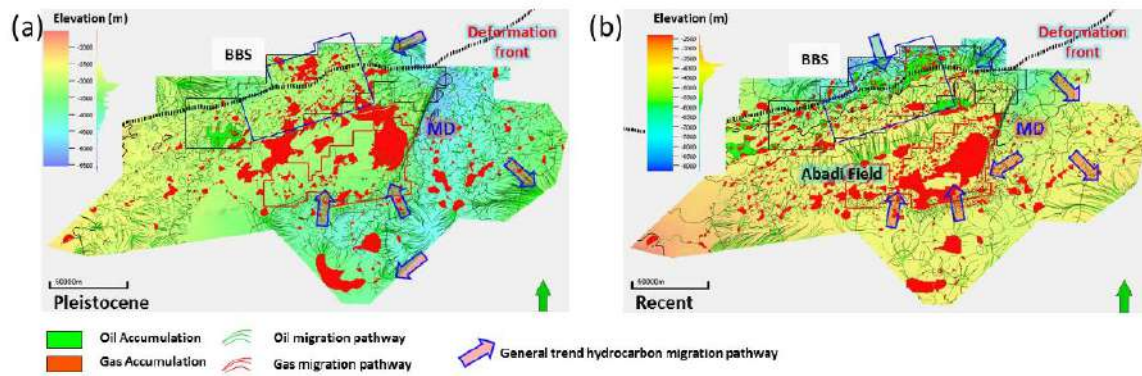
Ilustrasikan evolusi batuan sumber kalsium Jura Bawah dari kalsium Kapur Akhir hingga saat ini diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



Gambar III-40 Peta Kematangan Hidrokarbon Berdasarkan Hasil Pemodelan Penimbunan Sedimen Terhadap Waktu (Kapur Akhir – Sekarang).

Generasi, Migrasi, dan Reservoir

Graben Masela Deep / Calder adalah selubung dapur paling awal yang memasuki fasa gas pada kalsium Kapur. Pembangkitan gas di Masela Deep / Calder Graben tidak terlalu signifikan selama itu. Kondisi ini berlangsung konsisten hingga sekitar Miosen. Pada Miosen Akhir, sebagian besar Lapangan Masela *Deep* dan lapangan Abadi selatan sudah berada dalam fasa gas padahal saat itu struktur Abadi belum terbentuk. Berdasarkan peta kedalaman paleo ekuivalen Formasi Plover yang telah direstorasi, struktur Abadi terbentuk pada usia yang sangat muda sekitar Pliosen - Pleistosen sebagai bagian dari tekukan lempeng akibat Benturan Busur Banda - Benua Australia. Masa Pleistosen hingga saat itu adalah waktu krusial dari akumulasi migrasi di Lapangan Abadi. Adanya sesar besar pada Masela *Deep* berupa rekahan (*offset*) diduga menyebabkan jalur terbuka yang cukup signifikan. Oleh karena itu, jalur migrasi yang paling mungkin untuk lapangan Abadi adalah dari selatan atau tenggara di mana *offset* sesar menurun.



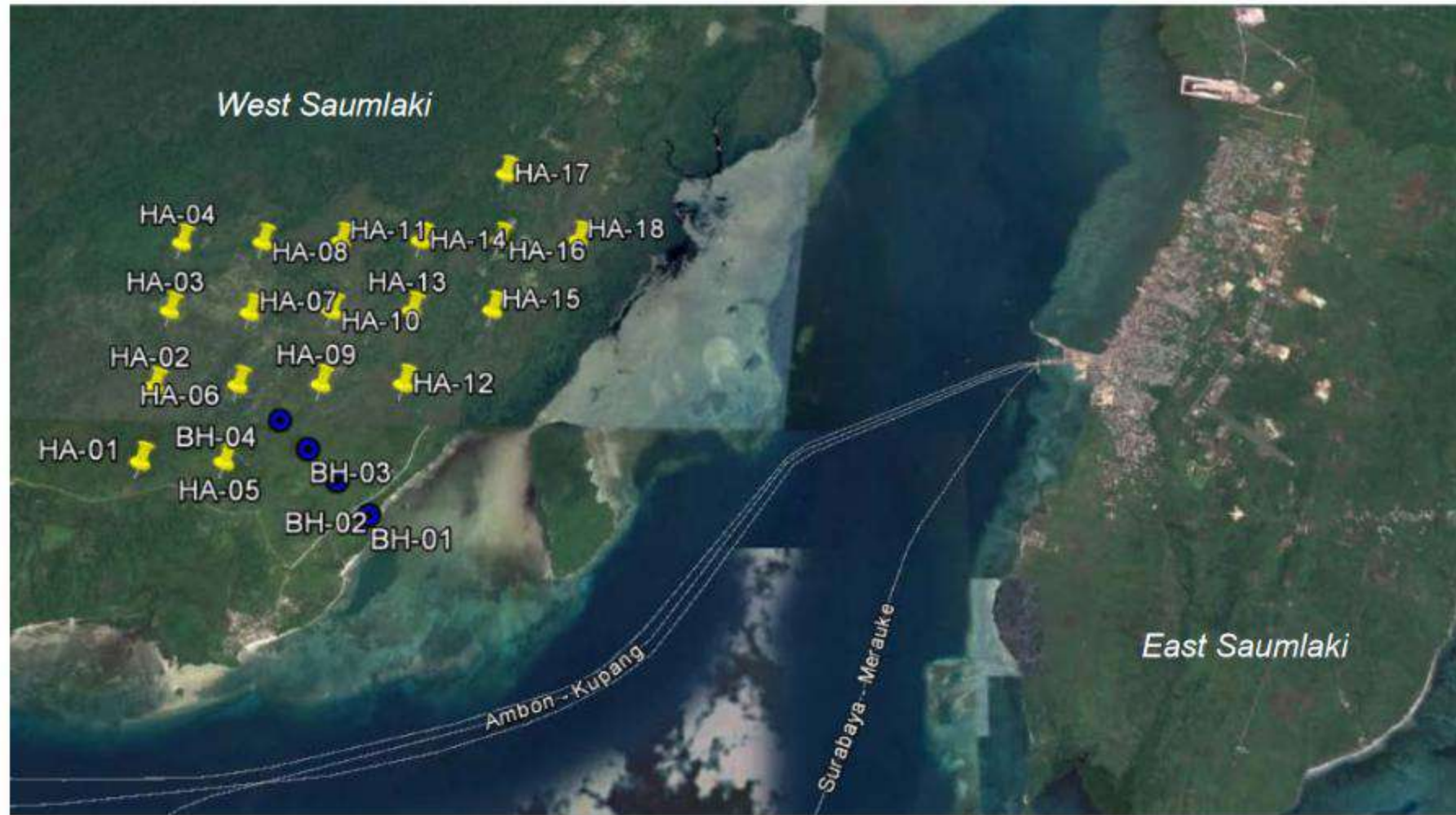
Gambar III-41 Skenario Pembentukan Dan Migrasi Hidrokarbon dari Batuan Reservoir Berumur Jura, (A) Pada Kala Pleistosen dan (B) Pada Saat Sekarang.

Di wilayah Babar Selaru, pembangkitan dan migrasi hidrokarbon masih belum diketahui karena adanya kompleksitas sesar naik. Namun sesar naik yang sebelumnya terjadi pada kala Jura dan Trias masih belum memasuki fasa hidrokarbon (*oil window*). Oleh karena itu, masih adanya peluang yang besar untuk menghasilkan minyak pada batuan bersumber terangkat. Sesar naik merupakan jalur migrasi vertikal hidrokarbon yang baik selama aktivitas migrasi. Ohara dkk. (2016) melaporkan adanya indikasi terjadinya termogenik hidrokarbon dari dasar laut sebagai bukti migrasi hidrokarbon melalui sesar naik. Sementara itu, migrasi lateral juga merupakan harapan menjadi wilayah yang berpotensi reservoir berpori terutama di wilayah Babar Selaru seperti yang dikemukakan oleh Ohara *et al.* (2016).

Batuan reservoir dari migrasi hidrokarbon ini terdiri dari barisan batupasir dan batulempung di bagian atas Formasi Cerek kala Jura Tengah. Kedalaman target reservoir berkisar antara 3.700 hingga 3.900 meter di bawah permukaan laut rata-rata, dengan luas total area 4.291,35 km². Penelitian INPEX terbaru (INPEX, 2015, ESDM, 2017) menunjukkan bahwa kolom gas dengan kontak umum gas-air di lapangan Abadi memiliki ketinggian lebih dari 200 m. Area akumulasi meningkat di atas batuan penutup struktural yang luas yang memiliki ukuran lebih dari 1.000 km² dan dibatasi oleh beberapa sesar konjugasi. Sebagai kesimpulan, total cadangan terbukti dari lapangan gas Abadi diperkirakan 10 TCF (sekitar 242×10⁹ m³) dan 209 MMSTB kondensat

3.1.6.6 Geologi Teknik

Analisa geoteknik di tapak proyek OLNG INPEX Masela di desa Lermatang telah dilaksanakan oleh PT Geotechnical & Environmental Services Indonesia (Golder) di desa Lermatang di West Saumlaki, Pulau Yamdena pada tahun 2018.



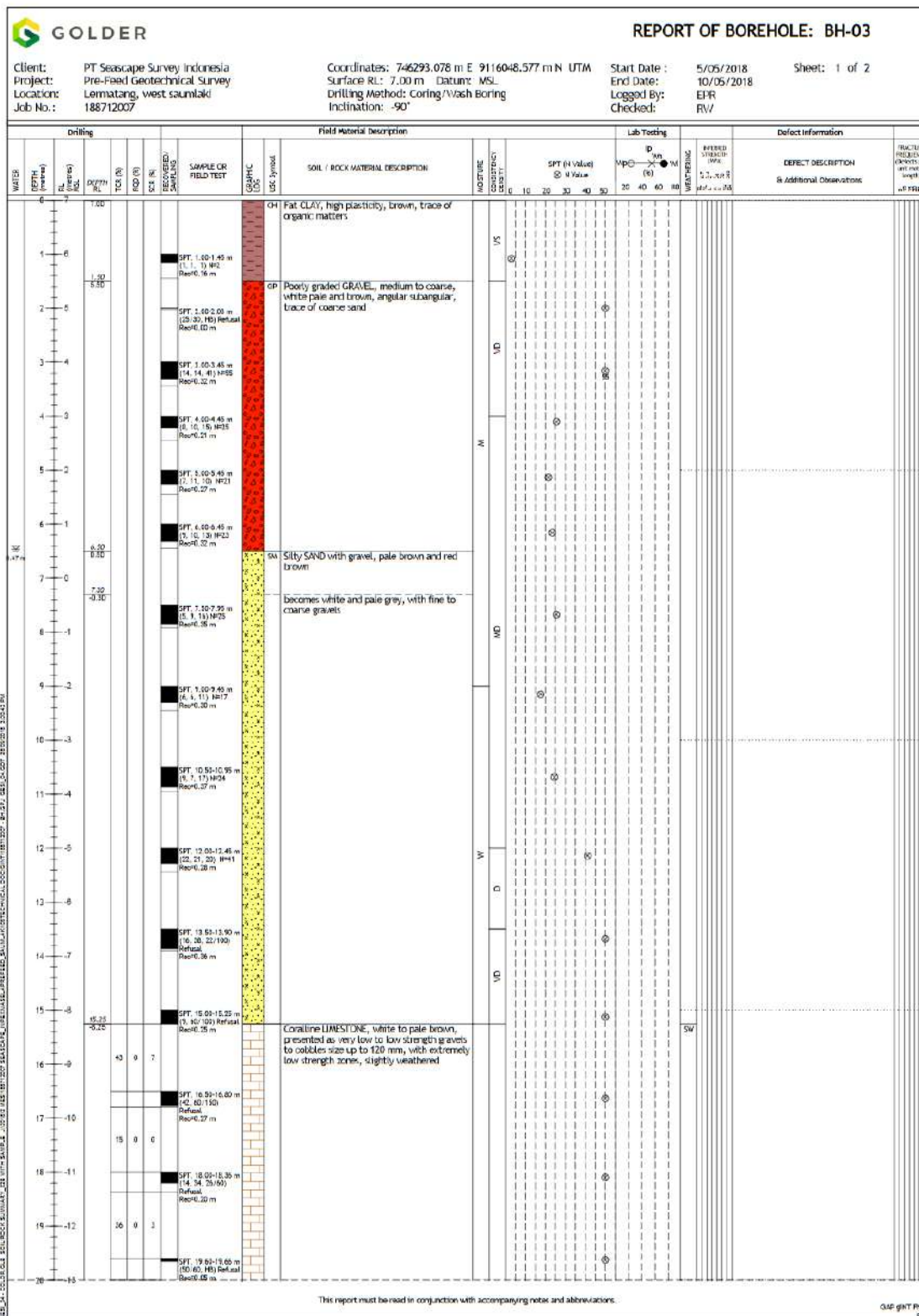
Gambar III-42 Lokasi Pemboran Geoteknik (BH) dan Pemboran Hand Auger (HA) yang Dilaksanakan di Tapak Proyek Kilang OLNG Desa Lermatang 2018

Datum horizontal yang digunakan dalam penentuan lokasi pemboran geoteknik dan Hand Auger ini adalah World Geodetic System (WGS84), Zona 52 selatan. Lokasi tapak Kilang OLNG INPEX Masela ini terletak di daerah perbukitan yang berdekatan dengan tebing karang di sepanjang garis pantai. Mengacu pada hasil pemboran teknik pada lubang bor BH-02 dan BH-03 memperlihatkan bahwa satuan batu gamping Formasi Saumlaki melampar dari daerah pantai sampai ke lepas pantai kecuali pada BH-04 dimana top soil menutupi permukaan tanah. Pondasi atau basement konstruksi yang diperlukan untuk konstruksi kilang adalah batuan dengan tekanan bantalan hingga 200 kPa.

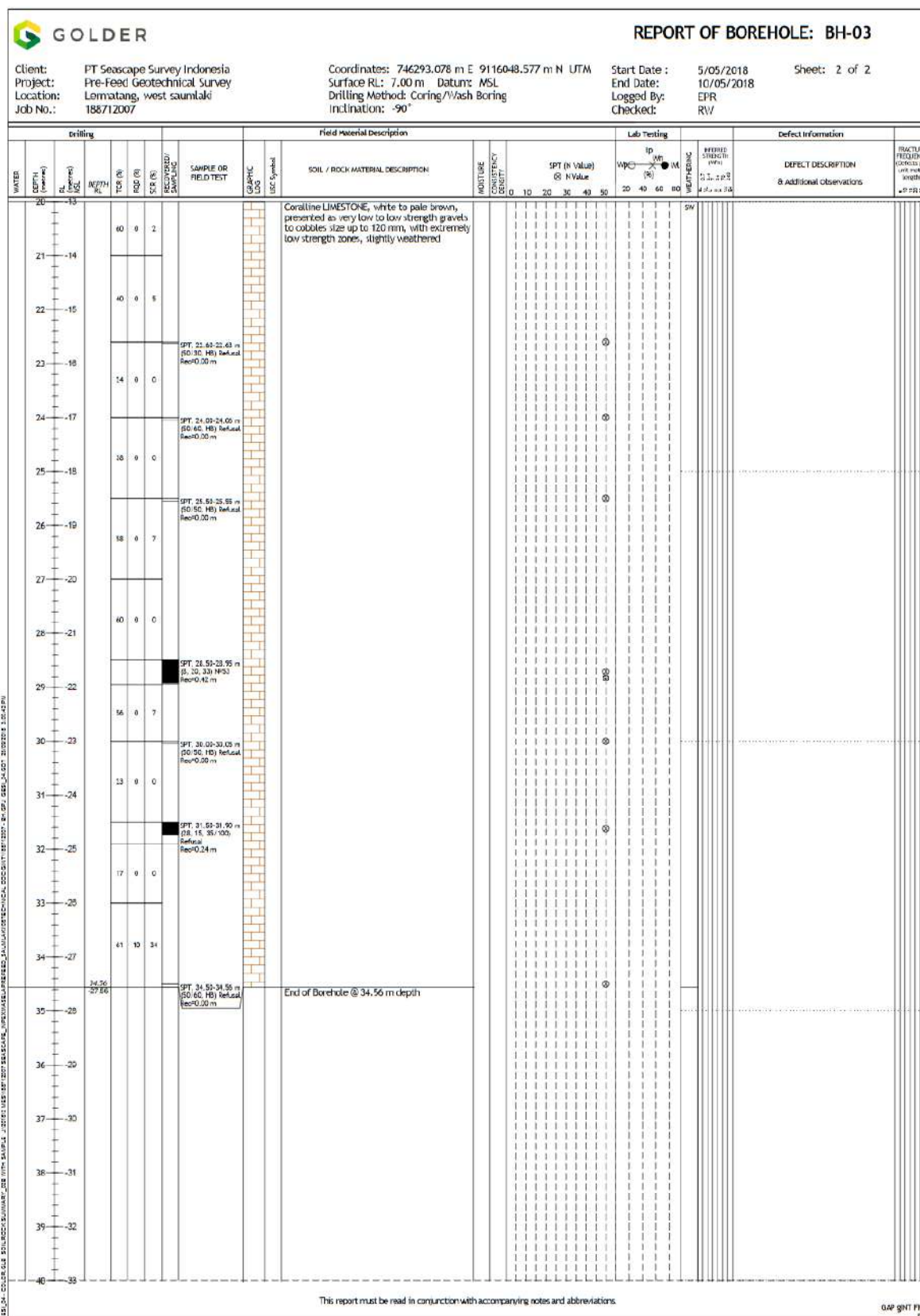
Mengacu pada log bor geoteknik pada lokasi BH-01, BH-02, BH-03 dan BH-04 di tapak proyek maka dapat disusun stratigrafi jenis batuan secara umum terdiri dari tanah lunak di bagian atas yang menutupi batugamping sebagai batuan dasarnya. Tanah bagian atas terdiri dari 0,2 m sampai 3,0 m tebal tanah liat berlemak (CL, CH) dalam klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*) dan ASTM (*American Society for Testing Material*) D2487.

Tanah liat permukaan dengan beberapa bahan organik ini juga ditemukan pada hampir semua tanah permukaan yang diperoleh dari bor tangan Hand Auger HA-01 sampai HA-18. Batugamping yang ditemukan pada kedalaman 1 m pada BH-01 dan pada kedalaman 15 m pada BH-03 ini telah mengalami pelapukan tinggi, baik dalam bentuk inti utuh yang mengalami pelapukan membentuk fragmen kerikil dan pasir.

