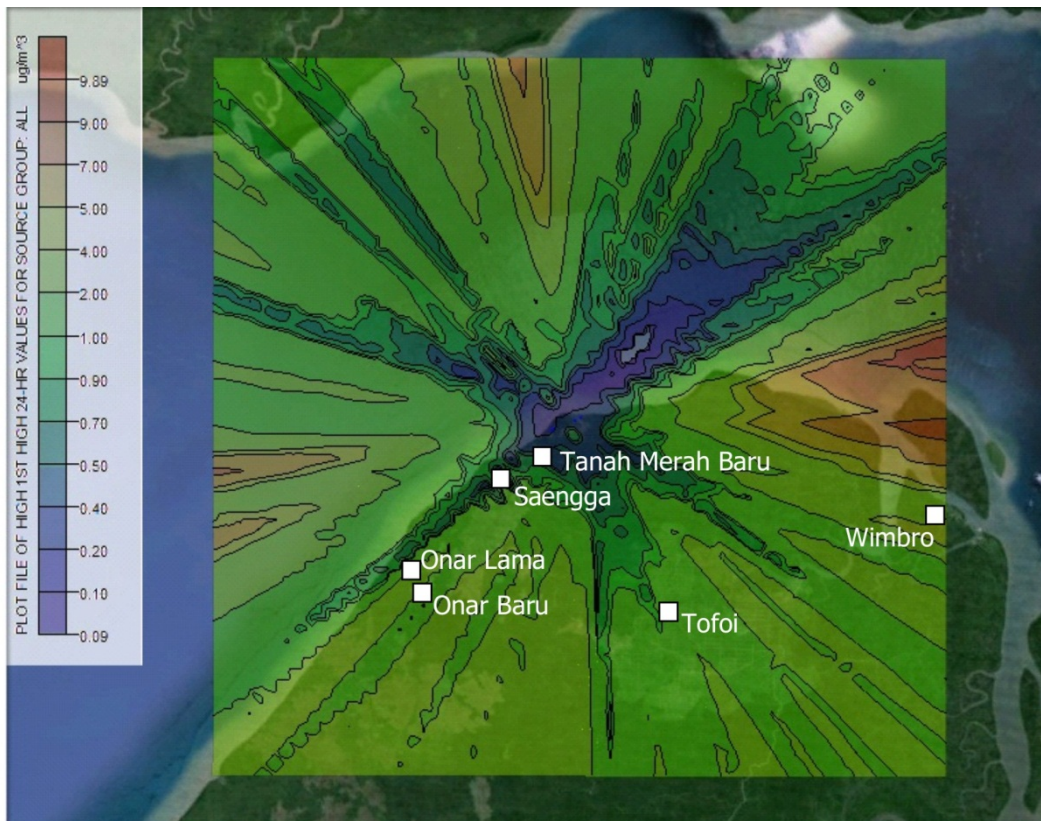
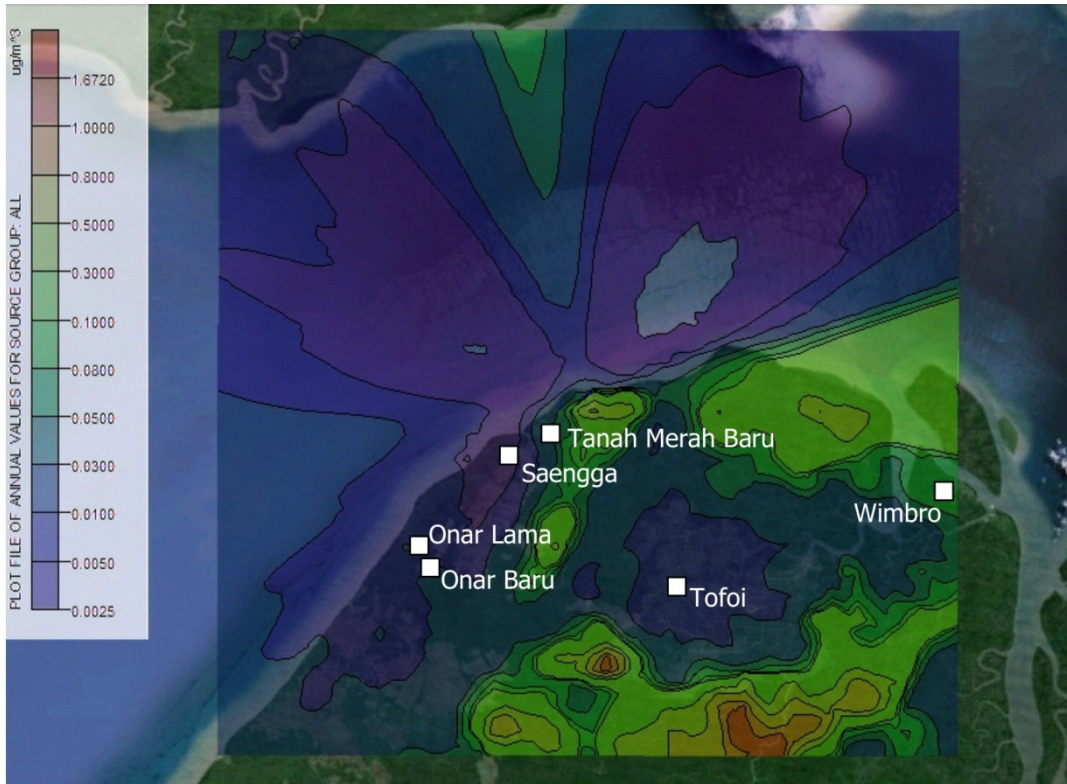


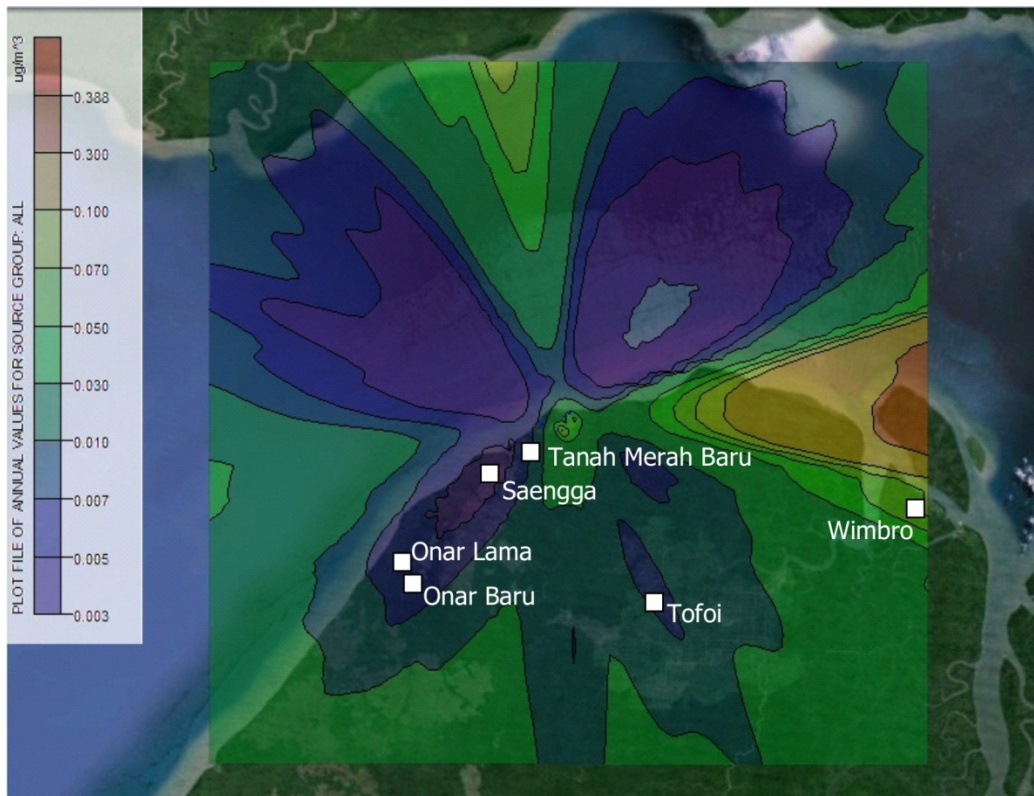
Gambar 4.3 Prakiraan Sebaran Konsentrasi NO₂ Rata-rata 24 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG dengan Memperhitungkan Pengaruh Topografi (*Elevated Terrain*)



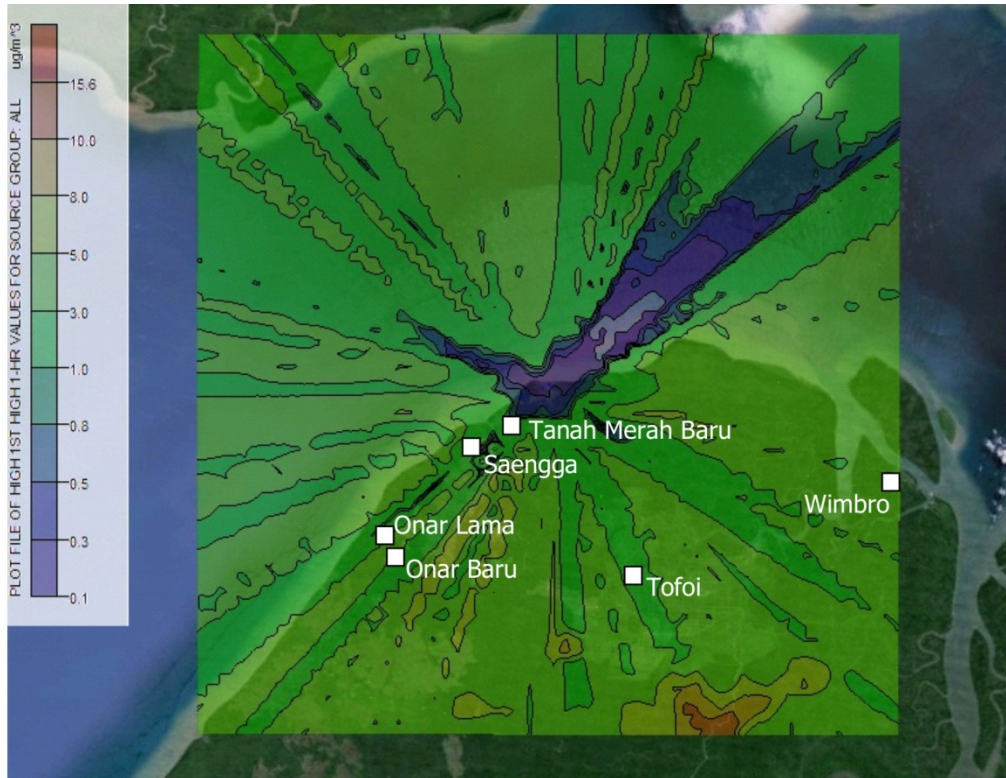
Gambar 4.4 Prakiraan Sebaran Konsentrasi NO₂ Rata-rata 24 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG tanpa Memperhitungkan Topografi (*Flat Terrain*)



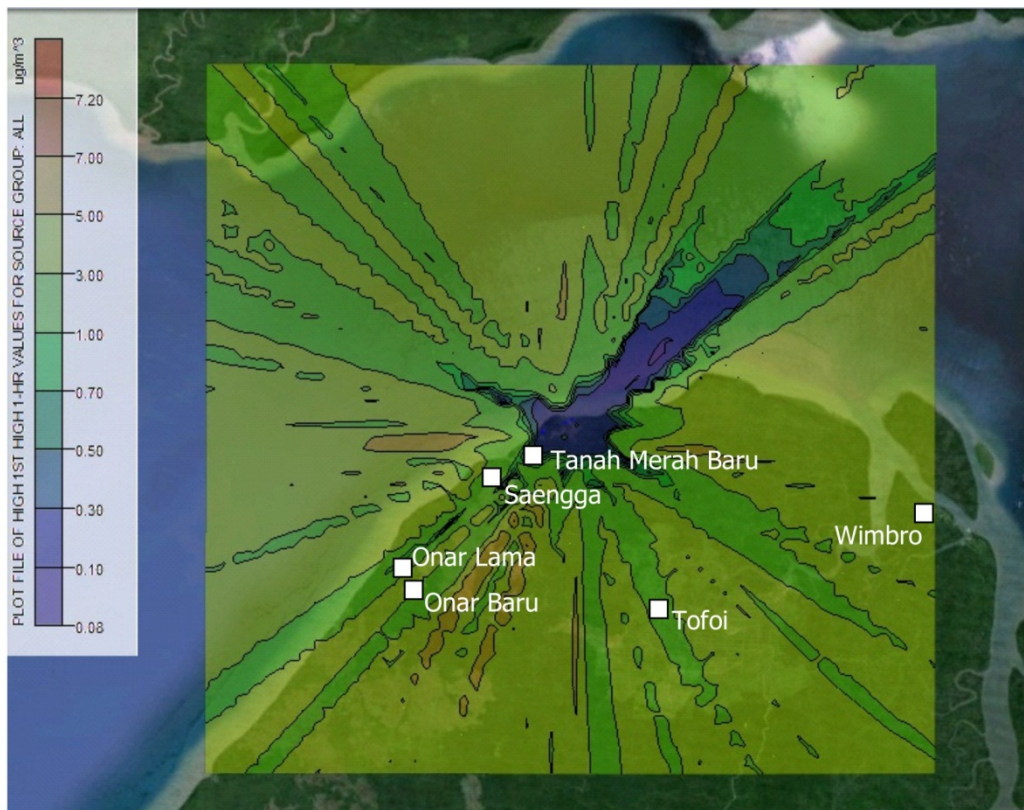
Gambar 4.5 Prakiraan Sebaran Konsentrasi NO₂ Rata-rata Tahunan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG dengan Memperhitungkan Pengaruh Topografi (*Elevated Terrain*)



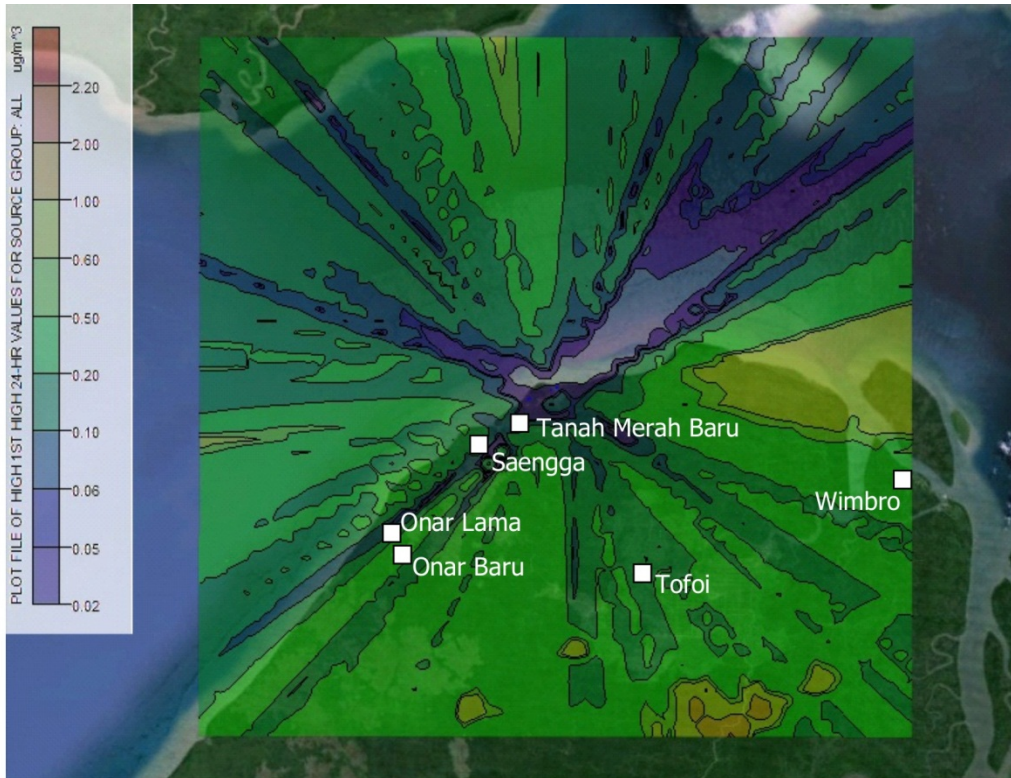
Gambar 4.6 Prakiraan Sebaran Konsentrasi NO₂ Rata-rata Tahunan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG tanpa Memperhitungkan Pengaruh Topografi (*Flat Terrain*)



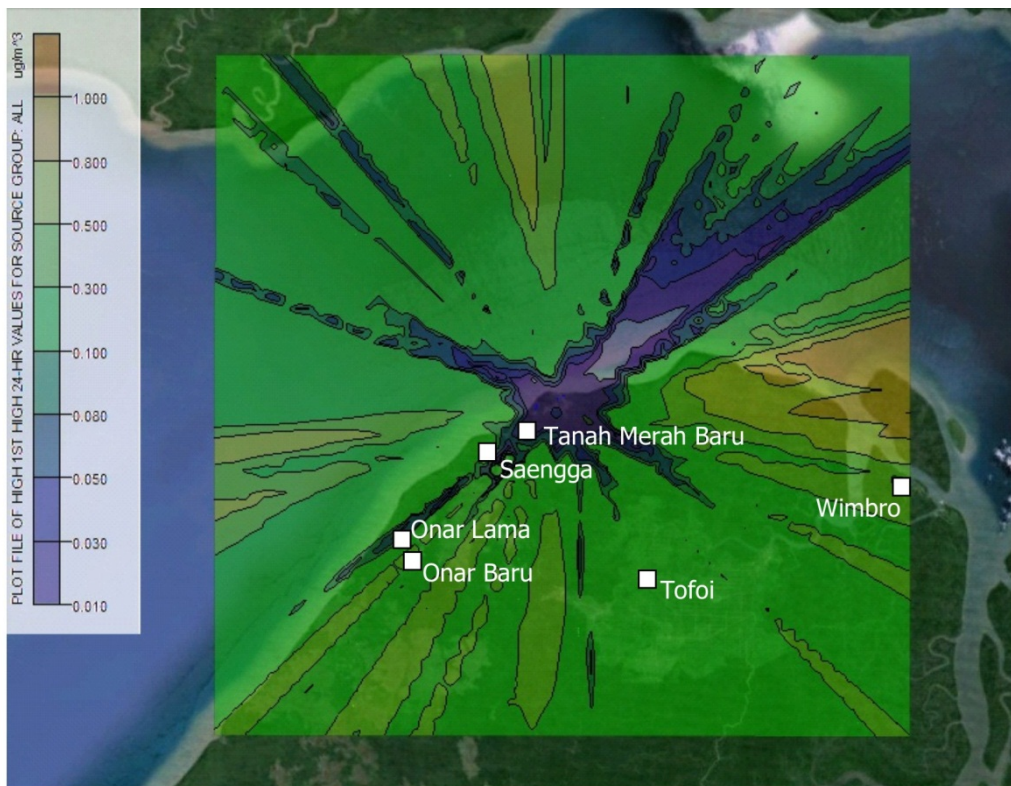
Gambar 4.7 Prakiraan Sebaran Konsentrasi SO₂ Rata-rata 1 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG dengan Memperhitungkan Pengaruh Topografi (*Elevated Terrain*)



