



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 11775-11785

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Perencanaan Instalasi VHF Transceiver di Pelabuhan Penyeberangan Ulee Lheue untuk Keselamatan Pelayaran

Theresia Br Siagian¹, Egriansyah², Fikron Ulya³, R.Caesario Boing⁴

^{1,2,3}Mahasiswa Sarjana Terapan Transportasi Darat, Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD

⁴Dosen Sarjana Terapan Transportasi Darat, Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD

¹theresiaasginn19@gmail.com, ²egriansyah74@yahoo.com, ³fikronulya@gmail.com, ⁴caesario.boing@ptdisttd.ac.id

Abstrak

Keterbatasan sistem komunikasi radio di lintasan penyeberangan Ulee Lheue–Balohan telah menimbulkan dampak nyata terhadap keselamatan jiwa. Keterbatasan sistem komunikasi radio di lintasan penyeberangan Ulee Lheue–Balohan mengindikasikan adanya kelemahan dalam koordinasi darurat, sebagaimana tercermin dalam tiga insiden penyelamatan pada periode 2023–2025. KMP Aceh Hebat 2 dan KMP BRR masih mengandalkan perangkat VHF handheld berdaya 5–6 watt tanpa base station darat, sehingga jangkauan efektif komunikasi hanya mencapai 3,1 mil laut dari total 16 mil laut lintasan. Guna merumuskan solusi teknis yang sesuai regulasi, diterapkan pendekatan mixed methods melalui Importance-Performance Analysis (IPA) berbasis kuesioner skala Likert 1–5 kepada 15 responden ahli, serta kalkulasi teknis meliputi radio horizon dan link budget. Hasil IPA mengidentifikasi tiga atribut prioritas utama: jangkauan VHF tanpa dead zone (gap –1,60), ketersediaan base station permanen (gap –1,33), dan integrasi dengan Basarnas/SAR/VTS (gap –1,53). Perhitungan teknis menunjukkan bahwa pemasangan base station 25 watt pada ketinggian antenna 20 meter meningkatkan jangkauan menjadi 18,6 mil laut dengan link margin +51,20 dB, melampaui kebutuhan operasional. Perencanaan teknis mencakup instalasi VHF base station serta ruang operasional 2×3 meter mengacu pada standar IALA No. 1117, IMO GMDSS, dan Permenhub Nomor 4 Tahun 2023. Implementasi rancangan ini diproyeksikan menutup dead zone komunikasi sepanjang 12,9 mil laut dan memastikan respons darurat terstruktur dengan waktu respons awal maksimal 3 menit.

Kata kunci: VHF Transceiver, Keselamatan Pelayaran, Base Station, Link Budget, Ulee Lheue – Balohan

1. Latar Belakang

Keselamatan pelayaran adalah unsur penting yang harus diperhatikan dalam usaha pengembangan potensi transportasi penyeberangan, sebagai modal transportasi yang mendominasi dalam melakukan mobilitas barang dan penumpang dari dan ke pelabuhan penyeberangan. Tercapainya fungsi VHF Transceiver sebagai layanan yang lebih baik demi menjaga keselamatan jiwa manusia di laut, keamanan pelayaran, perlindungan maritim, kelancaran lalu lintas, dan peningkatan aksi pengendalian marabahaya pelayaran menjadi urgensi yang tidak dapat diabaikan.

Lintasan Ulee Lheue–Balohan dengan jarak 16 mil laut merupakan satu-satunya jalur resmi yang menghubungkan Kota Banda Aceh dengan Kota Sabang, sehingga keberlanjutan operasional dan jaminan keselamatan di lintasan ini bersifat strategis. Kapal yang melayani rute ini adalah KMP Aceh Hebat 2 dengan tonase 1.186 GT dan KMP BRR dengan tonase 911 GT, yang setiap harinya mengangkut penumpang, kendaraan, dan logistik dari daratan Banda Aceh ke Kota Sabang.

Sistem komunikasi radio merupakan tulang punggung koordinasi keselamatan di laut. Konvensi SOLAS 1974 Bab IV mengatur bahwa kapal yang termasuk dalam cakupan ketentuan keselamatan pelayaran wajib memiliki sistem komunikasi radio yang mendukung distress alerting, komunikasi keselamatan, dan koordinasi pertolongan di laut. Di tingkat nasional, kewajiban ini dipertegas melalui Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 4 Tahun 2023 yang mengatur standar keselamatan kapal secara komprehensif. Namun dalam praktiknya, pemenuhan standar komunikasi ini masih menghadapi ketimpangan implementasi, terutama pada lintasan-lintasan penyeberangan jarak pendek hingga menengah.

Fakta di lapangan menunjukkan bahwa keterbatasan sistem komunikasi membawa dampak nyata terhadap keselamatan jiwa. Pada 19 Agustus 2023, seorang penumpang wanita KMP Aceh Hebat 2 melompat ke laut;

hingga malam hari Basarnas Banda Aceh belum berhasil menemukan korban akibat lambatnya koordinasi pencarian. Pada 27 Juli 2024, penumpang berinisial AU (24 tahun) kembali melompat ke laut; korban ditemukan bukan melalui koordinasi radio, melainkan karena kebetulan terdapat perahu nelayan di sekitar lokasi. Insiden ketiga terjadi pada 25 Agustus 2025 di perairan Ujong Seuke, Teluk Balohan; korban diselamatkan oleh nelayan setempat. Tiga kejadian dalam rentang dua tahun mengindikasikan bahwa respons darurat yang ada belum memadai dan komunikasi antara kapal dengan otoritas darat menjadi titik lemah yang berulang.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk merumuskan perencanaan teknis instalasi VHF Transceiver yang sesuai regulasi, layak secara teknis, dan dapat diintegrasikan dengan infrastruktur VTS yang telah direncanakan, guna mendukung efektivitas komunikasi darurat di lintasan Ulee Lheue–Balohan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan mixed methods yang mengintegrasikan analisis kuantitatif dan kualitatif secara komplementer. Pendekatan kuantitatif diterapkan melalui metode Importance-Performance Analysis (IPA) berbasis kuesioner skala Likert 1–5 dan kalkulasi teknis sistem komunikasi radio, sedangkan pendekatan kualitatif dilakukan melalui observasi lapangan, dan studi dokumentasi regulasi. Kombinasi kedua pendekatan ini dipilih untuk memastikan bahwa rekomendasi yang dihasilkan tidak hanya valid secara teknis, tetapi juga mencerminkan kondisi dan kebutuhan nyata di lapangan. Keluaran penelitian berupa dokumen rancangan teknis yang dapat dijadikan dasar pengadaan dan implementasi sistem komunikasi radio VHF di Pelabuhan Penyeberangan Ulee Lheue.