Penampang log bor BH-03 hasil pemboran geoteknik di tapak proyek OLNG INPEX Masela di desa Lermatang, Saumlaki Barat diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



(a)

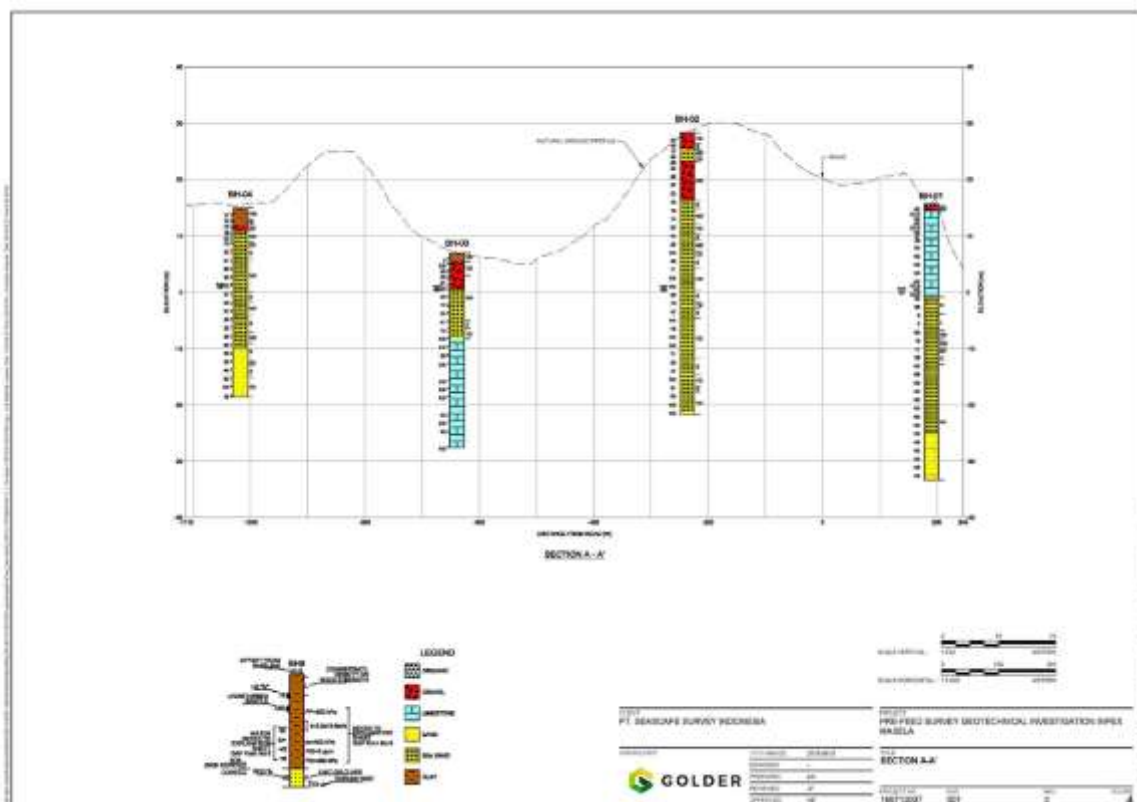


(b)

Gambar III-43 Penampang Log Bor Geoteknik pada Lokasi BH-03

Nilai SPT (Standard Penetration Test) atau Uji Penetrasi Standar N pada tanah lempung permukaan bervariasi dari 2 hingga 17 yang menunjukkan konsistensi sangat lunak hingga sangat kaku sementara nilai-N untuk kerikil dan pasir biasanya bervariasi dari 13 hingga lebih besar dari 50. Nilai-N dan hasil uji laboratorium yang dilakukan pada semua sampel terpilih (sampel inti dan SPT) bervariasi dari 0% (yaitu kehilangan inti atau tanpa pemulihan) hingga 100% (pemulihan penuh) dengan nilai rata-rata 63%. Sekitar 25% sampel tidak mengalami pemulihan dan sekitar 45% memiliki pemulihan penuh. Secara umum, sampel yang tersisa memiliki minimum 50% pemulihan.

Berdasarkan korelasi nilai N dari keempat data pemboran geoteknik ini memperlihatkan pola variabilitas kekuatan batuan zona lapuk atau lemah. Pengambilan sampel dalam zona lapuk atau zona lemah mengakibatkan kerusakan dan hancur menjadi partikel berukuran pasir dan kerikil selama pemulihan. Korelasi data pemboran geoteknik dari keempat lokasi pemboran yaitu BH-01 di dekat pantai (near shore) dengan ketinggian 6 m dpl, BH-02 dengan ketinggian 27 m dpl, BH-03 dengan ketinggian 7 m dpl dan BH-04 dengan ketinggian 15 m dpl diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



Gambar III-44 Korelasi Data Pemboran Geoteknik dari Keempat Bor yang Memperlihatkan Sebaran Tanah Permukaan, Lapisan Sedimen Pasiran, Lempungan dan Kerikilan, Serta Batuan Dasar Batugamping.

Hasil korelasi data pemboran ini juga memperlihatkan kompleksitas stratigrafi terhadap kedalaman yang mencirikan bahwa daerah ini telah banyak mengalami proses geologi lipatan, patahan, dan erosional truncation (erosi terpangkas) sehingga pelampiran satuan batuan ditemukan pada kedalaman yang berbeda. Satuan lapisan pasiran ditemukan cukup tebal pada kedalaman antara 7 – 20 m dengan ketebalan antara 8 m sampai lebih dari 20 m. Batugamping dari Formasi Saumlaki ditemukan hanya pada BH-01 pada kedalaman 1 m dengan ketebalan 15 m dan pada BH-03 pada kedalaman 15 m dengan ketebalan lebih dari 20 m.

Secara keseluruhan urutan batuan dari korelasi data pemboran ini berdasarkan klasifikasi USCS dan ASTM D2487 terdiri dari (Tabel III-22).

Tabel III-22 Deskripsi Klasifikasi Tanah Dari Hasil Pemboran Geoteknik Dari Keempat Bor di Tapak Proyek Korelasi Data Pemboran Geoteknik di Tapak Proyek OLNG INPEX Masela di Desa Lermatang,

No.	Klasifikasi Tanah	Deskripsi batuan
1	CH	<i>Flat clay, high plasticity, brown, trace of organic materials</i>
2	CL	<i>Organic soil, low plasticity, dark grey, with some fine to coarse grained gravels, angular - sub angular.</i>
3	GP	<i>Poorly graded gravels, fine to coarse grained, angular - subangular, white to brown, with some fine to coarse grained sand and clay.</i>
4	SM	<i>Silty sand with gravels, pale brown, with fine to coarse gravels.</i>
5	Limestone	<i>Coralline limestone, white to pale brown presented as very low to low strength zone, slightly weatherd.</i>

Umumnya material permukaan mengandung fraksi pasir yang tinggi (rata-rata 50%) dan kerikil (rata-rata 27%), sedangkan lumpur (13%) dan tanah liat (10%) sebagai pecahan kecil. Fraksi pasir yang tinggi kemungkinan besar termasuk fragmen pecah dari batu gamping selama pengambilan sampel.

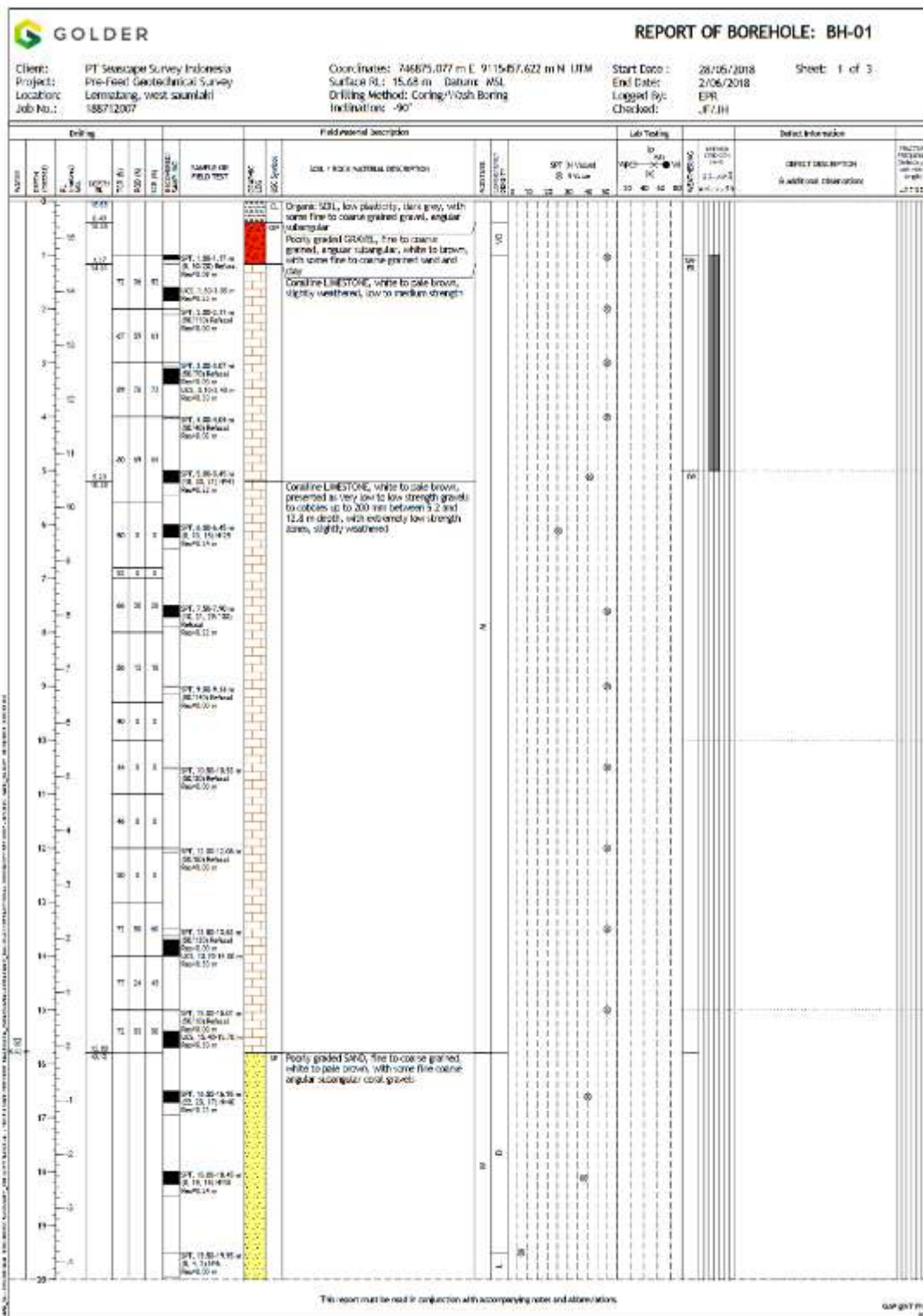
Analisa material geoteknik mengacu pada hasil pemboran pada BH-02 ditunjukkan pada Tabel III-23.

Tabel III-23 Design Parameter geoteknik untuk Saumlaki Barat berdasarkan data BH-02.

Material	Top RL, m	Bottom RL, m	Thickness, m	Total Unit Weight, kN/m ³	Cohesion, kPa	Friction Angle, deg	Elastic Modulus, kPa
Clay	30.0	27.0	3.0	18	10	28	n/a
Gravel 1	27.0	24.5	2.5	20	0	40	70,500 to 90,000
Gravel 2	24.5	15.0	9.5	18	0	33	37,000 to 78,000
Sand 1	15.0	6.0	9.0	18	0	33	52,000 to 78,000
Sand 2	6.0	-20.0	>50.0	20	0	38	100.000
Fill	-	-	-	19	0	35	37,500

Tabel III-24 Daftar Standar Uji Laboratorium Geoteknik

Test	Number of Testing	Standard for Testing
Index Properties	24	ASTM D2216; D854
Atterbergh Limits	24	ASTM D4318
Particle Size Distribution	24	ASTM D22; D1140; E100
Unconsolidated Undrain Triaxial	24	ASTM D2850




GOLDER

REPORT OF BOREHOLE: BH-01

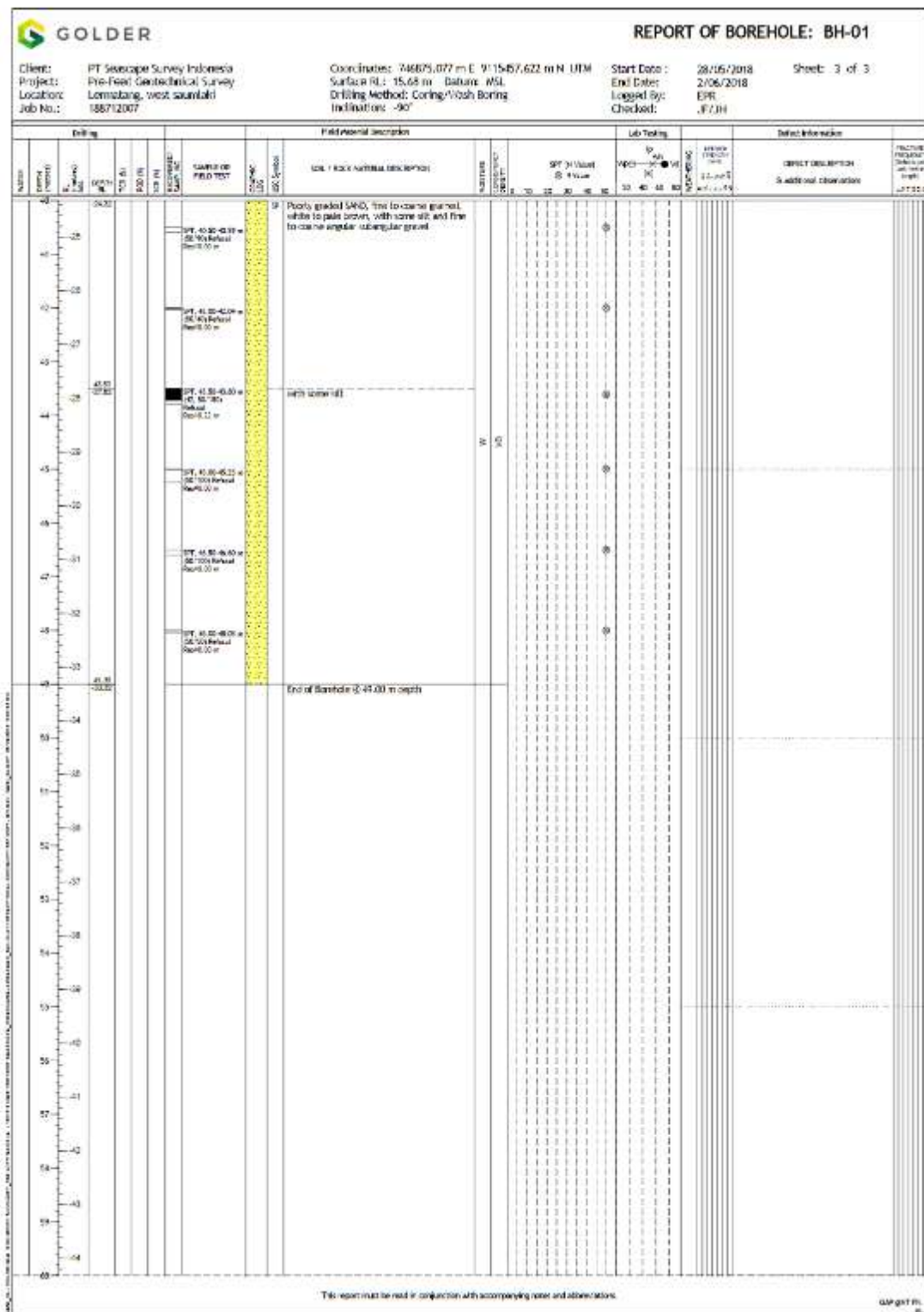
Client: PT Sawadip Survey Indonesia
 Project: PTA Field Geotechnical Survey
 Location: Lomelabang, West Sumatra
 Job No.: 185712007

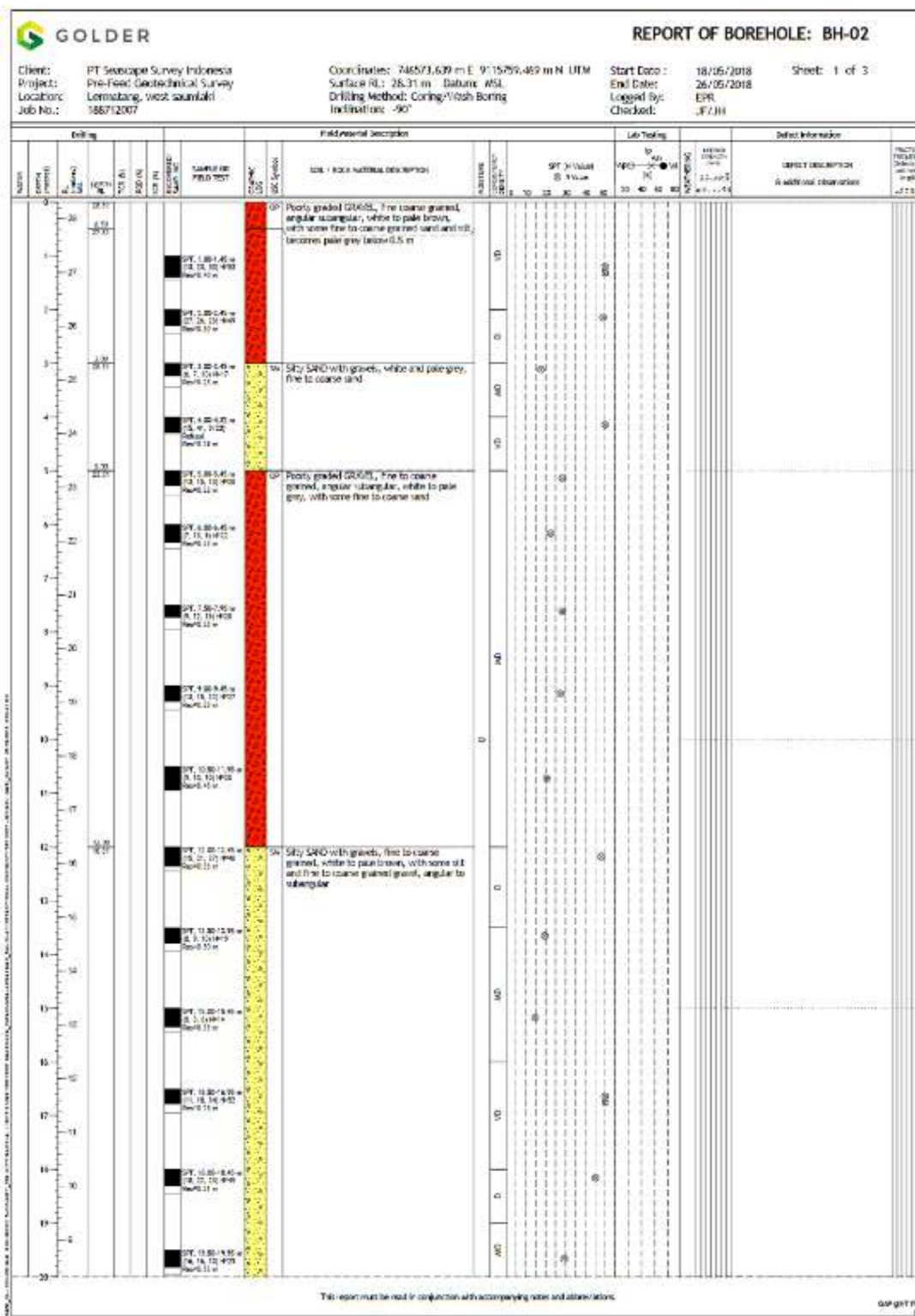
Coordinates: 748875.077 m E, 9115457.622 m N UTM
 Surface RL: 15.68 m Datum: WSL
 Drilling Method: Coring/Vibro Boring
 Inclination: -90°