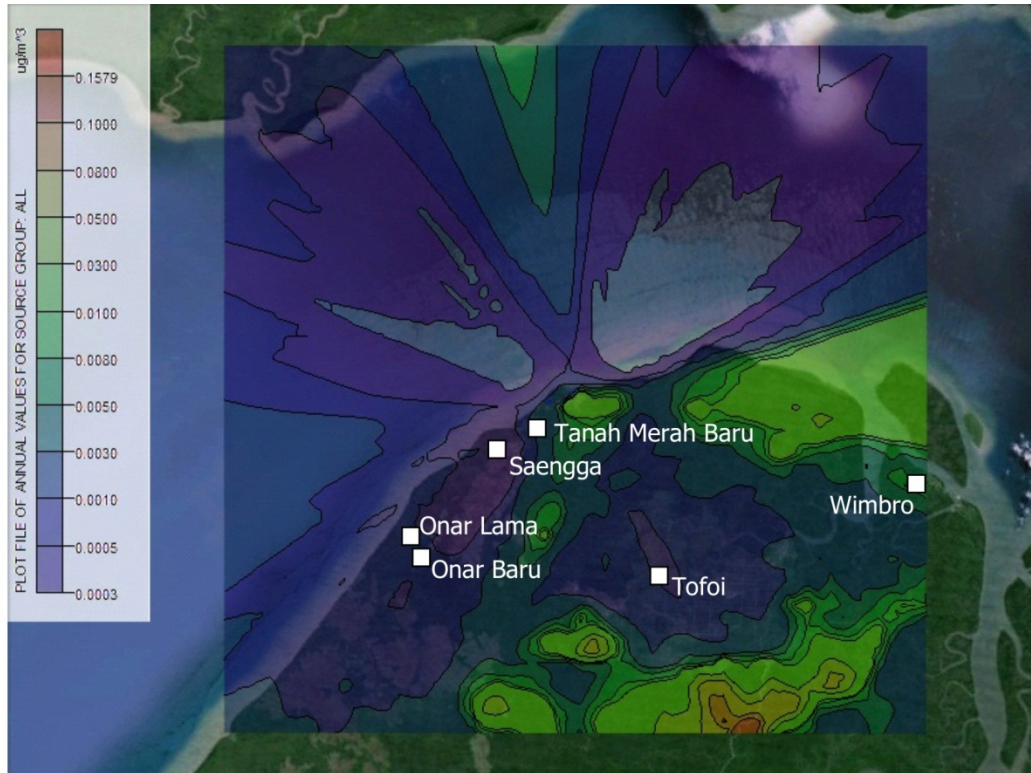
Gambar 4.8 Prakiraan Sebaran Konsentrasi SO₂ Rata-rata 1 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG tanpa Memperhitungkan Pengaruh Topografi (*Flat Terrain*)



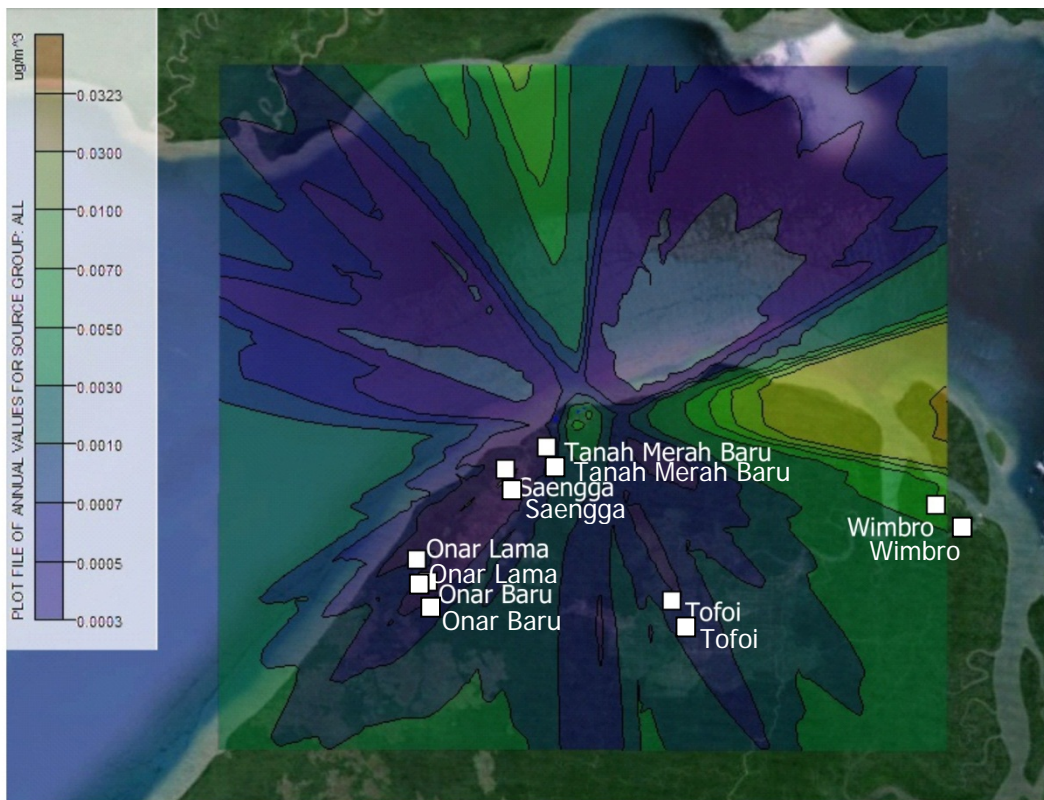
Gambar 4.9 Prakiraan Sebaran Konsentrasi SO_2 Rata-rata 24 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG dengan Memperhitungkan Pengaruh Topografi (*Elevated Terrain*)



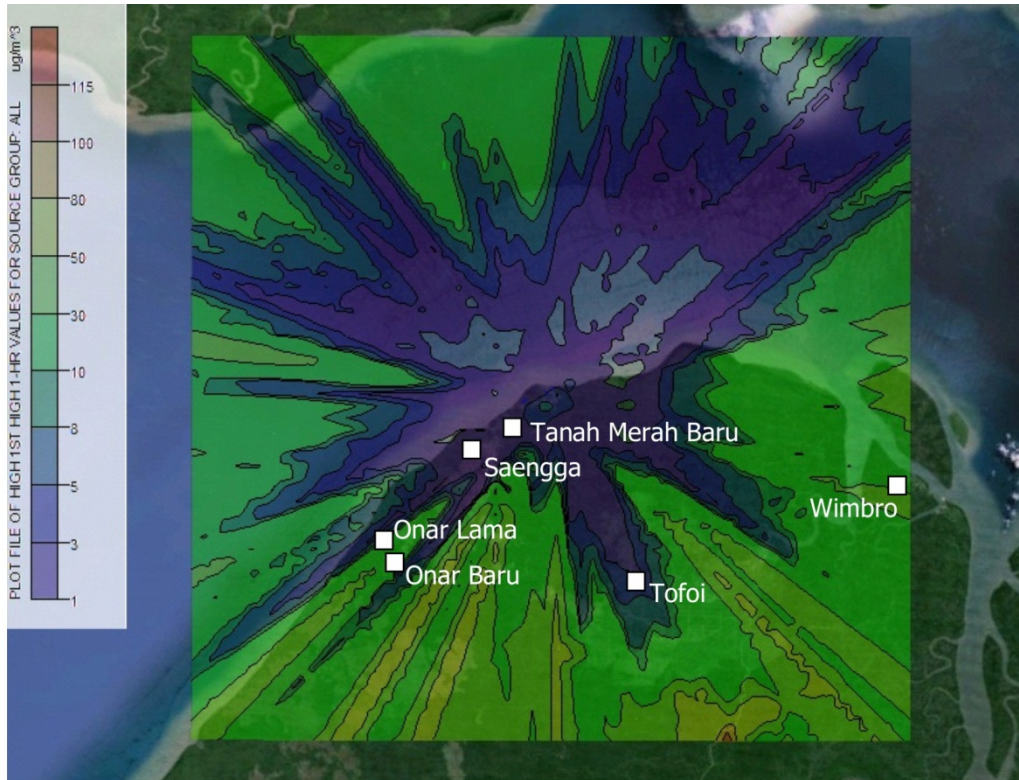
Gambar 4.10 Prakiraan Sebaran Konsentrasi SO_2 Rata-rata 24 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG tanpa Memperhitungkan Pengaruh Topografi (*Flat Terrain*)



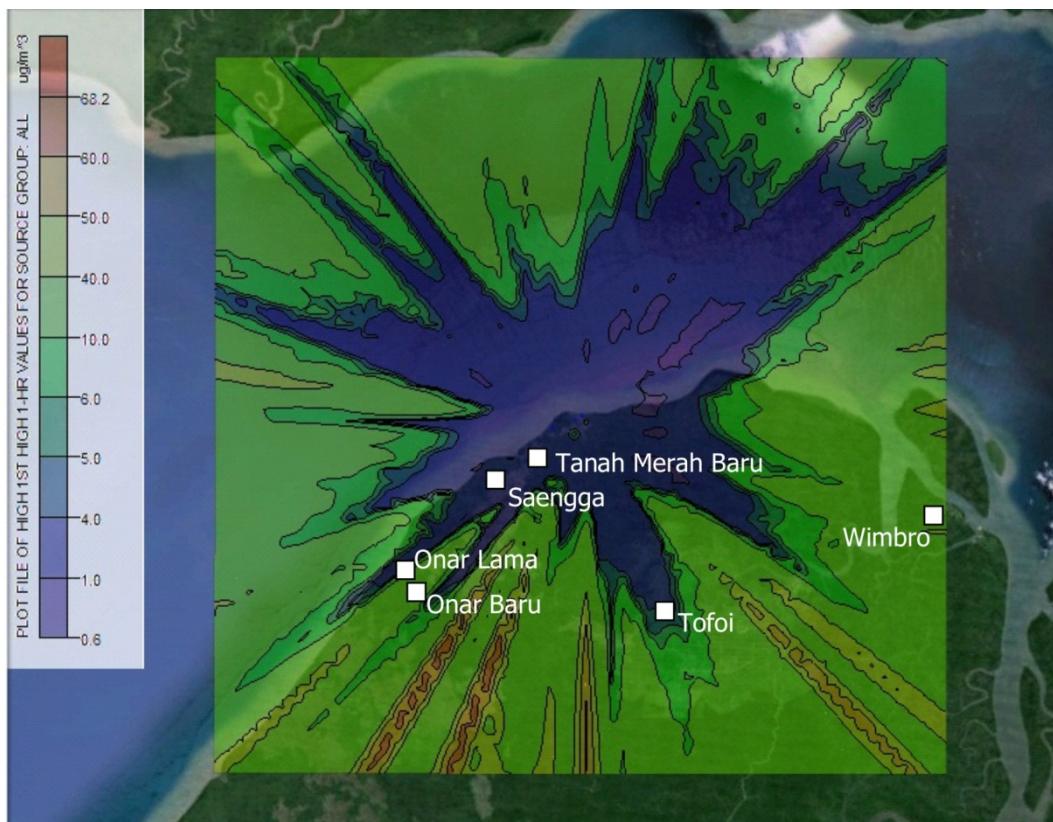
Gambar 4.11 Prakiraan Sebaran Konsentrasi SO₂ Rata-rata Tahunan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG dengan Memperhitungkan Pengaruh Topografi (*Elevated Terrain*)



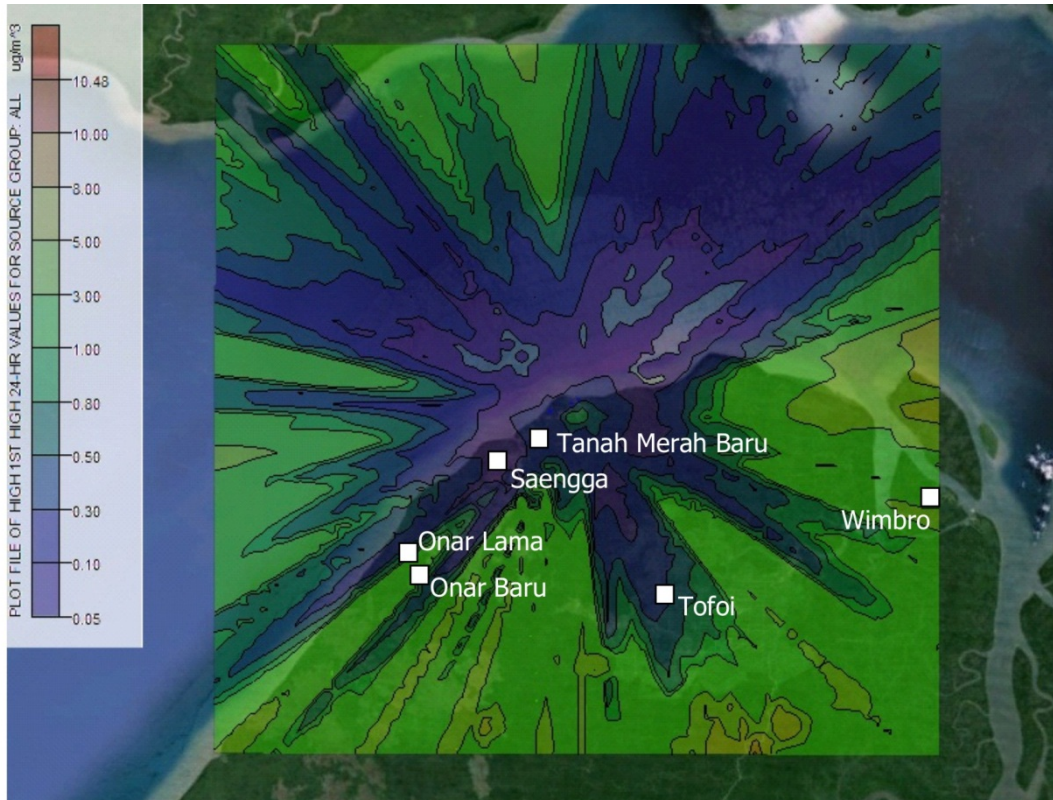
Gambar 4.12 Prakiraan Sebaran Konsentrasi SO₂ Rata-rata Tahunan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Kilang Tangguh LNG tanpa Memperhitungkan Pengaruh Topografi (*Flat Terrain*)



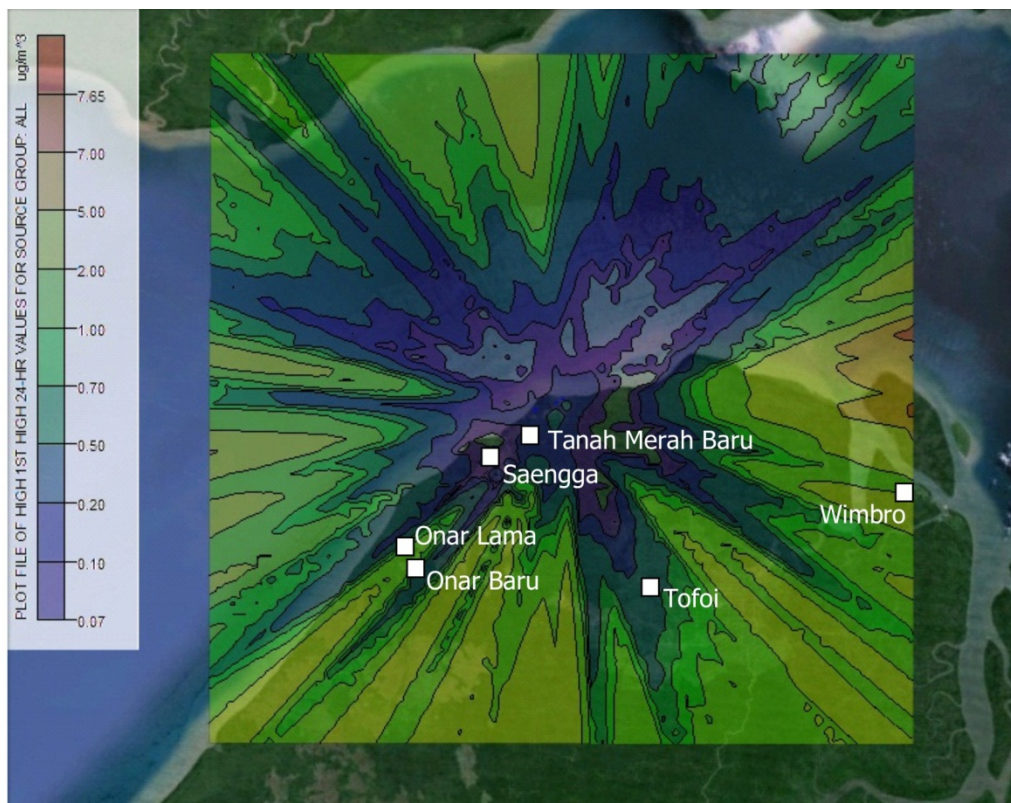
Gambar 4.13 Prakiraan Sebaran Konsentrasi CO Rata-rata 1 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG dengan Memperhitungkan Topografi (*Elevated Terrain*)



