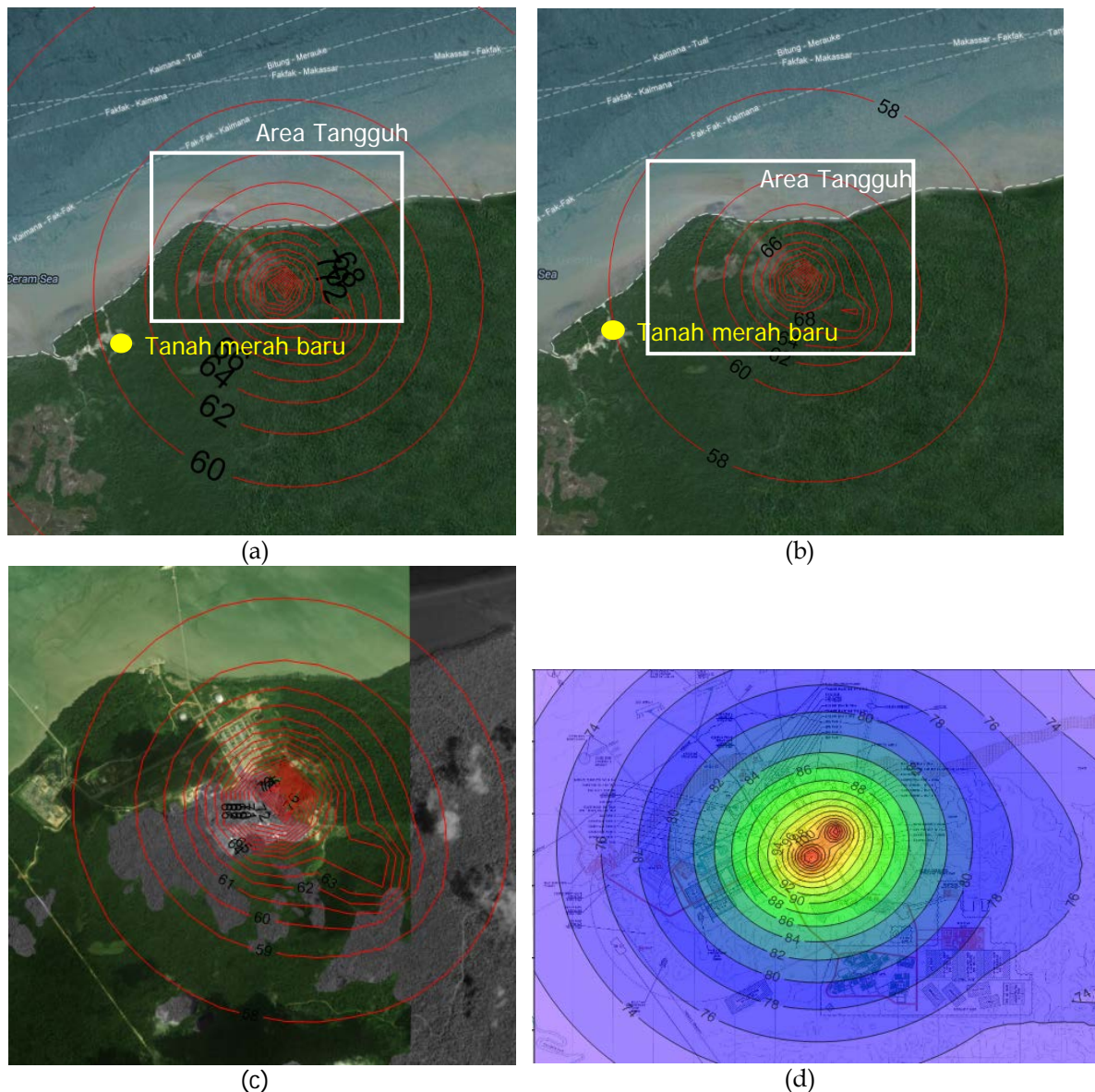


Gambar 4.10 Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester II tahun 2017. (a) Kontur kebisingan area di sekitar Tangguh LNG yang mengalami paparan kebisingan di atas 55 dBA dengan jumlah peralatan 100% dari keseluruhan, (b) Kontur kebisingan area di sekitar Tangguh LNG yang mengalami paparan kebisingan di atas 55 dBA dengan jumlah peralatan 50% dari keseluruhan, (c) Kontur kebisingan area di sekitar Tangguh LNG yang mengalami paparan kebisingan di atas 55 dBA dengan jumlah peralatan 25% dari keseluruhan, (d) Paparan kebisingan di area Tangguh LNG.

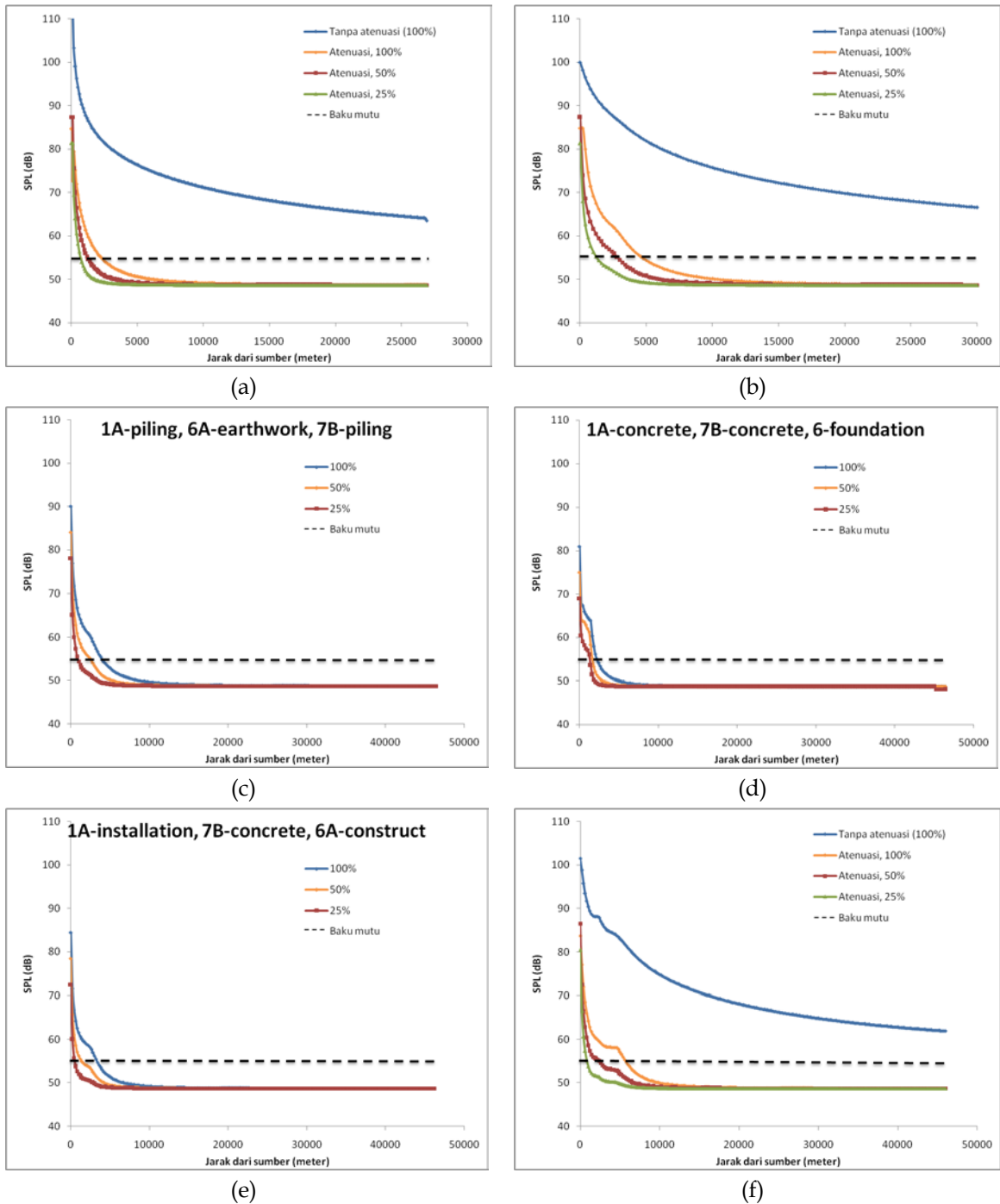
Pada pemodelan skenario semester II tahun 2017, tingkat kebisingan yang diterima di daerah Tanah Merah Baru sekitar 59 dB. Penggunaan peralatan sebesar 50% dari total seluruh peralatan, menurunkan tingkat kebisingan di daerah Tanah Merah Baru hingga sekitar 58 dB. Jika peralatan yang digunakan hanya 25% dari keseluruhan peralatan yang digunakan, tingkat kebisingan di daerah Tanah Merah Baru kurang dari 58 dB. Sedangkan di area Tangguh LNG, tingkat kebisingan yang diterima lebih dari 74 dB.



Gambar 4.11 Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario tahun 2018. (a) Kontur kebisingan area di sekitar Tangguh LNG yang mengalami paparan kebisingan di atas 55 dBA dengan jumlah peralatan 100% dari keseluruhan, (b) Kontur kebisingan area di sekitar Tangguh LNG yang mengalami paparan kebisingan di atas 55 dBA dengan jumlah peralatan 50% dari keseluruhan, (c) Kontur kebisingan area di sekitar Tangguh LNG yang mengalami paparan kebisingan di atas 55 dBA dengan jumlah peralatan 25% dari keseluruhan, (d) Paparan kebisingan di area Tangguh LNG.

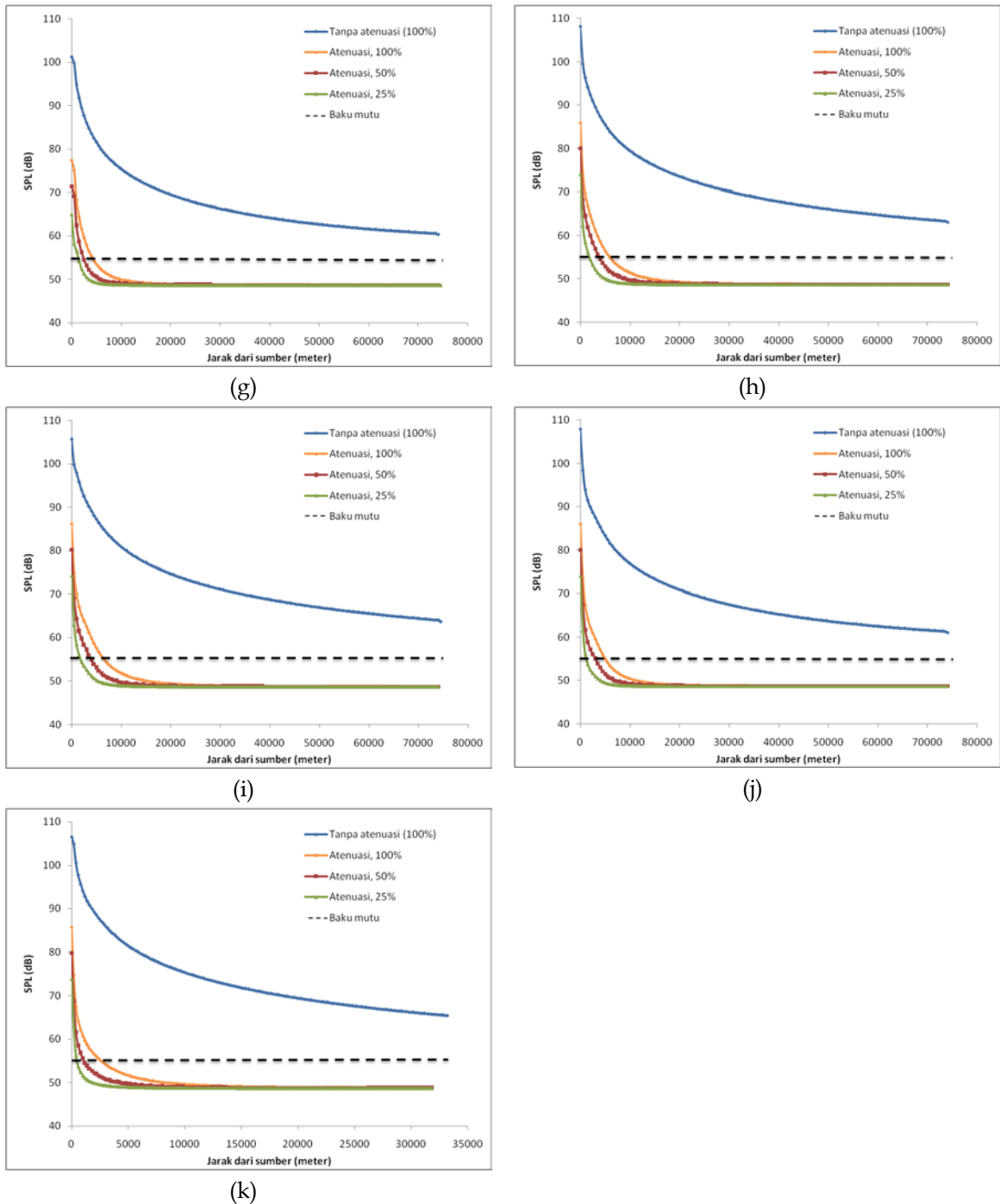
Pada pemodelan skenario tahun 2018, tingkat kebisingan yang diterima di daerah Tanah Merah Baru sekitar 60 dB. Penggunaan peralatan sebesar 50% dari total seluruh peralatan, menurunkan tingkat kebisingan di daerah Tanah Merah Baru hingga sekitar 58 dB. Jika peralatan yang digunakan hanya 25% dari keseluruhan peralatan yang digunakan, tingkat kebisingan di daerah Tanah Merah Baru kurang dari 58 dB. Sedangkan di area Tangguh LNG, tingkat kebisingan yang diterima lebih dari 72 dB.

Penurunan tingkat tekanan suara terhadap jarak dari sumber kebisingan



Gambar 4.12 Grafik penurunan tingkat tekanan suara terhadap jarak dari sumber kebisingan untuk

(a) skenario 2014, (b) skenario semester I tahun 2015 semua kegiatan bersamaan, (c) skenario semester I tahun 2015 kegiatan piling di area 1A, earthwork di area 6A, piling di area 7B, (d) skenario semester I tahun 2015 kegiatan concrete di area 1A, foundation di area 6A, concrete di area 7B, (e) skenario semester I tahun 2015 kegiatan installation di area 1A, construct di area 6A, concrete di area 7B, (f) skenario semester II tahun 2015, (g) skenario semester I tahun 2016, (h) skenario semester II tahun 2016, (i) skenario semester I tahun 2017, (j) skenario semester II tahun 2017, dan (k) skenario semester I tahun 2018.



Gambar 4.12 Grafik penurunan tingkat tekanan suara terhadap jarak dari sumber kebisingan untuk

(a) skenario 2014, (b) skenario semester I tahun 2015 semua kegiatan bersamaan, (c) skenario semester I tahun 2015 kegiatan piling di area 1A, earthwork di area 6A, piling di area 7B, (d) skenario semester I tahun 2015 kegiatan concrete di area 1A, foundation di area 6A, concrete di area 7B, (e) skenario semester I tahun 2015 kegiatan installation di area 1A, construct di area 6A, concrete di area 7B, (f) skenario semester II tahun 2015, (g) skenario semester I tahun 2016, (h) skenario semester II tahun 2016, (i) skenario semester I tahun 2017, (j) skenario semester II tahun 2017, dan (k) skenario semester I tahun 2018. (lanjutan)

Untuk skenario tahun 2014, dengan penggunaan 100% peralatan, baku mutu kebisingan dicapai pada jarak sekitar 3,000 meter (3 km) dari sumber. Untuk skenario semester I tahun 2015, dengan penggunaan 100% peralatan serta bila seluruh kegiatan dilakukan secara bersamaan menghasilkan baku mutu kebisingan yang dicapai pada jarak sekitar 5,000 meter (5 km) dari sumber. Bila kegiatan yang dilakukan hanya piling di area 1A, *earthwork* di area 6A, dan piling di area 7B, bakumutu dicapai pada jarak sekitar 4,000 meter (4 km). Bila kegiatan yang dilakukan hanya *concrete* di area 1A, *foundation* di area 6A, *concrete* di area 7B, baku mutu dicapai pada jarak sekitar 2,200 meter (2.2 km). Sedangkan bila kegiatan yang dilakukan hanya *installation* di area 1A, *construct* di area 6A, *concrete* di area 7B, bakumutu dicapai pada jarak sekitar 3,400 meter (3.5 km).

Sedangkan untuk skenario semester I tahun 2016, dengan penggunaan 100% peralatan, baku mutu kebisingan dicapai pada jarak sekitar 4,500 meter (4.5 km) dari sumber. Untuk skenario semester II tahun 2016 dengan aktivitas yang melibatkan lebih banyak peralatan berat, penggunaan 100% peralatan menghasilkan baku mutu kebisingan yang dicapai pada jarak sekitar 6,000 meter (6 km) dari sumber.

