

TUGAS AKHIR - MS 234801

Analisis Risiko Rob dan Genangan di Terminal Petikemas Semarang: Strategi Mitigasi, Proyeksi Jangka Panjang, dan Dampak Operasional

DARISH WAHYU RAMADHAN

NRP. 5021201045

Dosen Pembimbing

Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.

NIP. 1987201912083

Ir. Maulana Yafie Danendra, S.T., M.Log.

NIP 197905252014041001

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TRANSPORTASI

DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2025



TUGAS AKHIR - MS 234801

Analisis Risiko Rob dan Genangan di Terminal Petikemas Semarang: Strategi Mitigasi, Proyeksi Jangka Panjang, dan Dampak Operasional

DARISH WAHYU RAMADHAN

NRP. 5021201045

Dosen Pembimbing

Siti Dwi Lazuardi

NIP. 1987201912083

Ir. Maulana Yafie Danendra, S.T., M.Log.

NIP 197905252014041001

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TRANSPORTASI LAUT

DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2025



FINAL PROJECT - MS 234801

**Risk Analysis of Tidal Flooding and Water Intrusion
at Semarang Container Terminal: Mitigation
Strategies, Long-Term Projections, and
Operational Impacts**

DARISH WAHYU RAMADHAN

NRP. 5021201045

Supervisors

Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.

NIP. 1987201912083

Ir. Maulana Yafie Danendra, S.T., M.Log.

NIP 197905252014041001

**STUDY PROGRAM BACHELOR OF MARINE TRANSPORTATION
ENGINEERING**

DEPARTMENT OF MARINE TRANSPORT ENGINEERING

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Analisis Risiko Rob dan Genangan di Terminal Petikemas Semarang: Strategi Mitigasi, Proyeksi Jangka Panjang, dan Dampak Operasional

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik Transportasi Laut

Departemen Teknik Transportasi Laut
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **DARISH WAHYU RAMADHAN**

NRP. 5021201045

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.
2. Ir. Maulana Yafie Danendra, S.T., M.Log.
3. Dr.-Ing. Ir. Setyo Nugroho
4. Naning Yuliana, S.T., M.T.



SURABAYA

Agustus, 2025

APPROVAL SHEET

Risk Analysis of Tidal Flooding and Water Intrusion at Semarang Container Terminal: Mitigation Strategies, Long-Term Projections, and Operational Impacts

FINAL PROJECT

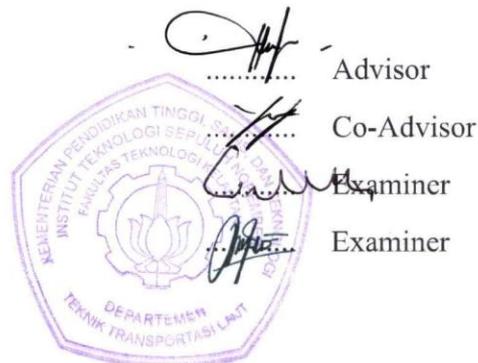
Submitted to fulfill one of the requirements for obtaining a bachelor's degree at
Undergraduate Study Program of Marine Transportation Engineering
Department of Marine Transportation Engineering
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology

By : **DARISH WAHYU RAMADHAN**

NRP. 5021201045

Approved by Final Project Examiner Team:

1. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.
2. Ir. Maulana Yafie Danendra, S.T., M.Log.
3. Dr.-Ing. Ir. Setyo Nugroho
4. Naning Yuliana, S.T., M.T.