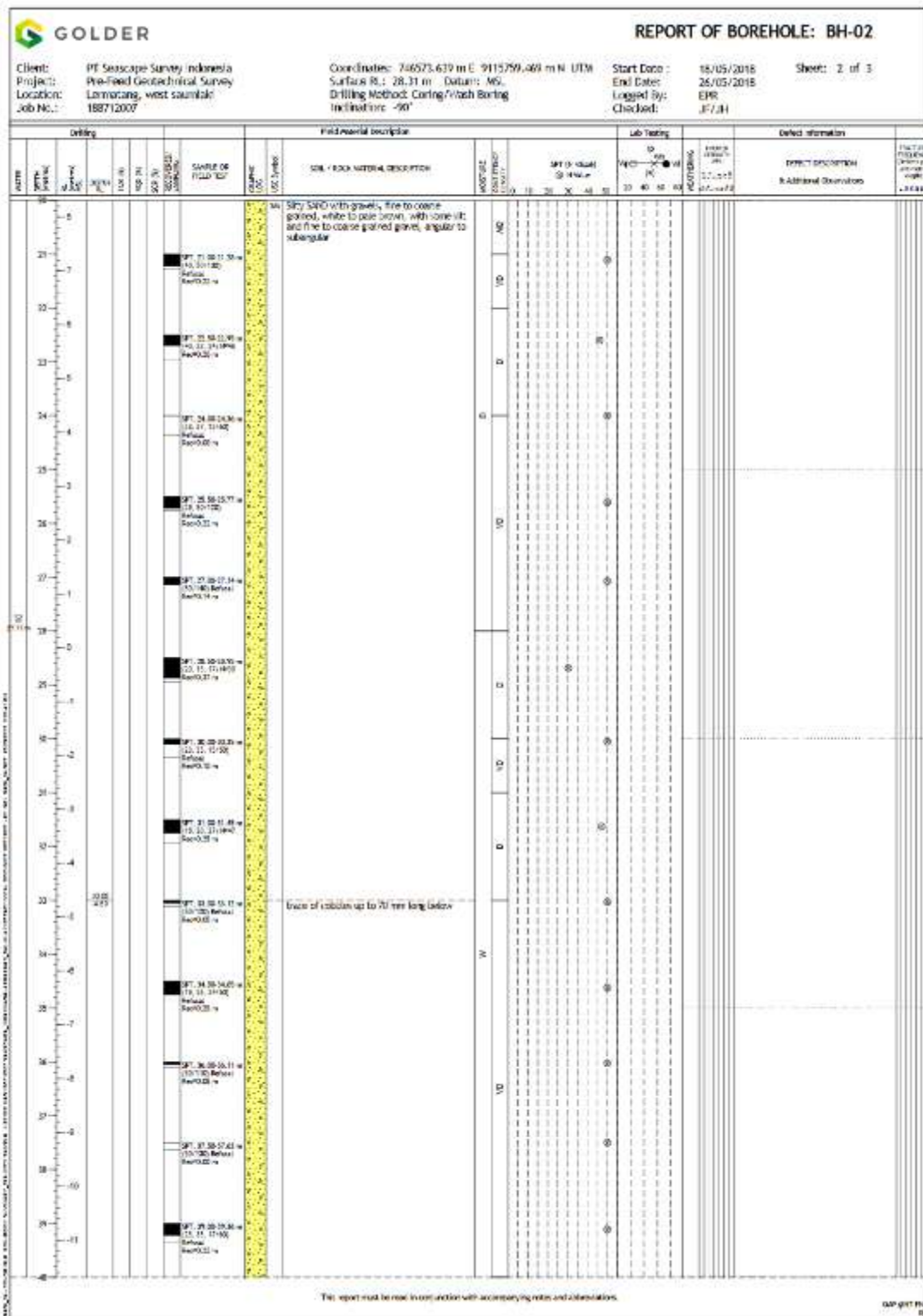
Start Date: 28/05/2018
 End Date: 2/06/2018
 Logged By: EPR
 Checked: JET/JH

Sheet: 2 of 3

Drilling				Field Material Description			Lab Testing			Defect Information																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
DEPTH (m)	DEPTH (m)	ELEVATION (m)	CASING ID	LOG 1 ROCK STRATIGRAPHIC DESCRIPTION	DEPTH (m)	ELEVATION (m)	SPT (blows/30cm)	SPT (blows/60cm)	SPT (blows/90cm)	SPT (blows/120cm)	SPT (blows/150cm)	SPT (blows/180cm)	SPT (blows/210cm)	SPT (blows/240cm)	SPT (blows/270cm)	SPT (blows/300cm)	SPT (blows/330cm)	SPT (blows/360cm)	SPT (blows/390cm)	SPT (blows/420cm)	SPT (blows/450cm)	SPT (blows/480cm)	SPT (blows/510cm)	SPT (blows/540cm)	SPT (blows/570cm)	SPT (blows/600cm)	SPT (blows/630cm)	SPT (blows/660cm)	SPT (blows/690cm)	SPT (blows/720cm)	SPT (blows/750cm)	SPT (blows/780cm)	SPT (blows/810cm)	SPT (blows/840cm)	SPT (blows/870cm)	SPT (blows/900cm)	SPT (blows/930cm)	SPT (blows/960cm)	SPT (blows/990cm)	SPT (blows/1020cm)	SPT (blows/1050cm)	SPT (blows/1080cm)	SPT (blows/1110cm)	SPT (blows/1140cm)	SPT (blows/1170cm)	SPT (blows/1200cm)	SPT (blows/1230cm)	SPT (blows/1260cm)	SPT (blows/1290cm)	SPT (blows/1320cm)	SPT (blows/1350cm)	SPT (blows/1380cm)	SPT (blows/1410cm)	SPT (blows/1440cm)	SPT (blows/1470cm)	SPT (blows/1500cm)	SPT (blows/1530cm)	SPT (blows/1560cm)	SPT (blows/1590cm)	SPT (blows/1620cm)	SPT (blows/1650cm)	SPT (blows/1680cm)	SPT (blows/1710cm)	SPT (blows/1740cm)	SPT (blows/1770cm)	SPT (blows/1800cm)	SPT (blows/1830cm)	SPT (blows/1860cm)	SPT (blows/1890cm)	SPT (blows/1920cm)	SPT (blows/1950cm)	SPT (blows/1980cm)	SPT (blows/2010cm)	SPT (blows/2040cm)	SPT (blows/2070cm)	SPT (blows/2100cm)	SPT (blows/2130cm)	SPT (blows/2160cm)	SPT (blows/2190cm)	SPT (blows/2220cm)	SPT (blows/2250cm)	SPT (blows/2280cm)	SPT (blows/2310cm)	SPT (blows/2340cm)	SPT (blows/2370cm)	SPT (blows/2400cm)	SPT (blows/2430cm)	SPT (blows/2460cm)	SPT (blows/2490cm)	SPT (blows/2520cm)	SPT (blows/2550cm)	SPT (blows/2580cm)	SPT (blows/2610cm)	SPT (blows/2640cm)	SPT (blows/2670cm)	SPT (blows/2700cm)	SPT (blows/2730cm)	SPT (blows/2760cm)	SPT (blows/2790cm)	SPT (blows/2820cm)	SPT (blows/2850cm)	SPT (blows/2880cm)	SPT (blows/2910cm)	SPT (blows/2940cm)	SPT (blows/2970cm)	SPT (blows/3000cm)	SPT (blows/3030cm)	SPT (blows/3060cm)	SPT (blows/3090cm)	SPT (blows/3120cm)	SPT (blows/3150cm)	SPT (blows/3180cm)	SPT (blows/3210cm)	SPT (blows/3240cm)	SPT (blows/3270cm)	SPT (blows/3300cm)	SPT (blows/3330cm)	SPT (blows/3360cm)	SPT (blows/3390cm)	SPT (blows/3420cm)	SPT (blows/3450cm)	SPT (blows/3480cm)	SPT (blows/3510cm)	SPT (blows/3540cm)	SPT (blows/3570cm)	SPT (blows/3600cm)	SPT (blows/3630cm)	SPT (blows/3660cm)	SPT (blows/3690cm)	SPT (blows/3720cm)	SPT (blows/3750cm)	SPT (blows/3780cm)	SPT (blows/3810cm)	SPT (blows/3840cm)	SPT (blows/3870cm)	SPT (blows/3900cm)	SPT (blows/3930cm)	SPT (blows/3960cm)	SPT (blows/3990cm)	SPT (blows/4020cm)	SPT (blows/4050cm)	SPT (blows/4080cm)	SPT (blows/4110cm)	SPT (blows/4140cm)	SPT (blows/4170cm)	SPT (blows/4200cm)	SPT (blows/4230cm)	SPT (blows/4260cm)	SPT (blows/4290cm)	SPT (blows/4320cm)	SPT (blows/4350cm)	SPT (blows/4380cm)	SPT (blows/4410cm)	SPT (blows/4440cm)	SPT (blows/4470cm)	SPT (blows/4500cm)	SPT (blows/4530cm)	SPT (blows/4560cm)	SPT (blows/4590cm)	SPT (blows/4620cm)	SPT (blows/4650cm)	SPT (blows/4680cm)	SPT (blows/4710cm)	SPT (blows/4740cm)	SPT (blows/4770cm)	SPT (blows/4800cm)	SPT (blows/4830cm)	SPT (blows/4860cm)	SPT (blows/4890cm)	SPT (blows/4920cm)	SPT (blows/4950cm)	SPT (blows/4980cm)	SPT (blows/5010cm)	SPT (blows/5040cm)	SPT (blows/5070cm)	SPT (blows/5100cm)	SPT (blows/5130cm)	SPT (blows/5160cm)	SPT (blows/5190cm)	SPT (blows/5220cm)	SPT (blows/5250cm)	SPT (blows/5280cm)	SPT (blows/5310cm)	SPT (blows/5340cm)	SPT (blows/5370cm)	SPT (blows/5400cm)	SPT (blows/5430cm)	SPT (blows/5460cm)	SPT (blows/5490cm)	SPT (blows/5520cm)	SPT (blows/5550cm)	SPT (blows/5580cm)	SPT (blows/5610cm)	SPT (blows/5640cm)	SPT (blows/5670cm)	SPT (blows/5700cm)	SPT (blows/5730cm)	SPT (blows/5760cm)	SPT (blows/5790cm)	SPT (blows/5820cm)	SPT (blows/5850cm)	SPT (blows/5880cm)	SPT (blows/5910cm)	SPT (blows/5940cm)	SPT (blows/5970cm)	SPT (blows/6000cm)	SPT (blows/6030cm)	SPT (blows/6060cm)	SPT (blows/6090cm)	SPT (blows/6120cm)	SPT (blows/6150cm)	SPT (blows/6180cm)	SPT (blows/6210cm)	SPT (blows/6240cm)	SPT (blows/6270cm)	SPT (blows/6300cm)	SPT (blows/6330cm)	SPT (blows/6360cm)	SPT (blows/6390cm)	SPT (blows/6420cm)	SPT (blows/6450cm)	SPT (blows/6480cm)	SPT (blows/6510cm)	SPT (blows/6540cm)	SPT (blows/6570cm)	SPT (blows/6600cm)	SPT (blows/6630cm)	SPT (blows/6660cm)	SPT (blows/6690cm)	SPT (blows/6720cm)	SPT (blows/6750cm)	SPT (blows/6780cm)	SPT (blows/6810cm)	SPT (blows/6840cm)	SPT (blows/6870cm)	SPT (blows/6900cm)	SPT (blows/6930cm)	SPT (blows/6960cm)	SPT (blows/6990cm)	SPT (blows/7020cm)	SPT (blows/7050cm)	SPT (blows/7080cm)	SPT (blows/7110cm)	SPT (blows/7140cm)	SPT (blows/7170cm)	SPT (blows/7200cm)	SPT (blows/7230cm)	SPT (blows/7260cm)	SPT (blows/7290cm)	SPT (blows/7320cm)	SPT (blows/7350cm)	SPT (blows/7380cm)	SPT (blows/7410cm)	SPT (blows/7440cm)	SPT (blows/7470cm)	SPT (blows/7500cm)	SPT (blows/7530cm)	SPT (blows/7560cm)	SPT (blows/7590cm)	SPT (blows/7620cm)	SPT (blows/7650cm)	SPT (blows/7680cm)	SPT (blows/7710cm)	SPT (blows/7740cm)	SPT (blows/7770cm)	SPT (blows/7800cm)	SPT (blows/7830cm)	SPT (blows/7860cm)	SPT (blows/7890cm)	SPT (blows/7920cm)	SPT (blows/7950cm)	SPT (blows/7980cm)	SPT (blows/8010cm)	SPT (blows/8040cm)	SPT (blows/8070cm)	SPT (blows/8100cm)	SPT (blows/8130cm)	SPT (blows/8160cm)	SPT (blows/8190cm)	SPT (blows/8220cm)	SPT (blows/8250cm)	SPT (blows/8280cm)	SPT (blows/8310cm)	SPT (blows/8340cm)	SPT (blows/8370cm)	SPT (blows/8400cm)	SPT (blows/8430cm)	SPT (blows/8460cm)	SPT (blows/8490cm)	SPT (blows/8520cm)	SPT (blows/8550cm)	SPT (blows/8580cm)	SPT (blows/8610cm)	SPT (blows/8640cm)	SPT (blows/8670cm)	SPT (blows/8700cm)	SPT (blows/8730cm)	SPT (blows/8760cm)	SPT (blows/8790cm)	SPT (blows/8820cm)	SPT (blows/8850cm)	SPT (blows/8880cm)	SPT (blows/8910cm)	SPT (blows/8940cm)	SPT (blows/8970cm)	SPT (blows/9000cm)	SPT (blows/9030cm)	SPT (blows/9060cm)	SPT (blows/9090cm)	SPT (blows/9120cm)	SPT (blows/9150cm)	SPT (blows/9180cm)	SPT (blows/9210cm)	SPT (blows/9240cm)	SPT (blows/9270cm)	SPT (blows/9300cm)	SPT (blows/9330cm)	SPT (blows/9360cm)	SPT (blows/9390cm)	SPT (blows/9420cm)	SPT (blows/9450cm)	SPT (blows/9480cm)	SPT (blows/9510cm)	SPT (blows/9540cm)	SPT (blows/9570cm)	SPT (blows/9600cm)	SPT (blows/9630cm)	SPT (blows/9660cm)	SPT (blows/9690cm)	SPT (blows/9720cm)	SPT (blows/9750cm)	SPT (blows/9780cm)	SPT (blows/9810cm)	SPT (blows/9840cm)	SPT (blows/9870cm)	SPT (blows/9900cm)	SPT (blows/9930cm)	SPT (blows/9960cm)	SPT (blows/9990cm)	SPT (blows/10020cm)	SPT (blows/10050cm)	SPT (blows/10080cm)	SPT (blows/10110cm)	SPT (blows/10140cm)	SPT (blows/10170cm)	SPT (blows/10200cm)	SPT (blows/10230cm)	SPT (blows/10260cm)	SPT (blows/10290cm)	SPT (blows/10320cm)	SPT (blows/10350cm)	SPT (blows/10380cm)	SPT (blows/10410cm)	SPT (blows/10440cm)	SPT (blows/10470cm)	SPT (blows/10500cm)	SPT (blows/10530cm)	SPT (blows/10560cm)	SPT (blows/10590cm)	SPT (blows/10620cm)	SPT (blows/10650cm)	SPT (blows/10680cm)	SPT (blows/10710cm)	SPT (blows/10740cm)	SPT (blows/10770cm)	SPT (blows/10800cm)	SPT (blows/10830cm)	SPT (blows/10860cm)	SPT (blows/10890cm)	SPT (blows/10920cm)	SPT (blows/10950cm)	SPT (blows/10980cm)	SPT (blows/11010cm)	SPT (blows/11040cm)	SPT (blows/11070cm)	SPT (blows/11100cm)	SPT (blows/11130cm)	SPT (blows/11160cm)	SPT (blows/11190cm)	SPT (blows/11220cm)	SPT (blows/11250cm)	SPT (blows/11280cm)	SPT (blows/11310cm)	SPT (blows/11340cm)	SPT (blows/11370cm)	SPT (blows/11400cm)	SPT (blows/11430cm)	SPT (blows/11460cm)	SPT (blows/11490cm)	SPT (blows/11520cm)	SPT (blows/11550cm)	SPT (blows/11580cm)	SPT (blows/11610cm)	SPT (blows/11640cm)	SPT (blows/11670cm)	SPT (blows/11700cm)	SPT (blows/11730cm)	SPT (blows/11760cm)	SPT (blows/11790cm)	SPT (blows/11820cm)	SPT (blows/11850cm)	SPT (blows/11880cm)	SPT (blows/11910cm)	SPT (blows/11940cm)	SPT (blows/11970cm)	SPT (blows/12000cm)	SPT (blows/12030cm)	SPT (blows/12060cm)	SPT (blows/12090cm)	SPT (blows/12120cm)	SPT (blows/12150cm)	SPT (blows/12180cm)	SPT (blows/12210cm)	SPT (blows/12240cm)	SPT (blows/12270cm)	SPT (blows/12300cm)	SPT (blows/12330cm)	SPT (blows/12360cm)	SPT (blows/12390cm)	SPT (blows/12420cm)	SPT (blows/12450cm)	SPT (blows/12480cm)	SPT (blows/12510cm)	SPT (blows/12540cm)	SPT (blows/12570cm)	SPT (blows/12600cm)	SPT (blows/12630cm)	SPT (blows/12660cm)	SPT (blows/12690cm)	SPT (blows/12720cm)	SPT (blows/12750cm)	SPT (blows/12780cm)	SPT (blows/12810cm)	SPT (blows/12840cm)	SPT (blows/12870cm)	SPT (blows/12900cm)	SPT (blows/12930cm)	SPT (blows/12960cm)	SPT (blows/12990cm)	SPT (blows/13020cm)	SPT (blows/13050cm)	SPT (blows/13080cm)	SPT (blows/13110cm)	SPT (blows/13140cm)	SPT (blows/13170cm)	SPT (blows/13200cm)	SPT (blows/13230cm)	SPT (blows/13260cm)	SPT (blows/13290cm)	SPT (blows/13320cm)	SPT (blows/13350cm)	SPT (blows/13380cm)	SPT (blows/13410cm)	SPT (blows/13440cm)	SPT (blows/13470cm)	SPT (blows/13500cm)	SPT (blows/13530cm)	SPT (blows/13560cm)	SPT (blows/13590cm)	SPT (blows/13620cm)	SPT (blows/13650cm)	SPT (blows/13680cm)	SPT (blows/13710cm)	SPT (blows/13740cm)	SPT (blows/13770cm)	SPT (blows/13800cm)	SPT (blows/13830cm)	SPT (blows/13860cm)	SPT (blows/13890cm)	SPT (blows/13920cm)	SPT (blows/13950cm)	SPT (blows/13980cm)	SPT (blows/14010cm)	SPT (blows/14040cm)	SPT (blows/14070cm)	SPT (blows/14100cm)	SPT (blows/14130cm)	SPT (blows/14160cm)	SPT (blows/14190cm)	SPT (blows/14220cm)	SPT (blows/14250cm)	SPT (blows/14280cm)	SPT (blows/14310cm)	SPT (blows/14340cm)	SPT (blows/14370cm)	SPT (blows/14400cm)	SPT (blows/14430cm)	SPT (blows/14460cm)	SPT (blows/14490cm)	SPT (blows/14520cm)	SPT (blows/14550cm)	SPT (blows/14580cm)	SPT (blows/14610cm)	SPT (blows/14640cm)	SPT (blows/14670cm)	SPT (blows/14700cm)	SPT (blows/14730cm)	SPT (blows/14760cm)	SPT (blows/14790cm)	SPT (blows/14820cm)	SPT (blows/14850cm)	SPT (blows/14880cm)	SPT (blows/14910cm)	SPT (blows/14940cm)	SPT (blows/14970cm)	SPT (blows/15000cm)	SPT (blows/15030cm)	SPT (blows/15060cm)	SPT (blows/15090cm)	SPT (blows/15120cm)	SPT (blows/15150cm)	SPT (blows/15180cm)	SPT (blows/15210cm)	SPT (blows/15240cm)	SPT (blows/15270cm)	SPT (blows/15300cm)	SPT (blows/15330cm)	SPT (blows/15360cm)	SPT (blows/15390cm)	SPT (blows/15420cm)	SPT (blows/15450cm)	SPT (blows/15480cm)	SPT (blows/15510cm)	SPT (blows/15540cm)	SPT (blows/15570cm)	SPT (blows/15600cm)	SPT (blows/15630cm)	SPT (blows/15660cm)	SPT (blows/15690cm)	SPT (blows/15720cm)	SPT (blows/15750cm)	SPT (blows/15780cm)	SPT (blows/15810cm)	SPT (blows/15840cm)	SPT (blows/15870cm)	SPT (blows/15900cm)	SPT (blows/15930cm)	SPT (blows/15960cm)	SPT (blows/15990cm)	SPT (blows/16020cm)	SPT (blows/16050cm)	SPT (blows/16080cm)	SPT (blows/16110cm)	SPT (blows/16140cm)	SPT (blows/16170cm)	SPT (blows/16200cm)	SPT (blows/16230cm)	SPT (blows/16260cm)	SPT (blows/16290cm)	SPT (blows/16320cm)	SPT (blows/16350cm)	SPT (blows/16380cm)	SPT (blows/16410cm)	SPT (blows/16440cm)	SPT (blows/16470cm)	SPT (blows/16500cm)	SPT (blows/16530cm)	SPT (blows/16560cm)	SPT (blows/16590cm)	SPT (blows/16620cm)	SPT (blows/16650cm)	SPT (blows/16680cm)	SPT (blows/16710cm)	SPT (blows/16740cm)	SPT (blows/16770cm)	SPT (blows/16800cm)	SPT (blows/16830cm)	SPT (blows/16860cm)	SPT (blows/16890cm)	SPT (blows/16920cm)	SPT (blows/16950cm)	SPT (blows/16980cm)	SPT (blows/17010cm)	SPT (blows/17040cm)	SPT (blows/17070cm)	SPT (blows/17100cm)	SPT (blows/17130cm)	SPT (blows/17160cm)	SPT (blows/17190cm)	SPT (blows/17220cm)	SPT (blows/17250cm)	SPT (blows/17280cm)	SPT (blows/17310cm)	SPT (blows/17340cm)	SPT (blows/17370cm)	SPT (blows/17400cm)	SPT (blows/17430cm)	SPT (blows/17460cm)	SPT (blows/17490cm)	SPT (blows/17520cm)	SPT (blows/17550cm)	SPT (blows/17580cm)	SPT (blows/17610cm)	SPT (blows/17640cm)	SPT (blows/17670cm)	SPT (blows/17700cm)	SPT (blows/17730cm)	SPT (blows/17760cm)	SPT (blows/17790cm)	SPT (blows/17820cm)	SPT (blows/17850cm)	SPT (blows/17880cm)	SPT (blows/17910cm)	SPT (blows/17940cm)	SPT (blows/17970cm)	SPT (blows/18000cm)	SPT (blows/18030cm)	SPT (blows/18060cm)	SPT (blows/18090cm)	SPT (blows/18120cm)	SPT (blows/18150cm)	SPT (blows/18180cm)	SPT (blows/18210cm)	SPT (blows/18240cm)	SPT (blows/18270cm)	SPT (blows/18300cm)	SPT (blows/18330cm)	SPT (blows/18360cm)	SPT (blows/18390cm)	SPT (blows/18420cm)	SPT (blows/18450cm)	SPT (blows/18480cm)	SPT (blows/18510cm)	SPT (blows/18540cm)	SPT (blows/18570cm)	SPT (blows/18600cm)	SPT (blows/18630cm)	SPT (blows/18660cm)	SPT (blows/18690cm)	SPT (blows/18720cm)	SPT (blows/18750cm)	SPT (blows/18780cm)	SPT (blows/18810cm)	SPT (blows/18840cm)	SPT (blows/18870cm)	SPT (blows/18900cm)	SPT (blows/18930cm)	SPT (blows/18960cm)	SPT (blows/18990cm)	SPT (blows/19020cm)	SPT (blows/19050cm)	SPT (blows/19080cm)	SPT (blows/19110cm)	SPT (blows/19140cm)	SPT (blows/19170cm)	SPT (blows/19200cm)	SPT (blows/19230cm)	SPT (blows/19260cm)	SPT (blows/19290cm)	SPT (blows/19320cm)	SPT (blows/19350cm)	SPT (blows/19380cm)	SPT (blows/19410cm)	SPT (blows/19440cm)	SPT (blows/19470cm)	SPT (blows/19500cm)	SPT (blows/19530cm)	SPT (blows/19560cm)	SPT (blows/19590cm)	SPT (blows/19620cm)	SPT (blows/19650cm)	SPT (blows/19680cm)	SPT (blows/19710cm)	SPT (blows/19740cm)	SPT (blows/19770cm)	SPT (blows/19800cm)	SPT (blows/19830cm)	SPT (blows/19860cm)	SPT (blows/19890cm)	SPT (blows/19920cm)	SPT (blows/19950cm)	SPT (blows/19980cm)	SPT (blows/20010cm)	SPT (blows/20040cm)	SPT (blows/20070cm)	SPT (blows/20100cm)	SPT (blows/20130cm)	SPT (blows/20160cm)	SPT (blows/20190cm)	SPT (blows/20220cm)	SPT (blows/20250cm)	SPT (blows/20280cm)	SPT (blows/20310cm)	SPT (blows/20340cm)	SPT (blows/20370cm)	SPT (blows/20400cm)	SPT (blows/20430cm)	SPT (blows/20460cm)	SPT (blows/20490cm)	SPT (blows/20520cm)	SPT (blows/20550cm)	SPT (blows/20580cm)	SPT (blows/20610cm)	SPT (blows/20640cm)	SPT (blows/20670cm)	SPT (blows/20700cm)	SPT (blows/20730cm)	SPT (blows/20760cm)	SPT (blows/20790cm)	SPT (blows/20820cm)	SPT (blows/20850cm)	SPT (blows/20880cm)	SPT (blows/20910cm)	SPT (blows/20940cm)	SPT (blows/20970cm)	SPT (blows/21000cm)	SPT (blows/21030cm)	SPT (blows/21060cm)	SPT (blows/21090cm)	SPT (blows/21120cm)	SPT (blows/21150cm)	SPT (blows/21180cm)	SPT (blows/21210cm)	SPT (blows/21240cm)	SPT (blows/21270cm)	SPT (blows/21300cm)	SPT (blows/21330cm)	SPT (blows/21360cm)	SPT (blows/21390cm)	SPT (blows/21420cm)	SPT (blows/21450cm)	SPT (blows/21480cm)	SPT (blows/21510cm)	SPT (blows/21540cm)	SPT (blows/21570cm)	SPT (blows/21600cm)	SPT (blows/21630cm)	SPT (blows/21660cm)	SPT (blows/21690cm)	SPT (blows/21720cm)	SPT (blows/21750cm)	SPT (blows/21780cm)	SPT (blows/21810cm)	SPT (blows/21840cm)	SPT (blows/21870cm)	SPT (blows/21900cm)	SPT (blows/21930cm)	SPT (blows/21960cm)	SPT (blows/21990cm)	SPT (blows/22020cm)	SPT (blows/22050cm)	SPT (blows/22080cm)	SPT (blows/22110cm)	SPT (blows/22140cm)	SPT (blows/22170cm)	SPT (blows/22200cm)	SPT (blows/22230cm)	SPT (blows/22260cm)	SPT (blows/22290cm)	SPT (blows/22320cm)	SPT (blows/22350cm)	SPT (blows/22380cm)	SPT (blows/22410cm)	SPT (blows/22440cm)	SPT (blows/22470cm)	SPT (blows/22500cm)	SPT (blows/22530cm)	SPT (blows/22560cm)	SPT (blows/22590cm)	SPT (blows/22620cm)	SPT