Pada skenario semester I tahun 2017, penggunaan 100% peralatan menyebabkan baku mutu kebisingan dicapai pada jarak sekitar 7.800 meter (7 km) dari sumber. Sedangkan simulasi skenario semester II tahun 2017, penggunaan 100% peralatan menghasilkan baku mutu kebisingan dicapai pada jarak sekitar 5.000 meter (5 km) dari sumber.

Pada skenario tahun 2018, aktivitas konstruksi berkurang, sehingga dengan penggunaan 100% peralatan baku mutu kebisingan dapat dicapai pada jarak sekitar 2.600 meter (2.6 km) dari sumber.

Berdasarkan hasil pemodelan prakiraan dampak, dapat dilihat bahwa kegiatan pembukaan lahan dan konstruksi kilang Tangguh LNG memiliki dampak yang tidak terlalu signifikan terhadap kenaikan tingkat bising di area sekitar Tangguh LNG, termasuk area hutan.

Kebisingan memiliki dampak signifikan pada satwa liar, yang sangat bergantung pada sinyal pendengaran untuk dapat bertahan hidup. Peningkatan tingkat tekanan suara ambient dapat mengganggu atau menutupi sinyal komunikasi yang digunakan dalam perkawinan atau kelangsungan hidup, yang berakibat mempengaruhi aktivitas kawin, distribusi populasi, serta deteksi predator atau pemangsa.

Pada serangga seperti kumbang, capung, dan kepik, spektrum frekuensi yang dapat mengganggu adalah spektrum frekuensi *inaudible*, yaitu frekuensi lebih tinggi dari 20 MHz. Oleh karena itu, dampak kebisingan konstruksi tidak terlalu berpengaruh pada serangga. Satwa liar yang paling terkena dampak adalah burung, karena sensitivitas burung terhadap kenaikan tingkat kebisingan relatif tinggi.

Potensi dampak kebisingan terhadap satwa liar meliputi kerusakan pendengaran, perubahan fisiologis, dan perubahan perilaku. Dampak ini dibagi lagi kedalam dampak primer dan sekunder. Dampak primer adalah dampak fisik secara langsung ke hewan. Dampak sekunder adalah perubahan secara tidak langsung yang terjadi antara hewan dan lingkungannya. Dampak kebisingan terhadap satwa liar dapat dilihat pada Tabel 4.

Dampak pendengaran berhubungan dengan tingkat kebisingan yang sangat tinggi. Dampak ini akan menyebabkan gangguan pendengaran atau pergeseran ambang batas pendengaran, yaitu menurunnya sensitivitas telinga seperti gangguan pendengaran parsial. Pergeseran ambang batas pendengaran memiliki potensi mengganggu komunikasi serta mengurangi kemampuan hewan.

Dampak fisiologis, seperti perubahan metabolik dan hormonal, sering dikaitkan dengan stres. Tingkat stres pada satwa liar umumnya sulit untuk diukur. Untuk satwa liar, reaksi stres adalah bagian dari kelangsungan hidup dan kejadian rutin.

Perubahan pola perilaku merupakan dampak kebisingan yang paling signifikan pada satwa liar. Ketika kebisingan menjadi intrusi pada habitat satwa, dampak yang terjadi dapat berupa perubahan lokasi habitat dan pola migrasi, serta perilaku abnormal yang dapat menyebabkan kesulitan dalam perkawinan dan kelangsungan hidup.

Tabel 4.1 Dampak kebisingan terhadap satwa liar (Ref: Air and Noise Compliance, 2012. Effects of Noise on Animals)

Jenis Dampak	Dampak Primer	Dampak Sekunder
Auditory (pendengaran)	Gangguan pendengaran	Perubahan hubungan antara predator dan umpan
	Pergeseran ambang batas pendengaran	Interferensi dalam perkawinan
		Penurunan dalam berbagai fungsi
Fisiologis	Stress	Penurunan kapasitas reproduksi
	Perubahan metabolisme	Penurunan imunitas
	Perubahan hormonal	Penurunan dalam berbagai fungsi
Perilaku	<i>Signal masking</i>	Perubahan hubungan antara predator dan umpan
	<i>Avoidance Behavior</i>	Penurunan jumlah populasi
		Migrasi dan hilangnya habitat
		Interferensi dalam perkawinan

5 Kesimpulan

BP Berau Ltd. akan meningkatkan produksi dari lapangan Tangguh LNG yang terdapat di daerah Teluk Bintuni Papua Barat. Peningkatan produksi dilakukan dengan menambah dua fasilitas pengolahan gas tambahan (kilang 3 dan kilang 4) serta membangun unit-unit baru yang terkait dengan kegiatan tersebut. Pada tahap konstruksi, peralatan-peralatan berat yang digunakan akan menjadi sumber kebisingan baru di area Tangguh LNG. Karena emisi kebisingan akan berlangsung terus menerus selama masa konstruksi Tangguh LNG, maka dilakukan pemodelan sebaran kebisingan dengan tujuan untuk memprediksi sebaran kebisingan yang diakibatkan oleh kegiatan konstruksi di Tangguh LNG. Pemodelan dilakukan dengan piranti lunak MATLAB® yang didasarkan pada ISO 9613 mengenai Atenuasi Suara pada Propagasi di Luar Ruangan (*Attenuation of Sound during Propagation Outdoors*).

Hasil pemodelan sebaran kebisingan menunjukkan, untuk skenario tahun 2014, dengan penggunaan 100% peralatan baku mutu kebisingan dicapai pada jarak sekitar 3,000 meter (3 km) dari sumber. Untuk skenario semester I tahun 2015, dengan penggunaan 100% peralatan serta bila seluruh kegiatan dilakukan secara bersamaan menghasilkan baku mutu kebisingan dicapai pada jarak sekitar 5,000 meter (5 km) dari sumber. Bila kegiatan yang dilakukan hanya *piling* di area 1A, *earthwork* di area 6A, dan *piling* di area 7B, baku mutu dicapai pada jarak sekitar 4,000 meter (4 km). Bila kegiatan yang dilakukan hanya *concrete* di area 1A, *foundation* di area 6A, *concrete* di area 7B, baku mutu dicapai pada jarak sekitar 2,200 meter (2.2 km). Sedangkan bila kegiatan yang dilakukan hanya *installation* di area 1A, *construct* di area 6A, *concrete* di area 7B, baku mutu dicapai pada jarak sekitar 3,400 meter (3.5 km).

Sedangkan untuk skenario semester I tahun 2016, dengan penggunaan 100% peralatan, baku mutu kebisingan dicapai pada jarak sekitar 4.500 meter (4,5 km) dari sumber. Untuk skenario semester II tahun 2016 dengan aktivitas yang melibatkan lebih banyak peralatan berat, penggunaan 100% peralatan menghasilkan baku mutu kebisingan dicapai pada jarak sekitar 6.000 meter (6 km) dari sumber. Pada skenario semester I tahun 2017, penggunaan 100% peralatan menyebabkan baku mutu kebisingan dicapai pada jarak sekitar 7.800 meter (7 km) dari sumber. Sedangkan simulasi skenario semester II tahun 2017, penggunaan 100% peralatan menghasilkan baku mutu kebisingan dicapai pada jarak sekitar 5.000 meter (5 km) dari sumber. Sedangkan pada skenario tahun 2018, dengan penggunaan 100% peralatan baku mutu kebisingan dapat dicapai pada jarak sekitar 2.600 meter (2.6 km) dari sumber.

Secara keseluruhan, hasil pemodelan prakiraan dampak menunjukkan bahwa kegiatan pembukaan lahan dan konstruksi kilang Tangguh LNG memiliki dampak yang tidak terlalu signifikan terhadap kenaikan tingkat bising di area sekitar Tangguh LNG, termasuk area hutan. Meskipun pada beberapa skenario pemodelan, tingkat kebisingan di daerah pemukiman Tanah Merah Baru sedikit di atas baku mutu kebisingan.

Referensi

Albert, DG. 2004. *Past Research on Sound Propagation Through Forest*. US Army Engineer Research and Engineering Laboratory. New Hampshire.

Air and Noise Compliance, 2012. *Effects of Noise on Animals*. [Online] Available at: <http://www.airandnoise.com/Animals.html> [Accessed 08 11 2012].

Dufour. 1980. *Effects of Noise on Wildlife and Other Animals: Review of Research since 1971*. United States Environmental Protection Agency. Washington DC.

ISO 9613. 1996. *Attenuation of Sound during Propagation Outdoors*. First Edition.

Lampiran IV.5

Pemodelan Air Tanah

DATE 16 April 2014

REFERENCE No. 138716004-016-TM-Rev2 ES

TO Rustam Effendi
BP Berau Ltd

CC

FROM Budi Satriyo
Geoff Perryman

EMAIL bsatriyo@golder.co.id
gperryman@golder.co.id

**TANGGUH EXPANSION PROJECT – GROUNDWATER STUDY
PRELIMINARY ANALYSIS OF SUBSIDENCE DUE TO GROUNDWATER ABSTRACTION**

EXECUTIVE SUMMARY (ENGLISH)

Golder has conducted a preliminary settlement analysis to estimate potential ground subsidence due to proposed groundwater abstraction from 4 proposed production wells at the Tangguh LNG facility site. The subsidence calculation was based on the conceptual groundwater model developed and corresponding drawdown results from the interim groundwater modelling for the Tangguh Expansion Project Groundwater Study. The subsidence was calculated at selected locations including the proposed wells along Tangguh LNG facility boundary. Drawdown data from the upper and lower aquifers within the Steenkool Formation was taken into account in the subsidence calculation. The drawdown causes compression in the affected aquifers and aquitards due to decreased pore water pressures and corresponding increase in effective stresses in the soil layers. It was assumed that the compression in the aquifers occurs concurrently with the drawdown, whilst compression the low permeability aquitards is a time dependent process which depends on the degree of consolidation. A site plan depicting contours of predicted subsidence within Tangguh LNG facility property boundary was produced by interpolating subsidence at the selected locations. Plots of subsidence over time at selected points including at the proposed wells and along the Tangguh LNG facility boundary were also derived from consolidation settlement analysis in the subsidence calculation.

The estimated subsidence after 29 years (end of operation) along the Tangguh LNG facility property boundary ranges from 1.2 cm to 2.8 cm and up to 4.0 cm locally at PW3 near the western boundary where a subsidence monitoring station is proposed. The maximum calculated subsidence was 4.3 cm coinciding with Production Wells PW-1 and PW-2. The estimated subsidence during the operation of the wells (29 years) is therefore less than the adopted mitigation trigger of 5 cm for the Tangguh LNG facility boundary. About 30% of the subsidence occurs during the 4 year construction period, whilst the average degree of consolidation taking into account all the affected aquitards is around 90% at the end of operations and pumping (29 years). It is anticipated that on closure (29 years) that groundwater abstraction will cease, hence pore pressures should increase and cause a reduction in effective stress in the ground which will result in partial rebound.



EXECUTIVE SUMMARY (BAHASA INDONESIA)

Golder melakukan perhitungan amblasan sebagai akibat dari rencana pemanfaatan air tanah Tangguh LNG dari 4 sumur produksi. Perhitungan amblasan dilakukan berdasarkan pemodelan air tanah konseptual yang dilakukan untuk Studi Air Tanah Proyek Pengembangan Tangguh LNG dan penurunan muka air tanah hasil dari pemodelan tersebut. Data penurunan muka air tanah dari akuifer-akuifer atas dan bawah dalam Formasi Steenkool hasil pemodelan menjadi dasar dalam perhitungan amblasan. Penurunan muka air tanah menyebabkan pemampatan pada akuifer-akuifer dan akuitar-akuitar yang dipengaruhi oleh pemanfaatan air tanah akibat dari penurunan tekanan air pori tanah dan kenaikan tegangan efektif. Perhitungan amblasan mengikuti asumsi diamal bahwa pemampatan pada akuifer-akuifer terjadi bersamaan dengan penurunan muka air tanah, sementara merupakan proses yang bergantung pada waktu berdasarkan derajat konsolidasi di akuitar-akuitar. Denah rencana yang memperlihatkan kontur amblasan di dalam wilayah atas pagar Tangguh LNG dibuat berdasarkan dari hasil interpolasi amblasan pada titik-titik yang telah kami tentukan. Perkiraan amblasan terhadap waktu yang disajikan dalam bentuk plot pada titik-titik tertentu sepanjang atas pagar Tangguh LNG dan pada lokasi-lokasi sumur produksi dibuat berdasarkan perhitungan pemampatan akibat konsolidasi pada perhitungan amblasan.

Perkiraan amblasan yang terjadi setelah masa pemanfaatan air selama 29 tahun sepanjang atas pagar Tangguh LNG berkisar antara 1,2 cm sampai 2,8 cm dan bisa sampai 4,0 cm pada lokasi sumur PW3 dekat atas pagar bagian barat yang disarankan dipasang alat pemantauan amblasan. Amblasan maksimum hasil perhitungan adalah 4,3 cm yang berada pada lokasi sumur PW-1 dan PW-2. Dengan demikian, perkiraan amblasan yang terjadi selama masa pemanfaatan air (29 tahun) di wilayah atas pagar Tangguh LNG lebih kecil dari 5 cm yang merupakan atas amblasan yang memerlukan mitigasi. Sekitar 30% dari amblasan terjadi selama masa konstruksi sumur-sumur (4 tahun) dengan derajat konsolidasi rata-rata mempertimbangkan semua akuitar yang terkena dampak pemanfaatan air tanah adalah sekitar 90% setelah akhir pemanfaatan air tanah (29 tahun). Pada akhir pemanfaatan air tanah, tekanan air pori akan bertambah yang mengakibatkan berkurangnya tegangan efektif tanah sehingga amblasan diperkirakan akan berkurang sebagian.

MEMORANDUM TEKNIS

TANGGAL	16 April 2014	No. REFERENSI	138716004-013-TM-Rev4
KEPADA	Rustam Effendi BP Berau Ltd		
SALINAN	Hendro Sasongko BP Berau Ltd		
DARI	Craig Wicenciak Geoff Perryman	EMAIL	cwicenciak@golder.co.id gperryman@golder.co.id

PETA ZONA KONSERVASI AIR TANAH UNTUK FASILITAS TANGGUH LNG, PROVINSI PAPUA BARAT

1.0 LATAR BELAKANG

1.1 Pendahuluan

Fasilitas Tangguh LNG terletak di Teluk Bintuni dan Teluk Berau pada bagian “Kepala Burung” Papua Barat, Indonesia, sekitar 3.000 kilometer timur laut Jakarta. Seperti yang terlihat pada **Gambar 1** fasilitas tersebut terletak di daerah terpencil dengan infrastruktur dan dukungan logistik yang minimal. Tata letak dari fasilitas Tangguh LNG yang ada diperlihatkan pada **Gambar 2**.

Tangguh LNG sedang mengembangkan fasilitas gas lepas pantai (*off-shore*) dan fasilitas darat (*on-shore*). Pengembangan yang diusulkan termasuk pembangunan dua Kilang LNG baru (yaitu Kilang LNG 3 dan Kilang LNG 4 di area Tangguh LNG), terkait dengan pembangunan fasilitas *on-shore*, sebuah dermaga gabungan LNG-Kondensat (Dermaga LNG 2) dan *Bulk Offloading Facility* (BOF) akan dibangun, serta pengembangan lapangan gas ROA dan WDA, bersama dengan perpipaan transmisi terkait.

Sebagai bagian dari pengembangannya, Tangguh LNG sedang merencanakan penggunaan air tanah untuk menggantikan atau sebagai tambahan dari sistem desalinasi yang telah ada serta telah melakukan penyelidikan pada potensi *sustainable yield* dari akuifer dalam di bawah kedalaman 150 meter pada lokasi proyek tersebut. Kebutuhan air operasional terbesar untuk semua fasilitas yang sudah ada dan Kilang LNG yang sedang direncanakan di fasilitas Tangguh LNG diperkirakan sekitar 4.320 m³/hari (50 L/detik), dengan kebutuhan puncak saat konstruksi adalah 8.500 m³/hari (95 L/detik) selama kira-kira 100 hari. Fasilitas Tangguh LNG diharapkan memiliki umur operasional selama 25 tahun.

Penggunaan air tanah sebelumnya tidak dimasukkan ke dalam Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL, 2002), sehingga air tanah tidak dapat digunakan pada proyek dan operasi Tangguh LNG sebelumnya. Oleh karena itu, untuk memfasilitasi penggunaan air tanah di masa mendatang, opsi penggunaan air tanah telah dimasukkan dalam AMDAL Proyek Pengembangan Tangguh LNG.

Kementerian Lingkungan Hidup telah meminta untuk memasukkan peta Zona Konservasi Air tanah (ZKAT) dalam AMDAL Proyek Pengembangan Tangguh LNG. Peta ZKAT dipersiapkan berdasarkan deskripsi yang tercantum pada Peraturan Pemerintah No. 48 tahun 2008 tentang Air tanah, dan sesuai lingkup kerja kontrak terbatas pada batas properti Fasilitas Tangguh LNG.

Fasilitas Tangguh LNG termasuk ke dalam cekungan air tanah Kanoka-Babo menurut Kepres No. 26 tahun 2011. Cekungan tersebut mencakup tiga Kabupaten, yaitu Fakfak, Teluk Bintuni dan Teluk Wondamae Bintuni dan memiliki area seluas 16.870 km².