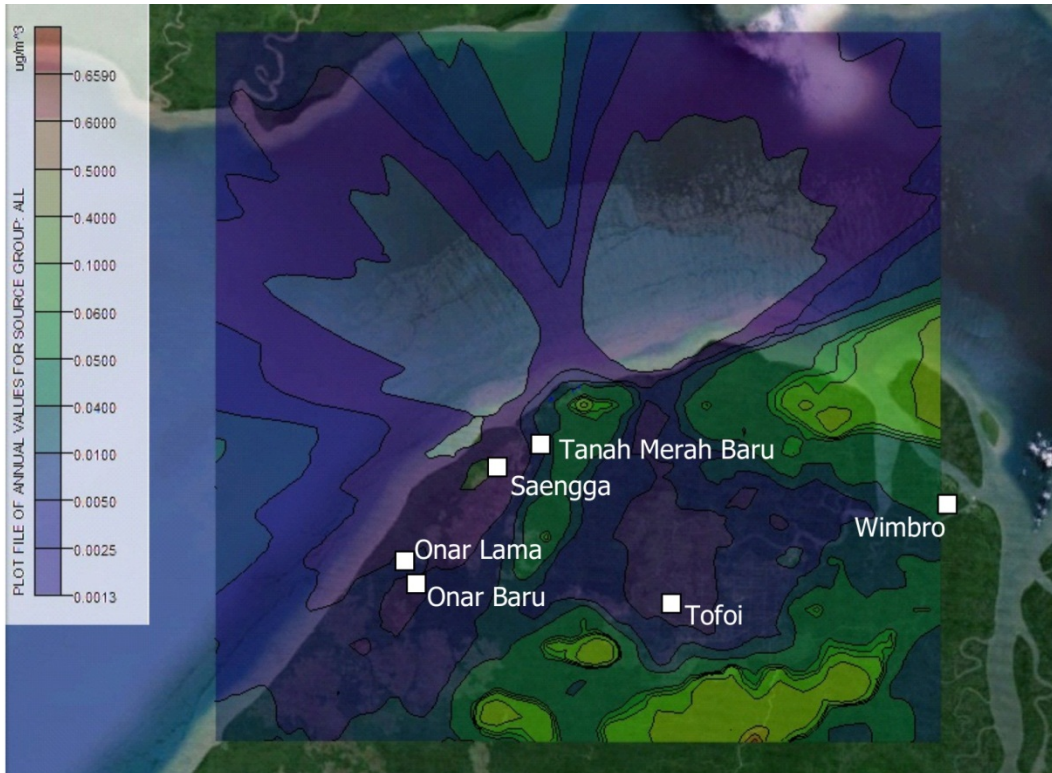
Gambar 4.14 Prakiraan Sebaran Konsentrasi CO Rata-rata 1 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG tanpa Memperhitungkan Topografi (*Flat Terrain*)



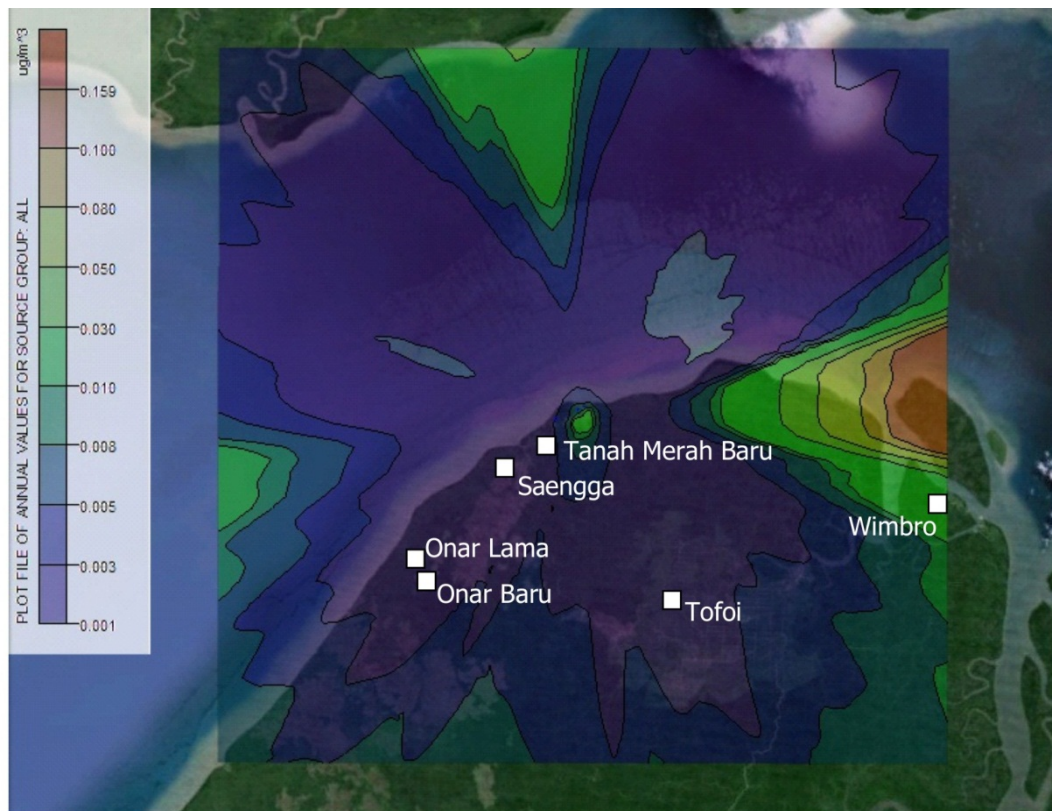
Gambar 4.15 Prakiraan Sebaran Konsentrasi CO Rata-rata 24 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG dengan Memperhitungkan Topografi (*Elevated Terrain*)



Gambar 4.16 Prakiraan Sebaran Konsentrasi CO Rata-rata 24 jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG tanpa Memperhitungkan Topografi (*Flat Terrain*)



Gambar 4.17 Prakiraan Sebaran Konsentrasi CO Rata-rata Tahunan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG dengan Memperhitungkan Topografi (*Elevated Terrain*)



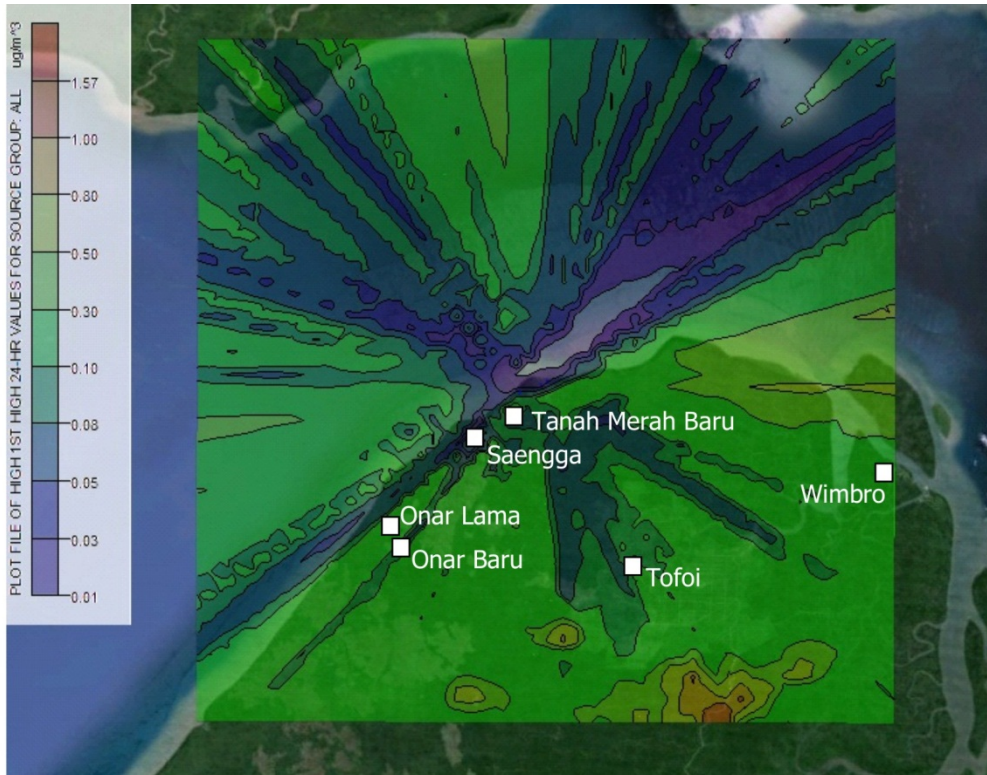
Gambar 4.18 Prakiraan Sebaran Konsentrasi CO Rata-rata Tahunan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG tanpa Memperhitungkan Topografi (*Flat Terrain*)



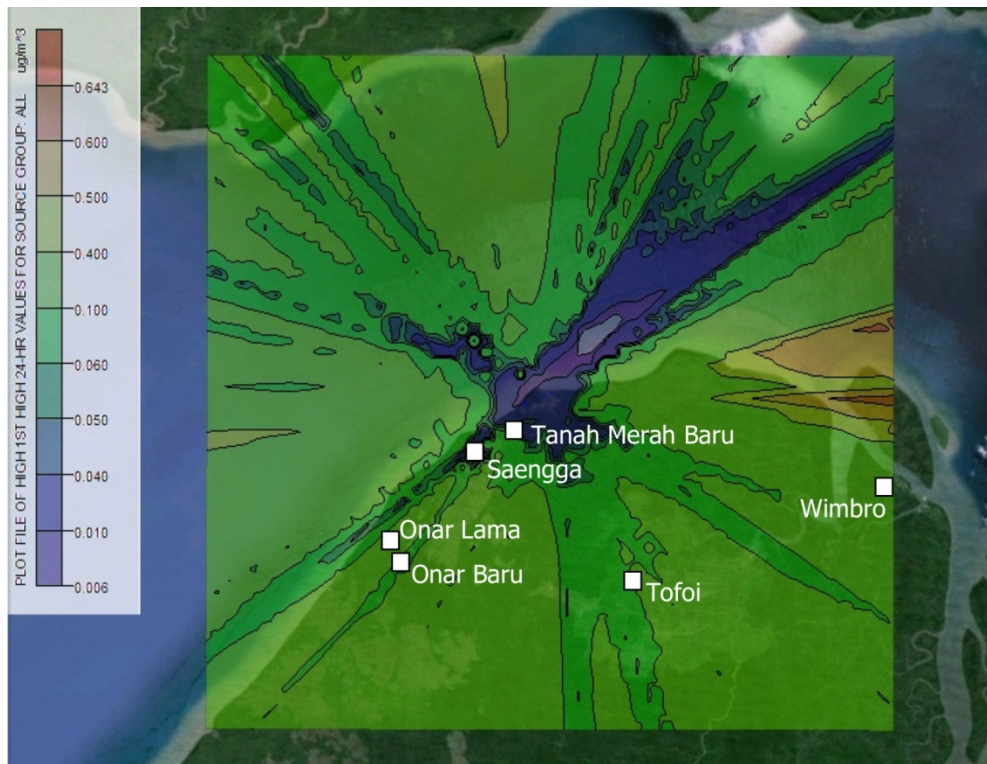
Gambar 4.19 Prakiraan Sebaran Konsentrasi Partikulat Rata-rata 1 Jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG dengan Memperhitungkan Topografi (*Elevated Terrain*)



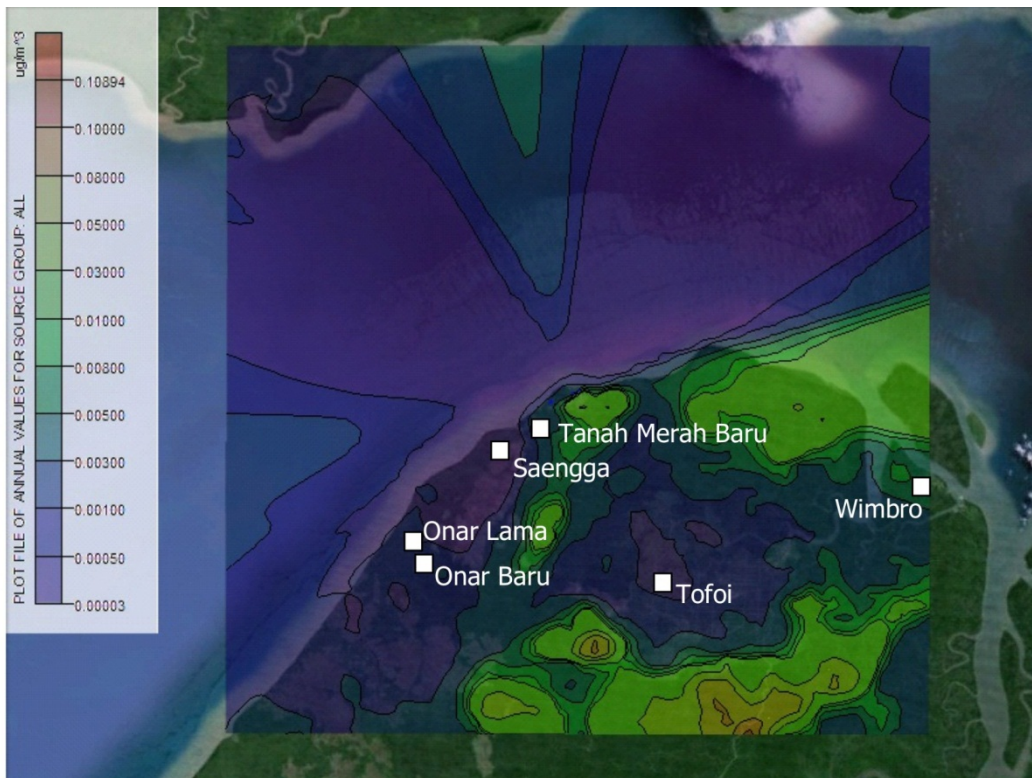
Gambar 4.20 Prakiraan Sebaran Konsentrasi Partikulat Rata-rata 1 Jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG tanpa Memperhitungkan Topografi (*Flat Terrain*)



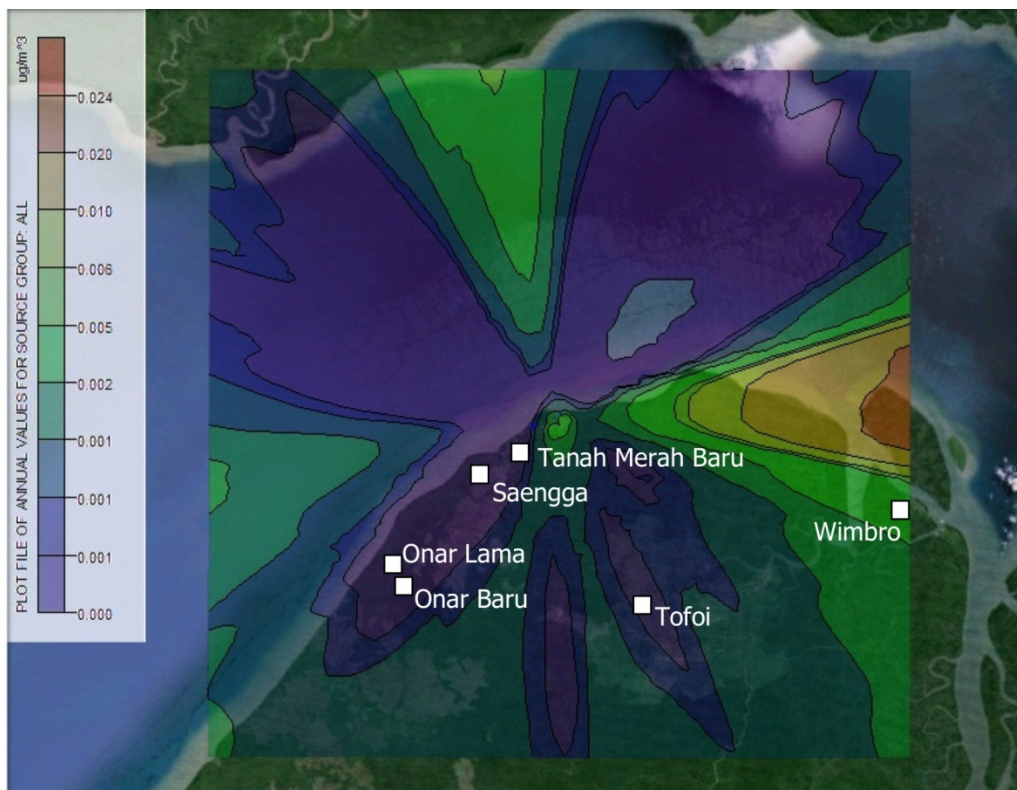
Gambar 4.21 Prakiraan Sebaran Konsentrasi Partikulat Rata-rata 24 Jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG dengan Memperhitungkan Topografi (*Elevated Terrain*)



Gambar 4.22 Prakiraan Sebaran Konsentrasi Partikulat Rata-rata 24 Jam ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG tanpa Memperhitungkan Topografi (*Flat Terrain*)



Gambar 4.23 Prakiraan Sebaran Konsentrasi Partikulat Tahunan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG dengan Memperhitungkan Topografi (*Elevated Terrain*)



Gambar 4.24 Prakiraan Sebaran Konsentrasi Partikulat Tahunan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dari Kegiatan Operasional Proyek Pengembangan Tangguh LNG tanpa Memperhitungkan Topografi (*Flat Terrain*)

5 Kesimpulan

Pada tahap operasional, Kilang LNG 3 dan 4 akan menambah 14 sumber emisi baru (berupa *acid gas incinerator*, *regeneration gas-fired heater*, *heat recovery steam generator*, *boiler* dan *flare*), sama dengan jumlah sumber emisi lama yang berasal dari operasional kilang 1 dan 2, sehingga secara keseluruhan total sumber emisi menjadi 28 buah. Ke-28 sumber tersebut mengemisikan pencemar dalam bentuk NO₂, SO₂, CO, dan partikulat ke udara ambien dengan laju emisi dihitung berdasarkan data sekunder hasil pengukuran atau hasil inventarisasi emisi yang dilakukan oleh Tangguh LNG. Prediksi dispersi pencemar dilakukan dengan menggunakan software AERMOD pada dua kondisi, yaitu *elevated terrain* (memperhitungkan pengaruh topografi) dan *flat terrain* (mengabaikan topografi, dengan permukaan tanah di area model diasumsikan seluruhnya mendatar).

Hasil model prediksi dispersi pencemar menunjukkan bahwa nilai konsentrasi untuk semua parameter lebih tinggi terjadi pada rata-rata waktu perhitungan yang lebih pendek, misalnya rata-rata satu jam > rata-rata 24 jam > rata-rata tahunan. Hal ini dapat terjadi, karena semakin lama waktu dispersi, maka semakin besar kemungkinan bagi pencemar untuk mengalami berbagai proses transformasi fisik kimia di atmosfer. Secara umum pola sebaran sesuai dengan pola arah tiupan angin, dimana pencemar yang diemisikan dari sumber-sumber titik Tangguh LNG sebagian besar tersebar ke arah Timur, ke arah Tenggara, Timur Laut dan Barat Laut, sesuai dengan arah berlawanan dari angin yang paling sering terjadi (*prevailing wind*).

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa topografi sangat berpengaruh dalam meningkatkan konsentrasi yang terhitung akibat adanya pengaruh dari refleksi *plume* yang membentur permukaan bumi. Hasil prediksi menunjukkan bahwa konsentrasi maksimum untuk semua parameter dengan kondisi *elevated terrain* lebih tinggi daripada konsentrasi maksimum untuk semua parameter pada kondisi *flat terrain*. Konsentrasi maksimum semua parameter untuk kondisi *elevated terrain* terjadi pada daerah yang paling tinggi dalam batas area model, yaitu pada arah Tenggara dari sumber emisi. Konsentrasi maksimum semua parameter untuk kondisi *flat terrain* terjadi pada arah Timur dari sumber emisi, berlawanan arah dengan arah tiupan angin yang paling sering terjadi yaitu dari arah Barat.