Adapun teknik pengumpulan data adalah sebagai berikut:

1. Observasi Lapangan yang dilakukan untuk mengamati kondisi eksisting infrastruktur komunikasi, topografi lokasi pemasangan antena, tata letak ruang radio di kapal;
2. Kuesioner Importance-Performance Analysis (IPA) Kuesioner disebarakan kepada responden ahli dan pihak terkait, meliputi unsur awak kapal, Syahbandar, Basarnas, dan Polairud. Instrumen ini dirancang untuk memperoleh penilaian terhadap dua aspek pada setiap atribut sistem komunikasi radio, yaitu:
 - a. Tingkat Kepentingan (Importance) : seberapa penting suatu atribut menurut persepsi responden; dan
 - b. Tingkat Kinerja Eksisting (Performance) : seberapa baik kinerja atribut tersebut saat ini di lapangan

Penilaian dilakukan menggunakan skala Likert 1–5. Skor rata-rata kedua aspek kemudian dipetakan ke dalam diagram kartesius IPA untuk mengidentifikasi atribut yang menjadi prioritas perbaikan.

Setelah data kuesioner terkumpul, dilakukan uji validitas dan reliabilitas untuk memastikan instrumen mampu mengukur konstruk yang dituju secara konsisten. Instrumen terdiri atas 7 item pernyataan, masing-masing diukur pada dua dimensi: Importance (Kepentingan) dan Performance (Kinerja Eksisting).

Uji Validitas dilakukan menggunakan teknik Corrected Item-Total Correlation (Pearson). Setiap item dinyatakan valid apabila nilai korelasi (r) ≥ 0.30 dan signifikan pada $p < 0.05$ (Sugiyono, 2017).

3. Studi Dokumentasi

Dokumen yang dikaji mencakup Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 4 Tahun 2023, Konvensi SOLAS 1974 Bab IV, spesifikasi teknis VTS yang telah direncanakan, laporan insiden periode 2023–2025, IAMSAR Manual Volume II, serta referensi teknis ITU-R terkait propagasi radio VHF maritim.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Analisis Gap: Kondisi Eksisting terhadap Standar Regulasi

A. Kondisi Eksisting Sistem Komunikasi

Berdasarkan observasi lapangan pada lintasan penyeberangan Ulee Lheue–Balohan, sistem komunikasi radio yang saat ini beroperasi pada KMP Aceh Hebat 2 dan KMP BRR masih bertumpu pada perangkat VHF genggam

(handheld) dengan daya pancar terbatas berkisar 5–6 watt. Perangkat ini umumnya digunakan untuk komunikasi antar-kapal dan koordinasi sandar, namun tidak terhubung secara terstruktur dengan stasiun pantai maupun pusat koordinasi SAR.

Di sisi darat, Pelabuhan Penyeberangan Ulee Lheue belum memiliki infrastruktur base station radio VHF yang permanen dan terintegrasi. Komunikasi antara pihak pelabuhan dengan kapal yang sedang berlayar selama ini dilakukan melalui telepon seluler, yang sangat bergantung pada ketersediaan jaringan operator komersial yang mana kondisi yang tidak dapat dijamin konsisten sepanjang lintasan 16 mil laut, terutama di titik tengah perairan.

B. Penilaian Kesenjangan dengan Metode IPA

Untuk mengukur dan memetakan kesenjangan antara kondisi eksisting dan standar yang seharusnya dipenuhi, penelitian ini menerapkan metode *Importance-Performance Analysis* (IPA). Penilaian dilakukan oleh 15 responden ahli yang terdiri dari unsur ASDP, Syahbandar, Basarnas, Polairud, dan awak kapal, menggunakan skala Likert 1–5 terhadap tujuh atribut sistem komunikasi radio.

Hasil uji validitas menunjukkan bahwa semua 7 item memenuhi kriteria validitas:

- Dimensi *Importance* : r berkisar 0.64–0.86 (semua valid, $p < 0.01$)
- Dimensi *Performance* : r berkisar 0.53–0.86 (semua valid, $p < 0.01$)

Uji Reliabilitas dilakukan menggunakan Cronbach's Alpha. Kriteria reliabilitas dinyatakan baik apabila $\alpha \geq 0.70$; nilai $\alpha \geq 0.80$ diklasifikasikan sebagai Excellent/Sangat Baik. Hasil menunjukkan:

- Dimensi *Importance* : $\alpha = 0.847$
- Dimensi *Performance* : $\alpha = 0.853$

Dengan demikian, instrumen kuesioner dinyatakan valid dan reliabel untuk mengukur tingkat kepentingan dan kinerja sistem komunikasi radio pada objek penelitian.