Memorandum Teknis ini berisi tentang Peta ZKAT yang dipersiapkan untuk Fasilitas Tangguh LNG. Selain itu, juga mendeskripsikan masukan informasi dalam pembuatan Peta ZKAT untuk akuifer pada dan di bawah fasilitas serta

termasuk Model Konseptual Air tanah untuk properti dan sekitarnya yang mana digunakan dalam pembuatan Peta ZKAT.

Dipahami bahwa Peta ZKAT yang disajikan dalam Memorandum Teknis ini diharapkan dapat memberikan masukan awal untuk pengembangan Peta ZKAT untuk cekungan air tanah Kanoka-Babo oleh Pemerintah Daerah Teluk Bintuni, dan kemungkinan juga oleh Pemerintah Daerah Fak Fak dan Teluk Wondamae Bintuni.

1.2 Pelaksanaan Proyek

Pekerjaan yang dideskripsikan dalam Memorandum Teknis ini telah sesuai dengan ketentuan yang ada dalam Kontrak No. 4420000665 (Kontrak) antara BP Berau Ltd dengan Konsorsium Perusahaan Golder Associates (Golder) yaitu PT. Geotechnical and Environmental Services Indonesia (GESI) dan Golder Associates Pty Ltd (GAP).

Secara spesifik Peta ZKAT ini berhubungan dengan tugas yang dideskripsikan dalam Struktur Perincian Kerja (SPK) 9 tentang Pemetaan Zona Konservasi Air Tanah pada Kontrak, yang mana informasi dalam Memorandum Teknis ini memenuhi bagian komponen laporan untuk dimasukkan dalam Laporan Awal sebagaimana disinggung dalam SPK 10 pada Kontrak.

1.3 Referensi Kedalaman yang Digunakan Dalam Memorandum Teknis ini

Seluruh kedalaman yang digunakan dalam Memorandum Teknis ini merujuk kepada muka tanah (yaitu: m bawah muka tanah – m bmt). Dapat dipahami bahwa di masa lalu, akuifer-akuifer pada Formasi *Steenkool* bagian Atas, baik di bawah Fasilitas Tangguh LNG maupun di bawah Kampung Saengga atau Tanah Merah Baru memakai 'bawah muka tanah' sebagai dasar pengukuran kedalaman, maka dari itu dokumen ini pun memakai sistem yang sama untuk konsistensi.

2.0 SUMBER INFORMASI UNTUK PETA ZKAT DAN MODEL KONSEPTUAL HIDROGEOLOGI

Peta ZKAT dan model konseptual hidrogeologi dalam Memorandum Teknis ini telah dikembangkan dengan menggunakan sejumlah sumber data termasuk:

- Peta Geologi dan Hidrogeologi resmi serta referensi-referensi untuk wilayah Bintuni dan wilayah “Kepala Burung” yang lebih luas di Provinsi Papua Barat;
- Diskusi dengan Pakar Hidrogeologi dan Staf Senior dari Pusat Survei Geologi Indonesia tentang karakteristik air tanah maupun sumber-sumber informasi untuk area Teluk Bintuni dan cekungan air tanah Kanoka-Babo yang lebih luas;
- Laporan terdahulu mengenai kondisi geologi, hidrogeologi dan hidrologi di Fasilitas Tangguh LNG dan sekitarnya;
- Laporan terdahulu tentang pemodelan numerik dari abstraksi air tanah yang diprediksi dari sistem akuifer di bawah Fasilitas Tangguh LNG;
- Kualitas air tanah dan data muka air tanah dari setiap sumur pantau di sekeliling tempat pembuangan sampah organik, *inert landfill*, *landfill* limbah organik, maupun *inert landfill* dan *landfill* limbah organik yang baru di Fasilitas Tangguh LNG;
- Data salinitas air tanah dari beberapa sumur eksplorasi minyak dan gas dari Formasi *Steenkool*, Formasi Kais dan Formasi Faumai pada kedalaman sampai dengan 300 m;
- Salinan dari profil refleksi seismik dari 3 bagian yang melewati Fasilitas Tangguh LNG;
- Peta topografi dan drainase;
- Lokasi dari sumur eksplorasi gas dan sumur produksi terdahulu yang telah dibuat Tangguh LNG dan perusahaan lain, termasuk pemboran di dalam dan di sekitar properti Tangguh LNG yang baru dilaksanakan oleh Genting Oil;
- Lokasi penyelidikan/profil seismik tambahan di dalam dan di sekitar properti fasilitas Tangguh LNG yang mungkin dapat memperbaharui Peta ZKAT di masa depan; dan
- Foto udara dan citra satelit terdahulu untuk Fasilitas Tangguh LNG dan sekitarnya.

Informasi selengkapnya tentang sumber data/informasi, ketersediaan data dan relevansinya terhadap pengembangan Peta ZKAT untuk Fasilitas Tangguh LNG disampaikan dalam **Lampiran A**.

3.0 MODEL KONSEPTUAL HIDROGEOLOGI

Suatu model konseptual hidrogeologi dari sistem air tanah di bawah daerah penelitian dan juga tentunya untuk daerah yang lebih luas yaitu sub-cekungan air tanah dimana Fasilitas Tangguh LNG berada, telah dipersiapkan sebelum pembuatan Peta ZKAT. Tujuan utama dari model konseptual ini adalah untuk:

- Mengetahui karakteristik dari tata geologi daerah penelitian dan sub-cekungan air tanah yang lebih luas;
- Mengidentifikasi aspek geologi yang mana dapat mempengaruhi karakteristik aliran air tanah;
- Mengidentifikasi zona akuifer utama;
- Memastikan kemungkinan daerah imbuhan (*recharge*) dan pelepasan (*discharge*) dari zona akuifer utama;
- Memastikan kemungkinan salinitas dari air tanah pada zona akuifer utama di bawah lokasi proyek;
- Mengidentifikasi pemakaian air tanah di Fasilitas Tangguh LNG dan sekitarnya; dan
- Mengidentifikasi daerah air tanah yang mungkin terkena dampak dan/atau daerah pada Fasilitas Tangguh LNG yang mungkin dapat mempengaruhi kualitas air tanah.

Model Konseptual Hidrogeologi yang dibuat untuk Fasilitas Tangguh LNG dan sekitarnya disajikan pada **Lampiran B**. Aspek utama dari Model Konseptual Hidrogeologi meliputi:

- Fasilitas Tangguh LNG terletak di atas beberapa lapisan sistem akuifer yang terdapat pada bagian selatan Cekungan Bintuni dan secara regional pada bagian utara Cekungan Air tanah Kanoka-Babo;
- Cekungan Bintuni terletak pada depresi batuan dasar tersier dalam (*a deep tertiary basement depression*) yang (pada ketebalannya) didominasi oleh akumulasi 4.000 m sedimen yang relatif muda dan pemilahan bervariasi yang dikenal sebagai Formasi *Steenkool*;

Formasi *Steenkool* di bawah Fasilitas Tangguh LNG berdasarkan perkiraan dari lintasan seismik memiliki ketebalan sampai 2.000 m. Profil seismik menunjukkan bahwa tumpukan pembentukan sedimen secara umum terhampar rata hingga kedalaman 500 m, namun demikian ada kemiringan sekitar 2° atau 3° ke arah tenggara seiring bertambahnya kedalaman tumpukan pembentukan sedimen. Berdasarkan penampang seismik di Properti Tangguh LNG dan sekitarnya tidak ada yang merefleksikan keberadaan perlipatan lokal atau regional pada Formasi *Steenkool*.

Salinan dari tiga profil reflesi seismik yang memperlihatkan pendugaan ketebalan dan orientasi struktur dari Formasi *Steenkool*, Kais dan Faumai di bawah Properti Tangguh LNG dan sekitarnya terdapat pada **Gambar 3**. Sebuah diagram yang dipersiapkan oleh Tangguh LNG berupa pendugaan orientasi struktur formasi-formasi ini yang melalui arah utara – selatan di bawah Properti Tangguh LNG dan Teluk Bintuni diperlihatkan pada **Gambar 4**.

- Cekungan air tanah Kanoka-Babo disusun oleh akumulasi sedimen berumur Miosen hingga Kuartar pada bagian selatan dari Cekungan Bintuni, yang lebih dikenal sebagai Formasi *Steenkool*;

Menurut Peta Cekungan Air Tanah Papua lembar No. 11, rata-rata imbuhan (*recharge*) pertahun dari akuifer tidak tertekan di Cekungan Air tanah Kanoka-Babo diperkirakan sekitar 11.267 juta m³ (360.000 L/detik).

Rata-rata imbuhan (*recharge*) pertahun untuk akuifer tertekan diperkirakan sekitar 558 juta m³ (17.700 L/detik).

- Fasilitas Tangguh LNG terletak pada daerah aliran sub-cekungan di bagian ujung utara dari Cekungan Air tanah Kanoka-Babo. Sub-cekungan ini dibatasi oleh Teluk Bintuni di sebelah utara, timur dan barat laut, dan batas tangkapan air permukaan mengarah ke selatan, tenggara dan barat daya. Sub-cekungan tersebut memiliki luas sekitar 750 km² (75.000 ha) di mana Properti Tangguh LNG menempati areal seluas kurang lebih 3.200 ha (32 km²).

Dengan asumsi bahwa curah hujan dan imbuhan (*recharge*) secara relatif sama di setiap bagian dari Cekungan Air tanah Kanoka-Babo, maka imbuhan (*recharge*) pertahun untuk akuifer tidak tertekan di daerah aliran sub-cekungan berkisar 500 juta m² (16.000 L/detik) sedangkan imbuhan (*recharge*) pertahun untuk akuifer tertekan di daerah aliran sub-cekungan berkisar 25 juta m² (800 L/detik).

Lokasi dari Cekungan Air tanah Kanoka-Babo dan sub-cekungan dimana Fasilitas Tangguh LNG berada ditunjukkan pada **Gambar 5**.

- Formasi *Steenkool* berada di atas Formasi Kais dan Faumai. Kedua formasi ini merupakan unit batu gamping yang secara regional termasuk dalam Super Group Batu Gamping Papua New Guinea pembentuk unit batuan dasar dari Cekungan Bintuni dan Cekungan Air Tanah Kanoka-Babo di bawah Fasilitas LNG dan sekitarnya (**Gambar 3 dan 4**).
- Di bawah bagian barat laut Properti Tangguh LNG ada lima subdivisi utama pada 300 m bagian atas dari Formasi *Steenkool*. Dari yang termuda sampai yang tertua:
 - 1) Lapisan dominasi lempung dengan ketebalan antara 10 hingga 60 m;
 - 2) Lapisan dominasi pasir bagian atas dengan ketebalan antara 60 hingga 90 m;
 - 3) Lapisan dominasi lempung dengan ketebalan antara 130 hingga 250 m yang tampaknya menebal ke arah timur;
 - 4) Lapisan dominasi pasir bagian bawah dengan ketebalan antara 30 hingga 70 m yang tampaknya menipis ke arah timur; dan
 - 5) Lapisan dominasi lempung dengan ketebalan yang tidak diketahui.

Rangkaian alluvial yang melapisi dasar lembah di seluruh area dengan litologi dan ketebalan yang bervariasi juga menghampar di bagian batas utara, timur dan sebagian selatan daerah penelitian.

Telah diketahui bahwa profil geologi di bawah bagian sudut barat laut Properti Tangguh LNG hingga kedalaman kira-kira 300 m relatif telah diketahui dari beberapa usaha eksplorasi air tanah di lokasi ini, usaha ini berupa pengeboran eksplorasi, instalasi sumur dan survei geofisika sumur bor dan permukaan. Tata geologi dan hidrogeologi pada kedalaman antara 300 hingga 600 m di bawah Properti Tangguh LNG telah diketahui dari pendugaan lintasan profil refleksi seismik dari properti Tangguh LNG tersebut dan sekitarnya.

- Beberapa sesar telah dipetakan dan diduga berada pada Fasilitas Tangguh LNG. Sebagian besar terletak di bagian barat laut dari Properti Tangguh LNG, yang berorientasi barat laut ke tenggara atau timurlaut ke barat-daya, dan diduga oleh Baynes Geologic (2006) sebagai patahan *strike-slip*.

Lembar Peta Geologi Fak Fak dengan skala 1:250.000 menyatakan ada dua sesar yang berada di sebelah selatan dari Fasilitas Tangguh LNG, yaitu:

- Sesar berarah timur – barat dengan panjang 10 km sekitar 1 km sebelah selatan dari Fasilitas Tangguh LNG; dan
- Sesar berarah barat laut - tenggara dengan panjang 8 km sekitar 10 km sebelah selatan dari Fasilitas Tangguh LNG.

Kedua sesar tersebut dinyatakan sebagai pergeseran kecil, sesar mendatar dengan pergerakan ke kiri, dimana keduanya bukan merupakan penghalang yang signifikan untuk aliran air tanah.

- Ada tiga zona akuifer berlapis yang telah diidentifikasi sampai dengan kedalaman 300 m di bawah Fasilitas Tangguh LNG dan sekitarnya, yaitu:
 - 1) Beberapa akuifer tidak tertekan yang terkait dengan endapan kuartar (*Quaternary deposits*) di kedalaman kurang dari 15 m di sekeliling area, terutama pada lembah dan jalan air di sebelah timur, barat laut dan baratdaya dari daerah penelitian; beberapa sumur gali dangkal masyarakat di Saengga dan Tanah Merah Baru merupakan bagian dari akuifer ini;

- 2) Kumpulan akuifer tertekan yang umumnya terdapat pada kedalaman 30 sampai 150 m: ini adalah akuifer yang diambil untuk sumber air tanah masyarakat di Saengga dan Tanah Merah Baru dan disebut sebagai 'akuifer *Steenkool* bagian atas' (*the 'upper Steenkool aquifers'*) dalam Memorandum Teknis ini, dan
 - 3) Kumpulan dari akuifer tertekan dengan kedalaman antara 200 sampai 300 m: ini adalah akuifer yang dapat diambil dalam setiap sumur pengambilan air tanah produksi yang dipasang di properti Fasilitas Tangguh LNG dan disebut sebagai 'akuifer *Steenkool* bagian dalam' (*the 'lower Steenkool aquifers'*) dalam Memorandum Teknis ini.
- Sebuah penampang yang menunjukkan pendugaan distribusi akuifer dan akuitard pada formasi *Steenkool* di bawah bagian barat laut daerah penelitian disajikan pada **Gambar 6**.

Kedalaman, ketebalan dan kontinuitas akuifer dan akuitard yang diperlihatkan pada **Gambar 6** diperkirakan dari lintasan geolistrik vertikal (*Vertical Electrical Sounding*) yang dilakukan pada bagian ujung barat daya Fasilitas Tangguh LNG oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dilanjutkan dengan kalibrasi kembali kumpulan data geologi dan profil geofisika sumur bor dari '*Slim Hole*' yang digali dekat batas utara dari properti. Lapisan warna kuning dan jingga dari penampang ini masing-masing mewakili lapisan pasir dan lapisan dengan dominasi kerikil dari Formasi *Steenkool*, keduanya membentuk akuifer produktif di daerah penelitian. Lapisan hijau pada potongan ini merupakan lapisan dengan dominasi lempung pada Formasi *Steenkool*; yang diduga merupakan akuitard regional yang signifikan.

Log Geologi dan geofisika dari sumur bor penelitian air tanah terdahulu yang dibor di Fasilitas Tangguh LNG, sumur uji pemompaan air tanah TW-2, dan sumur untuk penyediaan air masyarakat di Tanah Merah Baru dan Saengga menunjukkan bahwa lapisan akuifer dan akuitard hingga kedalaman 150 m di Formasi *Steenkool* pada umumnya menerus pada bagian barat laut Fasilitas LNG (**Gambar 7**). Log ini juga menyarankan bahwa akuifer yang ditargetkan untuk penggunaan penyediaan air masyarakat sedikit miring ke arah timur dan juga menipis pada arah ini.

Log geologi untuk *Slim Hole* mengindikasikan bahwa lapisan dengan dominasi pasir pada kedalaman antara 260 dan 295 m di sumur bor ini terpisah dari akuifer yang dipakai dalam sumur untuk penyediaan air masyarakat di Saengga dan Tanah Merah Baru, oleh lapisan dengan dominasi lempung dari formasi *Steenkool* dengan tebal lebih dari 100 m di sekitar *Slim Hole*.

Kondisi hidrogeologi yang diperkirakan terletak antara sumur untuk penyediaan air masyarakat di Saengga (tenggara) dan *Slim Hole* (timur) di bawah Fasilitas Tangguh LNG bagian barat laut diperlihatkan pada **Gambar 7**.