GOLDER

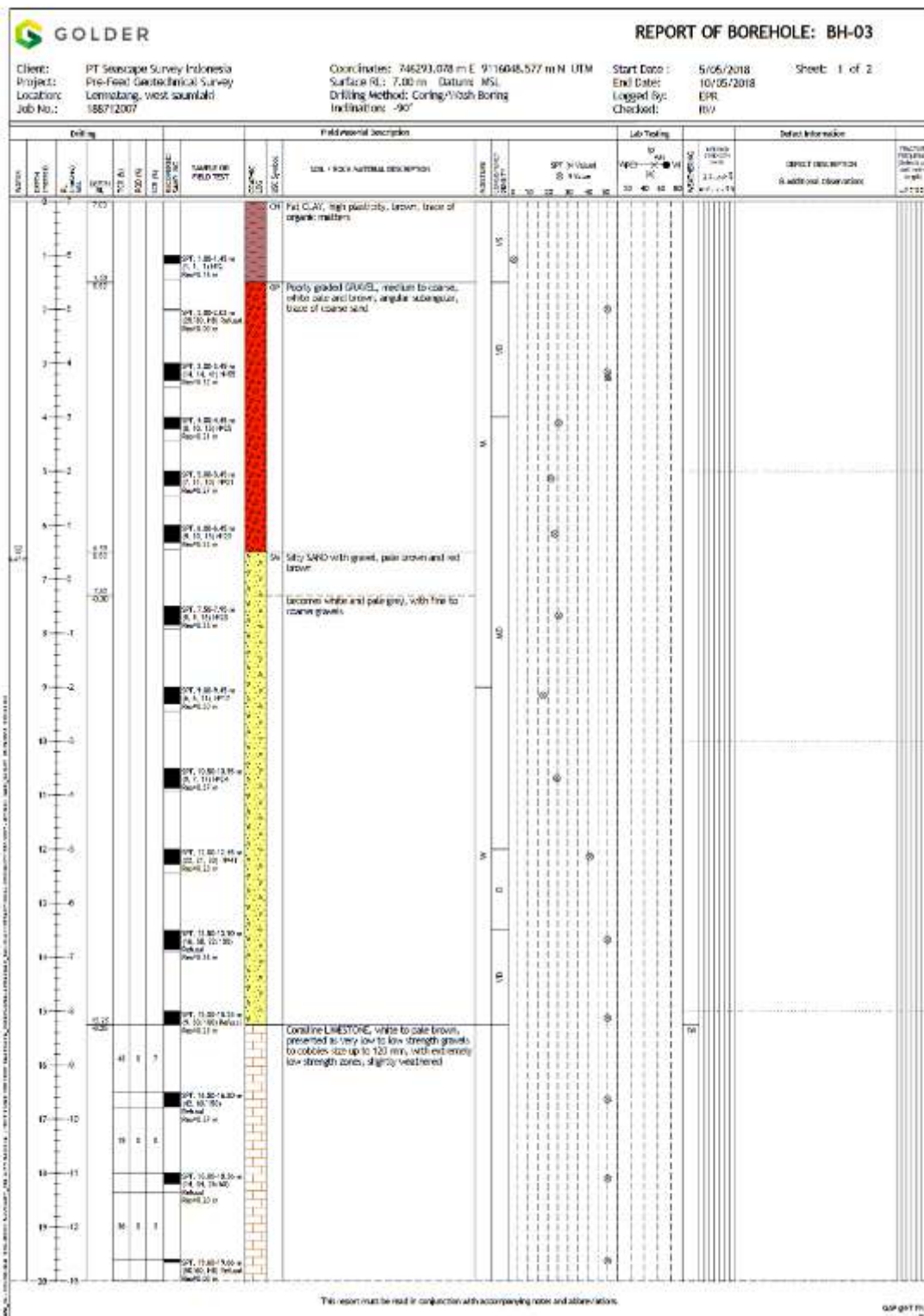
Client: PT Seascope Survey Indonesia
 Project: Pre-Feed Geotechnical Survey
 Location: Lemoran, west samudra
 Job No.: 188712007

Coordinates: 766573.619 m E 9115759.469 m N UTM
 Surface RL: 28.31 m Datum: MSL
 Drilling Method: Coring/Wash Boring
 Inclination: -90°

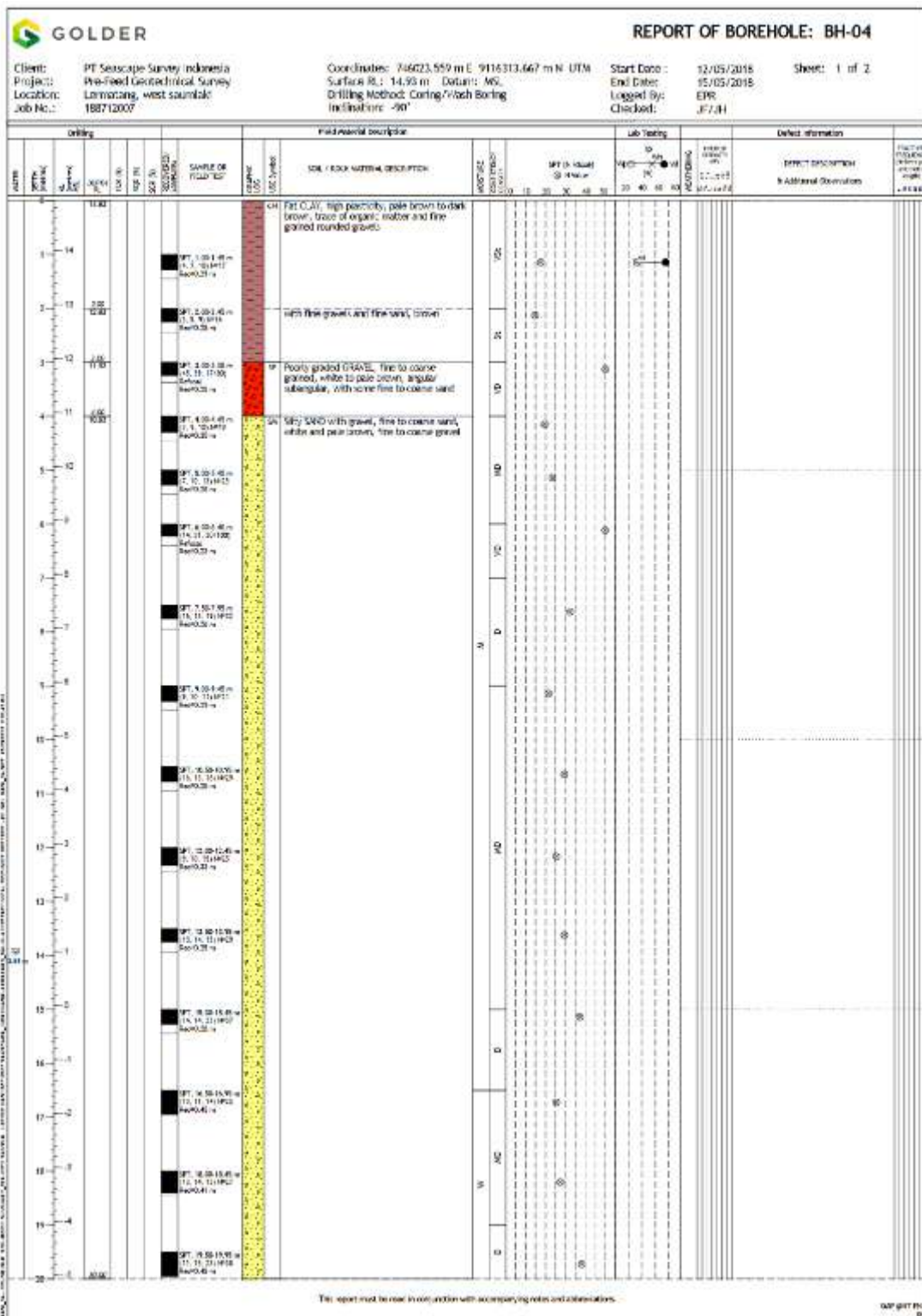
Start Date: 18/05/2018
 End Date: 26/05/2018
 Logged By: EPR
 Checked: JF/JH