SURABAYA

August, 2025

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Darish Wahyu Ramadhan./ 5021201045
Departement : Teknik Transportasi Laut
Advisor : 1. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.
2. Ir. Maulana Yafie Danendra, S.T., M.Log

Hereby declare that the Final Project with the title of “**Risk Analysis of Tidal Flooding and Water Intrusion at Semarang Container Terminal: Mitigation Strategies, Long-Term Projections, and Operational Impacts**” is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 4th August 2025

Student



Darish Wahyu Ramadhan

NRP. 5021201045

Acknowledged,

Advisor



Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.
NIP. 196510201996011001

Co Advisor



Ir. Maulana Yafie Danendra, S.T., M.Log
NIP. 197905252014041001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Darish Wahyu Ramadhan./ 5021201045

Program studi : Teknik Transportasi Laut

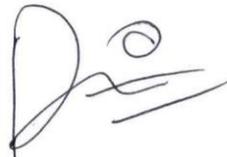
Dosen Pembimbing : 1. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.
2. Ir. Maulana Yafie Danendra, S.T., M.Log

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Risiko Rob dan Genangan di Terminal Petikemas Semarang: Strategi Mitigasi, Proyeksi Jangka Panjang, dan Dampak Operasional**” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 4 Agustus 2025

Mahasiswa



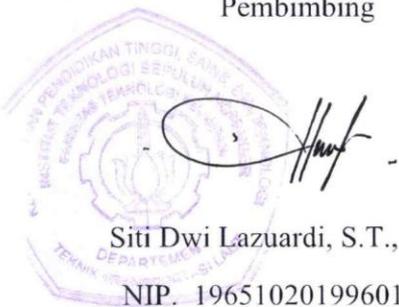
Darish Wahyu Ramadhan

NRP. 5021201045

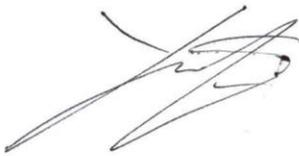
Mengetahui,

Pembimbing

Ko-pembimbing



Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.
NIP. 196510201996011001



Ir. Maulana Yafie Danendra, S.T., M.Log
NIP. 197905252014041001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Penyusun dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **“Analisis Risiko Rob dan Genangan di Terminal Petikemas Semarang: Strategi Mitigasi, Proyeksi Jangka Panjang, dan Dampak Operasional”** ini dapat terselesaikan dengan baik.

1. Kedua orang tua penulis Bapak xxxx dan Ibu xxxx, yang semasa hidupnya dan hingga detik ini selalu memberikan dukungan secara materi, motivasi, nasihat dan do'a yang selalu mengalir tiada henti.
2. Ibu Ir. Pratiwi Wuryaningrum, S.T., M.T. dan Almarhum Bapak Ir. Christino Boyke Surya Permana, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen wali penulis yang selalu memberikan nasihat dan semangat semasa perkuliahan.
3. Ibu Ir. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, ilmu dan arahan dalam menyelesaikan permasalahan dalam Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Maulana Yafie Danendra, S.T., M.Log selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, ilmu dan arahan dalam menyelesaikan permasalahan dalam Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen dan juga Staff Tata Usaha Departemen Teknik Transportasi Laut yang telah memberikan ilmu, bantuan dan masukan terkait Tugas Akhir ini
6. Teman-teman AKSAVANA (P60-T18), yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat ditulis satu persatu yang telah banyak membantu selama proses pengerjaan tugas akhir ini dan juga proses pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penyusun sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, Agustus 2024

Penulis

Analisis Risiko Rob dan Genangan di Terminal Petikemas Semarang: Strategi Mitigasi, Proyeksi Jangka Panjang, dan Dampak Operasional

Nama Mahasiswa : Darish Wahyu Ramadhan
NRP : 5021201045
Departemen / Fakultas : Teknik Transportasi Laut / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.
2. Ir. Maulana Yafie Danendra, S.T., M.Log.

ABSTRAK

Terminal Petikemas Semarang (TPKS) merupakan simpul logistik strategis di wilayah Jawa Tengah yang menghadapi tantangan serius akibat kenaikan muka air laut dan penurunan muka tanah. Fenomena rob yang kian sering terjadi berpotensi mengganggu operasional pelabuhan, terutama pada aktivitas bongkar muat dan pergerakan alat berat di area dermaga. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko rob dan genangan selama 10 tahun ke depan, mengidentifikasi fasilitas paling rentan, mengevaluasi dampak operasional yang ditimbulkan, serta merumuskan strategi mitigasi yang sesuai.