- Zona akuifer tertekan terpisah oleh apa yang disebutkan dengan akuitard yang secara regional signifikan dengan ketebalan antara 10 sampai 200 m. Akuitard ini diharapkan bocor/tidak kedap air (*leaky*) walaupun besaran untuk meloloskan air (kebocoran) tidak diketahui;
- Akuifer individu di dalam zona akuifer yang lebih luas diharapkan terdiri atas satuan daya dukung air (*water-bearing units*) baik yang bersifat homogen dan anisotropik maupun (lebih umumnya) heterogen dan anisotropik. Dikedua situasi, permeabilitas diharapkan sama pada lapisan horizontal ($K_x \approx K_y$), akan tetapi permeabilitas antar lapisan (K_z) diharapkan secara signifikan lebih kecil, kemungkinan dengan satu tingkat besaran atau lebih;
- Interpretasi akuifer dan akuitard hingga kedalaman sekitar 500 m secara umum medatar (*flat-lying*) dengan aliran air tanah dikendalikan oleh elevasi area imbuhan (*recharge*) dan pelepasan (*discharge*);
- Daerah imbuhan (*recharge*) untuk akuifer tertekan bagian bawah dan bagian atas Formasi *Steenkool* terletak paling dekat 5 km dan paling jauh 40 km sebelah selatan dan barat daya dari fasilitas di mana singkapan dominasi pasir dari Formasi *Steenkool* terdapat (lihat *insert Gambar 8* bagian kiri bawah).
- Aliran air tanah pada akuifer tertekan dari Formasi *Steenkool* diharapkan menuju ke arah utara atau barat laut daerah penelitian di bawah Teluk Bintuni dengan kemungkinan pelepasan (*discharge*) menuju:
 - (i) Teluk Bintuni melalui sesar atau tinggian struktur dimana satuan dominasi pasir dari Formasi *Steenkool* dapat terangkat menuju permukaan dasar teluk; atau
 - (ii) Menuju jauh ke arah barat dan berakhir di laut Banda.

- Salinitas air tanah di dalam akuifer tidak tertekan (*unconfined aquifers*) pada endapan alluvial di Fasilitas Tangguh LNG diharapkan rendah. Akan tetapi, diharapkan keberadaan air asin terjadi pada akuifer sepanjang bibir pantai daerah properti Tangguh LNG, terutama pada kedalaman.

Sumberdaya air tanah pada akuifer tidak tertekan disinyalir cocok untuk pertanian, industri, ekologi atau pemakaian domestik walaupun berpotensi terkena kontaminasi – dalam kadar yang berbeda – dari berbagai aktivitas setempat.

Ada empat *landfill* yang diberi lapisan untuk sampah *inert* dan sampah organik di daerah penelitian yang memiliki (walaupun rendah) potensi merembesnya lindi ke akuifer dangkal (*shallow perched aquifers*) dan akuifer tidak tertekan. *Landfill* ini tergantung pada pemantauan detail oleh laboratorium eksternal mandiri sebagai bagian dari komitmen AMDAL dalam Rencana Pemantauan Lingkungan (RPL) di Fasilitas Tangguh LNG. Lokasi *landfill* diperlihatkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 8**.

Secara historis, air tanah dangkal pada (bekas) sumur di Tanah Merah Baru telah tercemar oleh limbah domestik dan pencucian. Demikian juga dengan sumur dangkal milik masyarakat di Tanah Merah Baru dan Saengga yang tercemar seperti yang dideskripsikan dalam AMDAL untuk Proyek Pengembangan Tangguh LNG.

- Air tanah pada 150 m bagian atas dari Formasi *Steenkool* memiliki salinitas rendah (berdasarkan data yang ada) dan tampaknya bisa digunakan sebagai air minum.

Sample air tanah yang diambil dari sumur masyarakat bersumber dari kedalaman hingga 150 m memiliki Total Padatan Terlarut (TDS) kurang dari 300 mg/L sementara sifat kimia ion utama menunjukkan *flushing* air asin dari akuifer-akuifer ini. Air tanah dari sumur-sumur ini digunakan untuk keperluan domestik yang dipahami termasuk air minum.

PT. ERM Indonesia (ERM) mengindikasikan bahwa informasi yang diperoleh dari resistensi pada titik tunggal yang dikumpulkan selama proses logging geofisika pada *Slim Hole* menunjukkan bahwa air tanah dari akuifer-akuifer Formasi *Steenkool* bagian bawah bersalinitas rendah dan kemungkinan mempunyai konsentrasi Total Padatan Terlarut (TDS) kurang dari 500 mg/L.

Letak dari pertemuan antara air tawar / air asin pada akuifer-akuifer ini tidak diketahui. Untuk akuifer-akuifer di dalam Formasi *Steenkool* hingga kedalaman 600 m diperkirakan bahwa pertemuan antara air tawar / air asin berada di bawah Teluk Bintuni. Pada kedalaman lebih dari 600 m diantisipasi akan secara progresif bergerak maju ke arah darat di bawah Fasilitas Tangguh LNG.

Detail lebih lanjut tentang model konseptual hidrogeologi yang dipakai dalam pengembangan peta ZKAT (termasuk gambar yang menunjukkan *domain* model dan representasi visual dari tata letak air tanah pada skala regional dan lokal) disajikan pada **Lampiran B**.

4.0 PEMBUATAN PETA ZKAT

4.1 Tujuan dari Peta ZKAT

Peta ZKAT yang disajikan dalam Memorandum Teknis ini disusun berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 2008 Pasal 3 Ayat 24 (Penetapan Zona Konservasi). Oleh karena itu, tujuan dari Peta ZKAT adalah untuk memberikan informasi mengenai:

- Zona proteksi air tanah yang meliputi daerah imbuhan (*recharge*) air tanah; dan
- Zona pemanfaatan air tanah, yang akan dibagi menjadi zona aman, rawan, kritis dan rusak.

Sesuai dengan lingkup kerja yang terdapat dalam Bab B-1 dari Kontrak No. 4420000665 maka Peta ZKAT terbatas pada Batas Properti Fasilitas Tangguh LNG.

4.2 Zona Akuifer dan Peta ZKAT

Dari informasi yang diberikan di **Bagian 3.0** dan **Lampiran B** diketahui bahwa:

- Fasilitas Tangguh LNG terletak di atas sistem akuifer berlapis

- Sejumlah zona akuifer di bawah Properti Tangguh LNG memiliki karakteristik hidrogeologi yang hampir sama (walaupun berbeda), terutama daerah imbuhan (*recharge*) dan pelepasan (*discharge*); dan
- Sumber daya air tanah di kedua zona akuifer tertekan Formasi *Steenkool* di bawah Properti Tangguh LNG telah atau akan dimanfaatkan untuk kebutuhan berbeda, yaitu:
 - Sumber daya air tanah pada akuifer antara 0 m sampai 150 m bmt di Properti Tangguh LNG akan dilindungi dari pengambilan/abstraksi air tanah berdasarkan kondisi-kondisi dalam RKL-RPL dan AMDAL untuk Proyek Pengembangan Tangguh LNG, dengan tujuan untuk melindungi akses masyarakat sekitar terhadap sumber air tanah yang berada pada akuifer yang dapat diakses ini (dengan demikian pengambilan lebih lanjut sumberdaya air tanah pada akuifer ini di bawah Properti Tangguh LNG tidak diizinkan); dan juga
 - Sumber daya air tanah pada akuifer antara 150 sampai 600 m bmt direncanakan untuk dikembangkan untuk Proyek Pengembangan Tangguh LNG.

Bilamana ada kebutuhan tambahan yang dikhususkan untuk akuifer ini oleh pengguna lain (misalnya industri baru atau eksplorasi gas baru) maka dampak kumulatif yang dapat terjadi perlu dikaji ulang sebelum pemanfaatan air tanah tambahan disetujui.

Mempertimbangkan tata hidrogeologi di atas, ada dua Peta ZKAT yang telah dibuat untuk Fasilitas Tangguh LNG yang mencakup keberadaan air tanah pada kedalaman berbeda, yaitu:

- Akuifer tidak tertekan yang berada pada endapan alluvial kuartar (*Quaternary Alluvial Sediments*) dan akuifer dangkal (*perched aquifer*) dan tertekan pada Formasi *Steenkool* antara 0 m sampai 150 m bmt – Peta ZKAT 1; dan
- Akuifer tertekan pada Formasi *Steenkool* antara 150 sampai 600 m bmt – Peta ZKAT 2.

Pembuatan kedua Peta ZKAT dipahami paling mewakili perbedaan mekanisme imbuhan (*recharge*), mekanisme pelepasan (*discharge*) dan pemakaian air tanah dari zona akuifer yang bersangkutan di bawah Fasilitas Tangguh LNG dan memberikan manajemen sumberdaya air tanah yang sesuai untuk akuifer-akuifer tersebut.

4.3 Kualitas Air Tanah di Bawah Fasilitas LNG

Kualitas sumberdaya air tanah pada zona akuifer di bawah Fasilitas Tangguh LNG adalah pertimbangan utama dalam penggambaran penggunaan zona air tanah potensial dan pembuatan Peta ZKAT untuk daerah tersebut. Dalam hal Fasilitas Tangguh LNG, air tanah pada akuifer-akuifer tersebut hingga kedalaman 600 m diharapkan memiliki salinitas kurang dari 1.000 mg/L (dan sekurang-kurangnya 500 mg/L pada kedalaman sekitar 300 m). Diperkirakan salinitas meningkat seiring kedalaman.

Untuk sementara waktu salinitas air tanah diduga akan kurang dari 1.000 mg/L hingga kedalaman 600 m.

Sebuah ikhtisar tentang kualitas air tanah (terutama salinitas) di setiap akuifer-akuifer dibawah Properti Tangguh LNG pada Formasi *Steenkool* hingga kedalaman 600 m diuraikan sebagai berikut.

Alluvial Tidak tertekan dan Akuifer Dangkal Pada Formasi *Steenkool*

Salinitas air tanah di alluvial tidak tertekan dan akuifer dangkal pada Formasi *Steenkool* tidak diketahui; bahkan diperkirakan rendah karena imbuhan (*recharge*) dari curah air hujan dan pergerakan air tanah yang tinggi di akuifer-akuifer ini.

Keterdapatannya air asin pada akuifer-akuifer tersebut kemungkinan ada di bibir pantai Properti Tangguh LNG, khususnya pada kedalaman di bawah pertemuan air tawar / air asin. Diketahui bahwa ada kemungkinan variasi kualitas air tanah di sumberdaya air tanah tawar pada pasir dan kerikil dengan kualitas air yang rendah (bukan berarti tak dapat dipakai) yang mungkin karena pencampuran dengan satuan lempung (*clay-rich units*) dan adanya tanah asam-sulfat di endapan ini.

Pemantauan air tanah dangkal yang dilakukan di sekitar *landfill* di area Tangguh LNG yang dilapisi oleh Polyethylene berdensitas tinggi (HDPE) dan memiliki sistem penyerapan lindi di bawah permukaan] tidak menunjukkan bukti adanya kontaminasi air tanah. Beberapa konsentrasi logam terlarut yang melebihi ketentuan dari pemerintah Indonesia tentang

kelayakan kualitas air telah teridentifikasi pada beberapa sumur pantau, namun konsentrasi ini diyakini sebagai indikasi dari kondisi alamiah dan bukan berasal dari *landfill*.

Salinan dari tabel yang menunjukkan hasil analisis pemantauan kualitas air tanah untuk setiap sumur pantau air tanah di sekeliling tempat pembuangan sampah organik, *landfill inert*, *landfill organik* maupun *landfill inert* dan *landfill* sampah organik yang baru disajikan pada **Lampiran C**. Lokasi dari *landfill* ini serta sumur-sumur pantauannya disajikan pada **Gambar 2** dan **Gambar 8**.

Air tanah dengan pH rendah (biasanya sekitar pH 2 sampai 3) juga telah diamati mengalir dari apa yang dianggap sebagai akuifer dangkal (*perched aquifers*) pada Formasi Steenkool pada Barak Konstruksi Sementara No. 2. Air tanah diduga menjadi asam setelah adanya pengaliran parsial/sebagian dan oksidasi lanjutan dari air tanah dalam akuifer ini akibat dari penggalian beberapa tanggul di area ini. Tanah mengandung asam sulfat juga terekspos saat pengerjaan penggalian dan pengukuran untuk pembangunan Kilang LNG 1 dan Kilang LNG 2.

Tidak ada informasi yang diketahui mengenai kualitas air tanah pada akuifer-akuifer di bawah infrastruktur Kilang LNG di Fasilitas Tangguh LNG.

Akuifer Tertekan pada Formasi Steenkool antara 30 sampai 150 m bmt

Air tanah di akuifer tertekan pada Formasi Steenkool antara 30 sampai 150 m bmt secara umum berkualitas baik dan memiliki kadar salinitas rendah. Sumberdaya air ini dipakai sebagai sumber air minum oleh masyarakat Kampung Tanah Merah Baru dan Saengga dan pernah dipakai sebagai sumber air minum untuk survei Tangguh LNG dan *camp* konstruksi di Tanah Merah pada masa lampau.

Empat sampel air tanah diambil dari sumur uji TW-2 (walaupun sekarang hilang) di sudut barat laut dari Properti Tangguh LNG. Hasil analisis menunjukkan bahwa sampel tersebut memiliki konsentrasi Total Padatan Terlarut (TDS) antara 350 hingga 400 mg/L, konsentrasi Besi terlarut sekitar 0,8 mg/L, konsentrasi Mangan terlarut umumnya kurang dari 0,1 mg/L, dan konsentrasi ammonia hingga berkisar 4 mg/L.

Tercatat bahwa saringan pada sumur ini tidak dipasang pada posisi yang tepat dengan akuifer yang ditargetkan saat pembuatan sumur sehingga sumur mengeluarkan sejumlah besar lanau (*silt*) pada saat pengeboran sumur; hal ini menandakan bahwa zona akuifer mungkin tidak terisolasi dengan baik sehingga sampel air tanah mungkin telah tercemar oleh air lain. Air tanah ini dianggap dapat digunakan sebagai air minum, namun demikian konsentrasi ammonia dan besi dapat menghalangi penggunaan air ini untuk diminum karena pertimbangan estetika (rasa, presipitasi besi dari larutan, dll).

Sampel air tanah yang diperoleh dari sumur masyarakat di Kampung Tanah Merah Baru dan Saengga yang terletak di sebelah barat dan barat daya Properti Tangguh LNG mempunyai kadar konsentrasi Total Padatan Terlarut (TDS) umumnya kurang dari 300 mg/L, konsentrasi Besi terlarut umumnya kurang dari 0,3 mg/L dan konsentrasi Mangan terlarut kurang dari 0,1 mg/L. Air tanah ini dianggap dapat digunakan untuk kebutuhan domestik akan tetapi konsentrasi Besi terlarut dapat mengganggu penggunaan air untuk diminum karena rasanya. Akan tetapi telah diketahui bahwa air tanah dalam dari sumur masyarakat yang dibuat pada interval yang sama seperti TW-2 (mengacu pada penampang hidrogeologi yang diperlihatkan di **Gambar 7**) tidak memperlihatkan kenaikan konsentrasi besi dan ammonia, maka kemungkinan hasil analisa dari TW-2 adalah anomali.

Reaksi kimia ion utama di TW-2 dan beberapa sumur masyarakat mengindikasikan bahwa air tanah pada akuifer ini memiliki kadar sodium dan bikarbonat yang dominan. Hal ini menunjukkan bahwa 'penjernihan' sumberdaya air tanah pada akuifer mungkin terjadi karena adanya air tanah tawar dengan tekanan hidrolik yang tinggi dari daerah imbuhan (*recharge*) di sebelah selatan dan barat daya Fasilitas Tangguh LNG menekan airlaut bawaan dari akuifer ini.

Tidak ada informasi mengenai lokasi pertemuan antara air tawar / air asin di zona akuifer ini. Dengan reaksi kimia ion utama dari TW-2 dan beberapa sumur masyarakat maka dianggap bahwa pertemuan air tawar / air asin berlokasi di sebelah utara atau barat laut dari sumur-sumur ini, kemungkinan besar di bawah Teluk Bintuni.

Akuifer Tertekan di Formasi Steenkool Antara 150 sampai 600 m bmt

Informasi mengenai salinitas air tanah di akuifer Steenkool bagian bawah hanya terbatas dari pengukuran resistensi pada titik tunggal yang dikumpulkan selama proses logging geofisika pada *Slim Hole* di bagian barat laut dari Properti Tangguh LNG; pengukuran ini meluas antara permukaan tanah sampai pada kedalaman 300 m. ERM mengindikasikan

bahwa dari hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa akuifer hingga kedalaman 300 m memiliki konsentrasi Total Padatan Terlarut (TDS) kurang dari 500 mg/L, sedangkan menurut Penasihat Teknik Tangguh LNG, air tanah pada akuifer antara kedalaman 300 sampai 600 m kemungkinan memiliki salinitas kurang dari 1.000 mg/L. Dengan demikian air tanah pada rentang kedalaman tersebut diharapkan cocok untuk pemakaian air industri, pertanian, dan ekologi, dan mungkin cocok untuk pemakaian domestik termasuk untuk diminum.

Lokasi pertemuan antara air tawar / air asin pada akuifer ini tidak diketahui, walaupun demikian kemungkinan terletak jauh ke utara dan barat laut dari Fasilitas Tangguh LNG.

Akuifer Tertekan Potensial pada Formasi *Steenkool* di bawah 600 m bmt

Tidak ada informasi mengenai salinitas air tanah pada setiap akuifer tertekan di Formasi *Steenkool* di bawah 600 m bmt. Diduga salinitas akan meningkat seiring kedalaman akuifer-akuifer ini.

Lokasi pertemuan antara air tawar / air asin pada akuifer ini tidak diketahui, walaupun demikian kemungkinan terletak jauh ke utara dan barat laut dari Fasilitas Tangguh LNG.