Daerah sensitif seperti daerah pemukiman seperti kampung Tanah Merah Baru, kampung Saengga, kampung Onar Lama, kampung Onar Baru, kampung Tofoi dan kampung Wimro yang terletak pada area model dapat terpengaruh oleh dispersi pencemar yang diemisikan dari sumber-sumber titik pada tahap operasional kilang. Kampung-kampung lain di luar area model dapat pula terpengaruh oleh sebaran dispersi pencemar tersebut, namun dengan konsentrasi yang lebih kecil daripada konsentrasi pada area model.

Secara keseluruhan, konsentrasi maksimum dari parameter NO₂, SO₂, CO dan partikulat yang terhitung pada rata-rata 1 jam, 24 jam dan tahunan berada di bawah baku mutu yang berlaku menurut PP 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa operasional Kilang Tangguh LNG dengan penambahan Kilang LNG 3 dan 4 terhadap dua kilang yang sudah ada saat ini (Kilang LNG 1 dan 2) dapat mempengaruhi kondisi udara ambien. Namun walaupun kondisi udara ambien akan terpengaruh, jika kondisi operasi dan pemeliharaan dipertahankan seperti pada kondisi eksisting saat ini, konsentrasi pencemar diprediksikan akan tetap berada di bawah baku mutu yang berlaku menurut PP 41 tahun 1999 selama berlangsungnya masa operasional Tangguh LNG.

References

Indonesian Government Regulation, No. 41/1999 concerning Air Pollution Control

US EPA, AERMOD: Description of Model Formulation, September 2004

Lampiran IV.4

Pemodelan Sebaran Kebisingan dari Kegiatan Konstruksi Tangguh LNG

Laporan
Pemodelan Sebaran Kebisingan dari
Kegiatan Konstruksi
Tangguh LNG

Daftar Isi

1	Pendahuluan	1
1.1	Latar Belakang dan Tujuan Pemodelan	1
1.2	Deskripsi Kegiatan	1
1.3	Acuan Peraturan.....	4
2	Metodologi	5
2.1	Pemodelan propagasi kebisingan dengan MATLAB®	5
2.1.1	Atenuasi akibat jarak (<i>Geometrical divergence A_{div}</i>)	6
2.1.2	Atenuasi akibat absorpsi atmosferik (<i>Atmospheric Absorption A_{atm}</i>).....	6
2.1.3	Atenuasi akibat <i>ground effect</i> (A_{gr})	7
2.1.4	Atenuasi akibat adanya penghalang/ <i>barrier</i> (A_{bar}).....	9
2.1.5	Koreksi meteorologi	10
2.1.6	Atenuasi lainnya (A_{misc})	10
2.2	SURFER	12
2.3	Prosedur Pengerjaan	13
3	Parameter Input dan Data Pendukung	14
4	Prakiraan Dampak Paparan Kebisingan di Tangguh LNG	19
5	Kesimpulan	36
	Referensi	37

Daftar Gambar

Gambar 1.1	Lokasi Sumber Kebisingan pada Tahap Konstruksi Tangguh LNG.....	3
Gambar 2.1	Pembagian area untuk menentukan atenuasi akibat ground effect.....	7
Gambar 2.2	Metoda untuk evaluasi h_m	9
Gambar 2.3	Penampang dua buah objek/penghalang yang berada pada jalur propagasi.....	9
Gambar 2.4	Atenuasi A_{fol} meningkat linear terhadap panjang kurva d_f yang melalui pepohonan/hutan	11
Gambar 2.5	Atenuasi A_{site} meningkat linear terhadap panjang kurva d_s di kawasan industri	12
Gambar 2.7	Contoh tampilan data visualisasi keluaran SURFER	13
Gambar 3.1	Peta lokasi pengukuran kebisingan untuk rona awal lingkungan	15
Gambar 3.2	Contoh positioning peralatan untuk pemodelan (skenario kegiatan piling di area 1A, semester awal tahun 2015).....	16
Gambar 4.1	Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario tahun 2014.....	21
Gambar 4.2	Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester I tahun 2015 dengan seluruh kegiatan dilaksanakan bersamaan.....	22
Gambar 4.3	Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester I tahun 2015: kegiatan piling di area 1A, earthwork di area 6A, piling di area 7B.....	23
Gambar 4.4	Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester I tahun 2015: kegiatan concrete di area 1A, foundation di area 6A, concrete di area 7B	24
Gambar 4.5	Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester I tahun 2015: kegiatan installation di area 1A, construct di area 6A, concrete di area 7B	25
Gambar 4.6	Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester II tahun 2015.	26
Gambar 4.7	Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester I tahun 2016.	27
Gambar 4.8	Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester II tahun 2016.	28
Gambar 4.9	Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester I tahun 2017.	29

Gambar 4.10 Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester II tahun 2017.	30
Gambar 4.11 Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario tahun 2018.	31
Gambar 4.12 Grafik penurunan tingkat tekanan suara terhadap jarak dari sumber kebisingan untuk	32

Daftar Tabel

Tabel 1.1	Aktivitas Konstruksi di area Tangguh LNG	2
Tabel 1.2	Baku Mutu Kebisingan	4
Tabel 2.1	Contoh koefisien atenuasi atmosferik α	6
Tabel 2.2	Persamaan untuk menghitung atenuasi ground effect di area sumber, penerima, dan tengah.....	8
Tabel 2.3	Atenuasi suara saat berpropagasi pada jarak d_f melalui peohonan.....	10
Tabel 2.4	Estimasi besar atenuasi suara akibat adanya kawasan industri	11
Tabel 3.1	Hasil pengukuran L_{avg} serta perhitungan L_{eq}	14
Tabel 3.2	Data peralatan yang digunakan untuk pemodelan paparan kebisingan.....	18
Tabel 4.1	Spesies burung yang terdapat di area Tangguh LNG.....	20
Tabel 4.2	Spesies herpetofauna yang terdapat di area Tangguh LNG.....	21
Tabel 4.3	Spesies capung, kumbang, dan kepik yang terdapat di area Tangguh LNG.....	22
Tabel 4.4	Spesies hewan tanah yang terdapat di area Tangguh LNG	23
Tabel 4.5	Dampak kebisingan terhadap satwa liar (Ref: Air and Noise Compliance, 2012. Effects of Noise on Animals).....	39

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang dan Tujuan Pemodelan

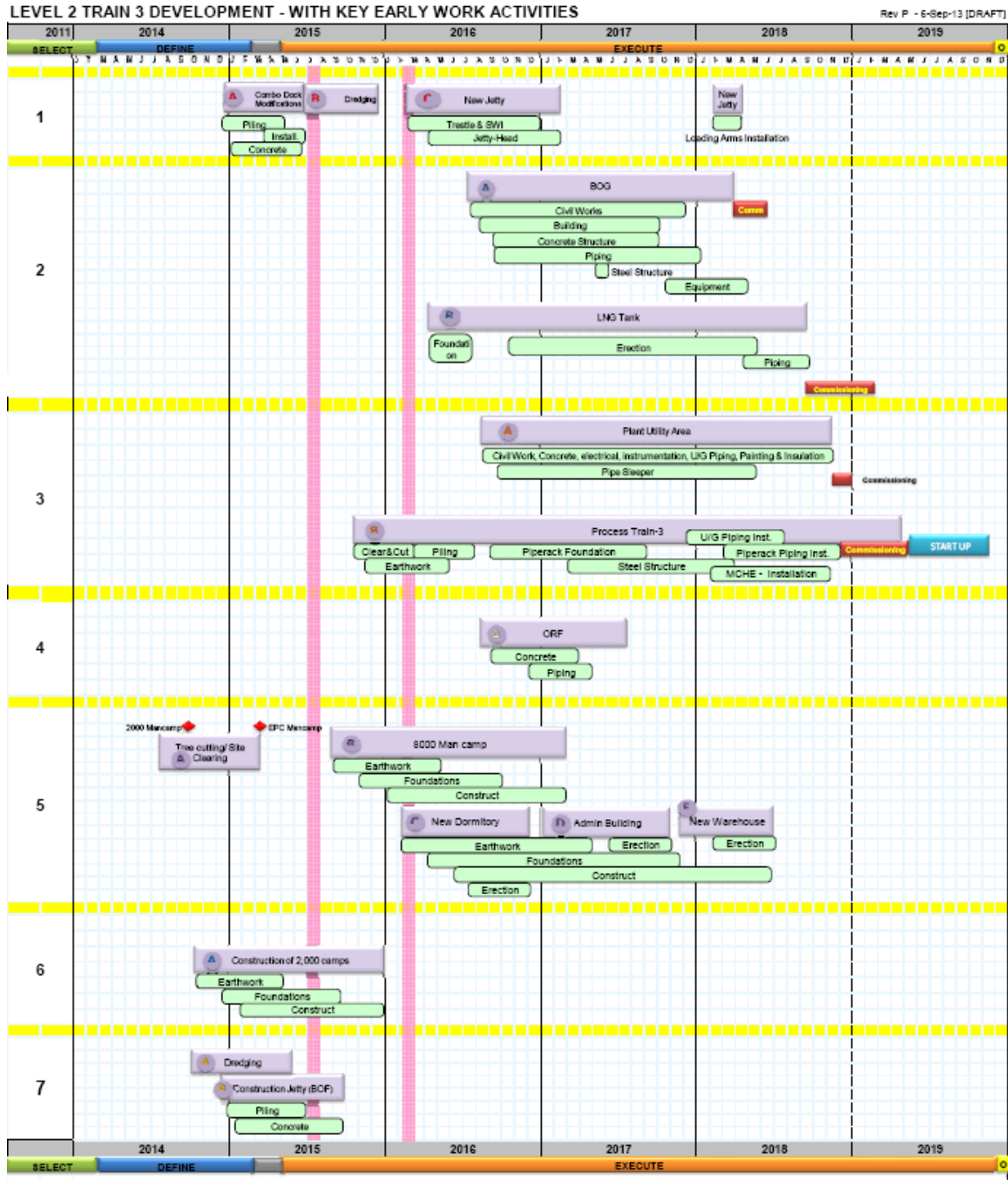
BP Berau Ltd. akan meningkatkan produksi dari lapangan Tangguh LNG yang terdapat di daerah Teluk Bintuni Papua Barat. Peningkatan produksi dilakukan dengan menambah dua fasilitas pengolahan gas tambahan (kilang 3 dan kilang 4) serta membangun unit-unit baru yang terkait dengan kegiatan tersebut.

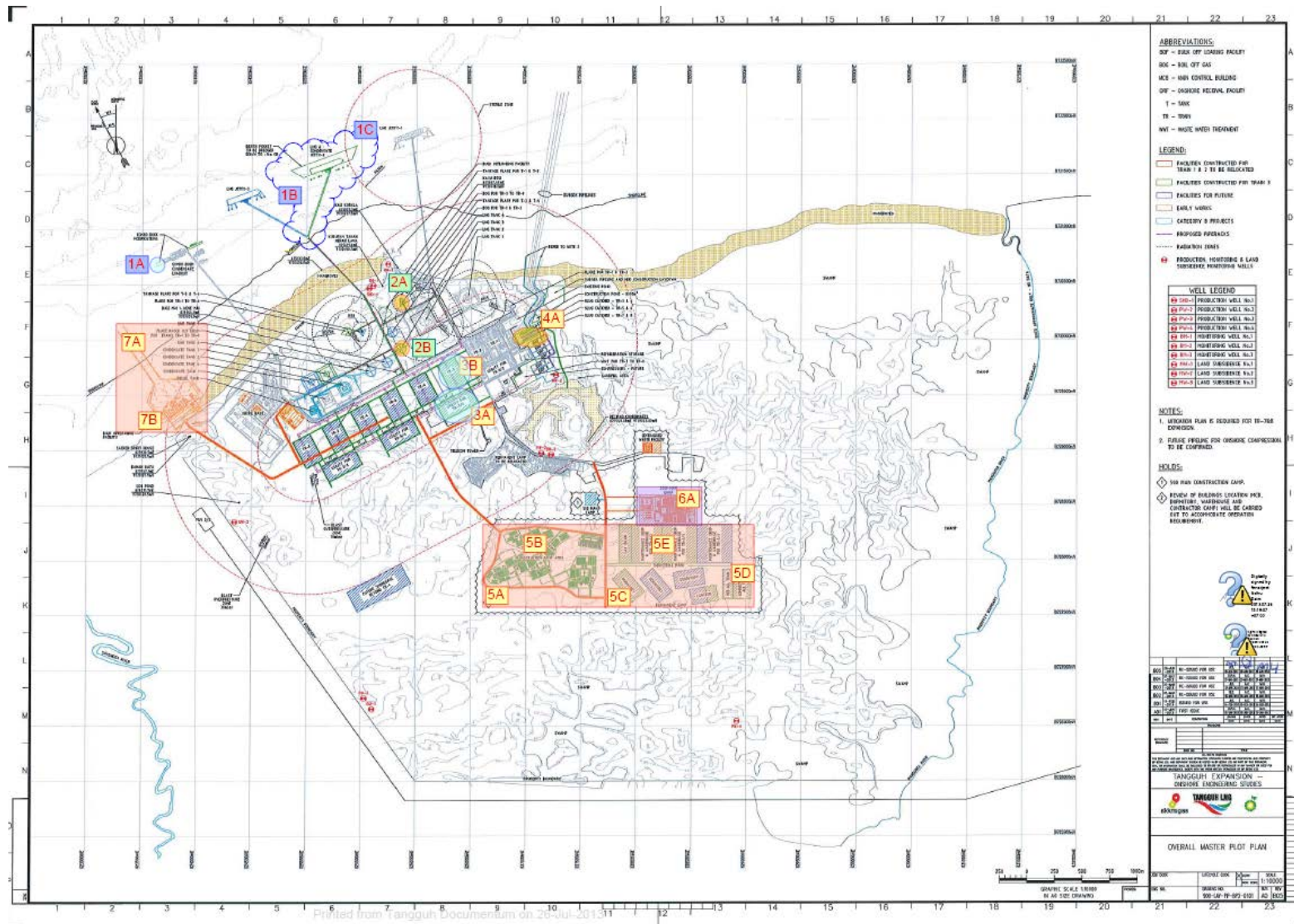
Pada tahap konstruksi, peralatan-peralatan berat yang digunakan akan menjadi sumber kebisingan baru di area Tangguh LNG. Karena emisi kebisingan akan berlangsung terus menerus selama masa konstruksi Proyek Pengembangan Tangguh LNG, maka perlu dilakukan pemodelan sebaran kebisingan dengan tujuan untuk memprediksi sebaran kebisingan yang diakibatkan oleh kegiatan konstruksi di Tangguh LNG.

1.2 Deskripsi Kegiatan

Kegiatan konstruksi Proyek Pengembangan Tangguh LNG direncanakan berlangsung dari tahun 2014 hingga tahun 2018. Selama periode tersebut, jenis aktivitas yang dilakukan beragam serta dilakukan tidak bersamaan serta dilaksanakan tersebar di seluruh area tangguh. Area kegiatan konstruksi dibagi menjadi tujuh area, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1.1** dan **Gambar 1.1**.

Tabel 1.1 Aktivitas Konstruksi di area Tangguh LNG





Gambar 1.1 Lokasi Sumber Kebisingan pada Tahap Konstruksi Tangguh LNG

1.3 Acuan Peraturan

Acuan baku mutu tingkat kebisingan didasarkan pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 48 tahun 1996, seperti yang diperlihatkan pada **Tabel 1.2**. Baku mutu tingkat kebisingan yang paling rendah adalah 55 dBA yang berlaku pada kawasan pemukiman serta lingkungan kegiatan yang peka terhadap kebisingan, seperti rumah sakit, sekolah, serta tempat ibadah.

Tabel 1.2. Baku Mutu Kebisingan

1. Peruntukan kawasan	
a. Perumahan dan pemukiman	55
b. Perdagangan dan jasa	70
c. Perkantoran dan perdagangan	65
d. Ruang terbuka hijau	50
e. Industri	70
f. Pemerintahan dan fasilitas umum	60
g. Rekreasi	70
h. Khusus:	
• Bandar udara	
• Stasiun Kereta api	60
• Pelabuhan laut	70
• Cagar budaya	
2. Lingkungan kegiatan	
a. Rumah sakit atau sejenisnya	55
b. Sekolah atau sejenisnya	55
c. Tempat ibadah atau sejenisnya	55

2 Metodologi

Untuk mendapatkan hasil modeling yang dapat diandalkan, studi mengenai dampak sebaran kebisingan dilakukan dengan menggunakan piranti lunak yang sudah banyak digunakan secara nasional maupun internasional, yaitu MATLAB[®] dengan mengacu pada ISO 9613, mengenai Attenuation of Sound during Propagation Outdoors. Hasil pemodelan dari Matlab, kemudian diplot dengan menggunakan piranti lunak Surfer.

2.1 Pemodelan propagasi kebisingan dengan MATLAB[®]

MATLAB[®] merupakan piranti lunak yang sapat digunakan untuk analisa data, pengembangan algoritma, serta untuk pemodelan dan berbagai aplikasi lainnya. MATLAB[®] dilengkapi dengan *syntax*, *tools*, serta berbagai fungsi matematis yang memudahkan analisa serta pemodelan dengan berbagai pendekatan, sehingga hasil yang diharapkan dapat dihasilkan dengan lebih cepat.

Pemodelan ini dilakukan dengan berdasarkan pada ISO 9613, mengenai Attenuation of Sound during Propagation Outdoors. Standar ini berisi metoda perhitungan atenuasi suara ketika mengalami propagasi di luar ruangan. Tujuannya adalah untuk memperkirakan tingkat kebisingan lingkungan pada suatu titik yang berasal dari berbagai jenis sumber bising.

Atenuasi yang terjadi ketika gelombang suara mengalami propagasi di luar ruangan dapat berupa atenuasi akibat jarak (divergensi) dari sumber suara ke titik pengamatan, atenuasi akibat absorpsi atmosferik, atenuasi akibat ground effect, atenuasi akibat adanya objek-objek yang menghalangi propagasi suara, dan sebagainya.