Metode yang digunakan meliputi analisis risiko, evaluasi dampak operasional, serta perhitungan kelayakan ekonomi berbasis rasio benefit-cost. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak seluruh fasilitas TPKS mengalami risiko yang sama terhadap gangguan rob dan genangan. Beberapa fasilitas baru menunjukkan kerentanan signifikan pada tahun ke-5 dan seterusnya. Fasilitas dermaga, khususnya Kade 198–425, memiliki elevasi rendah dan mengalami penurunan tanah hingga 9,03 cm, menjadikannya area dengan skor risiko tertinggi. Gangguan yang timbul mencakup terganggunya aktivitas bongkar muat, keterbatasan pergerakan alat berat, serta penurunan volume throughput tahunan.

Kesimpulan dari studi ini menekankan pentingnya intervensi dini pada fasilitas prioritas melalui peninggian struktur dermaga dan strategi mitigasi lainnya, guna menjaga efisiensi dan keandalan operasional pelabuhan dalam jangka panjang.

Kata kunci: rob, genangan, terminal petikemas, risiko operasional, strategi mitigasi, Semarang

Risk Analysis of Tidal Flooding and Water Intrusion at Semarang Container Terminal: Mitigation Strategies, Long-Term Projections, and Operational Impacts

Name : Darish Wahyu Ramadhan
ID No. : 5021201045
Department / Faculty : Marine Transport Engineering / Marine Technology
Supervisors : 1. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.
2. Ir. Maulana Yafie Danendra, S.T., M.Log.

ABSTRACT

Semarang Container Terminal (TPKS), a key logistics hub in Central Java, is increasingly exposed to tidal flooding (rob) due to sea-level rise and land subsidence. These phenomena pose operational threats, particularly in cargo handling and equipment mobility at low-elevation wharves. This study aims to assess the risks of tidal flooding and inundation over the next decade, identify the most vulnerable facilities, evaluate operational disruptions, and propose suitable mitigation strategies.

The methods employed include risk analysis, operational impact assessment, and economic feasibility using benefit-cost ratio analysis. Findings reveal that not all terminal facilities share equal risk exposure. Several infrastructures begin to exhibit significant vulnerability after the fifth year. The wharf segment Kade 198–425, characterized by low elevation and 9.03 cm of subsidence, demonstrates the highest risk score. Operational disturbances include hindered cargo handling, restricted equipment movement, and a decline in annual throughput.

The study concludes that early intervention is crucial, particularly in upgrading priority facilities such as Kade 198–425, through elevation adjustments and integrated mitigation strategies. These efforts are essential to maintain long-term efficiency and reliability of TPKS as a national logistics node.

Keywords: tidal flooding, inundation, container terminal, operational risk, mitigation strategy, Semarang

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
APPROVAL SHEET.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS	Error! Bookmark not defined.
STATEMENT OF ORIGINALITY	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Permasalahan.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Banjir Rob.....	5
2.2 Genangan	6
2.3 Penurunan Muka Tanah	7
2.4 Kenaikan Muka Air Laut	9
2.5 Terminal Petikemas	10
2.5.1 Fasilitas Terminal Petikemas	11
2.5.2 Penanganan Peti kemas.....	13
2.5.3 Sistem Penanganan Petikemas di lapangan penumpukan.....	14
2.6 Analisis Risiko	16
2.6.1 Manajemen Risiko.....	16
2.6.2 Evaluasi Risiko / Risk Assesment	17
2.7 Analisis Biaya-Manfaat	18