4.4 Pemanfaatan Air tanah

4.4.1 Pemanfaatan Air Tanah Saat Ini pada Fasilitas Tangguh LNG

Pemakaian sumberdaya air tanah tidak diizinkan di dalam AMDAL yang lalu (AMDAL 2002) untuk Fasilitas Tangguh LNG. Dengan demikian, air tanah sama sekali belum diambil atau dimanfaatkan di Properti Tangguh LNG.

Telah diketahui bahwa AMDAL yang sedang disiapkan untuk Proyek Pengembangan Tangguh LNG ini akan mencakup penggunaan air tanah selama tahap konstruksi dan operasi dari Fasilitas Tangguh LNG. Setelah mempertimbangkan larangan pemakaian sumberdaya air tanah pada kedalaman antara 30 sampai 150 m bmt di Formasi *Steenkool* di bawah Properti Tangguh LNG selain untuk penyediaan air untuk masyarakat, Tangguh LNG merencanakan pengambilan air tanah dari zona akuifer yang lebih dalam, yaitu antara 150 sampai 600 m bmt pada Formasi *Steenkool*. Dengan demikian akuifer-akuifer di antara kedalaman ini dapat menjadi zona pemakaian air tanah terkait dengan izin resmi pengambilan air tanah oleh Pemerintah Daerah Kabupaten Bintuni.

4.4.2 Potensi Pemanfaatan Sumberdaya Air tanah di Bawah Fasilitas

Seperti yang disebutkan pada Bagian 4.3, air tanah antara 30 sampai 150 m bmt pada Formasi *Steenkool* di bawah Properti Tangguh LNG cocok untuk dipakai sebagai air minum; sumberdaya air tanah ini memang digunakan untuk pemakaian domestik (yang diketahui termasuk untuk diminum) pada sejumlah sumur untuk penyediaan air masyarakat di bagian barat dan barat daya Properti Tangguh LNG. Dengan demikian dianggap tidak mungkin ada batasan dalam penggunaan sumberdaya air tanah ini berdasarkan kualitas air, namun demikian diketahui bahwa sumberdaya di bawah Properti Tangguh LNG ini dilarang untuk dilakukan pengambilan lebih lanjut agar melindungi penyediaan kebutuhan air minum untuk Kampung Tanah Merah Baru dan Saengga. Sehingga, pemakaian sumberdaya air ini tidak diizinkan.

Air tanah pada zona akuifer antara 150 sampai 600 m bmt di Formasi *Steenkool* tampaknya mempunyai salinitas rendah. Walaupun belum ada sampel air tanah yang pernah diambil dari interval akuifer ini untuk memastikan hal tersebut, kemungkinan sumberdaya air tanah ini akan cocok untuk pertanian, industri, ekologi dan mungkin kebutuhan domestik.

Sumberdaya air tanah di bawah kedalaman 600 m mungkin akan menjadi asin (*saline*) dengan adanya peningkatan salinitas sesuai kedalaman. Dengan demikian, pemanfaatan sumberdaya air tanah ini mungkin terbatas, terutama terhadap kemungkinan pembuangan lumpur dan serbuk bor dan juga potensi pembuangan air terproduksi.

4.4.3 Potensi Pemanfaatan Sumberdaya Air tanah di Sekitar Fasilitas Tangguh LNG

Sumberdaya air tanah pada Formasi *Steenkool* hingga kedalaman minimal sekitar 300 m bmt dianggap cocok untuk penggunaan yang lebih banyak dan yang paling menonjol untuk pemakaian domestik. Namun demikian, sumberdaya air tanah ini menjadi tujuan utama dari perkebunan kelapa sawit yang sedang berkembang di sebelah selatan dan juga oleh kemungkinan pengambilan air tanah yang berhubungan dengan Pengembangan Fasilitas Tangguh LNG di masa depan pada sub-cekungan air tanah ini. Keduanya dapat menyebabkan kelebihan pengambilan air tanah yang dapat menyebabkan:

- Berdampak pada pengguna air tanah lain dari sub-cekungan air tanah, termasuk BP; dan
- Mempengaruhi pengembangan kebijakan penggunaan air tanah di cekungan air tanah Kanoka-Babo.

Pengambilan air tanah dari akuifer-akuifer Formasi Steekool untuk keperluan domestik diperkirakan tidak akan memberikan dampak yang signifikan bagi sumberdaya air tanah. Hanya saja pengambilan air ini dapat berpengaruh signifikan dalam pengembangan kebijakan air tanah di cekungan air tanah Kanoka-Babo dengan implementasi adanya kemungkinan penambahan zona larangan penggunaan air tanah pada daerah yang dekat dengan sumur baru atau sumur air tanah masyarakat yang sudah ada.

Formasi Fumai dan kemungkinan (walaupun sangat kecil) Formasi Kais dapat terkena dampak oleh reinjeksi serbuk bor lumpur dari setiap pengeboran sumur minyak dan gas di masa depan di sekitar area tersebut. Air tanah pada formasi tersebut diyakini secara tipikal bersifat asin maka tidak ada dampak berbalik (*adverse impact*) pada sumberdaya air tanah ini yang diantisipasi.

4.5 Identifikasi Imbuhan (*recharge*) Air tanah dan Zona Konservasi

Zona Konservasi Air tanah (yaitu daerah imbuhan air tanah) di Properti Tangguh LNG secara umum dibagi dalam dua kelompok, yaitu:

1. Akuifer tidak tertekan yang berhubungan dengan endapan alluvial di sepanjang sungai dan kali yang berasal atau melintasi Fasilitas Tangguh LNG; dan
2. Akuifer dangkal (*Perched Aquifers*) yang terdapat pada 30 m bagian atas dari Formasi *Steenkool*.

Kedua kelompok akuifer ini terisi kembali oleh infiltrasi air hujan sepanjang singkapan di permukaan, dan akuifer alluvial juga terisi kembali oleh aliran sungai kecil (kali) dan kejadian banjir.

Kedua zona imbuhan (*recharge*) ini diperlihatkan pada **Gambar 8** (Peta ZKAT 1).

Mengingat tata letak hidrogeologi 'berlapis' dengan area yang sangat luas maka dianggap bahwa tidak ada mekanisme imbuhan (*recharge*) air tanah di Properti Tangguh LNG untuk zona akuifer tertekan pada Formasi *Steenkool*. Sebaliknya air tanah dalam akuifer tertekan diperkirakan akan mengalir di bawah properti Tangguh LNG dari daerah imbuhan (*recharge areas*) di selatan dan baratdaya dari properti Tangguh LNG (yaitu dari daerah di mana satuan dominan pasir dari Formasi *Steenkool* tersingkap) menuju daerah pelepasan (*discharge*) di sebelah utara dan/atau barat laut Fasilitas Tangguh LNG. Mekanisme ini ditunjukkan oleh aliran '*inflow*' akuifer sepanjang batas selatan dari Fasilitas Tangguh LNG untuk akuifer tertekan di bawah 30 m bmt pada Peta ZKAT yang disajikan dalam **Gambar 8 dan 9** (yaitu Peta ZKAT 1 dan Peta ZKAT 2 secara berurutan).

4.6 Identifikasi Zona Pelepasan (*discharge*) Air tanah

Mengingat kondisi topografi dan hidrogeologi di Cekungan Bintuni ditambah dengan adanya orientasi struktural dari akuifer di bawah properti Tangguh LNG, zona pelepasan (*discharge zone*) air tanah diperkirakan terkait dengan salah satu dari dua sistem aliran air tanah:

1. Aliran air tanah dalam akuifer tidak tertekan yang berada dalam endapan alluvial dan akuifer dangkal (*Perched Aquifers*) yang terdapat pada 30 m bagian atas dari Formasi *Steenkool*; dan
2. Aliran air tanah pada akuifer tertekan di Formasi *Steenkool*.

Lokasi zona pelepasan (*discharge areas*) air tanah untuk kedua sistem aliran ini diatur oleh arah aliran air tanah dalam akuifer ini dan singkapan batuan yang menurun. Dalam kedua sistem ini diperkirakan aliran akan ke utara dan / atau barat laut dari fasilitas Tangguh LNG namun mungkin ada beberapa variasi yang diuraikan sebagai berikut:

Alluvial Tidak Tertekan (*Unconfined Aquifers*) dan Akuifer Dangkal (*Perched Aquifers*) di Formasi *Steenkool*

Arah aliran air tanah dalam akuifer alluvial tidak tertekan dan akuifer dangkal (*Perched Aquifers*) pada Formasi *Steenkool* di properti Tangguh LNG diperkirakan akan bervariasi secara signifikan. Arah aliran di akuifer tersebut diharapkan akan diatur oleh kondisi topografi lokal dengan bukit-bukit dan pegunungan/pungguk bukit yang secara

local signifikan menggambarkan batasan-batasan aliran air tanah lokal. Dengan demikian, air tanah yang berada pada elevasi yang lebih tinggi di daerah tangkapan air yang terlokalisasi diharapkan mengalir secara tegak lurus terhadap batasan-batasan air tanah di dekatnya, dan diharapkan dapat mengubah dan pada umumnya sesuai dengan arah aliran air permukaan pada elevasi yang lebih rendah. Terdapat juga kemungkinan komponen aliran dari sebelah utara dalam sistem ini selaras dengan pengaruh regional dari topografi pada aliran air tanah, terutama pada elevasi yang lebih rendah.

Aliran (*discharge*) air tanah dari akuifer tidak tertekan di dalam endapan alluvial dan akuifer dangkal (*perched aquifers*) yang terdapat pada 30 m bagian atas dari Formasi *Steenkool* di bagian timur properti Tangguh LNG diperkirakan akan mengalir ke arah utara, sepanjang batas timur daerah penelitian, sebelum mengalir keluar dari batas timurlaut dari properti Tangguh LNG (yaitu keluar ke Teluk Bintuni). Pelepasan (*discharge*) air tanah yang terlokalisasi pada mata air dan rembesan juga dapat terjadi pada kondisi geologi dan topografi yang memungkinkan.

Air tanah pada akuifer tidak tertekan di dalam endapan alluvial dan akuifer dangkal (*perched aquifers*) yang terdapat pada 30 m bagian atas dari Formasi *Steenkool* di bagian tengah dan barat dari fasilitas Tangguh LNG diharapkan mengalir ke selatan dan baratdaya (yaitu menuju dan ke arah selatan dari Tanah Merah Baru) di mana kemungkinan akan mengalir ke salah satu anak sungai dan (akhirnya) ke Sungai Saengga di sebelah barat properti Tangguh LNG. Pelepasan (*discharge*) air tanah terlokalisasi pada mata air maupun rembesan juga dapat terjadi pada kondisi geologi dan topografi yang memungkinkan.

Sebagian besar (jika tidak semua) air tanah dangkal di sepanjang batas utara properti diperkirakan akan mengalir ke Teluk Bintuni.

Sub-daerah tangkapan air permukaan, arah aliran air tanah yang diharapkan dan zona pelepasan (*discharge*) dari akuifer ini pada properti Tangguh LNG ditampilkan pada **Gambar 8** (Peta ZKAT 1).

Akuifer Antara Permukaan Tanah dan 600 m bmt pada Formasi *Steenkool*

Kaitan antara arah aliran air tanah dengan akuifer di Formasi *Steenkool* diharapkan akan konsisten terlepas dari kedalaman. Berdasarkan informasi yang terdapat dalam model konseptual hidrogeologi, akuifer ini terterkan di bawah properti Tangguh LNG sehingga tidak ada mekanisme pelepasan (*discharge*) air tanah yang aktif pada properti Tangguh LNG. Sebaliknya air tanah diperkirakan akan mengalir di bawah properti Tangguh LNG dari daerah imbuhan (*recharge*) di selatan dan baratdaya menuju daerah pelepasan (*discharge*) di utara dan / atau barat laut dari fasilitas Tangguh LNG. Mekanisme ini ditunjukkan oleh aliran-aliran akuifer '*outflow*' sepanjang batas utara dari fasilitas Tangguh LNG pada peta ZKAT yang disajikan pada **Gambar 8** dan **Gambar 9** (yaitu Peta ZKAT 1 dan Peta ZKAT 2 secara berurutan).

4.7 Delineasi Zona Pemanfaatan Air tanah

Sesuai dengan Pasal 24 ayat 3 (Penentuan Zona Konservasi) dari Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 43 Tahun 2008 tentang Air Tanah, pemanfaatan sumber daya air tanah dari akuifer perlu dipastikan untuk menentukan zona aman, rawan, kritis dan rusak.

Untuk pembuatan peta ZKAT yang disajikan dalam Memorandum Teknis ini uraian berikut telah digunakan untuk menentukan zona pemanfaatan air tanah.

- **Aman** – Sumber daya air tanah yang tidak diambil secara berlebihan atau terancam oleh pengambilan yang berlebihan, dan tidak memiliki kualitas air tanah yang terkena dampak atau kemungkinan terkena dampak dari aktivitas dan / atau pengaruh antropogenik;
- **Rawan** – *sustainable yields* diperkirakan rendah, dengan pengambilan air tanah saat ini mendekati atau kemungkinan melebihi kemampuan *sustainable yields* dari akuifer tersebut, atau kualitas air tanah mungkin terkena dampak dari kegiatan dan / atau pengaruh tidak langsung dari antropogenik;
- **Kritis** - pengambilan air tanah melebihi *sustainable yields* dan / atau kualitas air tanah telah terkena dampak dari aktivitas dan / atau pengaruh tidak langsung antropogenik. Perbaikan kualitas air tanah dan / atau pemulihan sumber air tanah memungkinkan jika sumber daya air tanah ini dikelola dengan lebih baik; dan

- **Rusak** – sumber daya air tanah dalam keadaan terancam karena pengambilan/abstraksi yang melebihi *sustainable yields* yang berkelanjutan dan / atau kualitas air tanah secara signifikan terkena dampak dari aktivitas antropogenik. Pemulihan sumber daya air tanah yang bisa digunakan atau perbaikan kualitas air tanah tidak dimungkinkan.

Zona air tanah aman, rawan, kritis dan rusak yang diidentifikasi untuk masing-masing zona akuifer di bawah Properti Tangguh LNG diuraikan sebagai berikut.

Akuifer Tidak tertekan (*Unconfined Aquifers*) dan Akuifer Dangkal (*Perched Aquifers*) antara 30 m dpl dan 30 m bmt (Peta ZKAT 1 - **Gambar 8**)

- Zona aman – tidak ada zona aman yang teridentifikasi.
- Zona rawan – tiga zona rawan pemanfaatan air tanah yang telah diidentifikasi pada properti Tangguh LNG:
 1. Daerah tersebut pada properti Tangguh LNG terbentuk oleh endapan alluvial;
 2. Daerah tersebut pada properti Tangguh LNG terbentuk oleh satuan dominasi lempung dari Formasi *Steenkool* dimana terdapat akuifer dangkal dan / atau semi-akuifer tertekan yang signifikan secara lokal; dan
 3. Air tanah di bawah dan miring menurun dari tempat pembuangan sampah organik, *landfill* sampah *inert*, *landfill* sampah organik maupun fasilitas *landfill* sampah *inert*, *landfill* sampah organik yang baru.

Air tanah yang berada dalam endapan alluvial dan akuifer dangkal (*perched aquifers*) di Formasi *Steenkool* dianggap sebagai Zona rawan Pemanfaatan Air tanah mengingat bahwa:

- Sumber daya air tanah pada akuifer ini dianggap minimal dan memiliki sumberdaya berkelanjutan yang sangat rendah - bahkan *unsustainable yields*.
- Air tanah pada akuifer ini di bawah daerah aktif dari properti Tangguh LNG diperkirakan akan rentan terhadap polusi dari lokasi infrastruktur, kegiatan atau insiden di lokasi Tangguh LNG, termasuk:
 - Pelepasan produk cairan yang tidak disengaja (misalnya hidrokarbon) pada daerah di mana kontrol terhadap tumpahan (*spillage*) tidak dapat dikelola secara memadai;
 - Kebocoran dari infrastruktur di Fasilitas Tangguh LNG (termasuk limbah cair) dan daerah tempat penyimpanan bahan kimia;
 - Migrasi lindi dari fasilitas tempat penimbunan sampah (*landfill*); dan
 - Penggunaan herbisida dan/atau pestisida di Fasilitas Tangguh LNG.
- Penggunaan atau gangguan pada sumber daya air tanah ini dapat menyebabkan oksidasi pada kandungan sulfida dalam akuifer ini dan selanjutnya kondisi air tanah akan menjadi asam.

Air tanah di bawah dan pada gradien-menurun dari tempat pembuangan sampah organik, *landfill* untuk sampah *inert*, *landfill* sampah organik maupun *landfill* untuk sampah *inert* dan *landfill* sampah organik yang baru dianggap berpotensi rentan terhadap lindi yang berasal dari fasilitas ini. Pemantauan air tanah dangkal di sekitar fasilitas ini (yang dilapisi dengan lapisan *high-density polyethylene* baik tunggal atau ganda dan memiliki sistem pengumpulan lindi di bawah permukaan tanah) bahkan menunjukkan tidak ada bukti kontaminasi terhadap air tanah. Beberapa konsentrasi logam terlarut yang melebihi peraturan telah dicatat dalam kumpulan data pemantauan kualitas air tanah sampai dengan saat ini, namun diindikasikan sebagai kondisi awal alami dan bukan dari kebocoran *landfill*.