Persamaan dasar tingkat tekanan suara pada titik penerima adalah:

$$L_{fR} = L_w + D_c - A \quad \text{Persamaan 1}$$

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \quad \text{Persamaan 2}$$

dengan:

L_w	: Tingkat daya suara sumber bising
D_c	: Faktor direktivitas sumber bising
A	: Atenuasi (<i>octave band</i>)
A_{div}	: Atenuasi akibat jarak (<i>divergensi</i>)
A_{atm}	: Atenuasi akibat absorpsi atmosferik
A_{gr}	: Atenuasi akibat <i>ground effect</i>
A_{bar}	: Atenuasi akibat adanya <i>barrier</i>
A_{misc}	: Atenuasi akibat efek lainnya, seperti keberadaan pepohonan (hutan), adanya kawasan industri, adanya kawasan perumahan

Karena keterbatasan data (tidak tersedia data octave band, serta tidak tersedia data barrier), pada pemodelan ini hanya memperhitungkan atenuasi akibat jarak (divergensi), atenuasi akibat ground effect, serta atenuasi akibat keberadaan hutan.

2.1.1 Atenuasi akibat jarak (*Geometrical divergence A_{div}*)

Atenuasi akibat jarak dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$A_{div} = [20 \text{Log}(\frac{d}{d_o}) + 11] \text{ dB} \quad \text{Persamaan 3}$$

Dengan: d : jarak dari sumber ke titik pengamatan
 d_o : jarak referensi (umumnya = 1 meter)

2.1.2 Atenuasi akibat absorpsi atmosferik (*Atmospheric Absorption A_{atm}*)

Atenuasi akibat adanya absorpsi atmosferik dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$A_{atm} = \frac{\alpha d}{1000} \quad \text{Persamaan 4}$$

α merupakan koefisien atenuasi atmosferik (dalam satuan dB/km), untuk setiap *octave band*. Contoh data koefisien α ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1. Contoh koefisien atenuasi atmosferik α

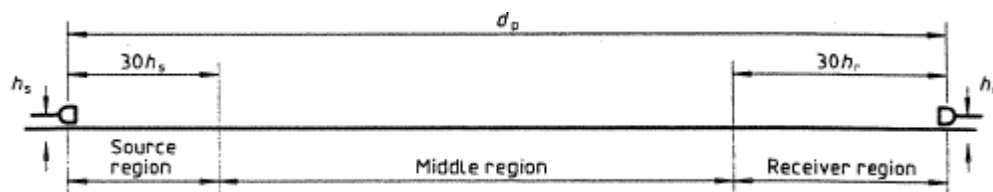
Suhu °C	Kelembaban Relatif %	Koefisien atenuasi atmosferik α , dB/km							
		Frekuensi, Hz							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
10	70	0.1	0.4	1.0	1.9	3.7	9.7	32.8	117
20	70	0.1	0.3	1.0	2.8	5.0	9.0	22.9	76.6
30	70	0.1	0.3	1.0	3.1	7.4	12.7	23.1	59.3
15	20	0.3	0.6	1.2	2.7	8.2	28.2	88.8	202
15	50	0.1	0.5	1.2	2.2	4.2	10.8	36.2	129
15	80	0.1	0.3	1.1	2.4	4.1	8.3	23.7	82.8

2.1.3 Atenuasi akibat *ground effect* (A_{gr})

Atenuasi akibat *ground effect* paling besar diakibatkan oleh suara pantulan dari permukaan tanah yang mengalami interferensi dengan suara yang berpropagasi secara langsung dari sumber ke penerima.

Untuk menghitung atenuasi ini, didefinisikan tiga area pada jalur propagasi suara, yaitu;

1. Area sumber (*source*), yaitu area yang berada di antara sumber hingga jarak $30h_s$ dengan jarak maksimum d_p . h_s merupakan tinggi sumber dan d_p merupakan jarak propagasi dari sumber ke penerima.
2. Area penerima (*receiver*), yaitu area yang berada di antara penerima hingga jarak $30h_r$ dengan jarak maksimum d_p . h_r merupakan tinggi penerima dan d_p merupakan jarak propagasi dari sumber ke penerima.
3. Area tengah (*middle*), yaitu area yang berada di antara area sumber dan area penerima. Jika $d_p < (30h_s + 30h_r)$, area sumber dan area penerima akan saling tindih, sehingga tidak ada area tengah.



Gambar 2.1 Pembagian area untuk menentukan atenuasi akibat *ground effect*

Selain itu, permukaan tanah pada tiap area tersebut dikategorikan menjadi:

1. **Hard ground**, termasuk di antaranya adalah permukaan yang tertutup semen, ubin, air, es, beton, dan permukaan lainnya dengan porositas yang rendah. Untuk permukaan keras, $G=0$.
2. **Porous ground** atau permukaan berpori, termasuk di antaranya adalah permukaan yang tertutup rerumputan, pepohonan, dan vegetasi lainnya, serta permukaan tanah yang biasanya digunakan untuk pertumbuhan vegetasi, misalnya sawah. Untuk permukaan berpori, $G=1$.
3. **Mixed ground**. Jika permukaan tanah merupakan gabungan dari permukaan keras dan permukaan berpori, maka nilai G bervariasi dari 0 hingga 1.

Untuk menghitung atenuasi permukaan, perlu dihitung atenuasi pada area sumber A_s dengan memperhitungkan faktor permukaan G_s , atenuasi pada area penerima A_p dengan memperhitungkan faktor permukaan G_p , serta atenuasi pada area tengah A_m dengan memperhitungkan faktor permukaan G_m dengan menggunakan **Tabel 2.2**. Kemudian atenuasi akibat ground effect dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$A_{gr} = A_s + A_r + A_m \tag{Persamaan 5}$$

Tabel 2.2. Persamaan untuk menghitung atenuasi ground effect di area sumber, penerima, dan tengah.

Frekuensi Hz	A_s atau A_r ¹⁾ dB	A_m dB
63	-1.5	$-3q^{2)}$
125	$-1.5 + G \times a'(h)$	$-3q(1-G_m)$
250	$-1.5 + G \times a'(h)$	
500	$-1.5 + G \times a'(h)$	
1000	$-1.5 + G \times a'(h)$	
2000	$-1.5 + (1-G)$	
4000	$-1.5 + (1-G)$	
8000	$-1.5 + (1-G)$	
<p>Notes</p> $a'(h) = 1.5 + 3.0 \times e^{-0.12(h-5)^2} (1 - e^{-dp/50}) + 5.7 \times e^{-0.09h^2} (1 - e^{-2.8 \times 10^6 \times dp^2})$ $b'(h) = 1.5 + 8.6 \times e^{-0.09h^2} (1 - e^{-dp/50})$ $c'(h) = 1.5 + 14.0 \times e^{-0.46h^2} (1 - e^{-dp/50})$ $d'(h) = 1.5 + 5.0 \times e^{-0.9h^2} (1 - e^{-dp/50})$		
<p>1) Untuk menghitung A_s, maka digunakan $G=G_s$ dan $h=h_s$. Untuk menghitung A_r, maka digunakan $G=G_r$ dan $h=h_r$.</p> <p>2) $q=0$, jika $d_p \leq (30h_s + 30h_r)$ $q=1-(30*(h_s+h_r)/d_p)$, jika $d_p > (30h_s + 30h_r)$</p>		

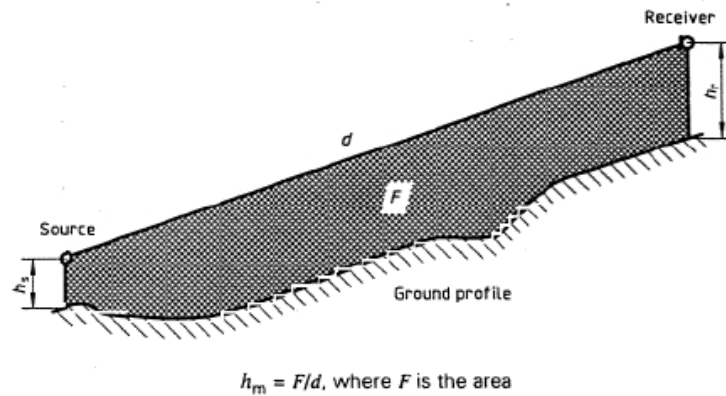
Pada kondisi tertentu, yaitu:

1. Jika yang diperhitungkan hanya tingkat tekanan suara pada posisi penerima
2. Jika propagasi suara terjadi pada area dengan permukaan berpori atau mixed ground yang sebagian besar adalah permukaan berpori
3. Jika suara yang berpropagasi bukan merupakan *pure tone*

Maka atenuasi dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$A_{gr} = 4.8 - (2h_m / d) [17 + (300 / d)] \geq 0 \quad dB \tag{Persamaan 6}$$

Dengan h_m adalah tinggi rata-rata jalur propagasi di atas permukaan tanah (meter) dan d merupakan jarak antara sumber dengan posisi penerima (lihat **Gambar 2.2**).



Gambar 2.2 Metoda untuk evaluasi h_m

Dalam perhitungan atenuasi akibat ground effect, permukaan tanah di sekitar area Proyek Pengembangan Tangguh LNG dianggap permukaan berpori karena permukaan tanah ditutup oleh rerumputan, pepohonan, serta vegetasi lainnya. Efek impedansi akibat permukaan tanah, dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P \sim R^{-b}$$

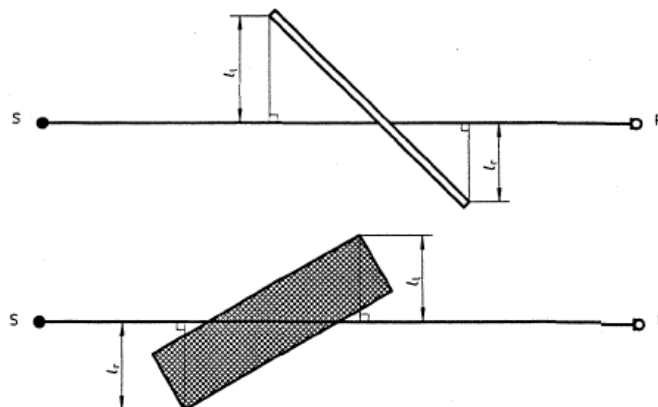
Persamaan 7

R merupakan jarak propagasi, sedangkan b merupakan faktor efek impedansi permukaan tanah. Untuk permukaan tanah yang tertutup rerumputan, digunakan nilai $b=1.2$ (Albert, 2004).

2.1.4 Atenuasi akibat adanya penghalang/barrier (A_{bar})

Suatu objek dikatakan sebagai suatu penghalang apabila:

1. Densitas permukaan sekurang-kurangnya 10 kg/m^2 .
2. Objek tersebut permukaannya tertutup tanpa adanya retakan atau celah.
3. Tinggi objek dari permukaan propagasi lebih besar dari panjang gelombang *octave band* ($l_r + l_s > \lambda$) seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Penampang dua buah objek/penghalang yang berada pada jalur propagasi

Efek difraksi yang terjadi pada ujung atas penghalang, dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$A_{bar} = D_z - A_{gr} > 0 \quad \text{Persamaan 8}$$

Sedangkan efek difraksi yang terjadi di sekitar ujung-ujung vertical dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$A_{bar} = D_z > 0 \quad \text{Persamaan 9}$$

D_z merupakan atenuasi penghalang untuk setiap frekuensi octave band, yang dihitung dengan persamaan:

$$D_z = 10 \text{Log} \left[3 + (C_2 / \lambda) C_3 z K_{met} \right] \text{ dB} \quad \text{Persamaan 10}$$

dengan $C_2 = 20$, sudah termasuk faktor refleksi akibat ground effect. Jika faktor refleksi akibat ground effect diperhitungkan secara terpisah, $C_2 = 40$.

$C_3 = 1$ untuk single diffraction. Untuk double diffraction,

$$C_3 = [1 + (5\lambda/e)^2] / [(1/3) + (5\lambda/e)^2]$$

λ : panjang gelombang untuk setiap octave band

z : perbedaan antara panjang jalur propagasi suara langsung dan suara terdifraksi

K_{met} : faktor koreksi untuk efek meteorologi

e : jarak antara dua ujung difraksi apabila terjadi double diffraction

2.1.5 Koreksi meteorologi

Koreksi meteorologi dihitung dengan menggunakan persamaan

$$C_{met} = 0, \text{ jika } d_p \leq 10(h_s + h_r) \quad \text{Persamaan 11}$$

$$C_{met} = C_0 \left[1 - 10(h_s + h_r) / d_p \right], \text{ jika } d_p > 10(h_s + h_r)$$

2.1.6 Atenuasi lainnya (A_{misc})

Atenuasi lainnya yang diperhitungkan adalah atenuasi akibat adanya pepohonan, atenuasi akibat adanya kawasan industri, serta atenuasi akibat adanya perumahan.

Atenuasi akibat keberadaan hutan A_{fol}

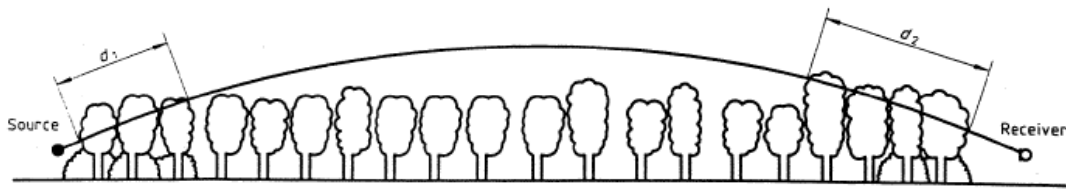
Keberadaan pepohonan dapat menimbulkan atenuasi jika densitas pepohonan tersebut benar-benar menghalangi jalur propagasi. Besar atenuasi akibat adanya pepohonan tersebut ditunjukkan pada **Tabel 2.3**. Atenuasi akibat keberadaan hutan dapat juga dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$A_{fol} = [8.5 + 0.12d] \text{ dB} \quad \text{Persamaan 12}$$

dengan d merupakan diameter hutan/foilage. (Albert, 2004)

Tabel 2.3. Atenuasi suara saat berpropagasi pada jarak d_f melalui peohonan

Jarak propagasi d_f , meter	Frekuensi, Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$10 \leq d_f \leq 20$	Atenuasi, dB:							
	0	0	1	1	1	1	2	3
$20 \leq d_f \leq 200$	Atenuasi, dB/m:							
	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.12



NOTE — $d_f = d_1 + d_2$

For calculating d_1 and d_2 , the curved path radius may be assumed to be 5 km.

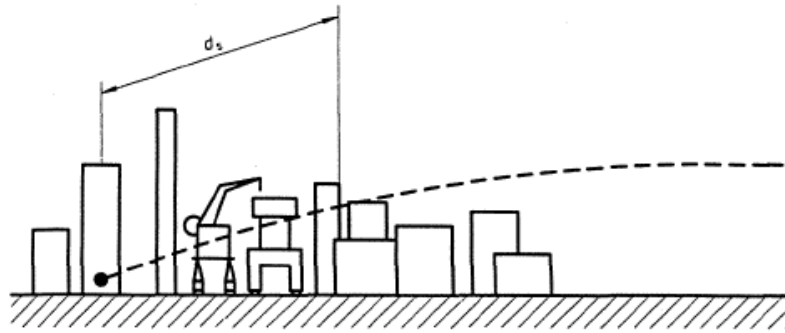
Gambar 2.4 Atenuasi A_{fol} meningkat linear terhadap panjang kurva d_f yang melalui pepohonan/hutan

Atenuasi akibat adanya kawasan industri A_{site}

Pada kawasan industri, atenuasi dapat terjadi akibat adanya *scattering* dari pemasangan peralatan serta benda-benda lainnya di kawasan industri. Besar atenuasinya sangat tergantung pada jenis *site* dan peralatannya, oleh karena itu sangat besar atenuasi yang akurat ditentukan dengan cara pengukuran. **Tabel 2.4** merupakan estimasi besar atenuasi akibat adanya kawasan industri. Besar atenuasi meningkat linear terhadap panjang kurva d_s sepanjang peralatan-peralatan (lihat **Gambar 2.4**), dengan atenuasi maksimum sebesar 10 dB.

Tabel 2.4. Estimasi besar atenuasi suara akibat adanya kawasan industri

Frekuensi, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A_{site} dB/m	0	0.015	0.025	0.025	0.02	0.02	0.015	0.015



Gambar 2.5 Atenuasi A_{site} meningkat linear terhadap panjang kurva d_s di kawasan industri

Atenuasi akibat adanya perumahan A_{hous}

Adanya perumahan di sekitar sumber, penerima, serta pada jalur propagasi suara, dapat berkontribusi memberikan atenuasi akibat terhalangnya propagasi sumber suara. Besar atenuasi A_{hous} sangat tergantung pada kondisi sebenarnya, oleh karena itu perhitungan A_{hous} pada dasarnya merupakan nilai estimasi. Persamaan matematis yang digunakan untuk menghitung A_{hous} adalah:

$$A_{hous} = A_{hous,1} + A_{hous,2} \quad \text{Persamaan 13}$$

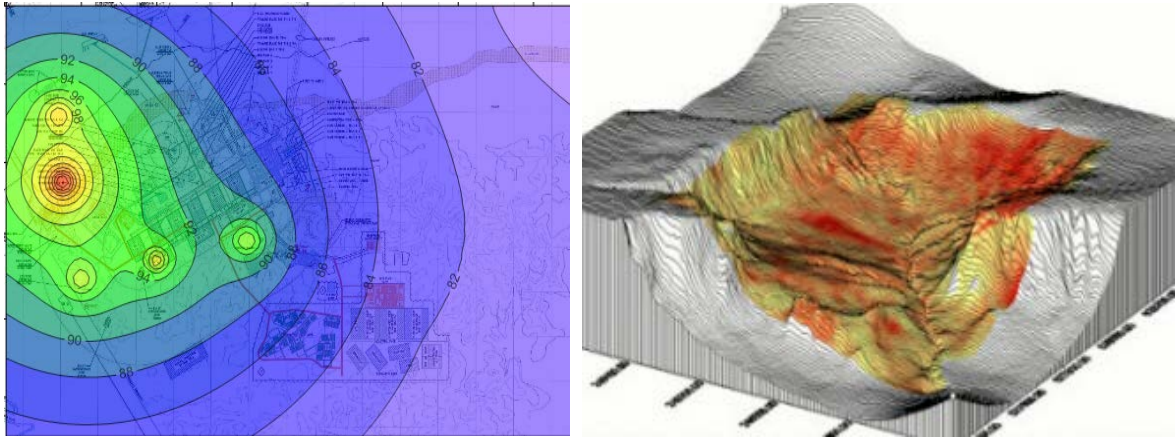
$$A_{hous,1} = 0.1Bd_b \quad dB \quad \text{Persamaan 14}$$

$$A_{hous,2} = -10\text{Log} \left[1 - (p/100) \right] \quad dB \quad \text{Persamaan 15}$$

- dengan
- $A_{hous,2}$: diperhitungkan jika terdapat barisan bangunan di dekat jalanan, rel kereta, dan koridor lainnya.
 - B : kerapatan bangunan atau perumahan sepanjang jalur propagasi, yaitu luas area yang terisi bangunan dibagi dengan luar area keseluruhan
 - d_b : panjang total jalur propagasi, dihitung sama dengan prosedur pada **Gambar 2.4**.
 - p : persentasi panjang selubung (façade) relatif terhadap panjang total jalan atau rel kereta

2.2 SURFER

Surfer merupakan piranti lunak yang dapat digunakan untuk menghasilkan data pemodelan berupa visualisasi 3D, kontur, serta *surface*. Pada dasarnya, Surfer mentransformasikan data XYZ menjadi pemetaan dalam bentuk 3D, kontur, atau *surface*. Keunggulan Surfer adalah adanya pilihan beberapa metoda *gridding* serta parameter *gridding* yang dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan.