Tabel 1. Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas

Dimensi & Atribut	r hitung	Validitas	Keterangan
<i>Importance</i> (Kepentingan)			
A1: Jangkauan VHF 16 NM	0,795	Valid	Signifikan
A2: SSB/HF cadangan	0,688	Valid	Signifikan
A3: Base station permanen	0,664	Valid	Signifikan
A4: Sistem perekaman	0,641	Valid	Signifikan
A5: Integrasi SAR/VTs	0,688	Valid	Signifikan
A6: Pemantauan Channel 16	0,865	Valid	Signifikan
A7: UPS/cadangan listrik	0,867	Valid	Signifikan
<i>Cronbach's Alpha Importance</i>	0.847		$\alpha > 0.80$
<i>Performance</i> (Kinerja)			
A1: Jangkauan VHF 16 NM	0,864	Valid	Signifikan
A2: SSB/HF cadangan	0,535	Valid	Signifikan
A3: Base station permanen	0,858	Valid	Signifikan
A4: Sistem perekaman	0,805	Valid	Signifikan
A5: Integrasi SAR/VTs	0,703	Valid	Signifikan
A6: Pemantauan Channel 16	0,776	Valid	Signifikan
A7: UPS/cadangan listrik	0,689	Valid	Signifikan
<i>Cronbach's Alpha Performance</i>	0.853		$\alpha > 0.80$

Hasil uji validitas menunjukkan bahwa semua item atribut sistem komunikasi radio memiliki nilai r berkisar 0.535–0.867 dengan signifikansi $p < 0.01$, sehingga semua item dinyatakan valid untuk mengukur konstruk yang dituju. Kedua dimensi instrumen menunjukkan reliabilitas yang sangat tinggi: *Importance* ($\alpha = 0.847$) dan *Performance* ($\alpha = 0.853$), keduanya tergolong Excellent dan melampaui kriteria minimum $\alpha = 0.70$. Dengan demikian, instrumen kuesioner valid dan reliabel untuk digunakan dalam pengumpulan data penelitian.

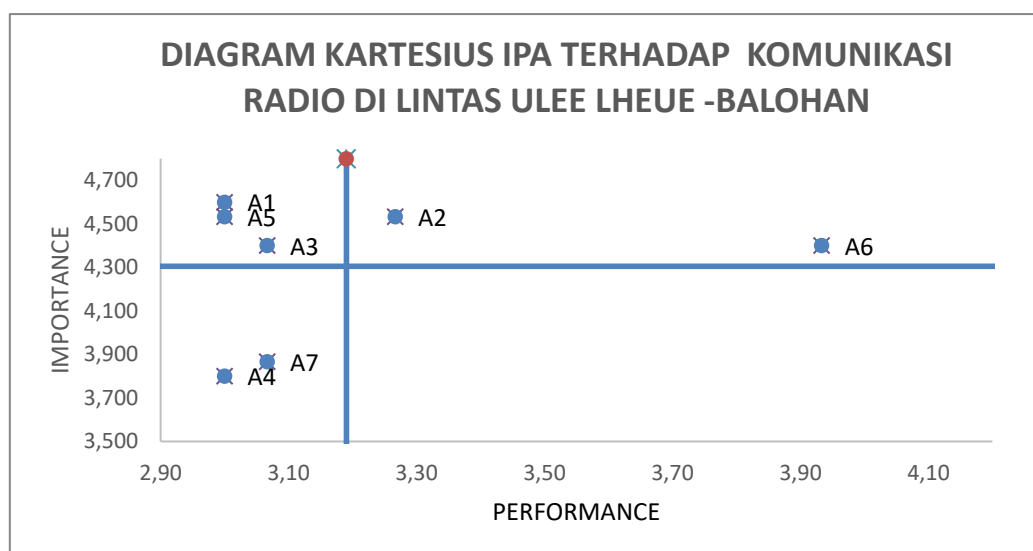
Tabel 2. Nilai IPA pada Masing-Masing Atribut

Kode Atribut	Keterangan Atribut	Rata-rata Importance	Rata-rata Performance	Gap	Kesesuaian	Kuadran
A1	Kemampuan VHF menjangkau seluruh lintasan 16 NM tanpa <i>dead zone</i>	4.60	3.000	- 1,60	65.22%	I
A2	Ketersediaan SSB/HF sebagai komunikasi cadangan saat VHF terganggu	4.53	2.933	- 1,27	64.71%	II
A3	Ketersediaan <i>base station</i> VHF permanen di darat	4.40	3.067	- 1,33	69.70%	I
A4	Ketersediaan sistem perekaman komunikasi	3.80	3.000	- 0,80	78.95%	III
A5	Integrasi komunikasi dengan Basamas/SAR/VTs	4.53	3.000	- 1,53	66.18%	I
A6	Pemantauan <i>Channel</i> 16 VHF secara kontinu selama jam operasional	4.40	3.933	- 0,47	89.39%	II
A7	Ketersediaan UPS/cadangan listrik	3.87	3.067	- 0,80	79.31%	III
Grand Mean		4.30	3.19			

Berdasarkan nilai *grand mean Importance* sebesar 4,30 dan *grand mean Performance* sebesar 3,19 sebagai sumbu pembagi, ketujuh atribut dipetakan ke dalam diagram kartesius IPA yang terbagi menjadi empat kuadran.

Tabel 3. Hasil pemetaan menempatkan setiap atribut

Kuadran	Interpretasi	Atribut
I (Prioritas Utama)	Kepentingan tinggi, kinerja rendah	A1, A3, A5
II (Pertahankan Prestasi)	Kepentingan tinggi, kinerja relatif lebih baik	A2, A6
III (Prioritas Relatif Rendah)	Kepentingan relatif lebih rendah, kinerja rendah	A4, A7
IV (Kinerja Relatif Lebih Baik)	Kepentingan relatif lebih rendah, kinerja relatif baik	-



Gambar 1. Diagram Kartesius IPA Terhadap Komunikasi Radio di Lintas Ulee Lheue -Balohan

Berdasarkan hasil analisis diagram Kartesius *Importance-Performance Analysis* (IPA) terhadap sistem komunikasi radio pada lintasan Ulee Lheue–Balohan, dapat disimpulkan bahwa sistem komunikasi radio pada lintasan Ulee Lheue–Balohan secara umum dinilai penting, tetapi kondisi kinerjanya masih belum optimal. Hal ini memperlihatkan adanya kesenjangan antara kebutuhan sistem komunikasi keselamatan dengan kondisi eksisting yang tersedia di lapangan.