Jika migrasi lindi mengikuti rangkaian pemantauan air tanah yang akan dilakukan maka klasifikasi pemanfaatan air tanah di daerah ini akan berubah menjadi Rusak atau Kritis tergantung pada besaran kontaminasi dan efektivitas potensi perbaikan dan / atau opsi pengelolaan untuk meniadakan dampak lingkungan yang sedang berlangsung terhadap kualitas maupun kemampuan pemanfaatan air tanah.

- Zona kritis – tidak ada zona kritis yang teridentifikasi.
- Zona Rusak - tidak ada zona rusak yang teridentifikasi, namun perlu dicatat bahwa tidak ada informasi mengenai kualitas air tanah di bawah dan di sekitar fasilitas Kilang LNG.

Akuifer tertekan (*Confined Aquifers*) di Formasi *Steenkool* antara 30 sampai 150 m bmt (Peta ZKAT 1 – **Gambar 8**)

- Zona aman – tidak ada zona aman yang teridentifikasi.
- Zona rawan – sumberdaya air tanah di akuifer ini di bawah properti Tangguh LNG tidak diizinkan untuk pengambilan air tanah lebih lanjut. Maka dari itu sumberdaya air tanah ini dianggap masuk dalam zona rawan pemanfaatan air tanah karena statusnya yang harus dilindungi.

Diketahui pengklasifikasian ini telah diterapkan dengan mempertimbangkan proteksi konservatif dari akuifer ini berlawanan dengan adanya alasan yang diketahui atau diantisipasi mengenai pengambilan air tanah dengan laju yang dapat melebihi batas aman *yields* dari akuifer ini dan/atau kemungkinan menimbulkan dampak pada kualitas air tanah.

- Zona kritis – tidak ada zona kritis yang teridentifikasi.
- Zona rusak - tidak ada zona rusak yang teridentifikasi.

Akuifer tertekan (*Confined Aquifers*) di Formasi *Steenkool* Antara 150 dan 600 m bmt (Peta ZKAT 2 - **Gambar 9**)

- Zona aman – tidak ada zona aman yang teridentifikasi.
- Zona rawan - harapan untuk akuifer dengan proses pembentukan *yield* yang agak tinggi bersamaan dengan air tanah bersalinitas rendah yang diantisipasi dan tidak ada abstraksi yang diketahui dari akuifer tersebut (pada properti Tangguh LNG) membuat sumber daya air tanah ini menjadi target yang layak untuk digunakan di Fasilitas Tangguh LNG. Hal ini diakui bahwa bagaimanapun sumber daya air tanah ini juga dapat menjadi pilihan yang menarik untuk kegiatan industri di masa depan lainnya di dekat properti Tangguh LNG.

Jika pihak lain diberikan izin untuk mengambil air tanah dari akuifer ini di dekat properti Tangguh LNG maka hal ini dapat mengakibatkan pengambilan berlebih dari sumber daya air tanah yang berakibat berkurangnya *yields*, meningkatnya salinitas dan isu potensi amblasan tanah.

Mengingat hal di atas maka sumber daya air tanah di akuifer tertekan ini diklasifikasikan sebagai zona pemanfaatan air tanah yang rawan.

- Zona kritis – tidak ada zona kritis yang teridentifikasi.
- Zona rusak - tidak ada zona rusak yang diidentifikasi.

4.8 Peta Zona Konservasi Air tanah

Peta ZKAT untuk zona akifer yang dipilih dalam Formasi *Steenkool* disajikan pada gambar berikut:

- Peta ZKAT 1 **Gambar 8** – Akuifer tidak tertekan (*unconfined aquifers*) dan akuifer dangkal (*perched aquifers*) antara 0 m dan 150 m bmt; dan
- Peta ZKAT 2 **Gambar 9** – Akuifer tertekan (*confined aquifers*) antara 150 sampai 600 m bmt.

Ketika mengacu pada zona pemanfaatan air tanah yang ditampilkan pada **Gambar 8 dan 9** referensi harus diambil untuk masing-masing deskripsi pemanfaatan air tanah yang telah dirinci dalam **Bagian 4.7** dari Memorandum Teknis ini.

5.0 PENUTUP

Jika Anda memiliki komentar atau pertanyaan tentang hal di atas jangan ragu untuk menghubungi Craig Wicenciak atau Geoff Perryman di kantor Jakarta kami.

Atas nama

KONSORSIUM PT GEOTECHNICAL AND ENVIRONMENTAL SERVICES INDONESIA (GESI)

DAN GOLDER ASSOCIATES PTY LTD (GAP)

Craig Wicenciak
Hydrogeologist

Geoff Perryman
Associate, Project Manager

CBW / DB GEP / cbw


GAMBAR

- Gambar 1: Lokasi Fasilitas Tangguh LNG
- Gambar 2: Tapak Fasilitas Tangguh LNG
- Gambar 3: Profil refleksi seismik yang menunjukkan dugaan ketebalan dan orientasi struktur pada Formasi *Steenkool*, Kais dan Faumai di bawah Properti Tangguh LNG dan sekitarnya
- Gambar 4: Interpretasi geologi di bawah Fasilitas Tangguh LNG dan Teluk Bintuni
- Gambar 5: Lokasi dari cekungan air tanah Kanoka-Babo dan sub-cekungan Fasilitas Tangguh LNG
- Gambar 6: Pendugaan distribusi akuifer dan akuitard pada bagian sebelah barat laut Fasilitas Tangguh LNG
- Gambar 7: Pendugaan profil geologi dari sumur masyarakat di Saengga di sebelah barat daya dan *Slim Hole* di timur di bawah Fasilitas Tangguh LNG bagian Barat laut
- Gambar 8: Peta Zona Konservasi Air tanah 1: akuifer dangkal pada Formasi *Steenkool* antara 0 m dan 150 m bmt di Fasilitas Tangguh LNG
- Gambar 9: Peta Zona Konservasi Air tanah 2: akuifer tertekan pada Formasi tertekan antara 150 dan 600 m bmt di bawah Fasilitas Tangguh LNG

Lampiran

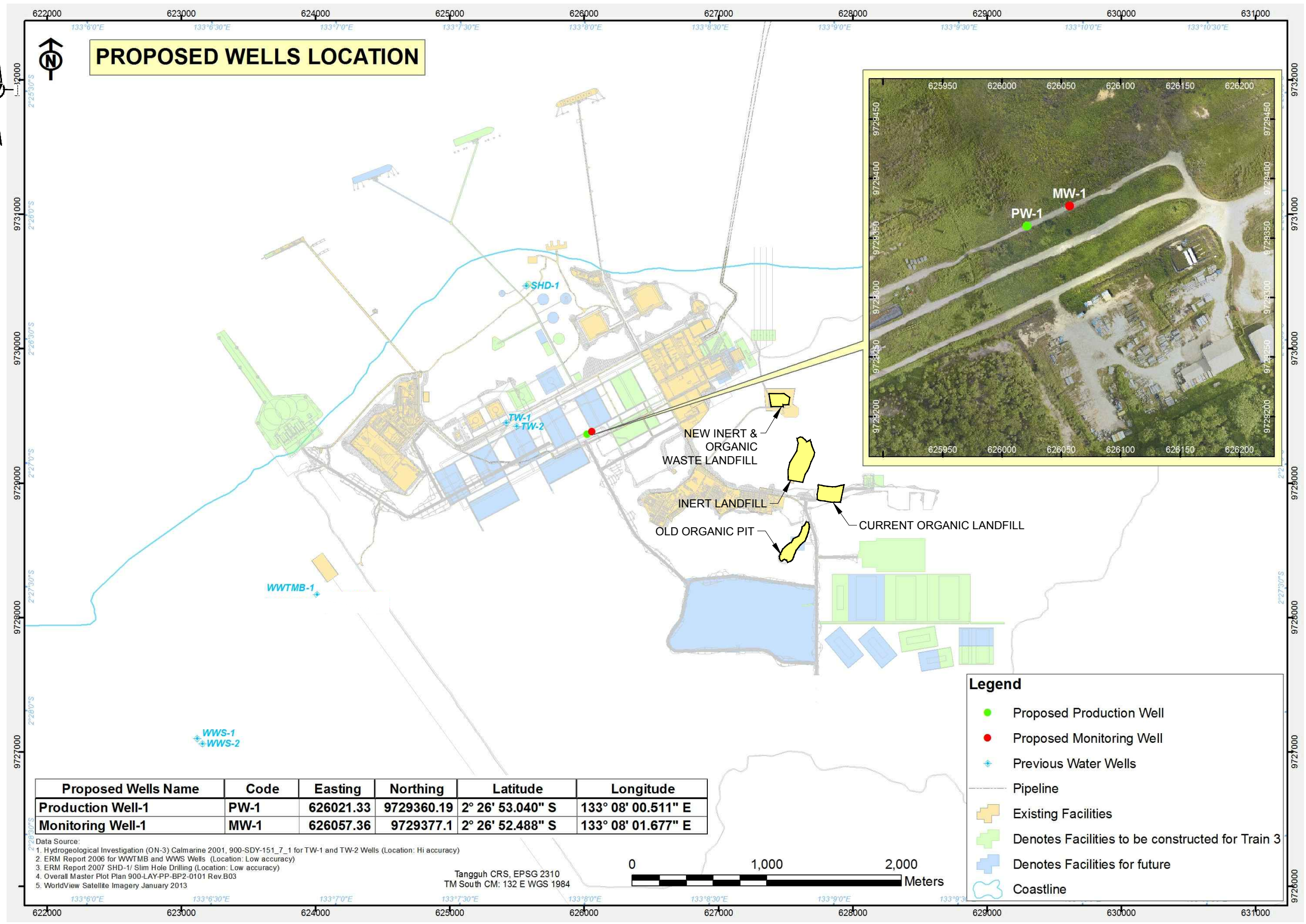
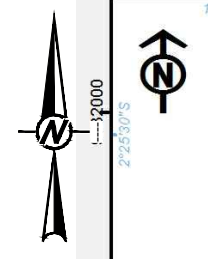
- Lampiran A: Sumber Informasi dan Ketersediaan Data
- Lampiran B: Model Konseptual Hidrogeologi
- Lampiran C: Hasil Pemantauan Kualitas Air Tanah pada Fasilitas Tempat Penimbunan Sampah (*Landfill*)



 www.golder.com GOLDER ASSOCIATES	CLIENT BP BERAU LTD		PROJECT TANGGUH EXPANSION PROJECT - GROUNDWATER STUDY				
	DRAWN BY NDL	DATE 15/04/2014	DRAWING TITLE TANGGUH LNG FACILITY SITE LOCATION				
	CHECKED BY CW	DATE 15/04/2014					
	SCALE NTS	SHEET SIZE A4	PROJECT No 138716004	DOC No 013	DOC TYPE F	FIGURE No 1	REVISION 0

GOLDER ASSOCIATES (PT GEOTECHNICAL & ENVIRONMENTAL SERVICES INDONESIA) INFORMATION CONTAINED ON THIS DRAWING IS THE COPYRIGHT OF GOLDER ASSOCIATES (PT GEOTECHNICAL & ENVIRONMENTAL SERVICES INDONESIA) UNAUTHORISED USE OR REPRODUCTION OF THIS PLAN EITHER WHOLLY OR IN PART WITHOUT WRITTEN PERMISSION INFRINGES COPYRIGHT.

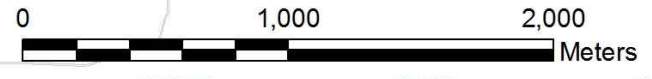
PROPOSED WELLS LOCATION



Proposed Wells Name	Code	Easting	Northing	Latitude	Longitude
Production Well-1	PW-1	626021.33	9729360.19	2° 26' 53.040" S	133° 08' 00.511" E
Monitoring Well-1	MW-1	626057.36	9729377.1	2° 26' 52.488" S	133° 08' 01.677" E

Data Source:
 1. Hydrogeological Investigation (ON-3) Calmarine 2001, 900-SDY-151_7_1 for TW-1 and TW-2 Wells (Location: Hi accuracy)
 2. ERM Report 2006 for WWTMB and WWS Wells (Location: Low accuracy)
 3. ERM Report 2007 SHD-1/ Slim Hole Drilling (Location: Low accuracy)
 4. Overall Master Plot Plan 900-LAY-PP-BP2-0101 Rev.B03
 5. WorldView Satellite Imagery January 2013