2.7.2 <i>Benefit-Cost Ratio (BCR)</i>	18
2.7.2 <i>Payback Period</i>	19
2.8 Hasil Penelitian terdahulu	20
BAB III	23
METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Diagram Alir Penelitian	23
3.2 Tahapan Penelitian.....	24
3.2.1 Identifikasi Masalah.....	24
3.2.2 Pengumpulan Data.....	24
3.2.3 Pengolahan Data.....	25
3.2.4 Analisis Dampak Operasional.....	25
3.2.5 Analisis Risiko	25
3.2.6 Analisis Biaya Manfaat.....	25
3.2. Kesimpulan	26
BAB IV	27
Hasil Dan Pembahasan	27
4.1 Lokasi Penelitian.....	27
4.2 Fasilitas Utama Terminal.....	27
4.2 Produk Domestik Regional Bruto	30
4.3 Data Operasional Terminal.....	32
4.3.1 Arus Petikemas TPKS	33
4.3.2 Jumlah Ship Call per Bulan/Tahun.....	34
4.3.2 Rata-Rata Waktu Sandar Kapal (Berthing Time).....	36
4.3.3 Utilisasi Peralatan dan Area Terminal.....	37
4.4 Kondisi Eksisting	38
4.4.1 Elevasi Lahan yang Rendah dan Genangan Akibat Rob	38
4.4.2 Penurunan Tanah (Land Subsidence) Tahunan	38
4.4.4 Gangguan Aktivitas Operasional Akibat Rob.....	39
4.7 Proyeksi Pasang Surut	40
4.8 Analisis Genangan dan Rob.....	42
4.7.1 Analisis Genangan.....	42
4.7.2 Analisis Rob	43
4.9 Analisis Dampak Operasional	45
4.9.1 Kebutuhan Jam Operasional Alat Bongkar Muat (JOT)	46

4.9.2	Penurunan Kinerja saat Gangguan.....	46
4.9.3	Dampak Terhadap Volume Penanganan Kontainer	47
4.9.4	Estimasi Waktu Recovery	48
4.9.5	Estimasi Potensi Gangguan Operasional Tahunan	48
4.9.6	Proyeksi Shipcall	48
4.9.7	Berthing Time Kapal	49
4.9.8	Berth Occupancy Ratio.....	50
4.9.9	Proses Penurunan Volume Throughput Akibat Gangguan Operasional	51
4.9.10	Proses Kapal Tidak Tertangani Akibat Gangguan Operasional	56
4.10	Analisis Risiko	61
4.10.1	Risiko Operasional	61
4.10.2	Risiko Non Operasional	65
4.11	Penentuan Risiko	69
4.11.1	Skala Likelihood (Kemungkinan).....	69
4.11.2	Skala Dampak.....	69
4.11.3	Penentuan Level Risiko	70
4.11.4	Prosedur Penilaian Risiko	70
4.11.5	Contoh Penilaian Risiko	70
4.11.6	Penilaian Impact.....	71
4.11.7	Penilaian Likelihood (Kemungkinan)	71
4.11.8	Hasil Dan Interpretasi	71
4.12	Mitigasi Risiko.....	72
4.12.1	Mitigasi Risiko Operasional	72
4.12.2	Mitigasi Risiko Non Operasional.....	73
4.13	Biaya Mitigasi Risiko	74
4.13.1	Peninggian Dermaga	75
4.13.2	Penambahan Pompa.....	78
4.13.3	Peninggian Tanggul.....	80
4.13.3	Mitigasi Risiko 1 Non Operasional	82
4.13.5	Mitigasi Risiko 2 Non Operasional	83
4.13.6	Mitigasi Risiko 3 Non Operasional	86
4.13.7	Mitigasi Risiko 4 Non Operasional	89
4.14	Analisis Biaya Manfaat.....	90
4.14.1	Metode Perhitungan.....	91