Atribut yang berada pada Kuadran I adalah kemampuan VHF menjangkau seluruh lintasan 16 *nautical miles* tanpa *dead zone* (A1), ketersediaan base station VHF permanen di darat (A3), dan integrasi komunikasi dengan Basarnas/SAR/VTs (A5). Ketiga atribut tersebut memiliki tingkat kepentingan tinggi, tetapi kinerjanya masih rendah, sehingga perlu menjadi prioritas utama dalam perencanaan teknis. Kondisi ini menunjukkan bahwa kebutuhan komunikasi keselamatan tidak hanya terletak pada ketersediaan perangkat radio, tetapi juga pada kemampuan sistem untuk menjangkau kapal, menyediakan komunikasi cadangan, serta menghubungkan informasi darurat secara cepat kepada instansi terkait.

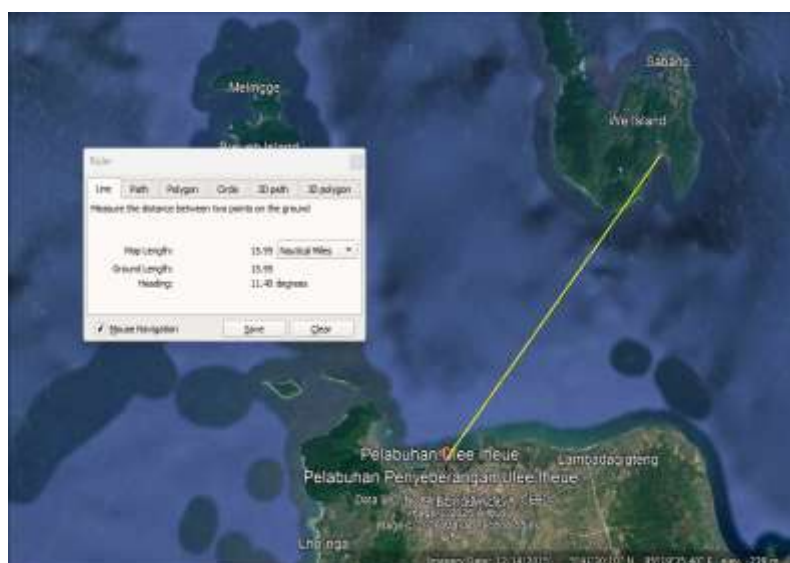
Penempatan A1 pada Kuadran I menunjukkan bahwa kemampuan jangkauan VHF menjadi aspek dasar dalam mendukung komunikasi kapal–pantai. Sementara itu, A3 menjadi prioritas karena kebutuhan adanya base station VHF permanen di darat, sedangkan A5 menunjukkan pentingnya integrasi komunikasi dengan Basarnas/SAR/VTs agar proses koordinasi keadaan darurat dapat berlangsung lebih cepat dan terarah yang seharusnya dibuat dalam bentuk SOP.

Dengan demikian, hasil IPA memperkuat dasar bahwa perencanaan teknis instalasi VHF Transceiver diperlukan untuk meningkatkan keandalan komunikasi keselamatan pada lintasan Ulee Lheue–Balohan. Prioritas utama diarahkan pada penyediaan sistem komunikasi yang mampu menjangkau seluruh lintasan, memiliki jalur komunikasi cadangan, didukung base station darat, serta terintegrasi dengan pihak yang berwenang dalam penanganan keadaan darurat.

3.2 Analisis Jarak dan Spesifikasi Teknis

Analisis jarak sangat diperlukan dalam pengadaan base station marine radio VHF karena sistem komunikasi VHF laut memiliki keterbatasan jangkauan yang dipengaruhi oleh jarak, tinggi antena, topografi, dan kondisi perairan. Berdasarkan pengukuran menggunakan Google Earth, jarak lintasan dari Pelabuhan Penyeberangan Ulee Lheue ke Balohan adalah 15,95 *nautical miles* atau dibulatkan menjadi 16 *nautical miles*, yang menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan jangkauan minimum perangkat.

Berdasarkan ketentuan SOLAS 1974 Bab IV, setiap kapal penyeberangan wajib dilengkapi dengan sistem komunikasi radio maritim yang mampu mendukung keselamatan pelayaran, komunikasi darurat, serta koordinasi operasional kapal dengan stasiun pantai pada seluruh lintasan pelayaran. Ini berarti jangkauan base station VHF harus melebihi 16 mil laut tanpa *dead zone* di sepanjang lintasan.



Gambar 2. Peta Lintasan Ulee Lheue - Balohan

3.3 Analisis Komunikasi : Link Budget Dan Pemilihan Frekuensi

A. Dasar Pemilihan Frekuensi Kerja

Sistem komunikasi yang direncanakan menggunakan VHF Marine Band (156–174 MHz) sebagai kanal utama komunikasi kapal–pantai pada lintasan Ulee Lheue–Balohan. Pemilihan ini didasarkan pada karakteristik propagasi masing-masing frekuensi terhadap kondisi lintasan Ulee Lheue–Balohan sepanjang 16 mil laut (29,6 km).

Tabel 4. Spesifikasi Teknis VHF Marine (156–174 MHz)

Parameter	VHF Marine (156–174 MHz)
Jenis propagasi	Line of Sight (LoS)
Jangkauan efektif	15–30 mil laut (bergantung ketinggian antena)
Keandalan perairan tropis	Tinggi, stabil
Penggunaan utama	Komunikasi operasional & distress harian
Kanal distress internasional	Channel 16 (156,8 MHz)
Kewajiban SOLAS	Wajib

Berdasarkan karakteristik tersebut, VHF Channel 16 (156,8 MHz) ditetapkan sebagai kanal utama komunikasi operasional dan distress harian.