Tangguh CRS, EPSG 2310
 TM South CM: 132 E WGS 1984

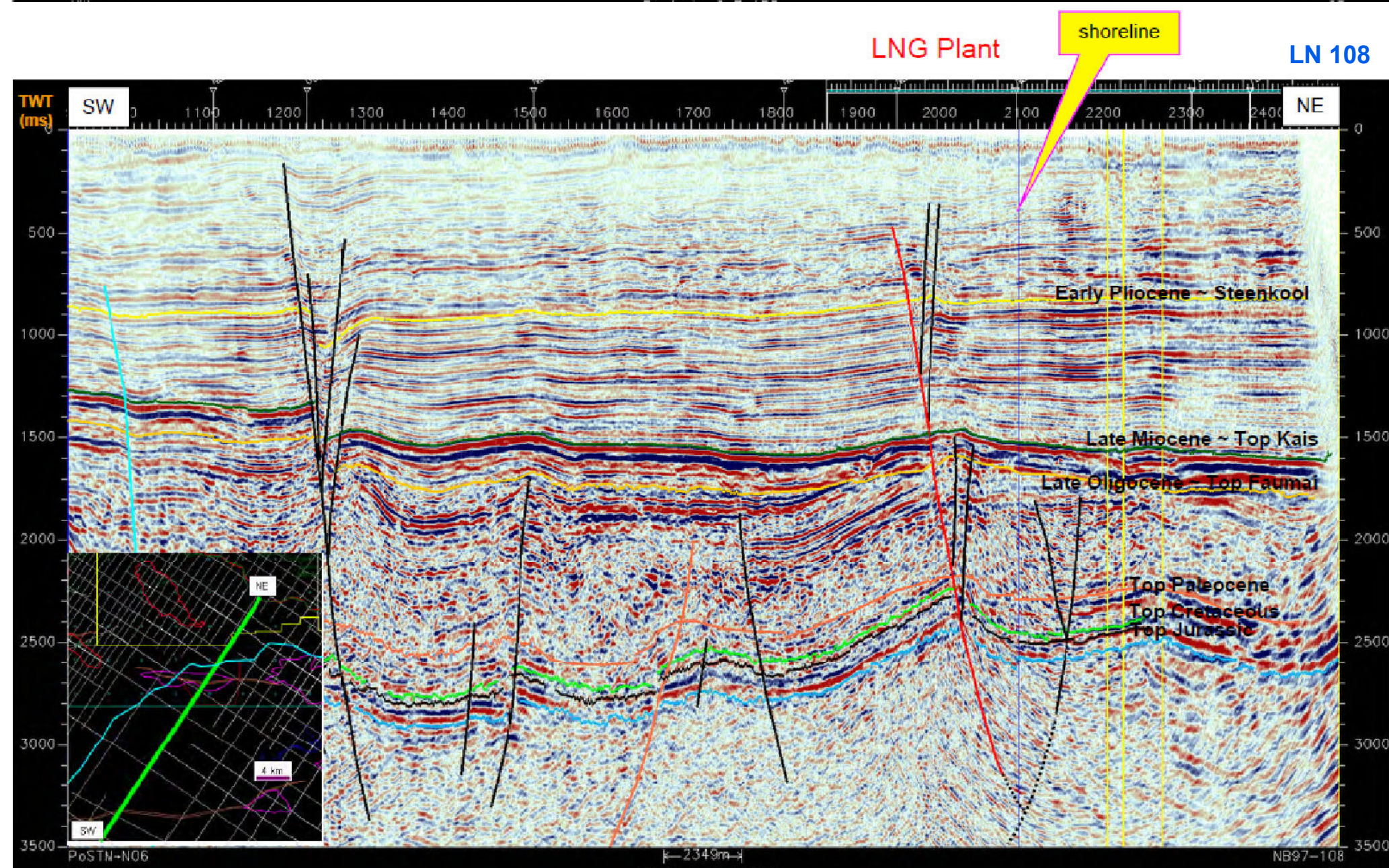
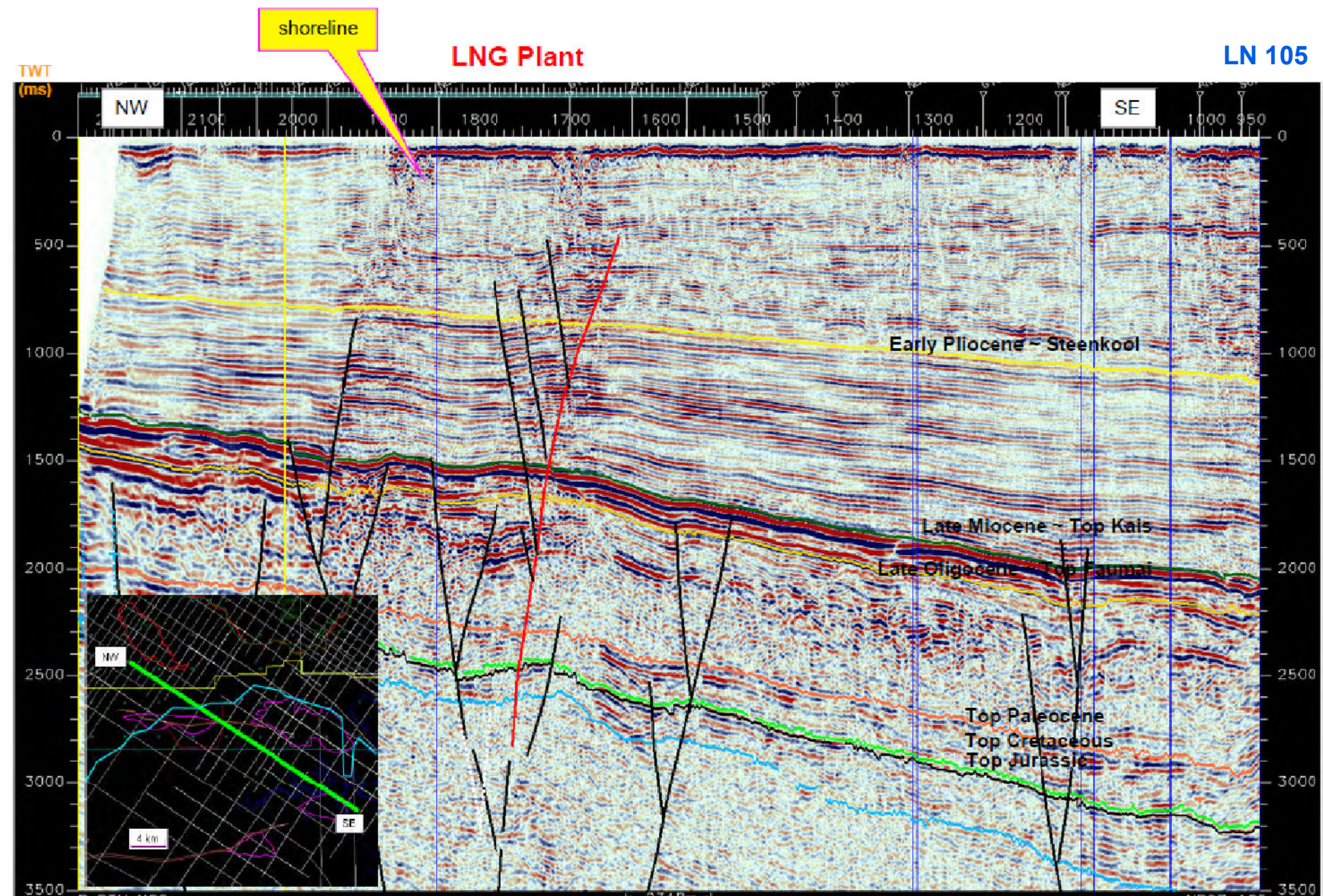
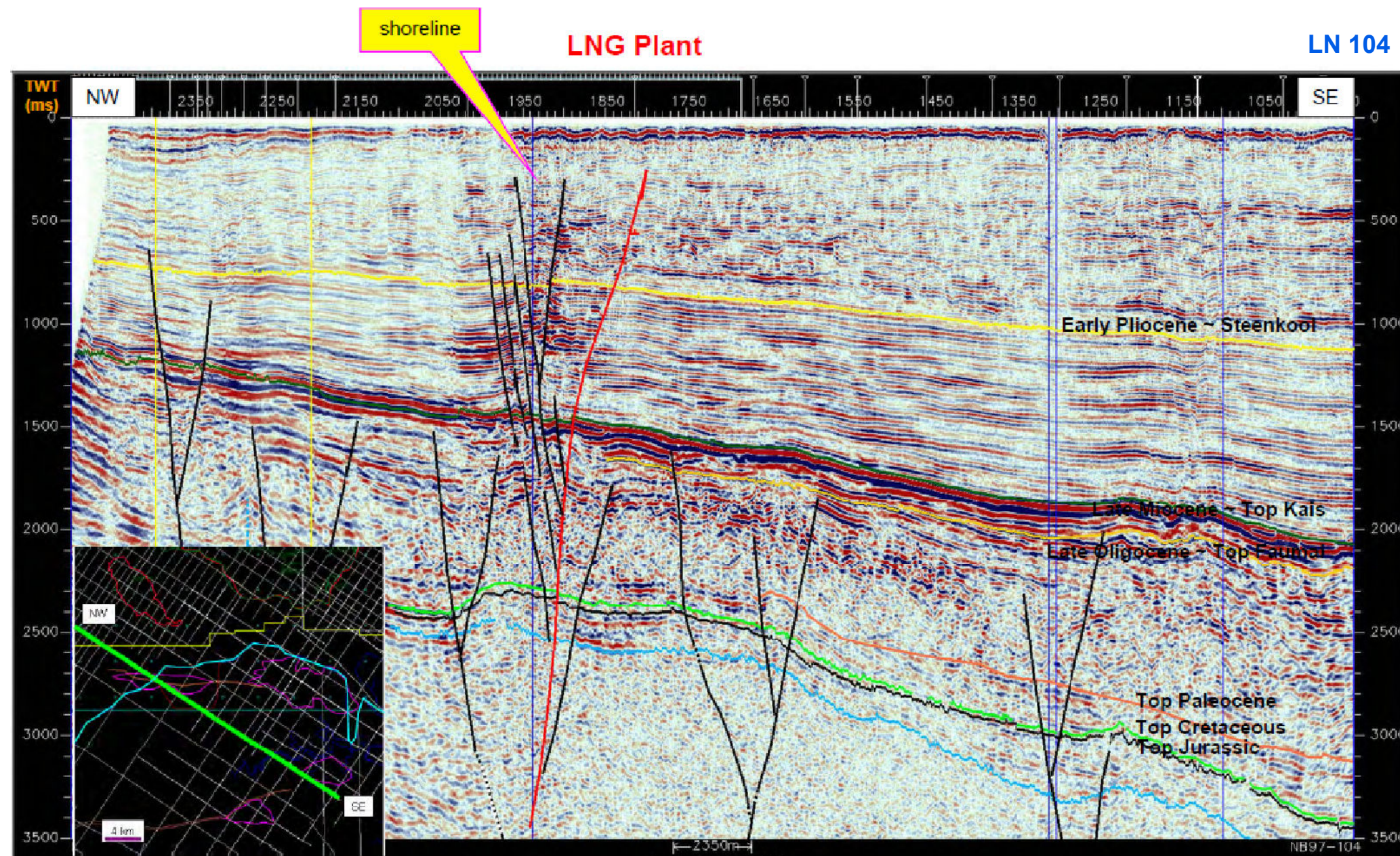
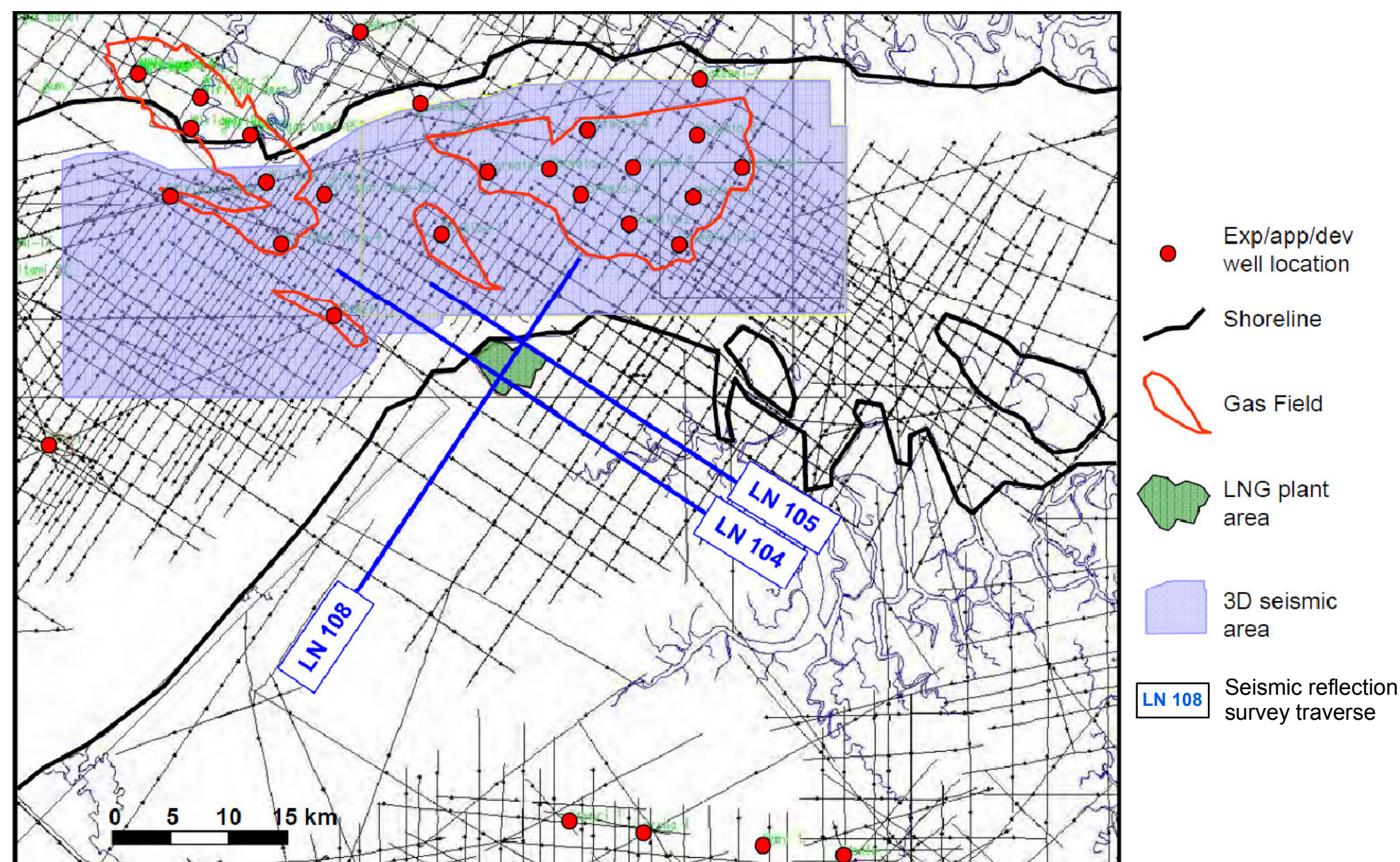


Legend

- Proposed Production Well
- Proposed Monitoring Well
- + Previous Water Wells
- Pipeline
- + Existing Facilities
- + Denotes Facilities to be constructed for Train 3
- + Denotes Facilities for future
- ~ Coastline

SOURCE : BP BERAU LTD

<p>www.golder.com GOLDER ASSOCIATES (PT GEOTECHNICAL & ENVIRONMENTAL SERVICES INDONESIA)</p>	CLIENT BP BERAU LTD		PROJECT TANGGUH LNG EXPANSION PROJECT - GROUNDWATER STUDY				
	DRAWN BY LI	DATE 15.04.2014	DRAWING TITLE TANGGUH LNG FACILITY SITE LAYOUT				
	CHECKED BY GEP	DATE 15.04.2014					
	SCALE AS SHOWN	SHEET SIZE A3	PROJECT No 138716004	DOC No 013	DOC TYPE F	FIGURE No 002	REVISION 0



SOURCE : TANGGUH LNG



CLIENT	BP BERAU LTD		PROJECT				TANGGUH LNG EXPANSION PROJECT - GROUNDWATER STUDY							
DRAWN BY	NDL	DATE	5/03/2014		DRAWING TITLE				SEISMIC REFLECTION PROFILES SHOWING INFERRED THICKNESS AND STRUCTURAL ORIENTATION OF THE STEENKOOI, KAIS AND FAUMAI FORMATIONS BENEATH THE TANGGUH PROPERTY AND SURROUNDS					
CHECKED BY	CW	DATE	5/03/2014		PROJECT No	138716004	DOC No	013	DOC TYPE	F	FIGURE No	03	REVISION	0
SCALE	NTS		SHEET SIZE	A2		FIGURE 3								