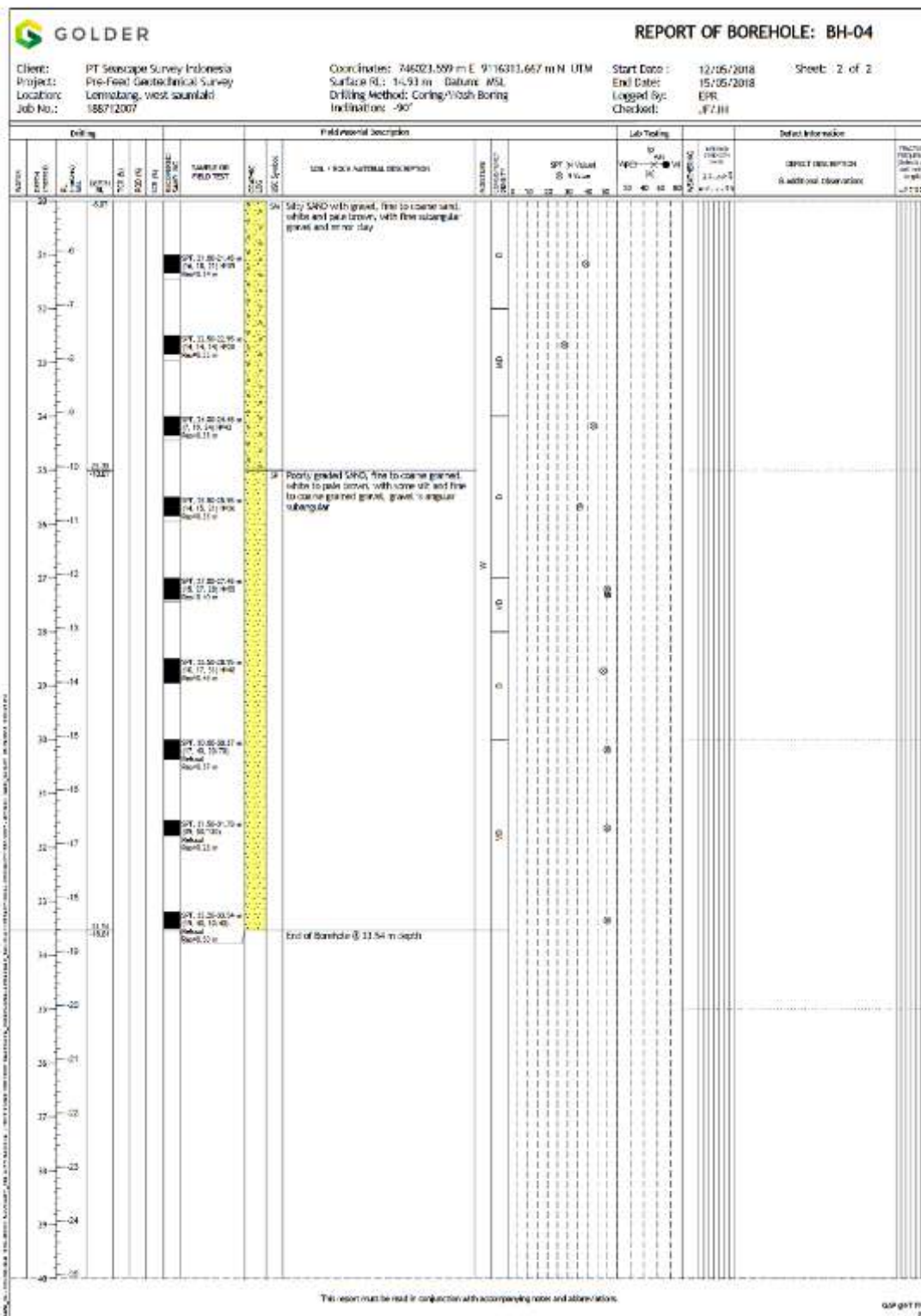
Sheet: 3 of 3

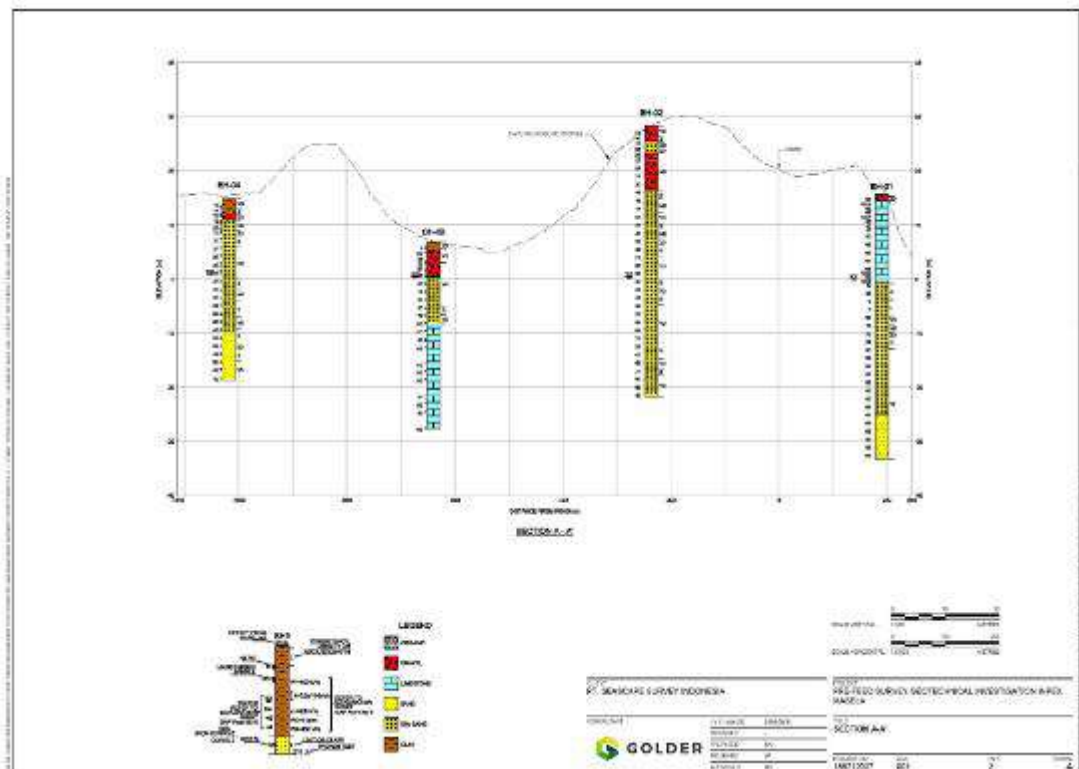
Drilling				Field/Asset Description				Lab Testing				Defect Information	
DATE	SPT (Blows/30cm)	Drill Bit	Drill Bit Size	SOIL / ROCK MATERIAL DESCRIPTION	MOISTURE (%)	WATER CONTENT (%)	SPT (Blows/30cm)	WATER CONTENT (%)	WATER CONTENT (%)	WATER CONTENT (%)	DEFECT DESCRIPTION	Additional Observations	
18/05/2018	10	100mm	100mm	Slty SAND with gravel, fine to coarse grained, white to pale brown, with some silt and fine to coarse grained gravel, angular to subangular			10	10	10	10			
19/05/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
20/05/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
21/05/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
22/05/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
23/05/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
24/05/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
25/05/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
26/05/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
27/05/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
28/05/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
29/05/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
30/05/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
31/05/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
01/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
02/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
03/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
04/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
05/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
06/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
07/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
08/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
09/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
10/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
11/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
12/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
13/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
14/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
15/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
16/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
17/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
18/06/2018	10	100mm	100mm				10	10	10	10			
19/06/2018	10	100mm	100mm										



[illegible]







Gambar III-45 Penampang Pemboran Geoteknik BH-04, BH-03, BH-02 Dan BH-01 Yang Memperlihatkan Stratigrafi Batuan Bawah Permukaan Yaitu Batuan Gamping Formasi Saumlaki Yang Melampar Sampai Ke Lepas Pantai.

a. Analisa Kestabilan Lereng

Analisa kestabilan lereng dari hasil pemboran geoteknik BH-01, BH-02, BH-03 dan BH-04 adalah untuk mengetahui daya dukung tanah, jenis dan karakteristik tanah, kondisi geologi tanah, dan susunan lapisan tanah. Analisa kestabilan lereng ini memiliki peranan penting dalam proses perencanaan struktur dan lereng karena dimensi dan bentuknya akan bergantung pada karakteristik material tanahnya. Data yang digunakan pada analisa lereng ini ditujukan untuk mengetahui jenis tanah, mendapatkan sampel *disturbed* dan *undisturbed* sebagai bahan identifikasi visual di lapangan dan pengujian tanah di laboratorium, serta mengetahui kedalaman batuan dasarnya (*bedrock*).

Selain itu, analisa stabilitas kemiringan lereng juga dilakukan agar lereng yang tidak stabil yang berpotensi longsor dapat diketahui pengaruhnya terhadap kekuatan fondasi konstruksi dan lingkungan di sekitarnya. Parameter tanah yang digunakan adalah kohesi, sudut geser, dan modulus elastisitas tanah yang dikorelasikan dengan hasil SPT (*soil penetrating test*) dengan tahapan perhitungan sebagai berikut:

1. Perhitungan data SPT, termasuk jenis tanah, kedalaman, nilai SPT, γ_{sat} , γ_d , dan σ'_v .
2. Koreksi N-SPT, perhitungan pada tahap ini berdasarkan korelasi dari nilai SPT untuk mengetahui nilai *rod correction*, N50, CN, dan (N1)50.
3. Perhitungan Korelasi Parameter, termasuk Cu, Eundrained, C' , Edrained, dan ϕ' .

Tabel III-25 Korelasi SPT Untuk Tanah Pasir

<i>Compactness</i>	N-SPT	γ Saturation	Φ'
<i>Very loose</i>	<4	14	<32
<i>Loose</i>	4-10	16	32-35
<i>Medium</i>	10-30	18	35-38
<i>Dense</i>	30-50	20	38-41
<i>Very Dense</i>	>50	22	41-45

Tanah permukaan di tapak proyek ini merupakan tanah lempung agregat dari partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai tinggi. Sifat khas yang dimiliki oleh tanah lempung adalah dalam keadaan kering bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar tergantung dari kandungan airnya. Tanah lempung lunak mempunyai karakteristik yang khusus diantaranya kemampatan yang tinggi, indeks plastisitas yang tinggi, kadar air yang relatif tinggi, dan mempunyai gayageser yang kecil. Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 1996).

Bilamana jumlah tumbukan $N > 15$, maka sebagai koreksi Terzaghi dan Peck (1948) memberikan nilai ekuivalen N_0 yang merupakan hasil dari jumlah tumbukan N yang telah dikorelasi akibat pengaruh permeabilitas dan dinyatakan dengan: $N_0 = 15 + \frac{1}{2}(N-15)$. Untuk mendapatkan besar sudut geser tanah dari tanah pasir/nonkohesif, umumnya digunakan rumus Dunham (1962), yaitu:

1. Tanah berpasir berbentuk bulat dengan gradasi seragam atau butiran pasir bersegi-segi dengan gradasi tidak seragam dan mempunyai sudut sebesar: $\phi = \sqrt{12+15}$
2. Butiran pasir bersegi dengan gradasi merata $\phi = \sqrt{12+25}$, menurut Peck, besar sudut geser tanah dapat digunakan rumus berikut: $\phi = 0,3N + 25$ Angka penetrasi standart (N) sangat berguna sebagai pedoman dalam eksplorasi tanah sekaligus memperkirakan kondisi lapisan tanah.
3. Tanah dapat dikatakan mempunyai daya dukung yang baik bilamana lapisan kohesif mempunyai nilai SPT, $N > 35$ atau mempunyai besar kuat tekan (q_u) antara 3-4 kg/cm² dengan nilai SPT $N > 15$.

Masa batuan (*rock mass*) adalah tubuh atau massa batuan yang dipisahkan oleh diskontinuitas. Massa batuan ini terdiri dari material geologi seperti tekstur, komposisi mineral dan diskontinuitas. Sementara itu dalam kaitannya dengan rekayasa batuan, klasifikasi massa batuan (*rock mass classification*) yaitu mengumpulkan data dan mengklasifikasikan singkapan batuan berdasarkan parameter-parameter yang telah diyakini dapat mencerminkan perilaku massa batuan tersebut. Kegunaan utama dari sistem klasifikasi massa batuan adalah untuk menilai berbagai properti teknik dari atau yang berhubungan dengan massa batuan (*rock mass*).

Parameter yang digunakan dalam klasifikasi massa batuan menggunakan RMR (*Rock Mass Rating*) diantaranya: kuat tekan Uniaxial batuan utuh, uji laboratorium (*Uniaxial Compressive Test* atau *Point Load*), uji langsung di lapangan, *rock quality designation* (RQD), perhitungan RQD sehingga dapat diperkirakan spasi bidang diskontinunya.

Faktor keamanan lereng atau nilai kemantapan lereng ini dilakukan untuk mengetahui kemungkinan terjadi longsor sehingga dapat diantisipasi sebelum dilakukan konstruksi di atasnya. Kemantapan lereng ini tergantung pada gaya penggerak dan penahan yang ada pada lereng tersebut. Gaya penggerak adalah gaya-gaya yang mengakibatkan lereng longsor. Sedangkan gaya penahan adalah gaya-gaya yang mempertahankan kemantapan lereng tersebut. Jika gaya penahannya lebih besar dari gaya penggerak, maka lereng tersebut dalam keadaan mantap. Kemantapan suatu lereng biasanya dinyatakan dalam bentuk Faktor Keamanan (FK), yaitu:

1. $FK > 1,2$ (Lereng Dalam Kondisi Stabil)
2. $FK < 1,2$ (Lereng Dalam Kondisi Tidak Stabil)
3. $FK = 1,2$ (Lereng Dalam Kondisi Kritis)

Faktor-faktor yang mempengaruhi keamanan lereng, yaitu: geometri lereng, struktur batuan, sifat fisik dan mekanik batuan, bobot isi, kuat tekan, kuat tarik dan kuat geser, porositas, kandungan air.

Hasil perhitungan klasifikasi massa batuan berdasarkan metode RMR (*Rock Mass Rating*) dinyatakan dalam *Rock Quality Designation* (RQD). Hasil analisa RQD dari masing-masing data pemboran BH-01, BH-02, BH-03 dan BH-04 adalah RQD = 75-90% sehingga dapat dibobotkan dalam nilai keamanan $F = 1,24$

Untuk mengetahui kestabilan lereng di lokasi penelitian dalam kondisi aman atau tidak, dalam perhitungan ini didasarkan pada kriteria yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) yaitu SNI 8460:2017 untuk risiko terhadap lereng dengan tingkat kerusakan secara ekonomis pada tingkat rendah yaitu sebesar $FK = 1,2$. Selanjutnya berdasarkan kriteria nilai faktor keamanan untuk lereng keseluruhan dari Keputusan Menteri ESDM No.1827 Tahun 2018 dengan tingkat keparahan rendah sebesar $FK = 1,2 - 1,3$.

Peta zonasi geoteknik di tapak proyek ini tidak bisa dibuat karena jumlah pemboran geoteknik yang terbatas, sehingga dilakukan pemisahan area pemboran hanya berdasarkan data nilai faktor keamanan yang didapatkan dari hasil perhitungan saja. Dengan demikian, perbedaan nilai faktor keamanan yang diperoleh ini hanya berbeda-beda pada tiap lokasi pemboran ini hanya memberikan pembatasan nilai keamanannya saja. Pembagian daerah berdasarkan faktor keamanan di tapak proyek ini dapat dibagi menjadi dua yaitu zona aman dan zona tidak aman. Zona aman adalah blok yang mempunyai nilai faktor keamanan $\geq 1,25$ sedangkan zona tidak aman yaitu blok yang mempunyai nilai faktor keamanan $< 1,25$. Hasil pembagian zona menurut faktor keamanan yang didapatkan dari hasil analisis kestabilan lereng adalah:

1. Zona aman, yaitu BH 01 dan BH-03
2. Zona tidak aman, yaitu Bh-02 dan BH-04

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan ini maka dapat dikemukakan bahwa kemantapan lereng pada lereng batuan selalu dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: geometri lereng, kemiringan dan lebar lereng. Semakin besar kemiringan lereng, maka kemantapan lereng akan semakin berkurang sedangkan semakin besar lebar lereng, maka lereng semakin mantap. Selain itu, sifat fisik batuan yang mempengaruhi kemantapan lereng adalah: bobot isi (*density*), kandungan air, kohesi dan sudut geser dalam merupakan sifat mekanik batuan yang juga mempengaruhi kemantapan lereng.

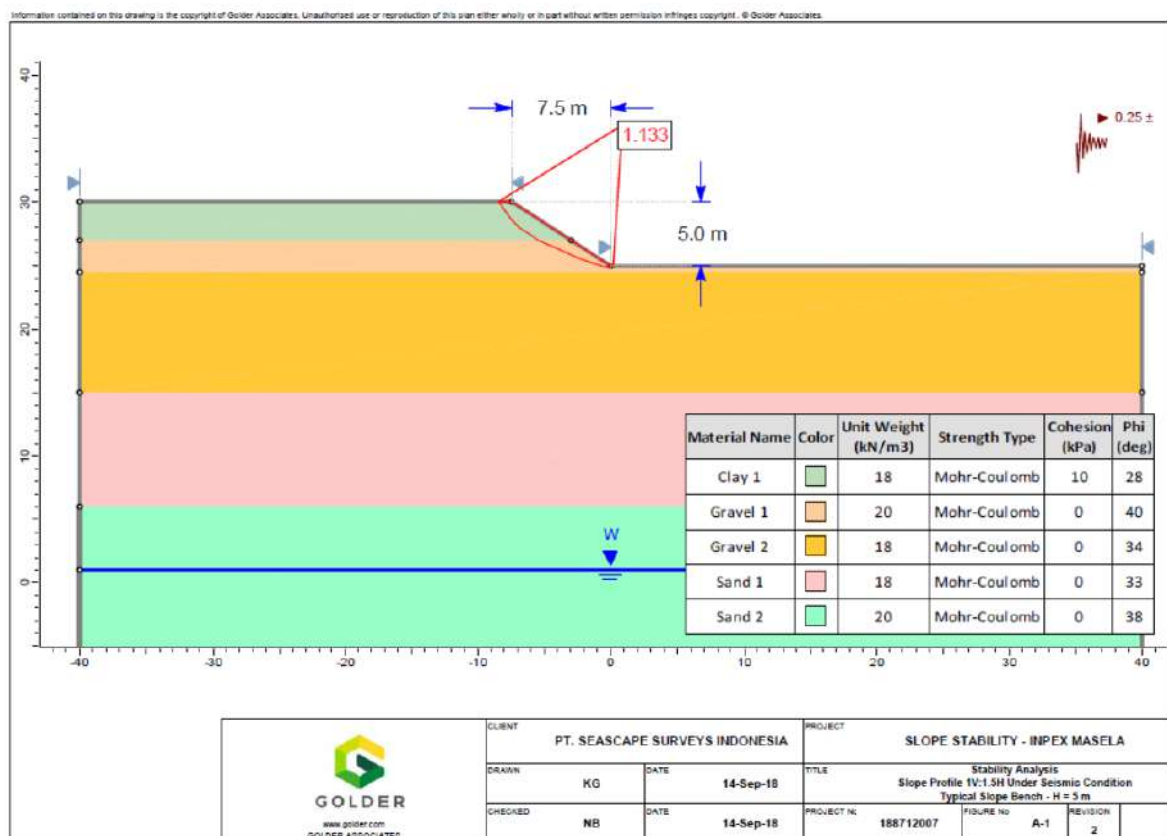
b. Analisa Cut and Fill

Cut and fill adalah salah satu metode pematangan lahan, dengan menggali dan kemudian mengisi ulang dengan bahan penggalian lainnya. Perbedaannya dengan pekerjaan tanah adalah bahwa kedua proses pemotongan dan pengisian dilakukan di satu lokasi yang menjadi target pekerjaan. Potong dan isi cenderung direncanakan sehingga jumlah tanah yang dibuang ke atau diambil dari tempat lain minimal sehingga mengurangi biaya transportasi. Manfaat dan potong dan isi adalah untuk mencegah penurunan permukaan, memberikan akses ke area lain, serta untuk mendukung kekuatan batuan di sekitarnya.