Gambar 2.6 Contoh tampilan data visualisasi keluaran SURFER

2.3 Prosedur Pengerjaan

Prosedur pengerjaan model secara singkat dapat dideskripsikan sebagai berikut:

1. Pengumpulan semua data input yang diperlukan untuk model diantaranya parameter dan data sumber kebisingan (lokasi sumber dan daya suara yang dihasilkan sumber), serta data pendukung lainnya yang berguna untuk analisis hasil modeling.
2. Pengecekan terhadap kualitas data yang dikumpulkan (*quality control* dan *quality assurance*)
3. Pemakaian piranti lunak MATLAB[®] untuk pemodelan
4. Pemakaian piranti lunak SURFER untuk presentasi statistik data meteorologi
5. Interpretasi dan analisis data hasil pemodelan

3 Parameter Input dan Data Pendukung

Pemodelan paparan kebisingan melibatkan data yang saling berhubungan satu dengan lainnya diantaranya adalah karakteristik dan lokasi sumber bising, serta skenario yang digunakan dalam pemodelan. Karena itu, ketersediaan data yang lengkap dan terpercaya sangat menentukan akurasi dari hasil modeling. Berikut ini adalah data terkait yang menjadi masukan bagi model.

Lokasi Sumber Bising dan Reseptor

Sumber bising dari kegiatan konstruksi Proyek Pengembangan Tangguh LNG terbagi menjadi 7 area yang masing-masing memiliki aktivitas kegiatan yang berbeda. Lokasi serta aktivitas kegiatan ditunjukkan pada **Gambar 1.1** dan **Tabel 1.1**.

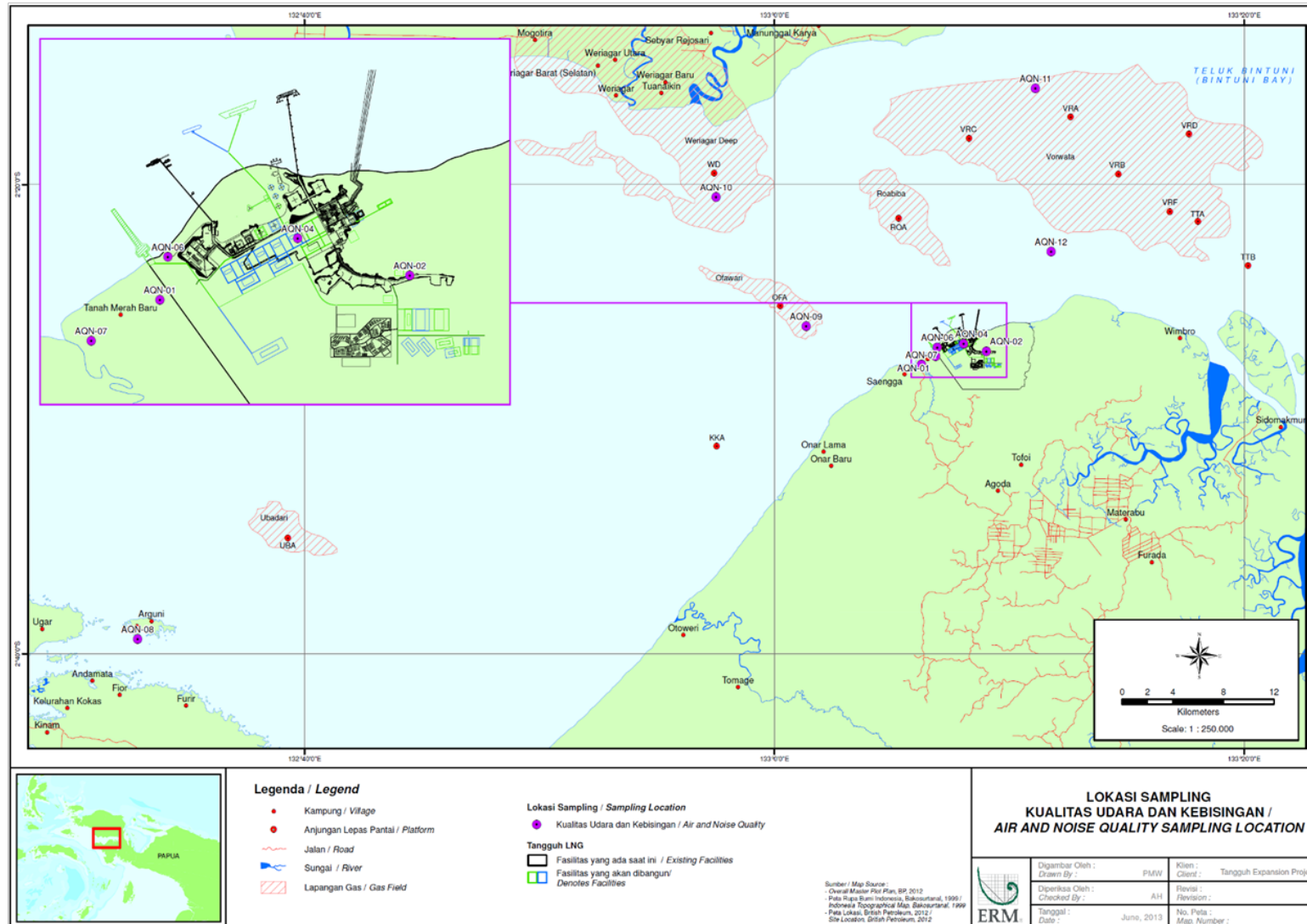
Rona awal lingkungan

Untuk mengetahui rona lingkungan awal di Tangguh LNG dilakukan pengukuran nilai L_{eq} setiap 5 detik, dengan pengukuran selama 10 menit. Pada dasarnya, pengukuran kebisingan dilakukan untuk menggambarkan aktivitas selama 24 jam di Tangguh LNG, yaitu dengan melakukan pengukuran minimum 4 waktu pengukuran pada siang hari dan 3 waktu pengukuran pada malam hari. Setiap pengukuran tingkat kebisingan tersebut harus dapat mewakili selang waktu 16 jam pada siang hari (06.00-22.00) dan 8 jam pada malam hari (22.00-06.00).

Akan tetapi, pada pengukuran tingkat kebisingan di Tangguh LNG, dikarenakan alasan *safety* maka hanya dilakukan tiga kali pengukuran pada siang hari di 12 titik terpilih (data yang didapat dari Intertek hanya 6 titik). Dengan demikian, nilai L_{eq} yang didapatkan setara dengan L_s (L_{eq} selama siang hari), dengan nilai yang dianggap mewakili selama 16 jam selang waktu siang hari (06.00-22.00). Rekapitulasi data hasil tiga kali pengukuran L_{avg} pada setiap titik, serta perhitungan L_{eq} dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1. Hasil pengukuran L_{avg} serta perhitungan L_{eq}

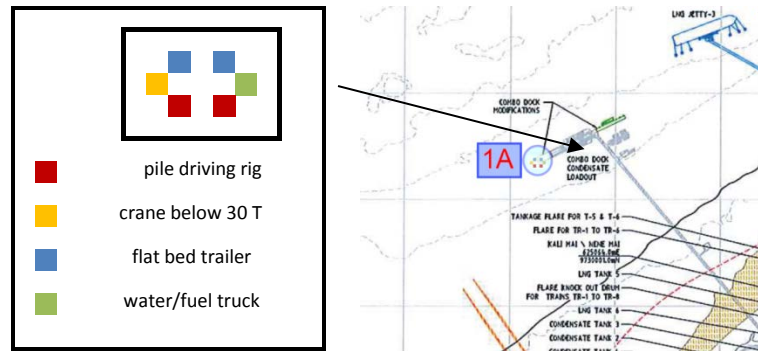
Titik	L_{avg} (dBA) terukur			L_{eq} per titik
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	
AQN-01	46.4	43.9	37.5	43.9
AQN-02	47.6	37.2	38.5	43.7
AQN-04	52.7	52	57.8	54.9
AQN-06	41	40.8	40.7	40.8
AQN-07	49	48.9	50.7	49.7
AQN-08	53.2			53.2



Gambar 3.1 Peta lokasi pengukuran kebisingan untuk rona awal lingkungan

Jumlah, jenis, dan besar daya suara peralatan

Besar paparan kebisingan sangat ditentukan dengan jumlah sumber bising serta daya suara yang diradiasikan. **Tabel 3.2** berisi data jenis dan jumlah peralatan yang digunakan pada kegiatan konstruksi Proyek Pengembangan Tangguh LNG beserta daya suara yang diradiasikan. Data daya suara peralatan diambil dari FHWA Highway Construction Noise Handbook. Sedangkan Contoh positioning peralatan pada skenario Tahun 2014 di area 1A ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Contoh positioning peralatan untuk pemodelan (skenario kegiatan piling di area 1A, semester awal tahun 2015)

Skenario Pemodelan

Kegiatan konstruksi Proyek Pengembangan Tangguh LNG direncanakan berlangsung dari tahun 2014 hingga tahun 2018. Selama periode tersebut, jenis aktivitas yang dilakukan beragam serta dilakukan tidak bersamaan serta dilaksanakan tersebar di seluruh area tangguh. Skenario pemodelan yang digunakan berdasarkan pada rencana aktivitas tersebut (lihat **Tabel 1.1**). Untuk mendapatkan hasil pemodelan yang lebih akurat, skenario untuk pemodelan dibagi menjadi 8 skenario berdasarkan kelompok aktivitas yang dilakukan bersamaan, yaitu skenario 2014, skenario semester 1 2015, skenario semester II 2015, skenario semester 1 2016, skenario semester II 2016, skenario semester 1 2017, skenario semester II 2017, dan skenario 2018.

Skenario yang digunakan untuk pemodelan tingkat kebisingan adalah skenario terburuk, yaitu ketika semua peralatan pada skenario tahun tersebut digunakan. Variasi nilai kebisingan sebenarnya akan tergantung pada variasi kegiatan, variasi serta jumlah peralatan yang digunakan. Untuk mengetahui variasi nilai kebisingan, dilakukan juga pemodelan dengan mempertimbangkan jumlah penggunaan peralatan sebesar 50%, serta 25% dari keseluruhan peralatan. Pemodelan ini menghasilkan kontur Leq yang didapatkan dengan mengombinasikan nilai tingkat tekanan suara saat jam kerja konstruksi (asumsi jam kerja: 08.00 – 16.00), serta tingkat kebisingan ambien pada saat kegiatan konstruksi tidak berlangsung (asumsi waktu: jam 16.00 – 08.00).

Nilai kebisingan ambien yang digunakan pada siang hari sesuai dengan hasil pengukuran rona awal lingkungan. Sedangkan nilai kebisingan ambient yang digunakan pada malam hari 40 dB, mengacu pada Environmental quality standards for noise negara Jepang. Pada pemodelan ini diasumsikan jarak referensi sumber suara dihitung dari titik tengah sumber suara. Hal ini dikarenakan dimensi sumber suara tidak diketahui. Dalam pemodelan ini, diperhitungkan juga atenuasi akibat ground effect serta atenuasi akibat keberadaan hutan di sekitar area Tangguh LNG.

4 Prakiraan Dampak Paparan Kebisingan di Tangguh LNG

Kebisingan yang ditimbulkan oleh pengoperasian peralatan dan kegiatan-kegiatan yang terkait diprediksi akan menimbulkan dampak terhadap reseptor di sekitarnya, baik manusia serta satwa liar. Walaupun sifat fisik kebisingan dan pendengaran dapat dipahami dengan baik, namun konsep gangguan (annoyance) dan kebisingan masih belum dipahami dengan baik. [AMDAL BP Tangguh 2002]

Untuk tujuan prakiraan dampak, Baku Mutu Tingkat Kebisingan yang berdasarkan KepMen Lingkungan Hidup no. 48 Tahun 1996 diterapkan untuk mengetahui signifikan atau tidaknya dampak tersebut terjadi, yaitu sebagaimana yang ditunjukkan dalam **Tabel 1.2**.

Secara umum, dampak kebisingan bagi satwa liar dapat ditentukan oleh sejauh mana kebisingan mengganggu fungsi ekosistem. Kebisingan memiliki potensi untuk mempengaruhi satwa liar dalam berbagai hal, bervariasi untuk berbagai jenis hewan. Tingkat reaksi satwa liar terhadap kebisingan bervariasi tergantung pada usia, jenis kelamin, musim, situasi, paparan sebelumnya terhadap kebisingan, tingkat kebisingan, dan spektrum frekuensi.

Penelitian mengenai dampak kebisingan terhadap satwa liar telah banyak dilakukan sejak puluhan tahun yang lalu. Berdasarkan penelitian Klein pada tahun 1971, kebisingan dapat menyebabkan reaksi terkejut dan ketakutan pada satwa. Hal ini menyebabkan terjadinya interupsi terhadap aktivitas satwa. Misalnya, bising jala-jala listrik menyebabkan penurunan aktivitas reproduksi pada rusa. Jika kebisingan berlangsung secara terus menerus, satwa liar akan bermigrasi dan lebih jauh lagi dapat menyebabkan kepunahan bila habitat yang baru tidak sesuai. (Dufour, 1980)

Berdasarkan data dari Tangguh LNG, satwa liar yang tinggal di sekitar area Tangguh LNG terdiri dari 62 jenis burung, 31 jenis herpetofauna (terbagi menjadi 11 jenis amfibia dan 17 jenis reptil) sebagaimana ditunjukkan pada Sub-bab 2.2.1.2 tentang rona fauna terrestrial di Tangguh LNG.

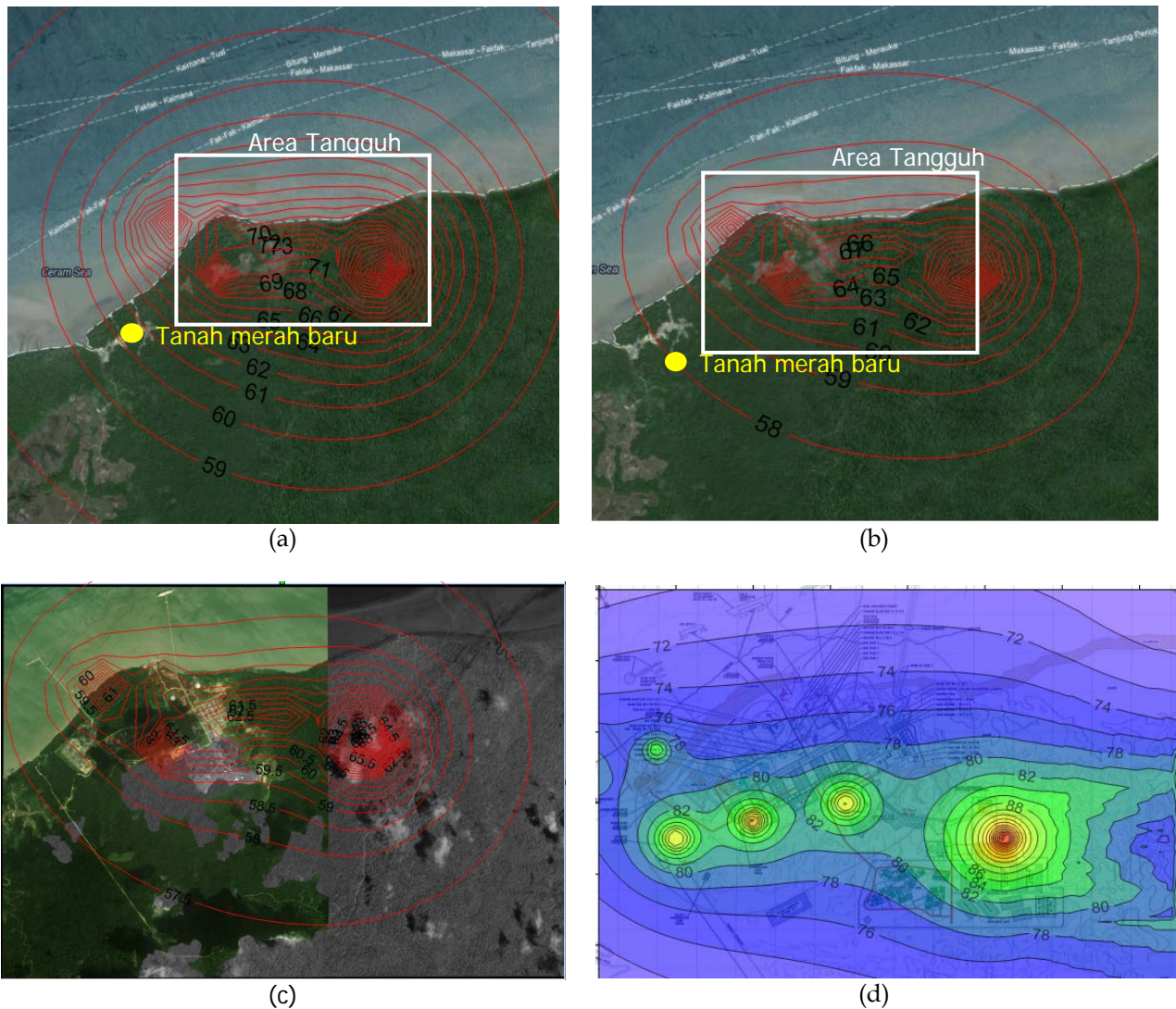
Seperti yang telah dipaparkan pada Bab 3, skenario pemodelan yang digunakan didasarkan pada rencana aktivitas konstruksi di Tangguh LNG (lihat **Tabel 1.1**) yang kemudian dibagi menjadi 8 skenario berdasarkan kelompok aktivitas yang dilakukan bersamaan, yaitu skenario 2014, skenario semester 1 2015, skenario semester II 2015, skenario semester 1 2016, skenario semester II 2016, skenario semester 1 2017, skenario semester II 2017, dan skenario 2018.