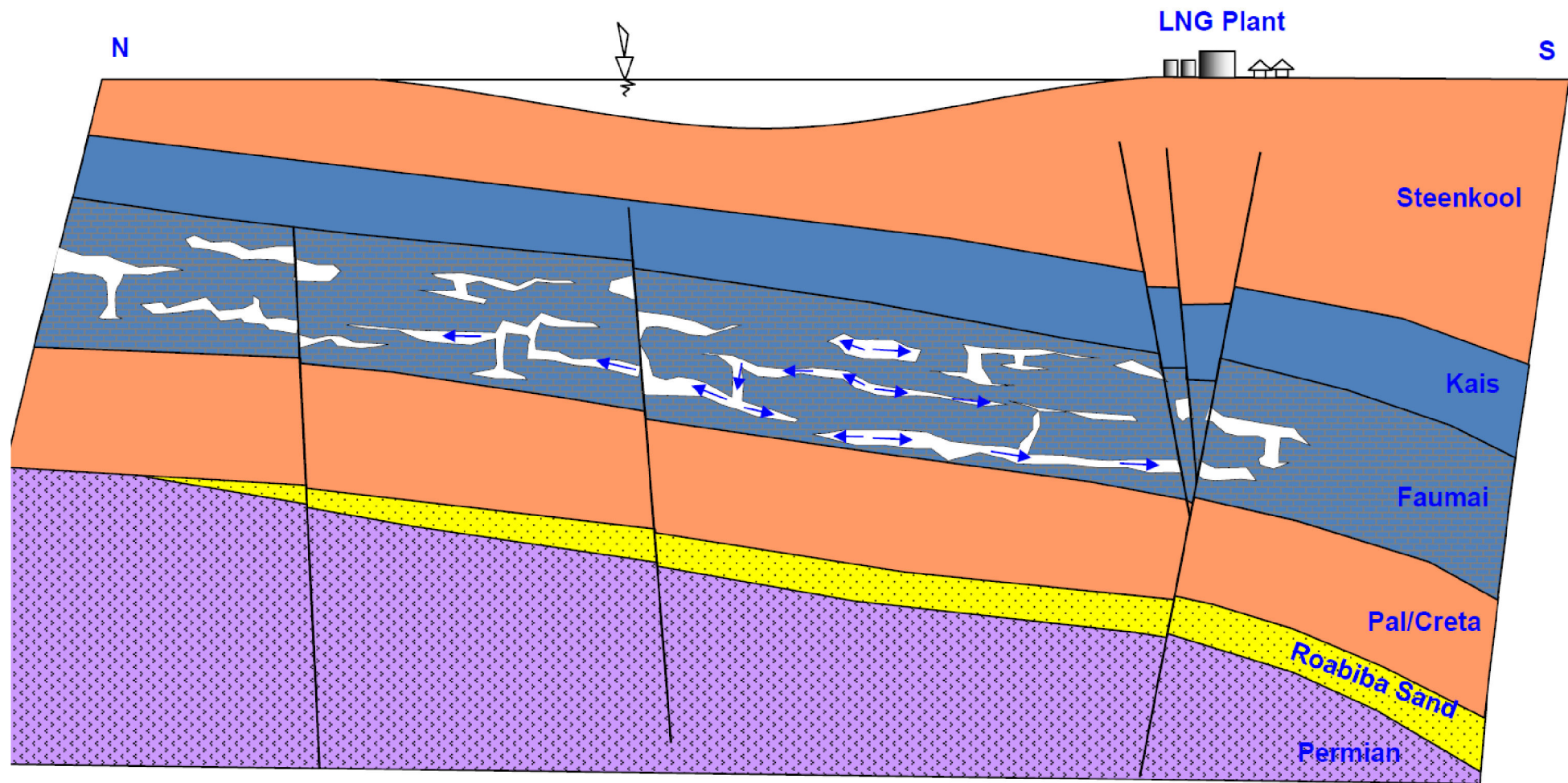

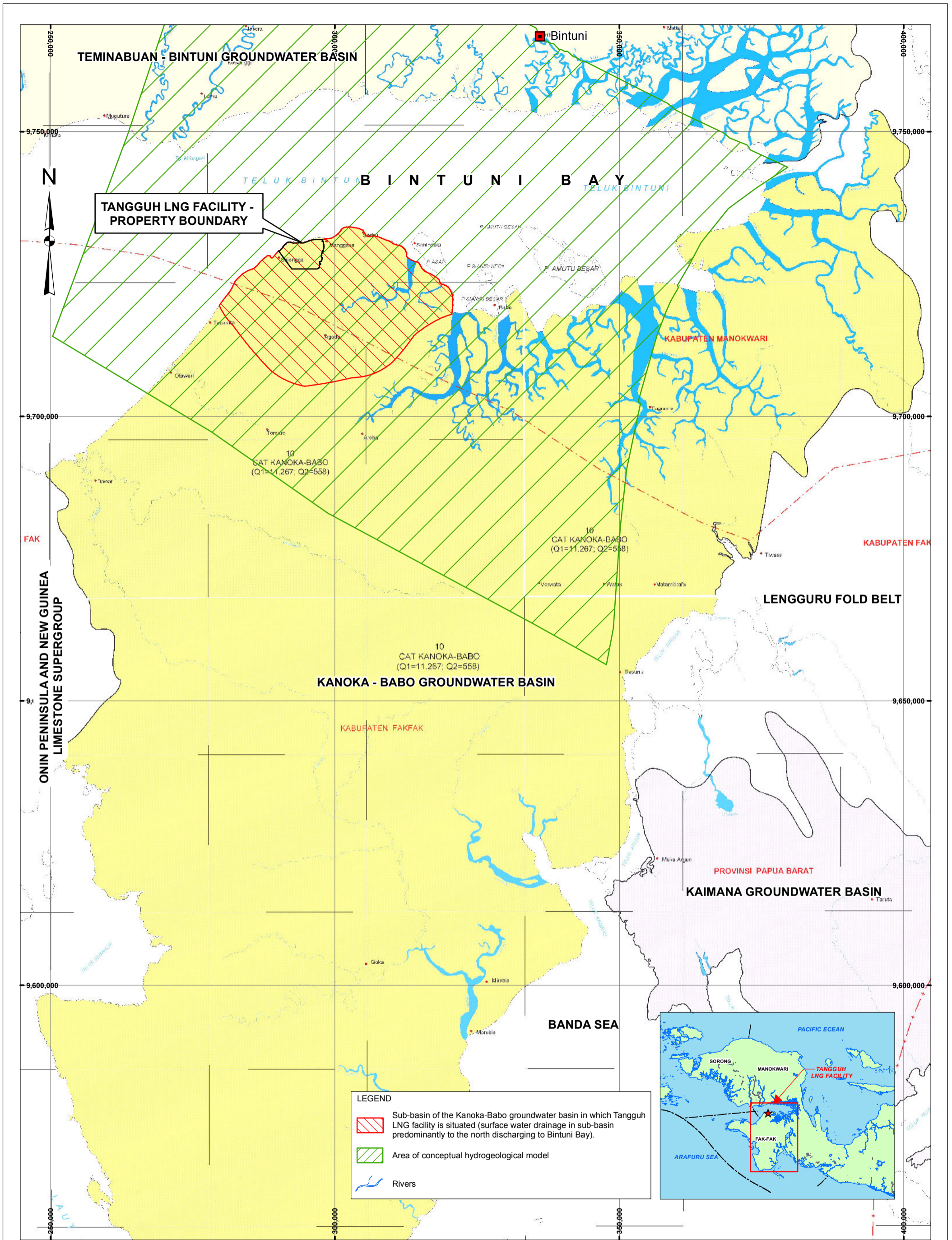


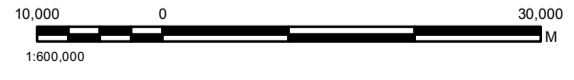
FIGURE PROVIDED BY TANGGUH LNG'S TECHNICAL ADVISOR

 www.golder.com GOLDER ASSOCIATES	CLIENT BP BERAU LTD		PROJECT TANGGUH LNG EXPANSION PROJECT - GROUNDWATER STUDY			
	DRAWN BY NDL	DATE 5/03/2014	DRAWING TITLE GEOLOGICAL INTERPRETATION BENEATH THE TANGGUH LNG FACILITY AND BINTUNI BAY			
	CHECKED BY CW	DATE 5/03/2014	PROJECT No 138716004	DOC No 013	DOC TYPE F	FIGURE No 04
	SCALE NTS	SHEET SIZE A4	REVISION 0	FIGURE 4		



LEGEND

- Sub-basin of the Kanoka-Babo groundwater basin in which Tangguh LNG facility is situated (surface water drainage in sub-basin predominantly to the north discharging to Bintuni Bay).
- Area of conceptual hydrogeological model
- Rivers



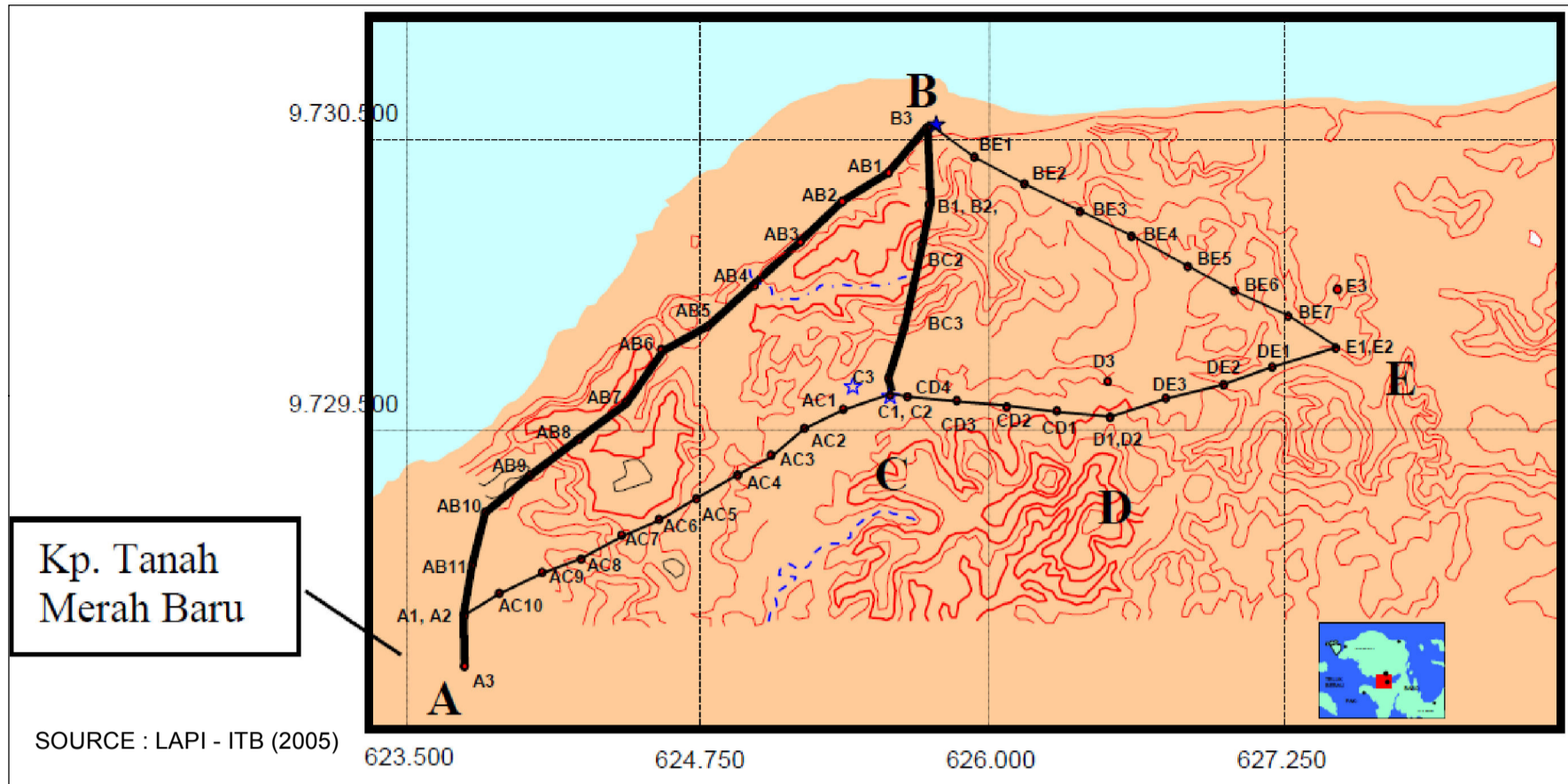
NOTE

Q1 = estimate of total recharge of unconfined aquifers in the Kanoka-Babo Groundwater Basin (M m³/year).

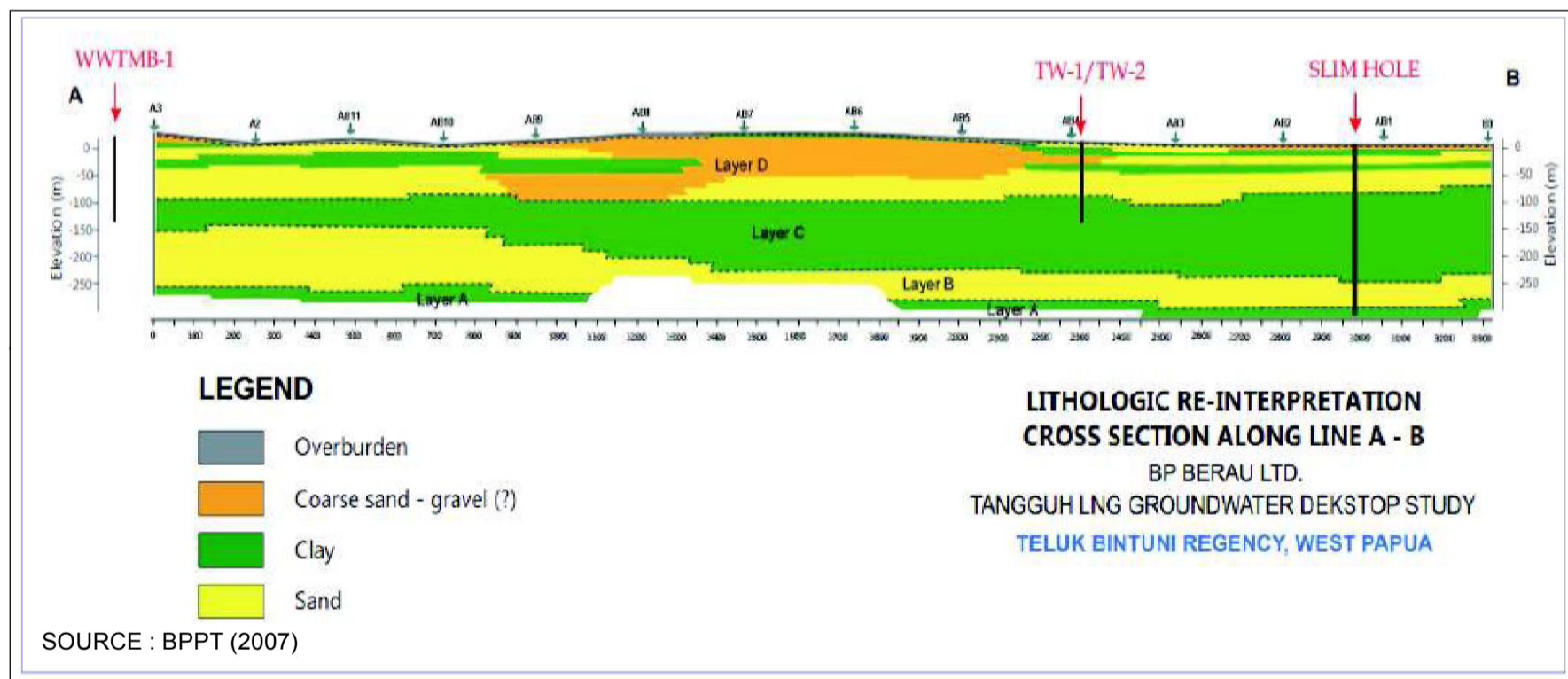
Q2 = estimate of total recharge of confined aquifers in the Kanoka-Babo Groundwater Basin (M m³/year).




CLIENT BP BERU LTD		PROJECT TANGGUH LNG EXPANSION PROJECT - GROUNDWATER STUDY			
DRAWN BY NDL	DATE 15/04/2014	DRAWING TITLE LOCATION OF THE KANOKA-BABO GROUNDWATER BASIN AND TANGGUH LNG FACILITY SUB-BASIN			
CHECKED BY CW	DATE 15/04/2014				
SCALE 1:600,000	SHEET SIZE A3	PROJECT No 138716004	DOC No 013	DOC TYPE F	FIGURE No 05
					REVISION 0
					FIGURE 5

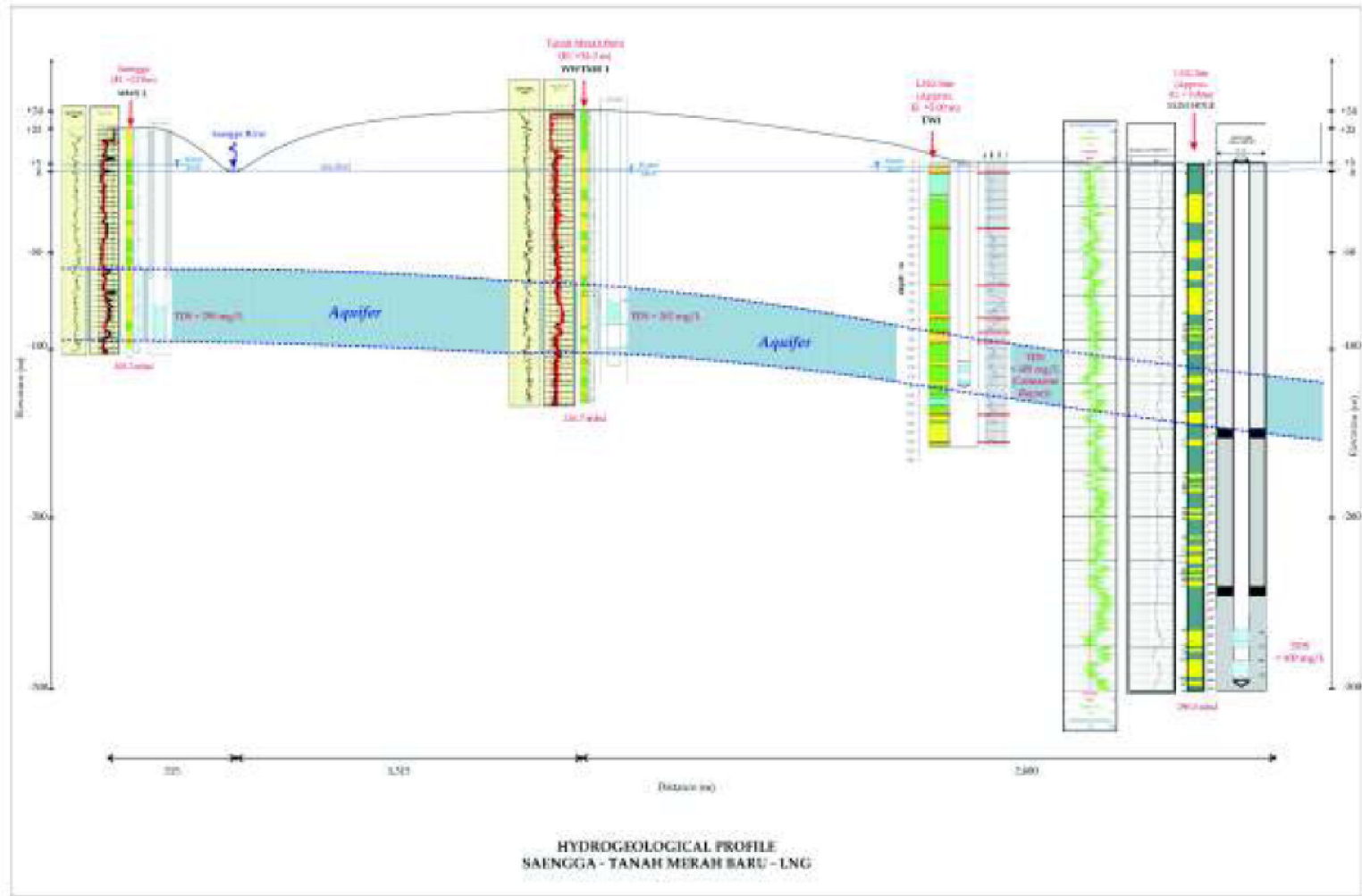


6 (a) Location of geo-electric survey traverses in the northwestern portion of the Tangguh LNG Facility.




6 (b) Inferred lithological section from BPPT along geo-electric survey traverse A-B.

 www.golder.com GOLDER ASSOCIATES	CLIENT BP BERAU LTD		PROJECT TANGGUH LNG EXPANSION PROJECT - GROUNDWATER STUDY				
	DRAWN BY NDL	DATE 15/04/2014	DRAWING TITLE INFERRED AQUIFER & AQUITARD DISTRIBUTION IN THE NORTHWESTERN PORTION OF THE TANGGUH LNG FACILITY				
	CHECKED BY CW	DATE 15/04/2014					
	SCALE NTS	SHEET SIZE A3	PROJECT No 138716004	DOC No 013	DOC TYPE F	FIGURE No 06	REVISION 0



SOURCE : ERM (2008)

 www.golder.com GOLDER ASSOCIATES	CLIENT BP BERAU LTD		PROJECT TANGGUH LNG EXPANSION PROJECT - GROUNDWATER STUDY				
	DRAWN BY NDL	DATE 5/03/2014	DRAWING TITLE INFERRED HYDROGEOLOGICAL PROFILE FROM THE COMMUNITY SUPPLY WELL AT SAENGG IN THE SOUTHWEST AND THE SLIMHOLE IN THE EAST BENEATH THE NORTHWESTERN PORTION ON THE LNG FACILITY				
	CHECKED BY CW	DATE 5/03/2014					
	SCALE NTS	SHEET SIZE A4	PROJECT No 138716004	DOC No 013	DOC TYPE F	FIGURE No 07	REVISION 0