Namun demikian, perubahan kondisi tanah akibat *cut and fill* ini akan mengakibatkan beberapa permasalahan geoteknik yang perlu diperhatikan seperti daya dukung tanah, penurunan tanah akibat beban dan kestabilan lereng akibat pemotongan bagian bukit untuk keperluan *cut and fill*.

Berdasarkan rencana pembangunan konstruksi tapak proyek OLNK INPEX Masela di desa Lermatang dapat diidentifikasi permasalahan geoteknik yang akan muncul akibat galian tanah sebagai rekomendasi awal tentang optimasi perbaikan lereng.

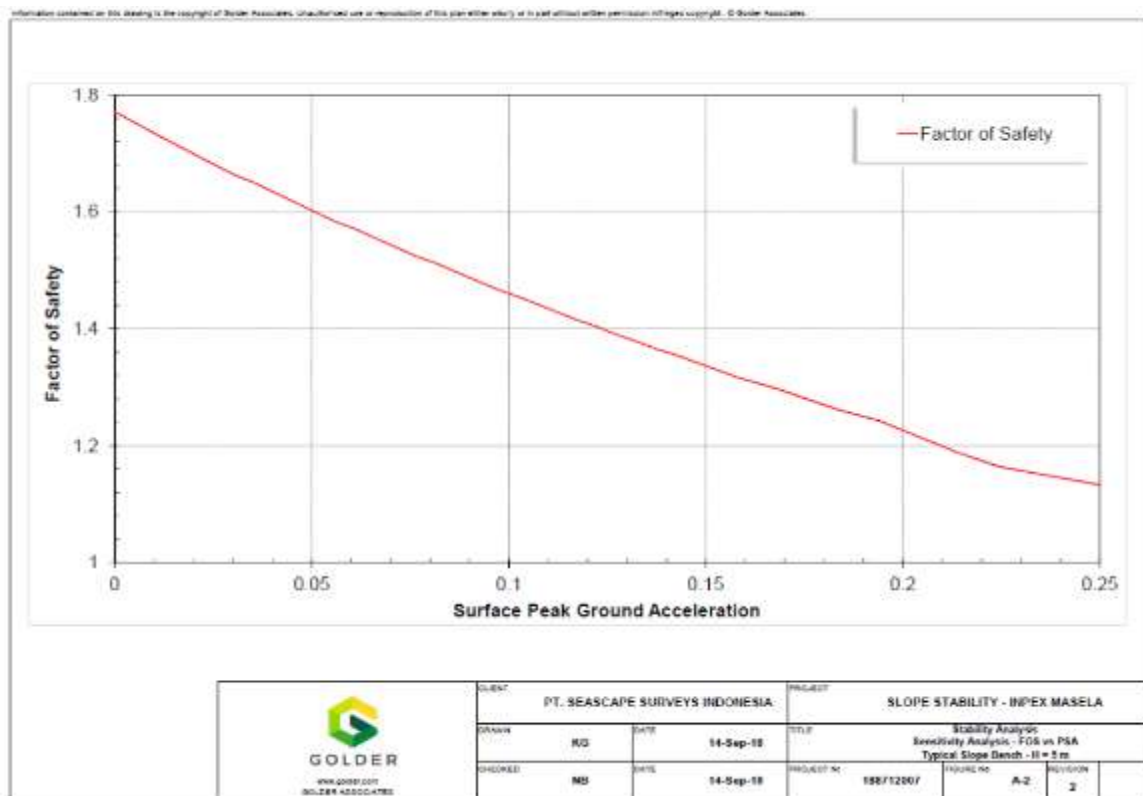
Gambar di bawah ini memperlihatkan model *cut and fill* berdasarkan jenis material tanah yang dipindahkan pada lokasi tapak proyek menggunakan metode *Strength Type Mohr-Coulomb* dengan beda tinggi elevasi 5 m.



Gambar III-46 Model Cut and Fill yang Direncanakan Pada Tapak Proyek Berdasarkan Tiga Jenis Material Lahan yaitu Lempung, Pasir dan Kerikil

Hasil model ini memperlihatkan bahwa kemiringan lereng hasil *cut and fill* memiliki faktor keamanan $FK = 1,133 - 1,762$ yang dalam klasifikasi termasuk zona aman.

Hasil plot hubungan antara *Surface peak ground acceleration* terhadap faktor keamanan lereng pada kondisi tanpa faktor seismisitas PGAS = 0 dan pada kondisi seismisitas PGA = 0,25 (maksimum) di lokasi tapak proyek diperlihatkan pada gambar di bawah ini.

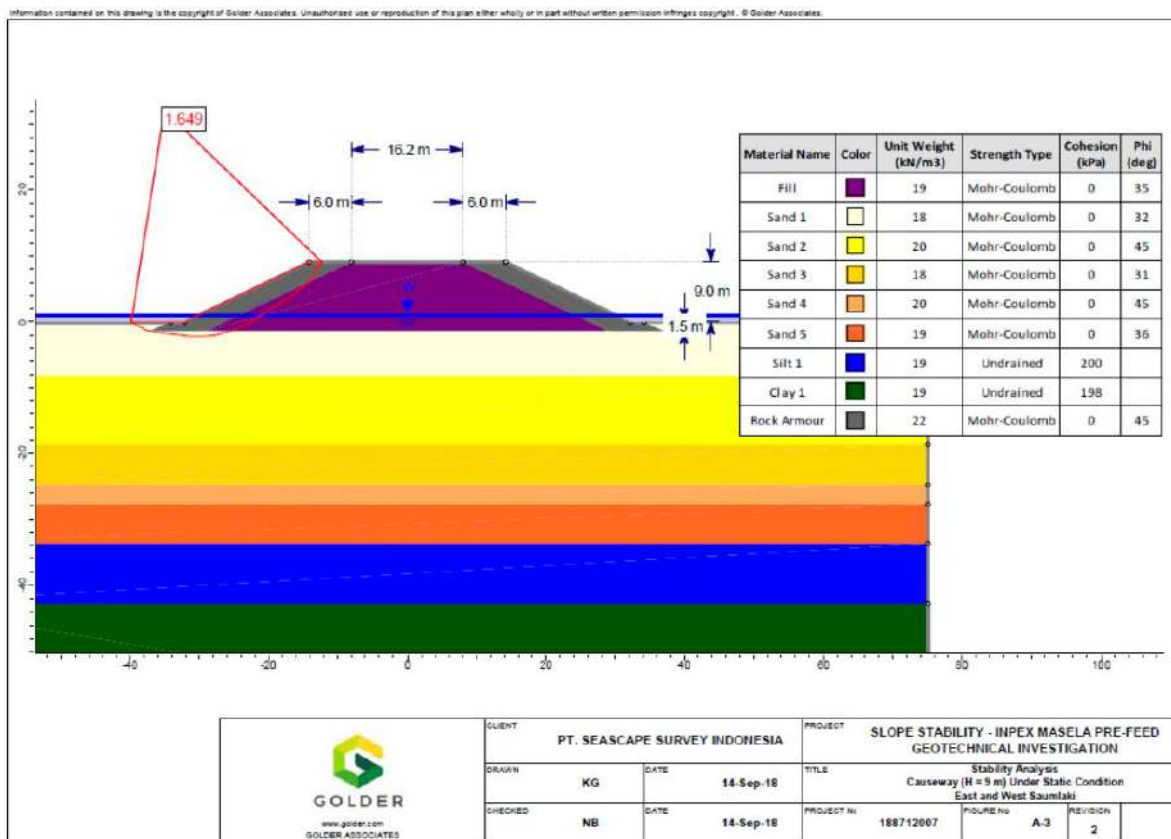


Gambar III-47 Hubungan Antara Surface Peak Ground Acceleration dan Faktor Keamanan Lereng pada Cut and Fill

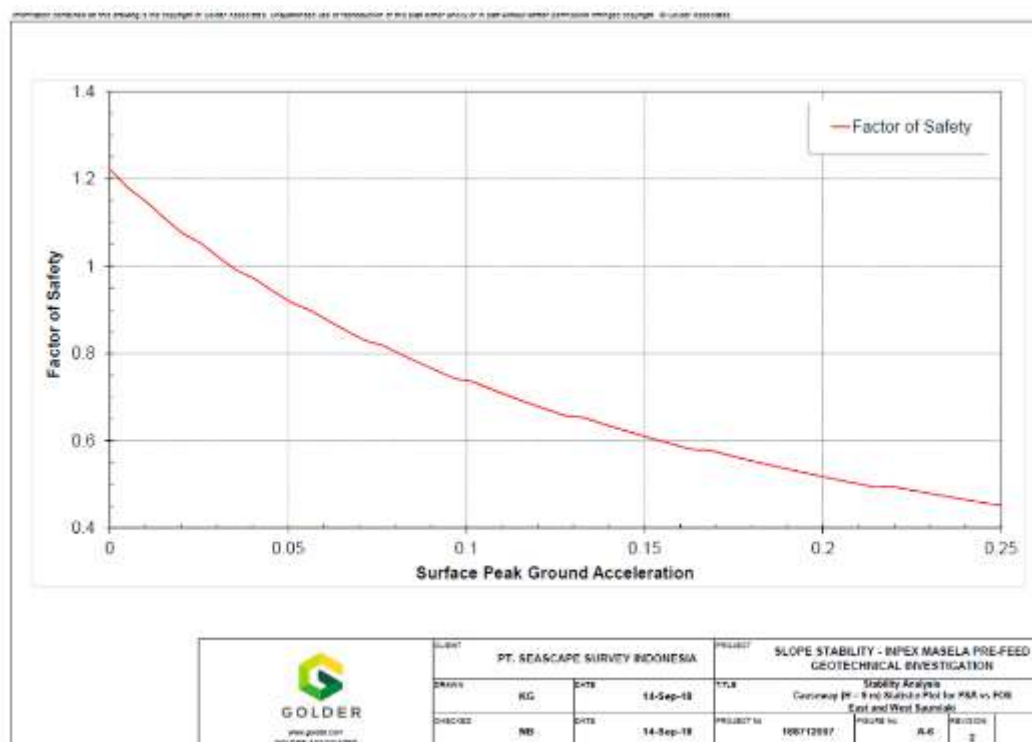
Rencana kegiatan *cut and fill* untuk badan jalan (*Causeway*) di sekitar tapak proyek juga dilakukan dengan cara kombinasi material pasir, lanau, lempung dan *rock armour* dengan unit *weight* antara 18-22 kN/m³ dengan beda tinggi elevasi 9 m dengan asumsi pada kondisi tanpa adanya faktor gangguan seismisitas diperlihatkan pada Gambar III-48 dan Gambar III-49.

Model pada gambar ini dihitung berdasarkan pada kondisi statis tanpa gangguan lingkungan sekitarnya, namun demikian perhitungan dan model pada kondisi gangguan seismisitas dengan asumsi *peak ground acceleration* PGA maksimum 0,2 mengacu pada standar zona seismisitas nasional (Kemen PUPR, 2010). Hasil perhitungan dan model memperlihatkan bahwa faktor keamanan menurun mencapai FK = 0,525 yang termasuk zona tidak aman. Dengan demikian, maka pada kegiatan *cut and fill* serta pengurugan badan jalan diperlukan optimalisasi penguatan lereng (*slope enforcement*). Desain perbaikan lereng ini bisa dapat diaplikasikan jika tanah dasar dan tanah di belakang dinding penahan tanah diubah menjadi tanah urug non-kohefif karena kuat gesernya yang tidak terpengaruh oleh keadaan air tanah. Dengan digunakannya tanah urug non-kohefif pada tanah dasar dan tanah di belakang dinding penahan tanah, maka desain perbaikan lereng yang digunakan dan dinding penahan tanah akan stabil secara keseluruhan.

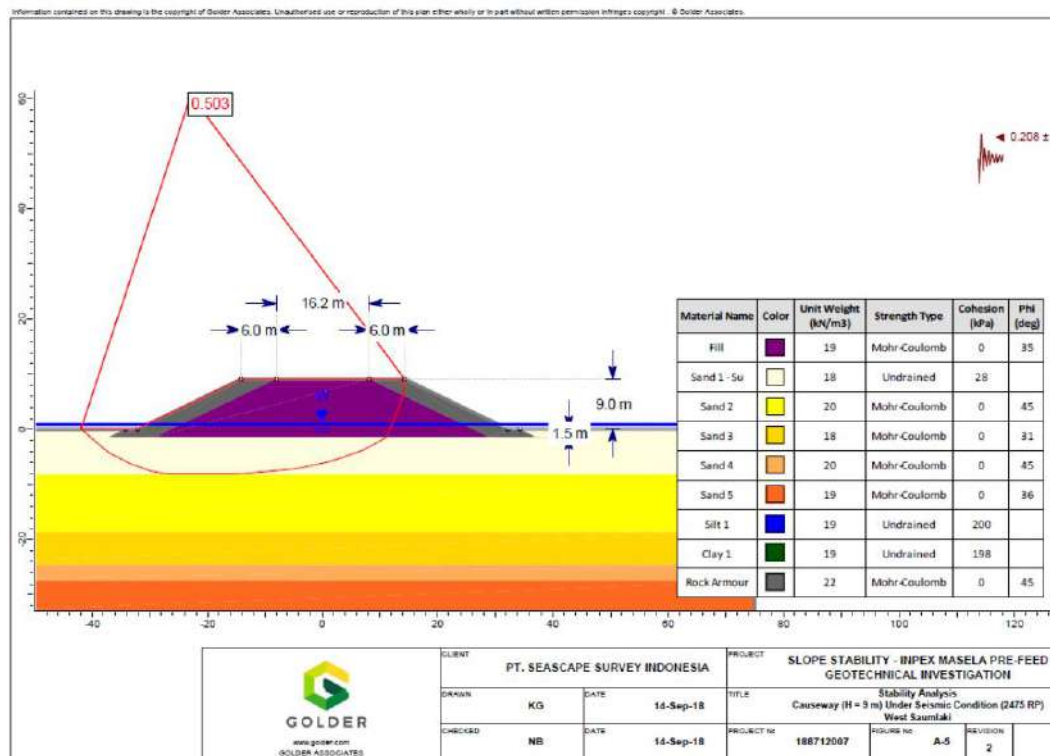
Model lain yang dikembangkan adalah menggunakan factor seismisitas PGA = 0,25 dengan material urugan yang terdiri dari lempung, lanau, pasir, fill dan *rock armour* dengan unit *weight* antara 19-22 kN/m³ menggunakan *strength type Mohr-Coulomb* menghasilkan faktor keamanan FK = 0,503, seperti yang diperlihatkan pada Gambar III-50.



Gambar III-48 Model Cut and Fill dan Pengurangan Badan Jalan (*Causeway*) di Sekitar Tapak Proyek Menggunakan Kombinasi Material Urugan



Gambar III-49 Plot Surface Ground Acceleration Terhadap Faktor Keamanan Lereng Untuk Cut and Fill Badan Jalan (*Causeway*) di Sekitar Tapak Proyek



Gambar III-50 Perhitungan dan Model Cut and Fill Pengurugan Badan Jalan (*Causeway*) di Sekitar Tapak Proyek yang Diterapkan Pada Kondisi Gangguan Seismisitas PGA Antara 1,15-2,0

Berdasarkan Laporan OLNG *Soil and Slope Stability* No. 09500-GT-00006 *Geotechnical Engineering Report for Pre-Feed Survei Step-1* Golder tahun 2018, kestabilan lereng pada kegiatan *Cut and Fill* tapak proyek Kilang OLNG desa Lermatang di Saumlaki Barat, maka perlu dikemukakan beberapa rekomendasi untuk kegiatan *cut and fill* pematangan lahan dan pengurugan badan jalan diantaranya:

1. Dinding stabil terhadap *sliding* (longsor) dengan $FK > 1,2$ maka rekomendasinya adalah tidak diperlukan struktur perkuatan berupa dinding penahan tanah sebagai struktur penahan tebing
2. Dinding tidak stabil terhadap *sliding* (longsor) dengan $FK < 1,2$ maka direkomendasikan agar diterapkan struktur perkuatan berupa dinding penahan tanah sebagai struktur penahan tebing menggunakan dinding *gravity*, perkuatan *geotextile*, dll.

Selain itu, bahaya akibat *sliding* dimungkinkan pula disebabkan oleh faktor lain yang dapat menyebabkan kerusakan pada tebing salah satunya adalah kemungkinan erosi tanah akibat limpasan air yang terlalu berlebihan sehingga menggerus permukaan tebing yang merupakan material urugan. Hal ini dapat di atasi dengan membuat saluran (drainase) untuk menahan laju limpasan air yang berlebihan dan menanam tebing dengan tanaman atau kerikil.

Umumnya, faktor keamanan stabilitas lereng atau faktor aman terhadap kuat geser tanah diambil lebih besar atau sama dengan 1,2-1,5. Menurut Bowles (1989) nilai dari faktor keamanan berdasarkan intensitas kelongsorannya seperti pada Tabel III-26 di bawah ini:

Tabel III-26 Nilai Faktor Keamanan Sliding menurut Bowles (1989):

Faktor Keamanan	Kejadian atau intensitas longsor
FS 0 sampai 1,25	Sering terjadi longsor (termasuk lereng labil labil atau lereng kritis)
FS lebih dari 1.25	Jarang terjadi longsor (termasuk lereng relatif stabil)

Berdasarkan hasil analisa kinematik terhadap jenis-jenis longsor yang terdapat di tapak proyek Kilang OLNG desa Lermatang di Saumlaki Barat ini adalah jenis longsor yang tidak membaji. Nilai faktor keamanan lereng di daerah penelitian berdasarkan analisis kestabilan lereng diperoleh nilai 1,649. Dengan mempertimbangkan faktor tersebut maka desain lereng dibuat dengan mempertimbangkan berbagai aspek, seperti sifat fisik batuan, kondisi faktual lereng dan disesuaikan dengan batas minimum keamanan sesuai dengan nilai faktor keamanan desain lereng, tinggi jenjang, *over all slope* dan *single slope* yang telah direkomendasikan agar desain lereng tersebut yang memiliki nilai faktor keamanan FK di atas 1,25.

Secara keseluruhan dari hasil analisa terhadap model *cut and fill* pematangan lahan dan badan jalan di sekitar tapak proyek disimpulkan bahwa lereng urugan termasuk klasifikasi aman terhadap sliding sehingga tidak diperlukan dinding penahan tanah untuk menahan tebing. Namun demikian, diperlukan struktur penahan erosi tanah karena lereng-lereng urugan dan badan jalan merupakan material lepas yang mudah tergerus oleh air sehingga dapat mengganggu konstruksi bangunan di atasnya.