B. Perhitungan Radio Horizon VHF

Tabel 5. Radio Horizon Kondisi Eksisting

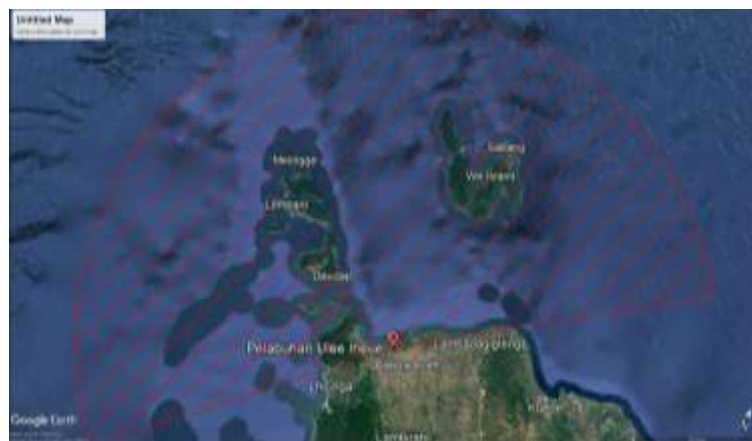
Parameter	Nilai
Tinggi antena kapal (handheld)	2 m
Tinggi antena pantai (tidak ada)	0 m
Radio horizon	$4,12 \times (\sqrt{2} + 0) = 5,83 \text{ km} \approx 3,1 \text{ mil laut}$

Hasil ini menjelaskan mengapa komunikasi sering terputus bahkan sebelum kapal mencapai titik tengah lintasan dikarenakan jangkauan efektif hanya 3,1 mil laut dari total 16 mil laut yang harus ditempuh.

Tabel 6. Radio Horizon Setelah Instalasi Base Station

Parameter	Nilai
Tinggi antena base station pantai	20 m
Tinggi antena tetap kapal (<i>fixed-mount</i>)	15 m
Radio horizon	$4,12 \times (\sqrt{20} + \sqrt{15}) = 34,4 \text{ km}$ $\approx 18,6 \text{ mil laut}$

Dengan antena base station pada ketinggian minimum 20 meter dan antena fixed-mount di kapal pada ketinggian 15 meter, jangkauan VHF mencapai 18,6 mil laut dikarenakan melampaui jarak lintasan 16 mil laut dengan margin 2,6 mil laut sebagai buffer keselamatan.



Gambar 3. Diagram Radio Horizon

C. Perhitungan Link Budget VHF

Perhitungan *link budget* pada sistem VHF dilakukan untuk menilai kelayakan teknis komunikasi antara *base station* di Pelabuhan Penyeberangan Ulee Lheue dan kapal pada lintasan Ulee Lheue–Balohan. Parameter jarak yang digunakan sebesar 16 mil laut atau setara dengan 29,6 km, sedangkan frekuensi kerja mengacu pada VHF Marine Channel 16 sebesar 156,8 MHz yang digunakan secara internasional untuk komunikasi panggilan, keselamatan, dan keadaan darurat. Perhitungan rugi-rugi propagasi menggunakan rumus *Free Space Path Loss* sebagaimana tercantum dalam Recommendation ITU-R P.525-4

$$\begin{aligned}\text{FSPL} &= 20\log(d) + 20\log(f) + 32,44 \\ &= 20\log(29,6) + 20\log(156,8) + 32,44 \\ &= 29,43 + 43,91 + 32,44 \\ &= 105,78 \text{ dB}\end{aligned}$$

Tabel 7. Link Budget VHF Base Station

Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
Daya pancar base station	+43,98	dBm	Setara 25 watt (mengacu pada standar performa instalasi VHF maritim yang menetapkan daya pancar transmitter pada rentang 6–25 W)
Gain antena base station	+6,00	dB	Antena omni
Rugi kabel feedline pantai	−2,00	dB	Loss pada kabel antena
EIRP base station	+47,98	dBm	Daya pancar efektif
Free Space Path Loss	−105,78	dB	Jarak 29,6 km, frekuensi 156,8 MHz
Gain antena kapal	+3,00	dB	Antena fixed-mount
Rugi kabel antena kapal	−1,00	dB	Loss pada sisi kapal
Daya terima di kapal / RSL	−55,80	dBm	Sinyal yang diterima kapal
Sensitivitas penerima VHF marine radio	−107,00	dBm	Ambang minimum penerima (mengacu pada standar performa VHF maritim)
Link margin	+51,20	dB	Cadangan daya sinyal

Berdasarkan hasil perhitungan, daya terima sinyal di kapal atau *Received Signal Level* (RSL) diperoleh sebesar −55,80 dBm. Nilai tersebut masih berada jauh di atas ambang sensitivitas penerima VHF marine radio sebesar −107,00 dBm, sehingga menghasilkan *link margin* sebesar +51,20 dB. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan sistem VHF base station secara teoritis memiliki cadangan daya sinyal yang memadai untuk mendukung komunikasi kapal - pantai pada lintasan Ulee Lheue–Balohan. Namun demikian, hasil ini tetap perlu divalidasi melalui pengujian lapangan karena kinerja aktual dapat dipengaruhi oleh kondisi antena, rugi kabel, interferensi elektromagnetik, cuaca, dan lingkungan sekitar pelabuhan.

D. Rekomendasi Teknis Berdasarkan Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil analisis jarak, radio horizon, dan link budget, maka diperlukan perangkat komunikasi radio yang memenuhi spesifikasi untuk memastikan sistem komunikasi kapal–pantai pada lintasan Ulee Lheue–Balohan dapat berjalan secara efektif dalam kondisi normal maupun darurat.