Skenario yang digunakan untuk pemodelan tingkat kebisingan adalah skenario terburuk, yaitu ketika semua peralatan pada skenario tahun tersebut digunakan. Variasi nilai kebisingan sebenarnya akan tergantung pada variasi kegiatan, variasi serta jumlah peralatan yang

digunakan. Untuk mengetahui variasi nilai kebisingan, dilakukan juga pemodelan dengan mempertimbangkan jumlah penggunaan peralatan sebesar 50%, serta 25% dari keseluruhan peralatan. Pemodelan ini menghasilkan kontur L_{eq} yang didapatkan dengan mengombinasikan nilai tingkat tekanan suara saat jam kerja konstruksi (asumsi jam kerja: 08.00 – 16.00), serta tingkat kebisingan ambien pada saat kegiatan konstruksi tidak berlangsung (asumsi waktu: jam 16.00 – 08.00).

Nilai kebisingan ambien yang digunakan pada siang hari sesuai dengan hasil pengukuran rona awal lingkungan. Sedangkan nilai kebisingan ambient yang digunakan pada malam hari 40 dB, mengacu pada Environmental quality standards for noise negara Jepang. Pada pemodelan ini diasumsikan jarak referensi sumber suara dihitung dari titik tengah sumber suara. Hal ini dikarenakan dimensi sumber suara tidak diketahui. Dalam pemodelan ini, diperhitungkan juga atenuasi akibat ground effect serta atenuasi akibat keberadaan hutan di sekitar area Tangguh LNG.

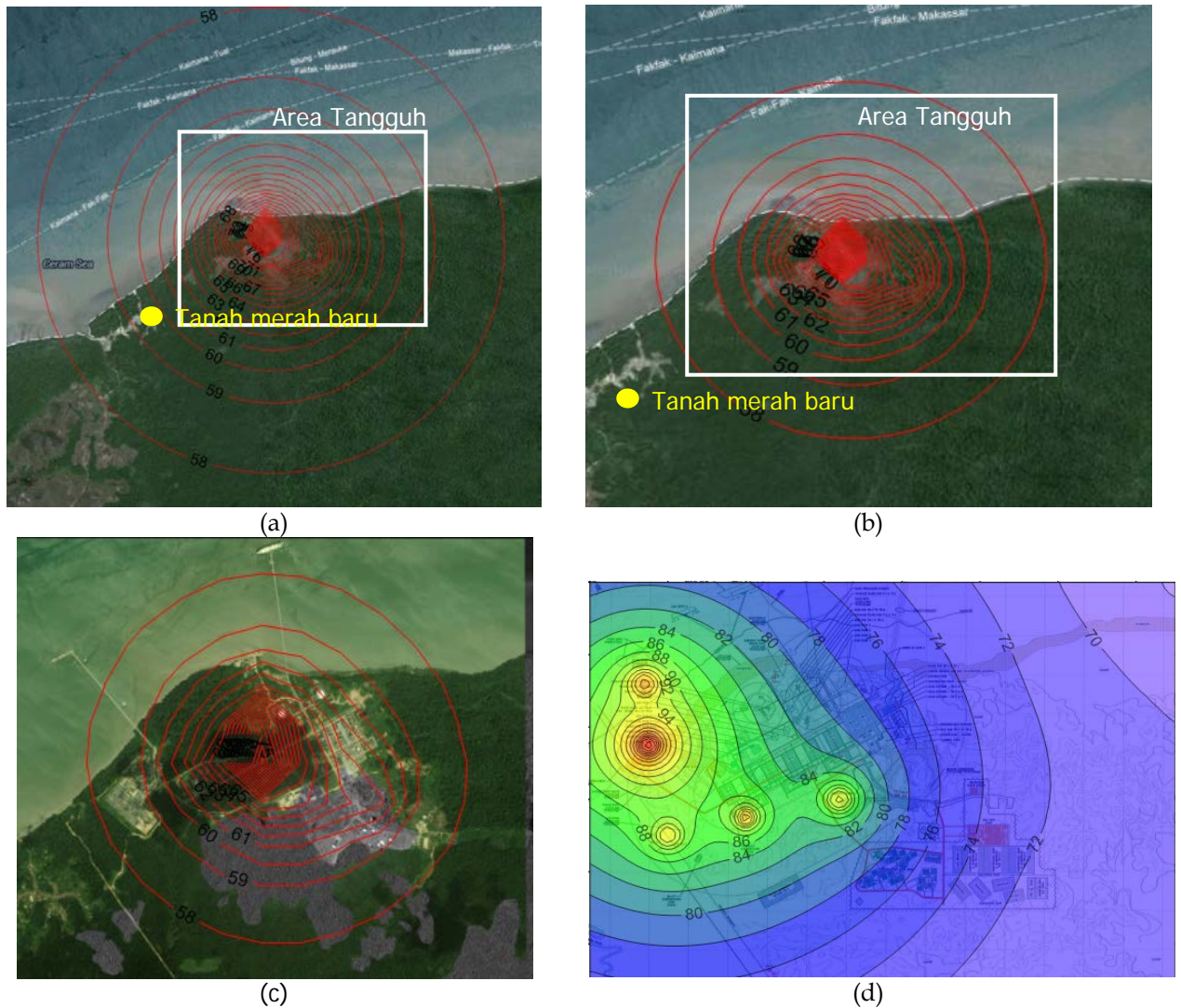
Hasil pemodelan



Gambar 4.1 Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario tahun 2014.

(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.

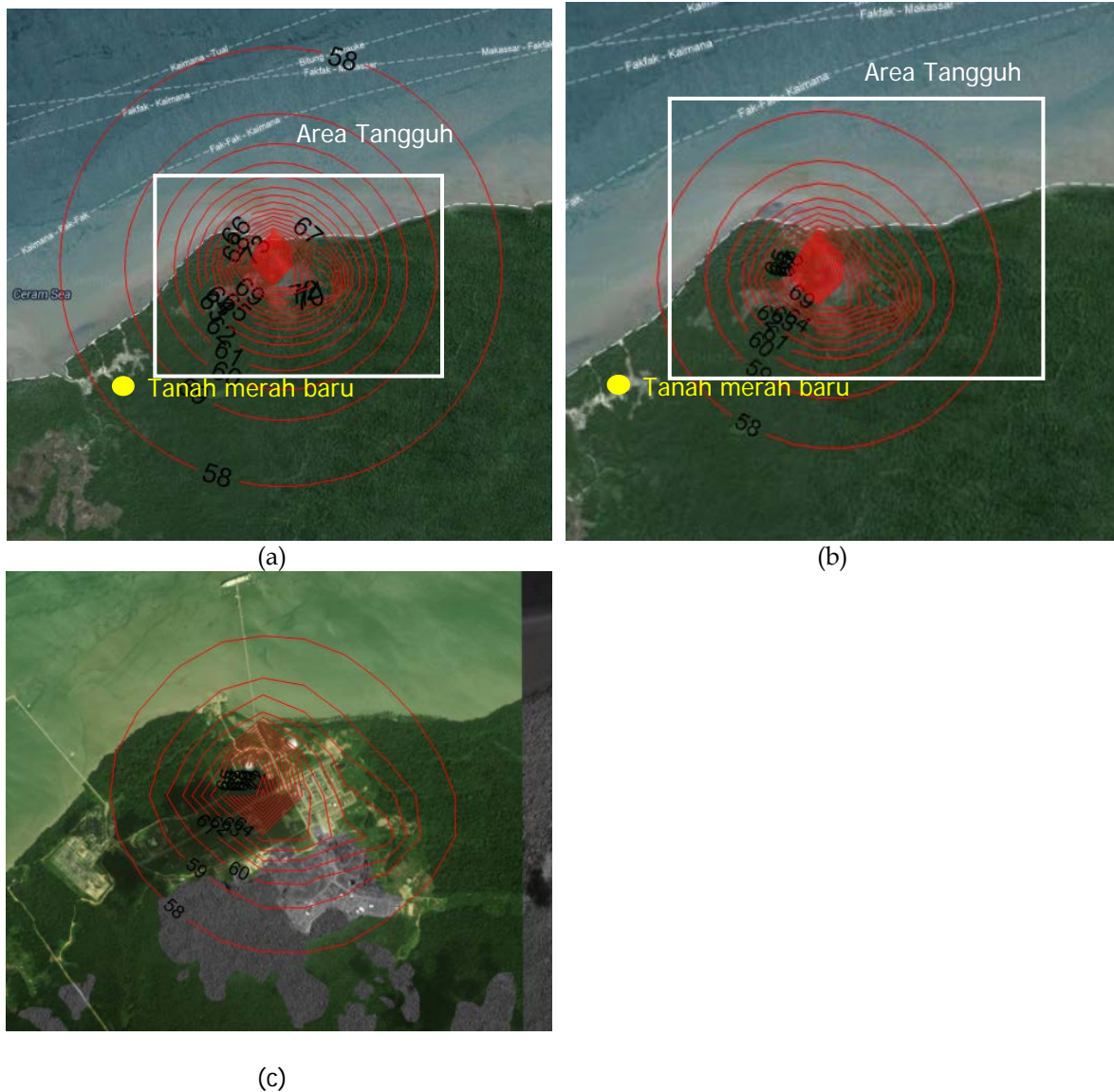
Pada pemodelan dengan skenario tahun 2014, tingkat kebisingan yang diterima di daerah Tanah Merah Baru sekitar 61 dB. Bila peralatan yang digunakan sebesar 50% dari total seluruh peralatan, tingkat kebisingan yang diterima di daerah Tanah Merah Baru sekitar 58 dB. Pengurangan peralatan hingga hanya 25% dari keseluruhan peralatan yang digunakan menyebabkan penurunan tingkat kebisingan yang diterima di daerah Tanah Merah Baru menjadi 57 dB. Sedangkan di area Tangguh LNG, tingkat kebisingan yang diterima lebih dari 68 dB.



Gambar 4.2 Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester I tahun 2015 dengan seluruh kegiatan dilaksanakan bersamaan.

(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.

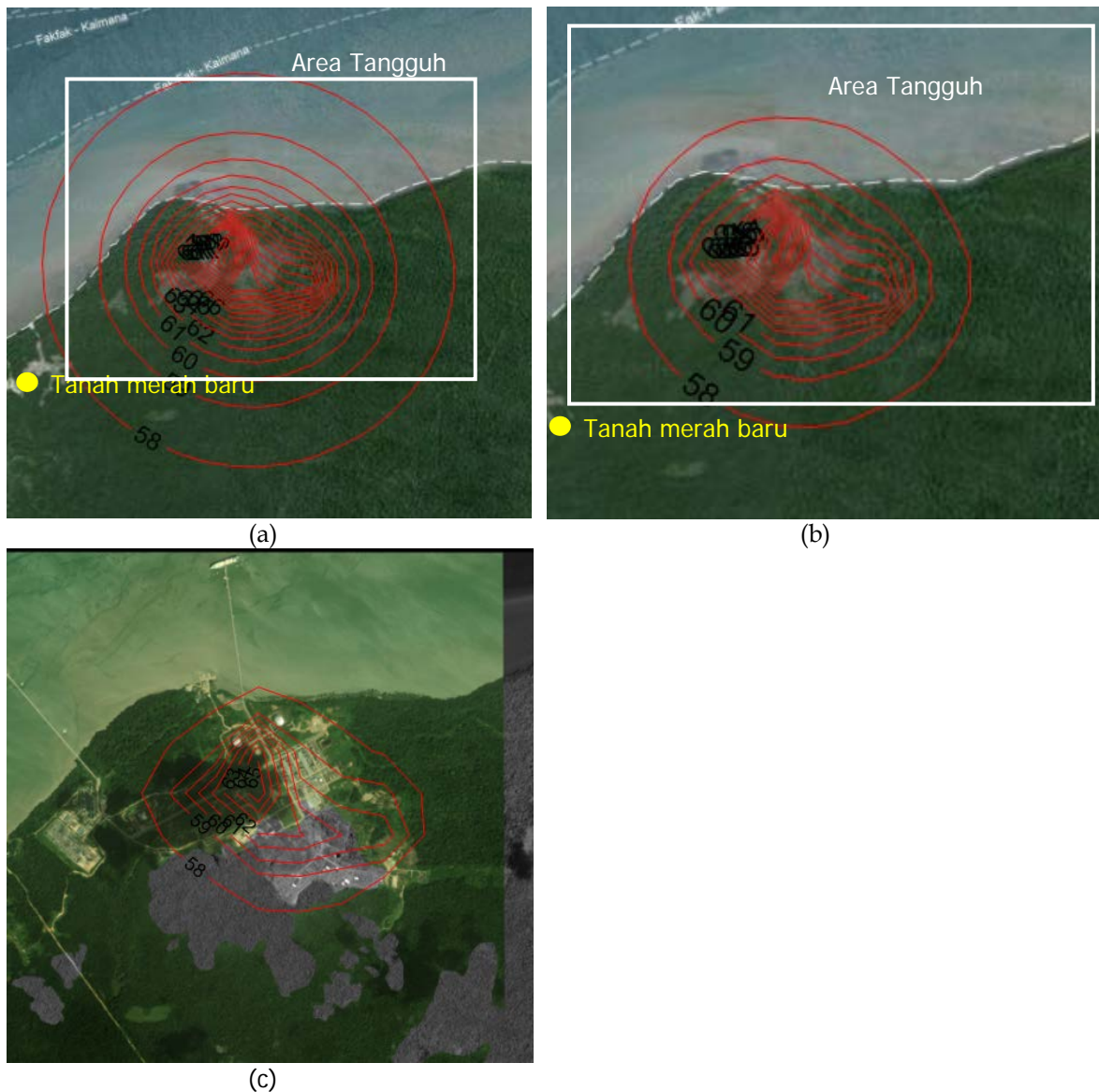
Jika pada pemodelan skenario semester I tahun 2015 seluruh aktivitas konstruksi di area 1A, 6A, dan 7B dilakukan bersamaan (Area 1A: piling, concrete, installation; Area 6A: earthwork, foundation, dan construct; Area 7B: piling dan concrete), tingkat kebisingan yang diterima di daerah Tanah Merah Baru 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 yang diterima di daerah Tanah Merah Baru kurang dari 58 dB. Sedangkan di area Tangguh LNG, tingkat kebisingan yang diterima lebih dari 68 dB.



Gambar 4.3 Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester I tahun 2015: kegiatan piling di area 1A, earthwork di area 6A, piling di area 7B.

(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.

Jika pada pemodelan skenario semester I tahun 2015 aktivitas yang dilakukan adalah piling di area 1A, earthwork di area 6A, piling di area 7B, tingkat kebisingan yang diterima di daerah Tanah Merah Baru sekitar 58 dB. Penggunaan peralatan sebesar 50% dari total seluruh peralatan, menurunkan tingkat kebisingan di daerah Tanah Merah Baru hingga kurang dari 58 dB. Jika peralatan yang digunakan hanya 25% dari keseluruhan peralatan yang digunakan, tingkat kebisingan 58 dB dicapai di dalam area konstruksi Tangguh LNG.

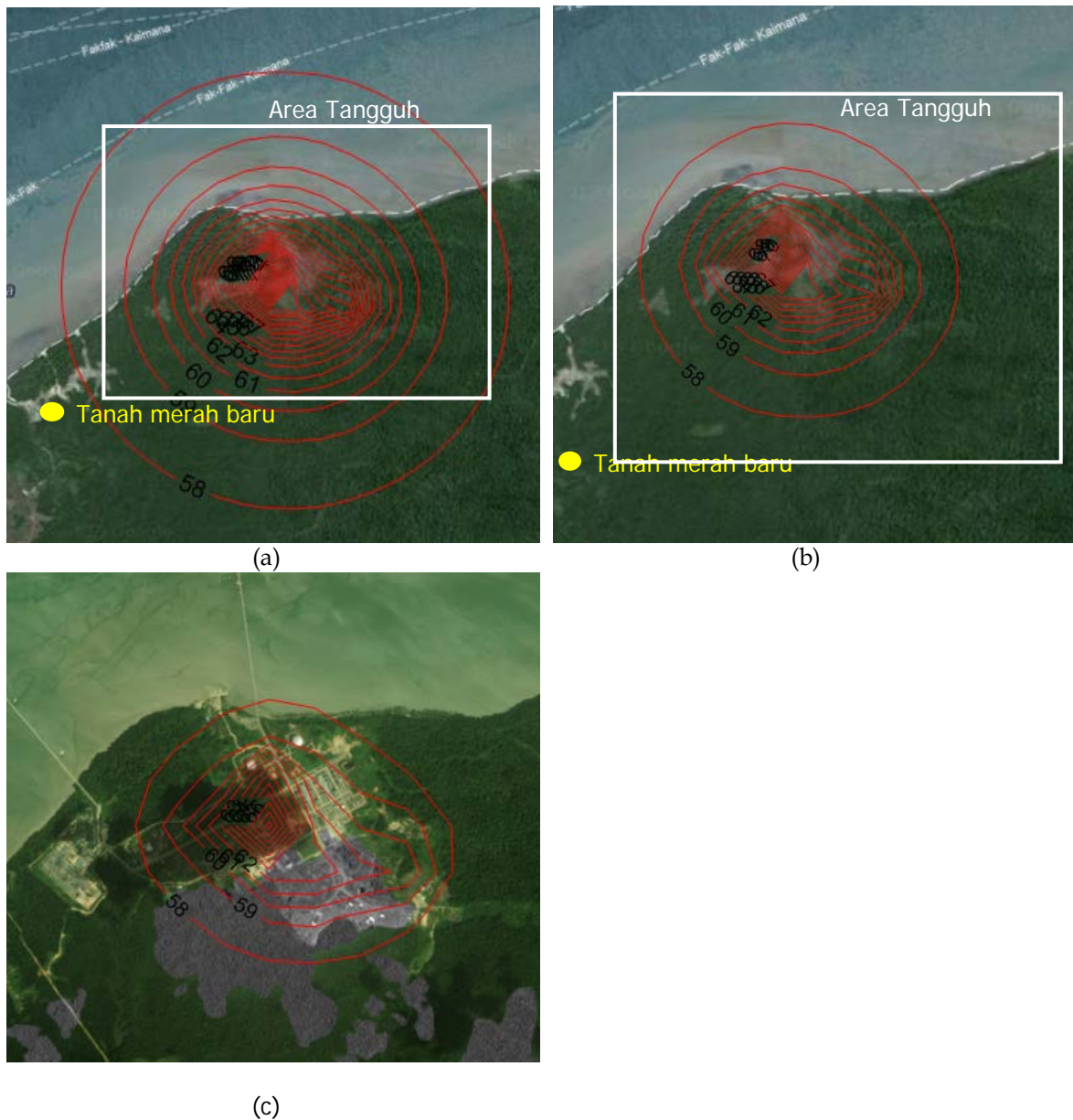


Gambar 4.4 Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester I tahun 2015:

kegiatan concrete di area 1A, foundation di area 6A, concrete di area 7B

(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.