3.1.6.7 Kawasan Bentang Alam Karst

Kondisi Geologi Permukaan

Kondisi kawasan karst ini tapak proyek OLNG Masela di Desa Lermatang ini berada pada satuan batugamping Formasi Saumlaki yang ditutupi oleh endapan tanah tipis berukuran butir kerikil, lanau dan lempung, sedangkan bagian pesisir dan dataran rendah banyak ditemukan lapisan tanah merah-coklat (terra rossa) yang menumpang tidak selaras di atasnya batugamping massif.



Gambar III-51 Lapisan Lempung Kecoklatan yang Merupakan Tanah Penutup Hasil Pelapukan Kuat dari Batuan Gamping,

Pedataran rendah lokasi proyek ini ditemukan sedimen penutup berupa tanah kecoklatan dan jenis tanah lempung berwarna terang yang berasal dari pelapukan kuat dari endapan batugamping dan bongkah-bongkah batu gamping terumbu.

Di bagian daerah perbukitan kecil batu gamping yang tinggi dan bergelombang ditemukan pula endapan tipis berupa sedimen berwarna coklat tipis dan menumpang di atasnya ditemukan endapan lempung berwarna terang dan lanau pasiran yang diduga merupakan bagian dari Formasi Batilembuti yang telah mengalami pelapukan kuat.



Gambar III-52 Daerah Perbukitan Gamping Bergelombang pada Tapak Proyek OLNG Masela di Desa Lermatang yang Berstatus Kawasan Hutan Budidaya Lahan Kering.

Di bagian timur kawasan pesisir tapak proyek OLNG ditemukan singkapan batugamping yang melampar di sepanjang sisi pantai ditemukan rembesan air tanah yang diperkirakan sebagai aliran perkolasi dan infiltrasi air hujan sebelumnya. Hal ini dicirikan oleh rembesan dengan volum yang relatif kecil melalui celah-celah sempit pada sedimen gamping kerakalan. Pada beberapa bagian gamping kerakalan ini dijumpai sejenis ganggang (lumut) berwarna coklat kehijauan yang menempel, yang menunjukkan bahwa aliran perkolasi ini cukup lama membasahi bagian fragmen gamping kerakalan tersebut.



Gambar III-53 Aliran Perkolasi yang Keluar Melalui Celah-Celah Batuan Gamping dan Gamping Kerikilan Basah yang Ditumbuhi Tumbuhan Ganggang Atau Lumut Berwarna Coklat Kehijauan

Tidak ditemukan adanya sungai bawah tanah di sepanjang pantai, sehingga di kawasan ini tidak ada sungai bawah tanah yang mengalir ke laut. Hasil pemboran geoteknik di sekitar pantai yaitu pada BH-01 dan BH-02 tidak teridentifikasi adanya *cavity* atau rongga bawah permukaan yang berukuran besar.

Beberapa tubuh batu gamping telah mengalami pelapukan kuat yang berlangsung lama sehingga menghasilkan endapan halus berukuran pasir sampai lempung yang kemudian menjadi tanah (*soil*) penutup pada bagian yang rendah pada batuan gamping. Umumnya lapisan tipis lempung pasiran gampingan ini berwarna kecoklatan dan bersifat elastis. Di kawasan ini juga tidak dijumpai adanya lubang vertikal (*sinkhole*) yang merupakan salah satu ciri kawasan karst, walaupun banyak dijumpai adanya adanya celah-celah kecil akibat pelarutan dinding-dinding retakan pada batu gamping banyak lubang berupa celah vertikal berukuran kecil (diameter $<0,1$ m) yang terbentuk akibat pelarutan dinding celah atau retakan lubang oleh air yang telah berlangsung lama seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar III-54 Pelapukan Kuat Pada Tubuh Batu Gamping yang Menghasilkan Endapan Gampingan Berukuran Butir Pasir dan Lempung Berwarna Kecoklatan

Beberapa singkapan batu gamping juga menunjukkan telah mengalami penggerusan oleh aliran air permukaan atau air hujan membentuk alur-alur kecil menuju ke arah dataran rendah dan pantai sebagai sungai kering (*creek*) seperti yang diperlihatkan pada gambar di bawah ini. Hal ini menunjukkan bahwa tubuh batu gamping Formasi Saumlaki ini memiliki permeabilitas yang kecil sehingga tidak mudah digerus oleh aliran air yang biasanya membentuk lubang atau celah vertikal.



Gambar III-55 Sungai Kering (Creek) yang Berair Hanya Pada Musim Hujan Saja

Klasifikasi Kawasan Bentang Alam Karst (KBAK)

Menurut Ford & William (2007), karst adalah daerah yang memiliki bentang alam dan pola hidrologi khusus yang terbentuk dari kombinasi sifat batuan yang memiliki tingkat kelarutan tinggi dan porositas sekunder yang berkembang dengan baik. Secara umum, kawasan karst terdiri dari bagian eksokarst (bagian atas permukaan karst) dan endokarst (bagian bawah permukaan karst).

Dasar hukum Pengelolaan Kawasan Karst

1. Kepmen Tamben No. 1518 K/20/MPE/1999 Tentang Pengelolaan Kawasan Kars.
2. Kepmen ESDM No. 1456 K/20/MBM/2000 Tentang Pedoman Pengelolaan Kawasan Kars (penetapan kawasan karst untuk kawasan lindung).
3. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 17 Tahun 2012 Tentang Penetapan Kawasan Bentang Alam Karst (KBAK).

Klasifikasi Kawasan Karst terdiri dari 3 Kelas yaitu:

- a. Kawasan Karst kelas I, tidak boleh ada kegiatan pertambangan.

Dapat dilakukan kegiatan lain asal tidak berpotensi mengganggu morfologi eksokarst dan endokarst, mengganggu karstifikasi, serta mengganggu fungsi karst. Kepmen Tamben No. 1518 K/20/MPE/1999 mengarahkan kawasan Karst kelas I sebagai kawasan konservasi yang hanya memperbolehkan kegiatan penelitian di Kawasan Bentang Alam Karst (KBAK).

Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 1456.K/20/MEM/2000 memiliki salah satu atau lebih kriteria:

- mempunyai fungsi sebagai penyimpan air tanah permanen.
 - mempunyai gua-gua dan sungai bawah tanah aktif.
 - terdapat gua-gua dan speleotem aktif dan mempunyai kandungan flora dan fauna.
- b. Kawasan Karst kelas II, dapat dilakukan kegiatan pertambangan dan kegiatan lain setelah dilengkapi studi lingkungan (AMDAL, UKL dan UPL) memiliki salah satu atau semua kriteria:
- mempunyai fungsi pengimbuhan air bawah tanah.
 - mempunyai gua-gua kering dan speleotem sudah tidak aktif.
 - sebagai tempat tinggal fauna yang memberi nilai dan manfaat
- c. Dalam kawasan Karst kelas III, dapat dilakukan kegiatan pertambangan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan, dengan kriteria tidak memiliki kriteria Kelas I maupun Kelas II.

Ekosistem Karst terdiri dari bagian-bagian yang unik dan sensitif terhadap kerusakan lingkungan, berupa sungai bawah tanah, gua-gua, serta bagian epikarst Bagian-bagian dalam Ekosistem Karst menurut Permen ESDM No. 17 Tahun 2012 adalah seperti Tabel III-27.

Tabel III-27 Ciri Kawasan Bentang Alam Karst yang terdiri dari Eksokarst dan Endokarst.

Letak	Bagian	Pengertian
Eksokarst	Mata air permanen	Mata air yang selalu mengalir sepanjang tahun
	Bukit karst	Bukit dengan bentuk kerucut, membulat, Menara, meja, dan/atau bentukan lainnya
	Dolina	Lekukan tertutup di permukaan akibat proses pelarutan dan peruntukan yang memiliki ukuran bervariasi dengan kedalaman antara dua sampai dengan seratus meter dan diameter antara sepuluh sampai dengan seribu meter
	Uvala	Gabungan dari dua atau lebih Dolina
	Polje	Gabungan dari dua atau lebih Uvala
	Telaga	Uvala atau Polje yang tergenang air
Endokarst	Sungai bawah tanah	Sungai yang mengalir di permukaan bawah tanah

Letak	Bagian	Pengertian
	Speleotem	Bentukan hasil proses pelarutan kalsium karbonat yang menghiasi bagian dalam gua seperti stalaktit, stalagmit, pilar dan flowstone

3.1.6.8 Kajian Kawasan Bentang Alam Karst Lermatang

Berdasarkan laporan penelitian geologi permukaan PT USR Indonesia, INPEX Masela Physical Baseline: Environmental and Social Baseline Volume: II, 2014, maka hasil kajian komponen karst di tapak proyek Kilang OLNG desa Lermatang, Saumlaki Barat, Yamdena, adalah sebagai berikut:

a. Kerapatan Bukit Kerucut

Kerapatan bukit kerucut mempunyai peranan penting terutama bentuk bentang alam sebagai hasil proses karsifikasi. Tidak ditemukan adanya bentukan bentang alam kars sangat khas dan unik berupa bukit kerucut (*conical hill*). Hasil analisis untuk mengetahui tingkat kerapatan bukit kars dilakukan dengan cara grid kawasan. Kawasan Desa Lermatang ini jika dibuat *grid* dengan luasan masing-masing 1 km² maka diperoleh 20 area. Hasil pengamatan jumlah bukit di kawasan ini berdasarkan peta topografi adalah 4 bukit (walaupun tidak ada bukit yang merupakan *conical hill*). Dengan demikian maka kerapatan bukit karst di kawasan ini termasuk rendah (<10 bukit/km²).

b. Kerapatan Mata air

Mata air kars menurut (White,1988) adalah air yang keluar dari akuifer kars terutama pada cavities hasil pelarutan di permukaan atau bawah permukaan bumi. Akuifer pada kawasan kars Lermatang merupakan lubang-lubang hasil pelarutan yang tidak saling berhubungan satu dengan lainnya. Hasil pengamatan lapangan juga tidak ditemukan aliran sungai bawah tanah walaupun ditemukan beberapa lubang kecil sebagai saluran penyerapan. Meskipun ditemukan beberapa gua kecil (ukuran diameter <1 m) namun bukan merupakan badan sungai bawah tanah tetapi lubang yang terbentuk akibat pelarutan batuan karbonat yang berlangsung lama terutama terbentuk pada saat hujan saja. Lubang goa ini seluruhnya tidak memiliki aliran air tanah sehingga tidak ditemukan adanya mata air, tetapi ditemukan beberapa rembesan air mengalir yang diduga sebagai aliran air infiltrasi dan perkolasi seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar III-56 Mata Air yang Keluar Dari Celah Atau Lubang Kecil Batuan Gamping Pada Musim Kemarau Dengan Debit yang Kecil



Gambar III-57 Genangan Air Berwarna Kecoklatan Pada Tanah Permeabilitas yang Tinggi (Tidak Lolos Air)

c. Kawasan Lindung Geologi

Bentukan-bentukan di kawasan kars yang fenomenal merupakan sumber daya alam yang tidak terbarukan (*unrenewable*), artinya tidak dapat dibentuk lagi seperti sebelumnya di tempat yang sama serta proses pembentukannya membutuhkan waktu jutaan tahun. Kondisi demikian perlu dilindungi dalam bentuk Warisan Geologi (*Geo Heritage*), istilah ini mengandung makna juga

sebagai perlindungan terhadap warisan alam dan budaya (*natural and cultural heritages*). Salah satu bagian dari kawasan lindung yang perlu diperhatikan adalah kawasan lindung geologi, khususnya kawasan keunikan bentang alam seperti kawasan karst. Walaupun kawasan desa Lermatang ini telah mengalami proses karstifikasi namun bagian-bagian komponen karstnya tidak terbentuk secara signifikan, bahkan langka dijumpai. Pengkajian kriteria kawasan karst seperti:

- tidak mempunyai fungsi sebagai penyimpan air tanah permanen (sungai bawah permukaan).
- tidak mempunyai gua-gua dan sungai bawah tanah aktif (berdasarkan 4 buah bor geoteknik dan 18 buah bor tangan (*hand auger*)).
- tidak terdapat gua-gua dan speleotem aktif dan tidak mempunyai kandungan flora dan fauna yang khas di kawasan karst.
- tidak mempunyai fungsi pengimbuh air bawah tanah, tidak ada sungai aktif walaupun ditemukan beberapa creek (sungai yang berair hanya pada saat musim penghujan).
- mempunyai gua-gua kering dan ciri speleotem yang sudah tidak aktif dalam skala kecil.
- bukan tempat tinggal fauna dan flora yang memberi nilai dan manfaat.



Gambar III-58 Batuan Kalkarenit yang Terbentuk Dari Proses Pengendapan Kembali Batu Gamping Dengan Ukuran Butir Batuan Berupa Pasir atau Arenit dan Endapan Haematit yang Umum Ditemukan di Kawasan Karst.

Berdasarkan kriteria tersebut, maka kawasan karst di Desa Lermatang ini tidak termasuk Kawasan Bentang Alam Karst (KBAK) konservasi. Dengan demikian, kawasan ini juga tidak termasuk Kawasan Lindung Situs-Situs Geologi.

d. Kawasan Budi Daya Hutan

Kawasan kars kelas III, merupakan kawasan karst selain kawasan karst kelas I dan kelas II. Kondisi lahan pada tapak proyek ONLG adalah semak belukar, bukan kawasan pertanian lahan kering, dan bukan kawasan pemukiman. Berdasarkan tata ruang kabupaten skala kecil, pemanfaatan ruang dalam Rencana Tata Ruang Kabupaten Tanimbar termasuk kawasan budidaya lahan kering.

Dengan demikian kawasan karst Desa Lermatang ini termasuk Karst Kelas III dan tidak termasuk sebagai Kawasan Bentang Alam Karst (KBAK) untuk konservasi, seperti yang dimaksud dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 17 Tahun 2012 Tentang Penetapan Kawasan Bentang Alam Karst (KBAK).

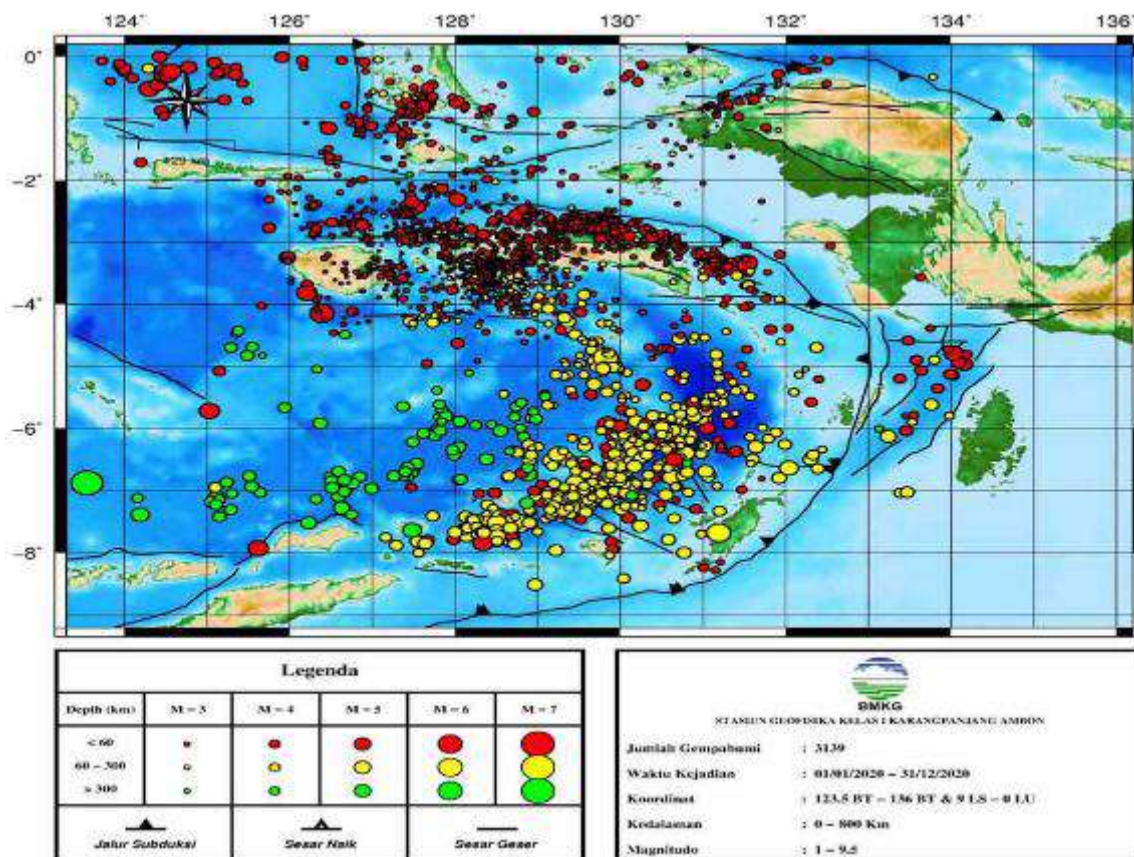
3.1.6.9 Kebencanaan

a. Kegempaan

Berdasarkan Peta Seismoteknik dan Peta Wilayah Rawan Bencana Gempabumi, di wilayah Kab. Maluku Tenggara Barat dijumpai adanya pusat-pusat gempa dengan intensitas skala Modified Mercalli Intensity (MMI) V-VI. Sumber gempa terdiri dari dua zona sumber yaitu: a. Zona Sumber gempabumi patahan aktif dan b. Zona sumber gempabumi lempeng meliputi Gugus P. Lemola, P. Babar dan P. Tanimbar Seluruh wilayah Kabupaten Maluku Tenggara Barat, baik perairan maupun daratan, rawan terhadap bencana gempa bumi, sedangkan daerah rawan tsunami diperkirakan terjadi di wilayah pesisir barat dan pulau-pulau kecil di sekitar P. Yamdena.

Kerawanan bencana alam di Kabupaten Maluku Tenggara Barat adalah gempa bumi dan tsunami. Gempa bumi sering dirasakan oleh penduduk di seluruh wilayah Kabupaten Maluku Tenggara Barat, dengan skala 5-6 SR, sedangkan untuk kerawanan bencana tsunami terletak di wilayah pantai barat dan timur Pulau Yamdena. Daerah rentan terhadap ancaman gempa bumi terdapat di sebagian wilayah kota dan kecamatan di Kabupaten Maluku Tenggara Barat terutama di wilayah Pulau Yamdena. Sedangkan untuk daerah kerentanan tinggi tsunami terdapat di wilayah Kecamatan Tanimbar Selatan, yaitu di pantai timur Pulau Yamdena memanjang dari utara di sekitar Arai hingga ke selatan sampai Teluk Saumlaki; di wilayah Kecamatan Tanimbar Utara terdapat di pantai timur, juga memanjang dari utara ke selatan dari Lamdesar, Larat sampai sekitar Arai.