Tabel 8. Spesifikasi Minimal Perangkat VHF Transceiver

Komponen	Spesifikasi Minimal	Fungsi
VHF Base Station	25 watt, Channel 16	Komunikasi kapal–pantai
Antena VHF	Omni 6 dBi, tinggi 20 m	Memperluas jangkauan sinyal
UPS	Menyesuaikan kebutuhan daya	Cadangan listrik
Recording System	Penyimpanan minimal 30 hari	Rekam komunikasi keselamatan

3.4 Analisis Lokasi dan Infrastruktur

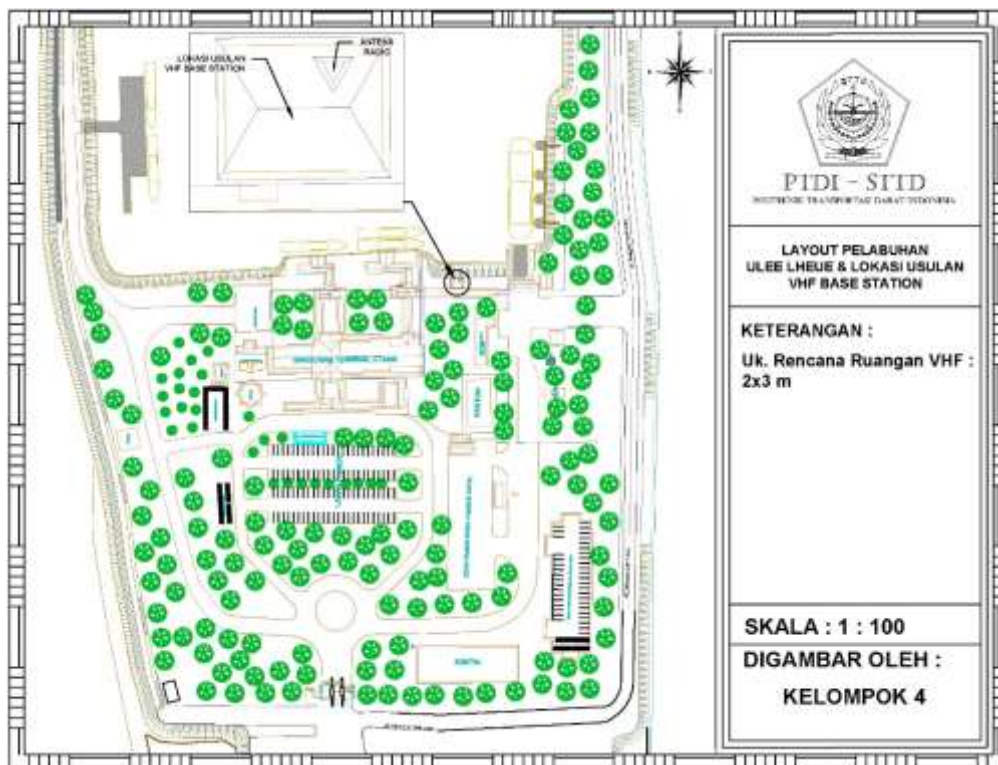
A. Perencanaan Penentuan Lokasi

Analisis perencanaan penentuan lokasi VHF *Base Station* dan antena radio dilakukan untuk menentukan lokasi yang paling optimal dengan mempertimbangkan kondisi topografi wilayah, kebutuhan operasional komunikasi, serta jangkauan pelayanan yang dapat dicapai. Berdasarkan hasil analisis tersebut, lokasi VHF *Base Station* direncanakan berada di area sisi dermaga Pelabuhan Penyeberangan Ulee Lheue dengan ukuran ruangan 2×3 meter, disertai penempatan antena radio di dekat jalur perairan guna memaksimalkan jangkauan komunikasi terhadap kapal yang sedang melintas maupun bersandar di kawasan pelabuhan.

Penetapan ukuran ruangan 2×3 meter atau seluas 6 m² tidak dilakukan secara sembarangan, melainkan mengacu pada beberapa standar regulasi yang berlaku. IALA *Guideline* No. 1117 tentang VHF *Digital Selective Calling* (DSC) *Shore-Based Facilities* mensyaratkan bahwa ruang peralatan stasiun radio pantai harus mampu mengakomodasi unit transceiver, sistem UPS, panel distribusi daya, konsol operator, serta sirkulasi udara yang memadai demi menjaga performa perangkat elektronik di lingkungan maritim. Selain itu, IMO GMDSS melalui Resolusi MSC.68(68) Annex 1 menetapkan bahwa tata letak ruang radio harus memungkinkan operator mengakses seluruh perangkat tanpa hambatan fisik, dengan jarak kerja minimum 0,8 meter di depan konsol sebagai standar ergonomi. Di tingkat nasional, Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 3 Tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Alat dan/atau Perangkat Radio turut menegaskan bahwa ruang instalasi perangkat radio pantai wajib memenuhi persyaratan ventilasi, proteksi kelembaban, serta kemudahan akses untuk pemeliharaan. Dengan mempertimbangkan *footprint* seluruh perangkat yang direncanakan mencakup VHF *base station*, dan ruang operator dengan luas 6 m² dinilai mencukupi untuk memenuhi seluruh kebutuhan tersebut secara aman dan sesuai regulasi.

Pemilihan lokasi di sisi dermaga didasari tiga pertimbangan utama:

1. meminimalkan halangan fisik (*obstruction*) antara antena dan kapal yang berlayar di alur;
2. kemudahan integrasi kabel ke ruang kontrol yang direncanakan;
3. aksesibilitas untuk pemeliharaan rutin perangkat.



Gambar 4. Denah Lokasi VHF *Base Station*

B. PERSYARATAN STRUKTURAL TIANG ANTENA

Tiang antenna VHF setinggi 20 meter merupakan struktur kritis yang harus memenuhi persyaratan teknis berikut:

1. material baja galvanis atau aluminium marine-grade dengan proteksi korosi untuk lingkungan laut;
2. struktur tiang harus mampu menahan beban angin minimum 150 km/jam sesuai potensi cuaca ekstrem di Perairan Selat Malaka bagian utara;
3. fondasi tiang harus didesain oleh insinyur struktural bersertifikat dengan mempertimbangkan kondisi tanah di area dermaga;
4. sistem penangkal petir dan grounding antenna harus memenuhi standar ITU-T K.27 untuk proteksi peralatan komunikasi dari sambaran petir.