Pada pemodelan skenario semester I tahun 2015 dengan aktivitas yang dilakukan adalah di area 1A, foundation di area 6A, dan concrete di area 7B, tingkat kebisingan yang diterima di daerah Tanah Merah Baru sekitar 58 dB. Penggunaan peralatan sebesar 50% dari total seluruh peralatan, menurunkan tingkat kebisingan di daerah Tanah Merah Baru hingga kurang dari 58 dB. Jika peralatan yang digunakan hanya 25% dari keseluruhan peralatan yang digunakan, tingkat kebisingan 58 dB dicapai di dalam area konstruksi Tangguh LNG.

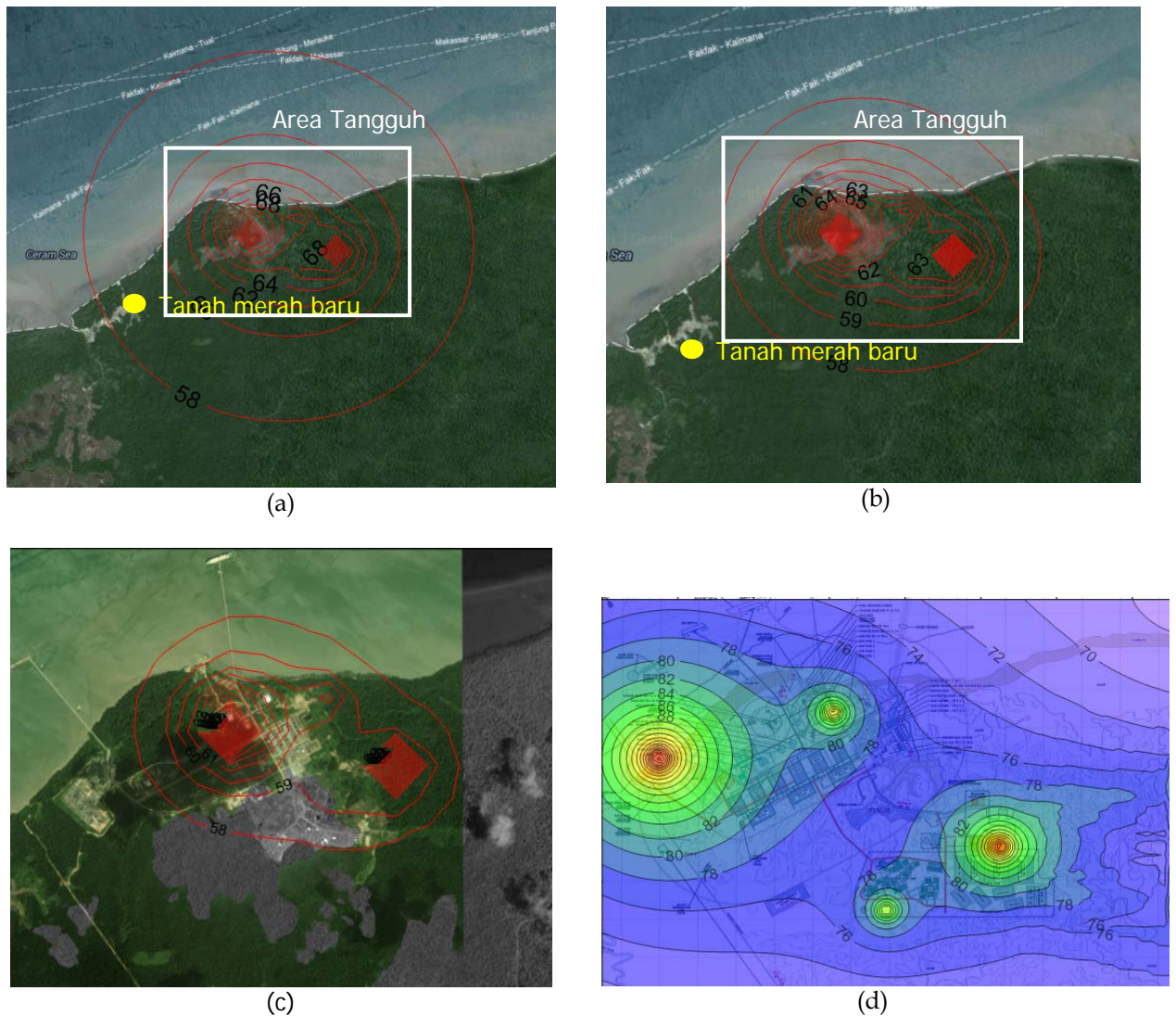


Gambar 4.5 Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester I tahun 2015:

kegiatan installation di area 1A, construct di area 6A, concrete di area 7B

(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.

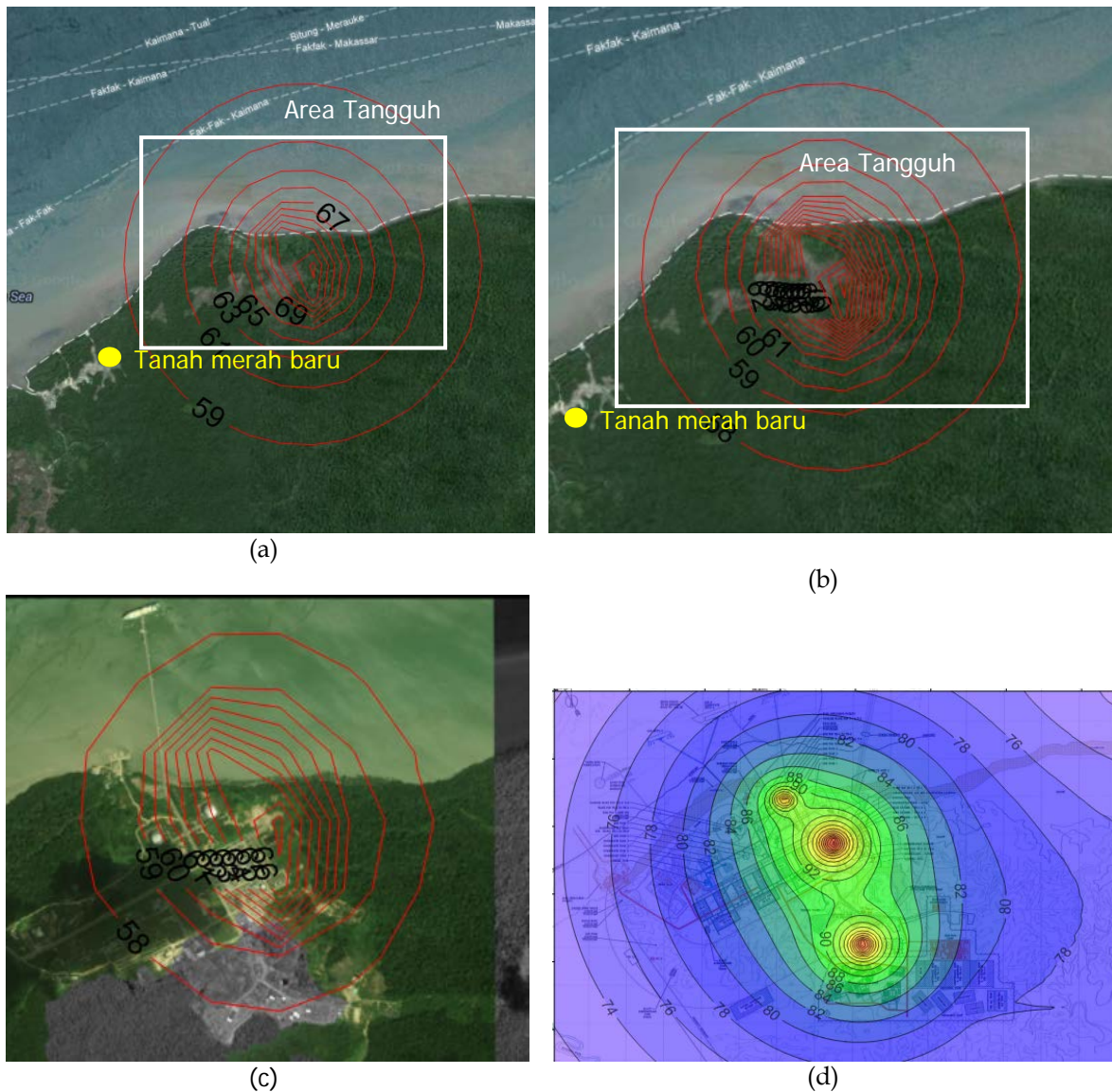
Jika pada pemodelan skenario semester I tahun 2015 aktivitas yang dilakukan adalah piling di area 1A, earthwork di area 6A, piling di area 7B, tingkat kebisingan yang diterima di daerah Tanah Merah Baru sekitar 58 dB. Jika peralatan yang digunakan 50% dan 25% dari keseluruhan peralatan yang digunakan, tingkat kebisingan 58 dB dicapai di dalam area konstruksi Tangguh LNG.



Gambar 4.6 Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester II tahun 2015.

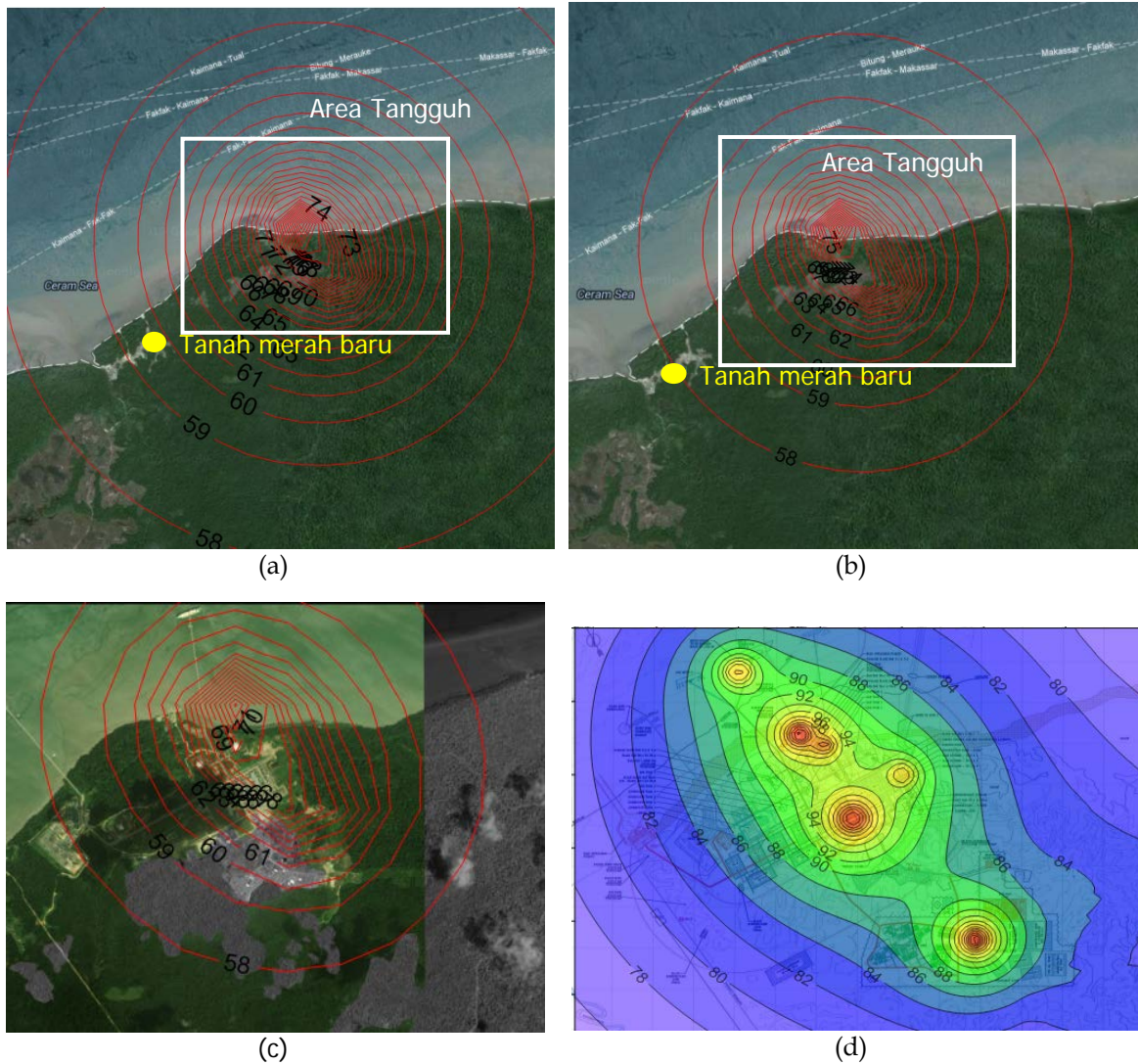
(a)Kontur kebisingan area di sekitar Tangguh LNG yang mengalami paparan kebisingan di atas 55 dBA dengan jumlah peralatan 100% dari keseluruhan, (b) Kontur kebisingan area di sekitar Tangguh LNG yang mengalami paparan kebisingan di atas 55 dBA dengan jumlah peralatan 50% dari keseluruhan, (c) Kontur 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 2015, tingkat kebisingan yang diterima di daerah Tanah Merah Baru sekitar 59 dB. Jika peralatan yang digunakan 50% dan 25% dari keseluruhan peralatan yang digunakan, tingkat kebisingan 58 dB dicapai di dalam area konstruksi Tangguh LNG. Sedangkan di area Tangguh LNG, tingkat kebisingan yang diterima lebih dari 68 dB.



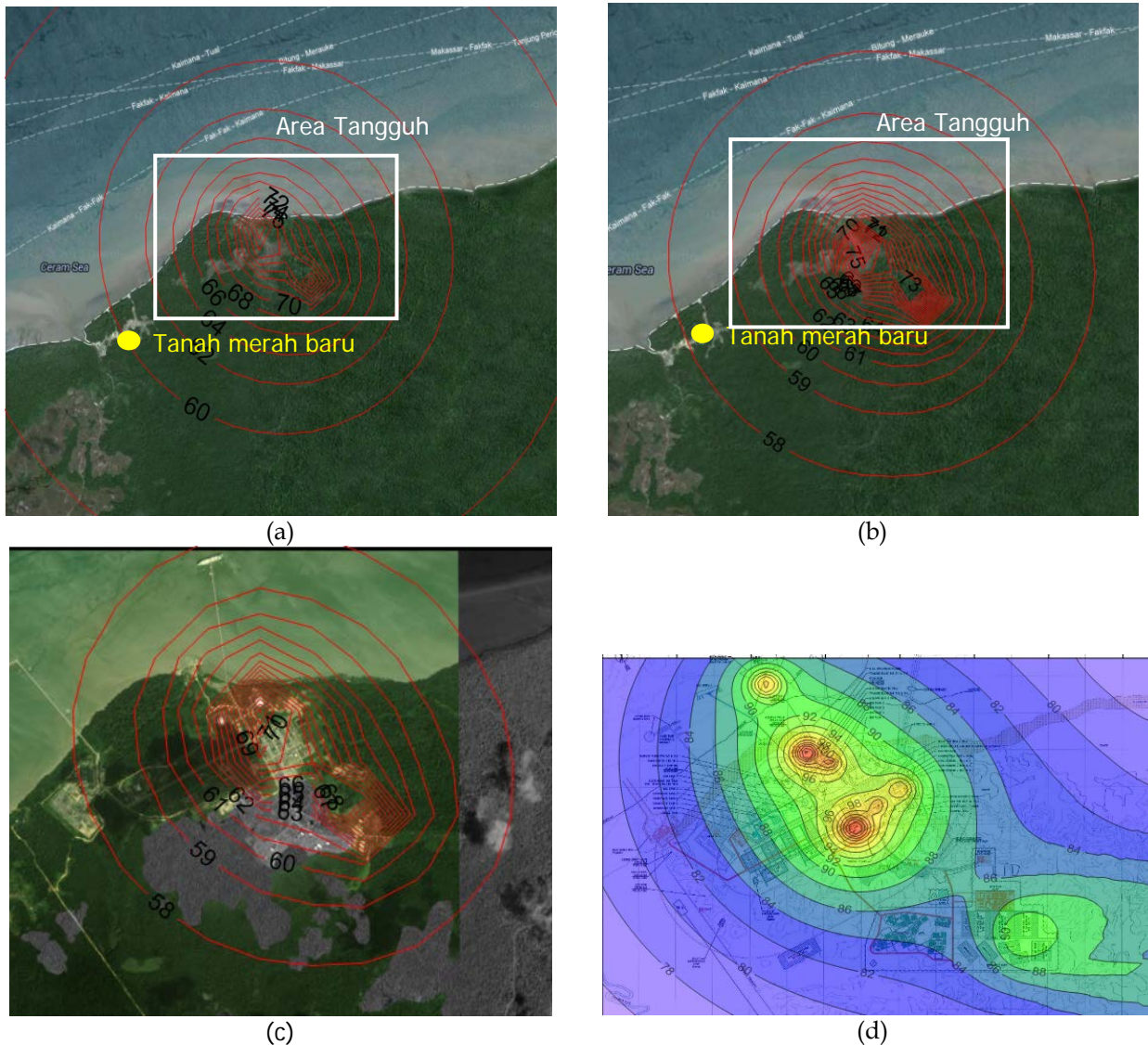
Gambar 4.7 Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester I tahun 2016. (a) Kontur kebisingan area di sekitar Tangguh LNG yang mengalami paparan kebisingan di atas 55 dBA dengan jumlah peralatan 100% dari keseluruhan, (b) Kontur kebisingan area di sekitar Tangguh LNG yang mengalami 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 I tahun 2016, 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 kurang dari 58 dB. Jika peralatan yang digunakan hanya 25% dari keseluruhan peralatan yang digunakan, tingkat kebisingan 58 dB dicapai di dalam area konstruksi Tangguh LNG. Sedangkan di area Tangguh LNG, tingkat kebisingan yang diterima lebih dari 70 dB.



Gambar 4.8 Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester II tahun 2016. (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 2016, tingkat kebisingan yang diterima di daerah Tanah Merah Baru sekitar 61 dB. Penggunaan peralatan sebesar 60% 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 58 dB dicapai di dalam area konstruksi Tangguh LNG. Sedangkan di area Tangguh LNG, tingkat kebisingan yang diterima lebih dari 76 dB.



Gambar 4.9 Hasil pemodelan tingkat kebisingan berdasarkan skenario semester I 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 I tahun 2017, 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 kurang dari 59 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 76 dB.