Peta seismisitas atau kerentanan gempa bumi diperlihatkan pada Peta Lokasi Gempa bumi yang pernah terjadi di sekitar Kepulauan Tanimbar tahun 2009-2018.



Gambar III-59 Seismisitas Laut Banda termasuk kawasan kepulauan Tanimbar (BMKG, 2020).

b. Likuifaksi

Pendekatan Analisis Kerentanan likuifaksi di bawah gempa merupakan fungsi dari geologi bawah permukaan, gradasi tanah, kepadatan dan lokasi muka air tanah. Pencairan biasanya terjadi di pasir padat yang sangat longgar atau plastik halus rendah di bawah tabel airtanah. Analisa likuifaksi meliputi: penyaringan awal nilai-N yang mewakili longgar ($0 < N < 10$) dan padat sedang ($10 < N < 30$), dan penyaringan sampel di bawah permukaan air. Strata dari lubang bor Saumlaki Barat, yang memenuhi dua persyaratan di atas, dipertimbangkan dalam analisis likuifaksi.

Pendekatan Analisis Kerentanan likuifaksi di bawah gempa merupakan fungsi dari geologi bawah permukaan, gradasi tanah, kepadatan dan lokasi muka air tanah. Pencairan biasanya terjadi di pasir padat yang sangat longgar atau plastik halus rendah di bawah tabel airtanah. Strata dari lubang bor Saumlaki Barat, yang memenuhi dua persyaratan di atas, dipertimbangkan dalam analisis likuifaksi. Ringkasan dari strata yang dipertimbangkan dalam analisis kami disajikan pada Tabel III-28.

Tabel III-28 Hasil Perhitungan Potensi Kerentanan Bahaya Likuifaksi Menggunakan Data Bor BH-01, BH-02, BH-03, dan BH-04

Location	Borehole	Ext. RL, m	Top Depth, m	Bot. Depth, m	Top RL, m	Bot. RL, m	Thick., m	Soil Type	N-Value	Density
West onshore	BH-01	15.7	19.5	22.5	-3.8	-6.8	3	Sand	5-6	Loose

Location	Borehole	Ext. RL, m	Top Depth, m	Bot. Depth, m	Top RL, m	Bot. RL, m	Thick., m	Soil Type	N-Value	Density
West onshore	BH-01	15.7	24.0	25.6	-8.32	-9.92	1.6	Sand	13	Med. Dense
West onshore	BH-03	7.0	6.5	12.0	0.5	-5	5.6	Gravel	17-25	Med. Dense
West onshore	BH-04	14.9	16.0	19.0	-1.1	-4.1	3	Sand	25-27	Med. dense

Setiap potensi dampak yang dinyatakan oleh nilai N berdasarkan metode *wash boring* di tanah berpasir harus ditinjau dengan menggunakan pendekatan coring penuh yang telah dilakukan di tapak proyek O LNG Saumlaki Barat khususnya pada musim hujan. Namun, berdasarkan data terbatas dan pengamatan di tempat, sekitar 70% hingga 80% dari material bawah permukaan yang dianggap cocok untuk konstruksi badan jalan.

Kesiapsiagaan program mitigasi bencana yang perlu disiapkan.

Melakukan Analisis Risiko: Identifikasi area yang rentan terhadap lukiofaksi dan gerakan tanah sudah dilakukan dengan melakukan analisis atabilitas lereng dengan melakukan melalui analisis risiko, dengan tinjau faktor-faktor seperti topografi, kondisi tanah, dan kegiatan manusia yang dapat mempengaruhi potensi terjadinya bencana.

Membangun sistem komunikasi Darurat: (1) Membangun sistem komunikasi darurat agar lebih efektif untuk dapat menginformasikan dan memberikan peringatan informasi kepada Masyarakat dan pekerja/karyawan. (2). Memberikan pelatihan kepada karyawan dan masyarakat dalam merespons peringatan darurat dengan cepat.

Evakuasi dan Penyelamatan: (1) Melakukan pelatihan kepada Masyarakat dan karyawan khususnya petugas penanggulangan bencana dalam prosedur evakuasi yang cepat dan aman. (2) Pelatihan akan difokuskan pada teknik penyelamatan dan pertolongan pertama bagi korban yang mungkin terperangkap.

Penggunaan Teknologi: (1) Memanfaatkan teknologi seperti sistem peringatan dini, sistem sensor tanah, dan pemetaan risiko untuk meningkatkan kapasitas antisipasi. (2) Memberikan pelatihan kepada tim untuk memahami dan menggunakan teknologi yang diterapkan.

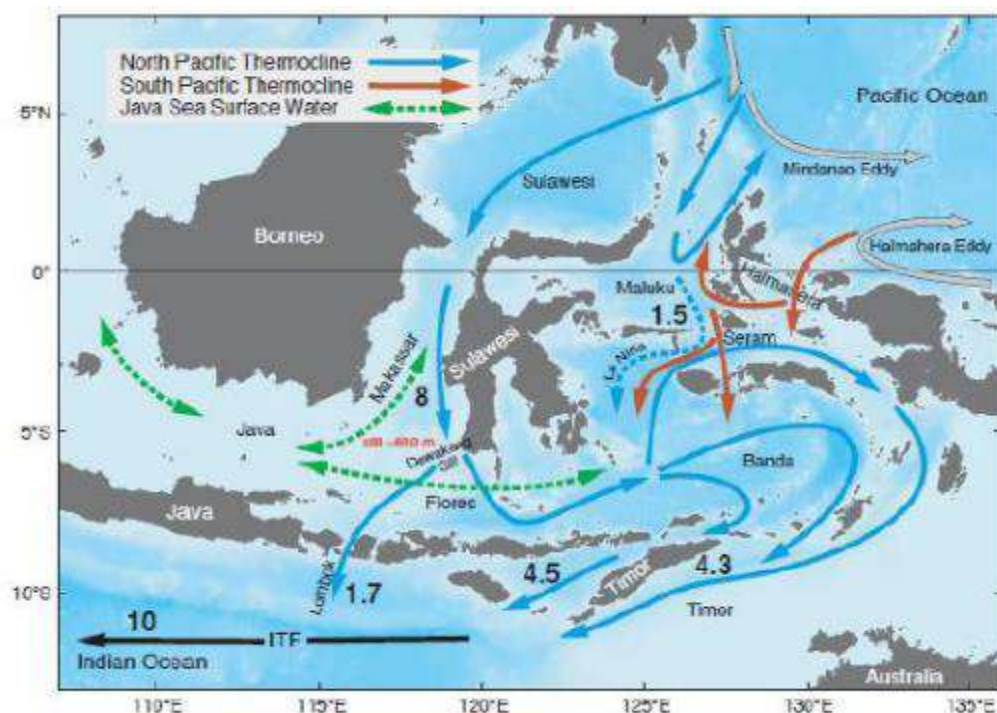
Koordinasi Tim: (1) Pelatihan tim penanggulangan bencana dalam koordinasi dan kolaborasi dengan lembaga terkait, termasuk pasukan penjaga keamanan, petugas medis, dan relawan.

Pengelolaan Pemukiman dan Infrastruktur: (1) Simulasikan tindakan pengelolaan pemukiman dan infrastruktur untuk mengurangi risiko lukiofaksi, seperti pemasangan struktur penahan tanah atau dinding penahan air. (2) Melatih masyarakat dalam pemeliharaan dan perawatan infrastruktur penanggulangan bencana.

Evakuasi Darurat melakukan simulasi evakuasi darurat untuk menguji kesiapan dan kelancaran proses evakuasi. Evaluasi rute evakuasi, lokasi pengungsian, dan kebutuhan logistik selama evakuasi.

3.1.7 Oseanografi

Laut Arafura merupakan perairan yang dibatasi oleh Benua Australia di bagian selatan, Papua di bagian timur hingga utara dan Pulau Yamdena dan Pulau Timor disisi barat dan barat laut. Lokasi kegiatan sumur berada di lepas pantai dan merupakan perairan yang berhubungan dengan Laut Arafura dan Laut Banda dengan Samudera Hindia. Semenjak dilakukan penelitian secara intensif baik melalui program ARLINDO (Arus Lintas Indonesia) atau ITF (*Indonesian Through Flow*) dan Program *International Nusantara Stratification and Transport* (INSTANT) diketahui bahwa sejumlah besar volume massa air (sekitar 4,3 Sv setara dengan $4,3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{detik}$) melewati celah ini. Secara rinci skematik aliran ARLINDO digambarkan pada Gambar III-60. Adanya massa air yang bergerak sepanjang tahun dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia yang merupakan bagian dari *Great Conveyor Belt* menyebabkan adanya *flushing rate* yang tinggi di perairan Indonesia bagian timur termasuk Laut Timor.



Gambar III-60 Celah Timor (*Timor Passage*) merupakan salah satu pintasan dari Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) atau *Indonesian Through Flow* (ITF) yang bergerak dari Samudera Pasifik menuju ke Samudera Hindia (Gordon, 2005)

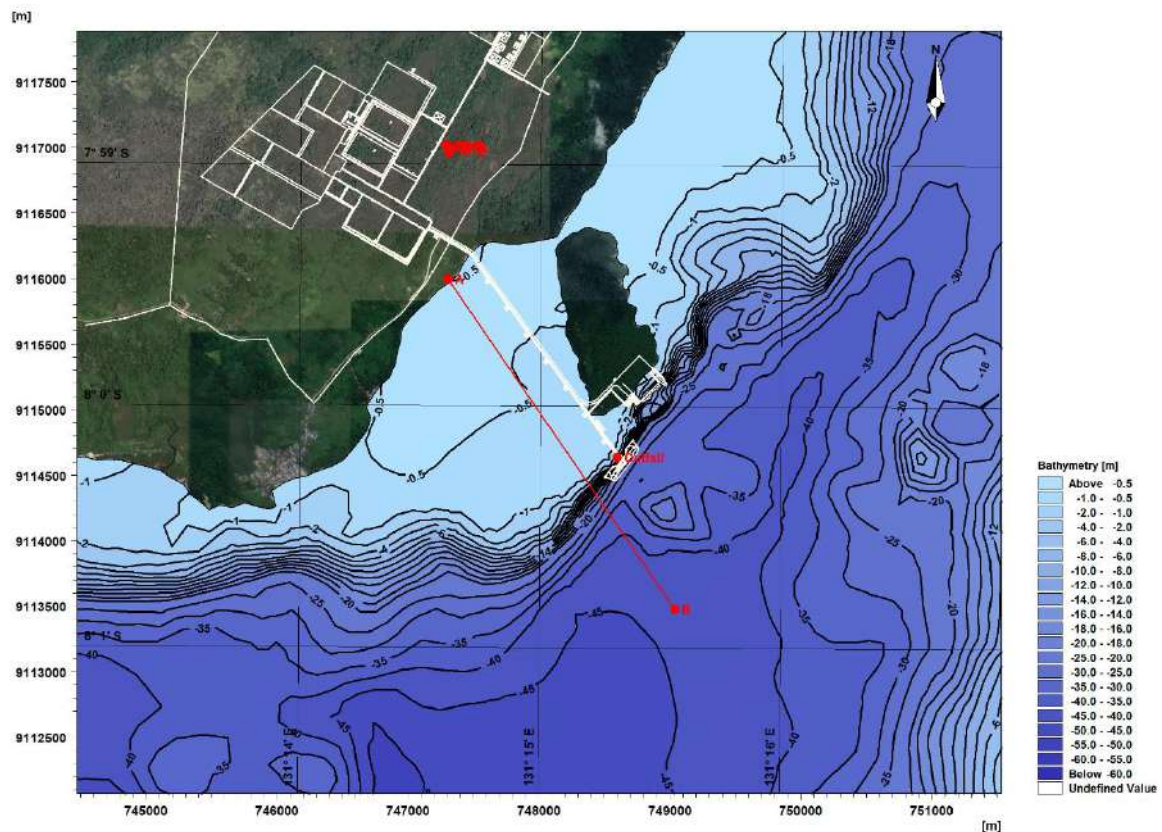
3.1.7.1 Batimetri

Dasar Laut Arafura dan Laut Timor merupakan pertemuan lempeng Euroasia, Australia dan lempeng Pasifik sehingga kedalaman laut di lokasi tersebut cukup dalam ($>1,500 \text{ m}$). Di sisi Australia, kedalaman lautnya dangkal ($<200 \text{ m}$). Secara umum lokasi kegiatan dapat dibagi menjadi dua, pertama adalah kegiatan untuk mendukung kegiatan utama eksploitasi gas dan proses pengolahannya ada di pantai sisi barat Teluk Saumlaki, sedangkan fasilitas dan kegiatan utama eksplorasi dan eksploitasi gas berada di lepas pantai antara Benua Australia dan Pulau Yamdena.

A. Kondisi Batimetri di Perairan Pantai (onshore)

Karakteristik kedalaman sekitar lokasi studi (OLNG) diperlihatkan dalam Gambar III-61 dan **Gambar III-62**. Kedua gambar tersebut masing-masing adalah kontur kedalaman (*isodepth*) dengan satuan

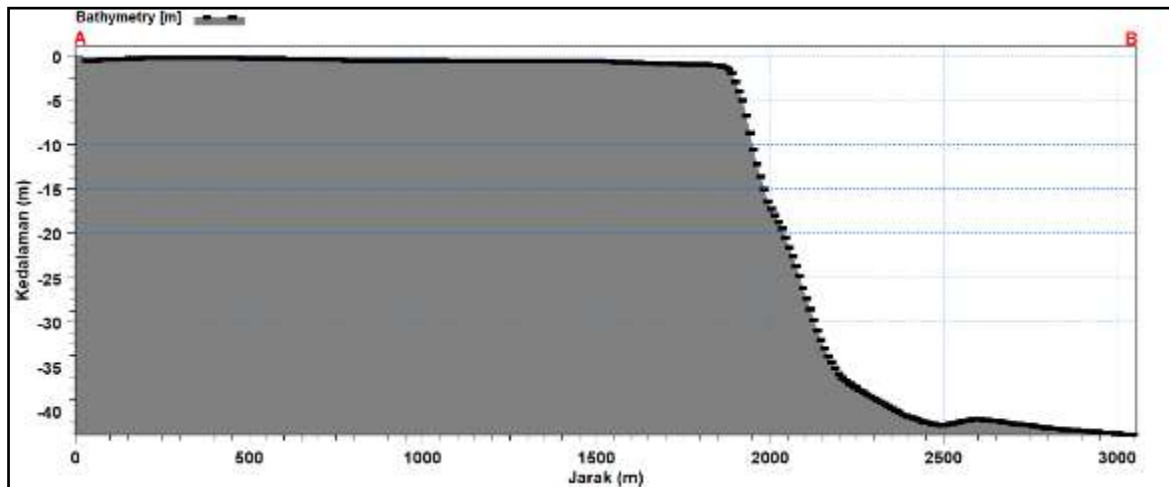
meter dalam bentuk dua dimensi dan profil melintang kedalaman (*cross section*) tegak lurus terhadap garis pantai ke arah tenggara (A-B). Pada profil gambar dua dimensi terbaca skala warna yang menunjukkan gradien kedalaman laut, mulai dari biru terang hingga biru gelap, biru terang menunjukkan perairan dangkal dan biru gelap menandakan bagian dari perairan yang lebih dalam. Kedalaman lingkungan perairan sekitar lokasi studi cukup bervariasi, di mana di sekitar wilayah kajian kedalaman mencapai 40-45 m, sementara di sekitar titik rencana pembuangan limbah (*outfall*) berkisar 4-6 m.



Gambar III-61 Karakteristik kedalaman sekitar lokasi studi

Profil melintang (*cross section*) kedalaman merupakan perubahan nilai kedalaman terhadap perubahan jarak. Berdasarkan **Gambar III-62** terlihat perubahan kedalaman terhadap perubahan jarak ke laut lepas tergolong lambat, di mana pada jarak 1000 m ke arah laut lepas kedalaman yang terlihat tidak lebih dari 0,5 m, selanjutnya pada jarak 1800 m kedalaman baru meningkat hingga 1 m. Kedalaman mulai meningkat drastis ketika mencapai jarak 1900 m dari pantai, di mana kedalaman pada jarak 1900 m dan 1950 m masing-masing mencapai 3 m dan 10 m, selanjutnya pada jarak 2000 m kedalaman yang terlihat meningkat hingga 17 m. Pada jarak 3000 m kedalaman yang terlihat sudah mencapai 42 m. Dalam morfologi pantai, perubahan kedalaman yang relatif kecil terhadap perubahan jarak ke arah laut lepas ini dikatakan sebagai pantai yang landai, sebaliknya dikatakan terjal apabila perubahan kedalaman relatif cepat. Secara kuantitatif kemiringan pantai dapat dihitung dengan cara mencari sudut perbandingan antara nilai kedalaman dengan perubahan jarak. Rata-rata hasil perhitungan kemiringan pantai di lokasi studi pada jarak 0-1900 m tergolong kecil yakni 0,05 °, sedangkan pada jarak lebih besar dari 1900 m sebesar 7.8°. Berdasarkan kriteria

yang dikemukakan oleh van Zuidam (1985) bahwa kemiringan pantai di bawah 2° merupakan pantai tergolong datar, sementara pada sudut kemiringan antara $4-8^\circ$ merupakan pantai yang terjal.



Gambar III-62 Profil melintang (*cross section*) kedalaman dari pantai ke arah tenggara (A-B)

Kedalaman laut dari dua lokasi OLNG dan FPSO termasuk SURF sangat berbeda. Di daerah operasi kegiatan OLNG kedalaman perairan <100 m, semakin ke arah luar teluk kedalaman bertambah dalam hingga lebih besar dari 100 m di tengah-tengah mulut Teluk Saumlaki). Keluar teluk kedalaman laut semakin dalam hingga bertemu *slope* di bagian tenggara dari teluk.

B. Kondisi Batimetri di Perairan Lepas Pantai (Offshore) dan Blok Masela

Kegiatan SURF terutama lokasi *drilling centre* berada di wilayah studi *offshore* dengan kedalaman 575-650 m. Sedangkan kegiatan GEP, penggelaran pipa dengan pangkal di lokasi FPSO berada di area kedalaman > 750 m, Pipa yang ditempatkan di sebelah tenggara Pulau Selaru berada di kedalaman sekitar 1.500. Area ujung pipa sampai ke daerah perairan Saumlaki area OLNG berada pada kedalaman <250 .

Karakteristik kedalaman sekitar lokasi FPSO diperlihatkan dalam Gambar III-63, di mana kedalaman perairan digambarkan dalam kontur kedalaman dalam satuan meter. Pada gambar tersebut terbaca skala warna yang menunjukkan gradien kedalaman laut mulai dari biru terang hingga biru gelap, biru terang menunjukkan perairan dangkal dan biru gelap menandakan bagian dari perairan yang lebih dalam. Kedalaman lingkungan perairan sekitar lokasi studi cukup bervariasi, dimana di sekitar wilayah kajian kedalaman mencapai 500-1000 m.