3.5 Analisis Rekomendasi Operasional

Standar Operasional Prosedur (SOP) Pengoperasian VHF Transceiver disusun sebagai pedoman pelaksanaan komunikasi radio maritim pada lintasan penyeberangan Ulee Lheue – Balohan guna mendukung keselamatan pelayaran, keamanan pelayaran, perlindungan maritim, serta kelancaran operasional transportasi penyeberangan. Penyusunan SOP mengacu pada SOLAS 1974 Bab IV serta Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 4 Tahun 2023.

SOP ini melibatkan dua pelaksana utama, yaitu Operator Radio Pelabuhan sebagai petugas yang memantau komunikasi dari sisi darat, serta Nakhoda atau Perwira Jaga Kapal sebagai pihak yang melakukan komunikasi dari sisi kapal. Perangkat pendukung yang digunakan meliputi VHF *base station*, antenna VHF, UPS, *recording system*, logbook komunikasi, serta kontak koordinasi Basarnas, Syahbandar, Polairud, dan pihak pelabuhan.

No	Uraian Jenis Kegiatan	Pelaksana		Mutu Baku		
		Operator Radio	Nakhoda	Kelengkapan	Waktu	Output
1.	Memeriksa kondisi VHF base station, antenna, UPS, recording system dan sumber daya listrik sebelum operasional			Radio VHF	5 Menit	Perangkat siap digunakan
2.	Melakukan uji komunikasi dengan kapal sebelum keberangkatan			Radio VHF	3 Menit	Komunikasi tersambung
3.	Mencatat data keberangkatan kapal dan kondisi cuaca dan estimasi waktu tiba			Logbook	3 Menit	Data keberangkatan
4.	Memantau Channel 16 VHF secara kontinu selama pelayaran berlangsung			Radio VHF	Operasional	Monitoring aktif
5.	Nakhoda melaporkan posisi kapal secara berkala			Radio VHF	Berkala	Informasi posisi kapal
6.	Menyampaikan informasi cuaca dan keselamatan pelayaran kepada kapal			Radio VHF	Sesuai kebutuhan	Informasi keselamatan
7.	Dalam kondisi darurat, nakhoda mengirimkan sinyal MAYDAY/PAN-PAN melalui Channel 16			Radio VHF	< 3 menit	Informasi distress
8.	Operator meneruskan informasi darurat kepada Basarnas dan pihak terkait			Radio dan telepon	< 5 menit	Koordinasi SAR
9.	Mencatat seluruh aktivitas komunikasi pada log book harian			Logbook	5 menit	Laporan komunikasi
10.	Melakukan pemeriksaan akhir perangkat radio setelah operasional selesai			VHF Base Station, UPS, recording system	5 menit	Perangkat dalam kondisi aman

Gambar 5. SOP Komunikasi Radio Maritim pada Lintasan Penyeberangan Ulee Lheue – Balohan

Berdasarkan SOP tersebut, waktu respons awal terhadap kondisi darurat ditetapkan maksimal 3 menit sejak kejadian diketahui atau sejak panggilan darurat diterima. Sementara itu, penerusan informasi kepada Basarnas, Syahbandar, Polairud, dan pihak terkait dilakukan maksimal 5 menit setelah informasi darurat terkonfirmasi. Pembagian waktu ini bertujuan agar proses komunikasi awal tetap cepat, sedangkan koordinasi lanjutan tetap memiliki batas waktu yang jelas dan terukur.

Dengan adanya SOP ini, pengoperasian VHF Transceiver tidak hanya berfungsi sebagai sarana komunikasi kapal–pantai, tetapi juga menjadi bagian dari sistem keselamatan pelayaran yang terstruktur. SOP ini mendukung

pemantauan Channel 16 secara kontinu, pencatatan komunikasi melalui logbook, perekaman otomatis melalui *recording system*, serta percepatan koordinasi penanganan keadaan darurat pada lintasan Ulee Lheue–Balohan.

4. Kesimpulan

Gap signifikan antara kebutuhan sistem komunikasi keselamatan pelayaran dan kondisi infrastruktur eksisting di lintasan Ulee Lheue–Balohan (16 mil laut) telah terbukti berdampak serius terhadap keselamatan jiwa. Tiga insiden penyelamatan dalam rentang tiga tahun (Agustus 2023, Juli 2024, Agustus 2025) mengungkapkan bahwa sistem komunikasi yang masih mengandalkan perangkat handheld VHF tanpa *base station* darat dan telepon seluler tidak mampu merespons keadaan darurat secara efektif. Analisis *Importance-Performance Analysis* (IPA) terhadap 7 atribut sistem komunikasi maritim mengidentifikasi kesenjangan rata-rata sebesar -1,11 poin (grand mean *Importance* 4,30 dan *Performance* 3,19), dengan tiga atribut terklasifikasi dalam kuadran prioritas utama: kemampuan VHF menjangkau seluruh lintasan tanpa dead zone (A1, gap -1,60), ketersediaan base station permanen (A3, gap -1,33), dan integrasi komunikasi dengan Basarnas/SAR/VTS (A5, gap -1,53). Perhitungan radio horizon menunjukkan bahwa jangkauan komunikasi eksisting hanya sekitar 3,1 mil laut, sedangkan perhitungan link budget menggunakan pendekatan *Free Space Path Loss* menunjukkan bahwa rancangan VHF base station memiliki link margin yang memadai. Dengan pemasangan base station pada ketinggian 20 meter, jangkauan meningkat menjadi 18,6 mil laut, melampaui kebutuhan operasional dengan margin keselamatan 2,6 mil laut. Perhitungan link budget pada jarak 29,6 km dan frekuensi VHF *Marine Channel* 16 (156,8 MHz) menghasilkan *Received Signal Level* (RSL) sebesar -55,80 dBm dengan link margin +51,20 dB, memvalidasi bahwa desain sistem VHF base station secara teoritis mampu menjamin komunikasi yang andal dalam kondisi normal maupun darurat. Untuk mengatasi gap kinerja ini, diperlukan instalasi VHF base station 25 watt dengan antena omni 6 dBi pada ketinggian 20 meter, UPS untuk kontinuitas layanan, dan sistem *recording* 30 hari sesuai SOLAS 1974 Bab IV. Infrastruktur dirancang dengan ruang operasional 2×3 meter mengacu pada standar IALA No. 1117 dan IMO GMDSS, tiang antena marine-grade dengan proteksi cuaca dan penangkal petir sesuai ITU-T K.27. Standar Operasional Prosedur (SOP) berbasis PM 4 Tahun 2023 dan regulasi internasional menetapkan pemantauan Channel 16 selama jam operasional, protokol darurat dengan respons awal komunikasi maksimal 3 menit, dan *recording* otomatis untuk semua komunikasi keselamatan. Implementasi perencanaan teknis ini diproyeksikan dapat menutup dead zone komunikasi sepanjang 12,9 mil laut, meningkatkan respons darurat dari kondisi tidak terkoordinasi menjadi protokol terstruktur dengan SLA 3 menit, mendukung pemenuhan aspek keselamatan komunikasi pelayaran sesuai ketentuan yang berlaku, serta memberikan fondasi yang kokoh dan berkelanjutan bagi operasional penyeberangan yang aman di lintasan Ulee Lheue–Balohan.

Referensi

- [1] S. Suryabrata, *Metodologi Penelitian*, 27 ed. Jakarta: RajaGrafindo Persada, 2016.
- [2] H. Ahyar *et al.*, *Buku Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*, no. March. 2020.
- [3] I. Abubakar, K. Herdjan, Wiratno, dan B. Barzach, *Transportasi Penyeberangan*. Jakarta: PT RajaGrafindo Persada, 2013.
- [4] F. Miro, *Pengantar Sistem Transportasi*. Jakarta: Erlangga, 2012.
- [5] G. H. Martono, A. Azhari, dan K. Mustofa, "An extended approach of weight collective influence graph for detection influence actor," *Int. J. Adv. Intell. Informatics*, vol. 8, no. 1, hal. 1–11, Mar 2022, doi: 10.26555/ijain.v8i1.800.
- [6] A. Giannopoulos *et al.*, "From 6G to SeaX-G: Integrated 6G TN/NTN for AI-Assisted Maritime Communications—Architecture, Enablers, and Optimization Problems," 1 Juni 2025, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/jmse13061103.
- [7] S. Valčić dan A. Škrobonja, "A Comprehensive Analysis of the Performance and Capabilities of the SDRangel Platform for Automatic Identification System Signal Reception," *Polish Marit. Res.*, vol. 33, no. 1, hal. 155–168, Mar 2026, doi: 10.2478/pomr-2026-0015.
- [8] International Civil Aviation Organization and International Maritime Organization, *IAMSAR Manual, Volume II: Mission Coordination*. London, U.K.: IMO Publishing, 2022. [Online]. Available: <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/IAMSARManual.aspx>
- [9] International Maritime Organization, *GMDSS Manual*. London, U.K.: IMO Publishing, 2022. [Online]. Available: <https://www.imo.org/en/publications/Pages/Home.aspx>
- [10] International Maritime Organization, *SOLAS: Consolidated Edition 2024*. London, U.K.: IMO Publishing, 2024. [Online]. Available: <https://www.imo.org/en/publications/Pages/Home.aspx>
- [11] International Telecommunication Union, *Radio Regulations*. Geneva, Switzerland: ITU, 2024. [Online]. Available: <https://www.itu.int/pub/R-REG-RR>
- [12] International Telecommunication Union, "Digital selective-calling system for use in the maritime mobile service," *Recommendation ITU-R M.493*, n.d. [Online]. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.493/en>
- [13] International Telecommunication Union, "Ground-wave propagation curves for frequencies between 10 kHz and 30 MHz," *Recommendation ITU-R P.368*, 2022. [Online]. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.368/en>
- [14] International Telecommunication Union, "Calculation of free-space attenuation," *Recommendation ITU-R P.525*, 2024. [Online]. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.525/en>
- [15] O. Shyshkin, "DEVELOPMENT OF MARITIME VHF RADIOCOMMUNICATIONS FOR EFFICIENT AND SAFE NAVIGATION РОЗВИТОК МОРСЬКОГО УКХ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ТА БЕЗПЕЧНОГО

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.10410>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

- СУДНОПЛАВСТВО”, doi: 10.31653/2306-5761.37.2025.47-62.
- [16] L. T. Pham dan L. Van Hoang, “A navigational risk evaluation of ferry transport: Continuous risk management matrix based on fuzzy Best-Worst Method,” *PLoS One*, vol. 19, no. 9 September, Sep 2024, doi: 10.1371/journal.pone.0309667.
- [17] Y. Xi, Z. Wang, S. Hu, B. Han, dan J. Yin, “The effect of safety culture on the safety behavior of ship deck officers- empirical evidence from shipping industry,” *Front. Mar. Sci.*, vol. Volume 12-2025, 2025, doi: 10.3389/fmars.2025.1599455.
- [18] W.-K. K. Hsu, S.-H. S. Huang, T. N. N. Le, dan N. T. Huynh, “The hazard analysis of passenger-cargo ferries: a revised risk matrix model based on fuzzy best–worst method,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 31, no. 54, hal. 63070–63084, 2024, doi: 10.1007/s11356-024-35341-z.