4.14.2 Strategi Mitigasi yang Diterapkan	91
4.13.4 Hasil Perhitungan BCR	92
4.13.5 Benefit Cost Rasio Risiko Operasional.....	93
4.13.6 Benefit Cost Rasio Non Operasional.....	95
BAB V	99
Kesimpulan dan Saran.....	99
5.1 Kesimpulan	99
5.2 Saran	101
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN	105
BIODATA PENULIS	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Throughput Terminal Petikemas Semarang.....	1
Gambar 4.2 Grafik Arus Petikemas TPKS.....	33
Gambar 4.3 Grafik Shipcall TPKS.....	35
Gambar 4.4 Grafik Berthing Timr TPKS.....	36
Gambar 4.5 Gangguan Genangan pada Dermaga TPKS.....	39
Gambar 4.6 Proses Penurunan Volume Throughput Kontainer.....	52
Gambar 4.7 Diagram Kontainer Yang Terganggu Saat Genangan.....	55
Gambar 4.8 Kontainer yang terganggu saat ROB.....	55
Gambar 4.9 Kontainer yang tidak bisa ditangani gangguan genangan.....	56
Gambar 4.10 Kontainer yang tidak bisa ditangani saat gangguan ROB.....	56
Gambar 4.11 Proses kapal yang tidak tertangani saat adanya gangguan.....	57
Gambar 4.12 Kapal yang tidak tertangani pada kade 198-425.....	59
Gambar 4.13 Kapal yang tidak tertangani pada kade 30-198.....	60
Gambar 4.14 Kapal yang terdampak pada kade 198-425.....	60
Gambar 4.15 Kapal yang terdampak pada kade 30-198.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penelitian Terdahulu.....	20
Tabel 4.2 Peralatan di Terminal Petikemas Semarang.....	29
Tabel 4.3 Presentase kepercayaan pelanggan.....	67
Tabel 4.3 Kategori Skala Level Likelihood.....	69
Tabel 4.5 Kategori Level Risiko.....	70
Tabel 4.6 Kebutuhan Material Peninggian Dermaga	75
Tabel 4.7 Biaya Tenaga Kerja	77
Tabel 4.8 Biaya Investasi Peralatan.....	78
Tabel 4.9 Biaya Kebutuhan Material.....	78
Tabel 4.10 Biaya Listrik & Panel Kontrol Mitigasi Pompa	79
Tabel 4.11 Rincian Jasa & Pekerjaan Lapangan	79
Tabel 4.12 Rincian Biaya Modul Tanggul	82
Tabel 4.13 Rincian Biaya Mitigasi Risiko 1 Non Ops	83
Tabel 4.14 Rincian Biaya Mitigasi Risiko 2 Non OPS	84
Tabel 4.15 Rincian Biaya Mitigasi Risiko 2 Non OPS Medium.....	85
Tabel 4.16 Rincian Biaya Mitigasi Risiko 2 Non OPS Advanced	85
Tabel 4.17 Biaya Mitigasi Risiko 3 Non OPS Basic.....	88
Tabel 4.18 Rincian Biaya Mitigasi 3 Non OPS Medium	88
Tabel 4.19 Rincian Biaya Mitigasi 3 Non OPS Advanced.....	89
Tabel 4.20 Biaya Mitigasi Risiko 4 non OPS.....	90
Tabel 4.21 Strategi Mitigasi Kade 198-425 Genangan	91
Tabel 4.22 Strategi Mitigasi Kade 198-425 ROB	91
Tabel 4.23 Strategi Mitigasi Kade 30-198 Genangan	92
Tabel 4.24 Strategi Mitigasi Kade 30-198 ROB	92
Tabel 4.25 BCR Dermaga Kade 198-425 Genangan Operasional	93
Tabel 4.26 BCR Dermaga Kade 198-425 ROB Operasional	93
Tabel 4.27 BCR Dermaga Kade 30-198 Genangan Operasional	94
Tabel 4.28 BCR Dermaga Kade 30-198 ROB Operasional	94
Tabel 4.29 BCR Dermaga Kade 198-425 Genanga Non Operasional	95
Tabel 4.30 BCR Dermaga Kade 198-425 ROB Non Operasional	95
Tabel 4.31 BCR Dermaga Kade 30-198 Genangan Non Operasional	96
Tabel 4. 32 BCR Dermaga Kade 30-198 ROB Non Operasional	96

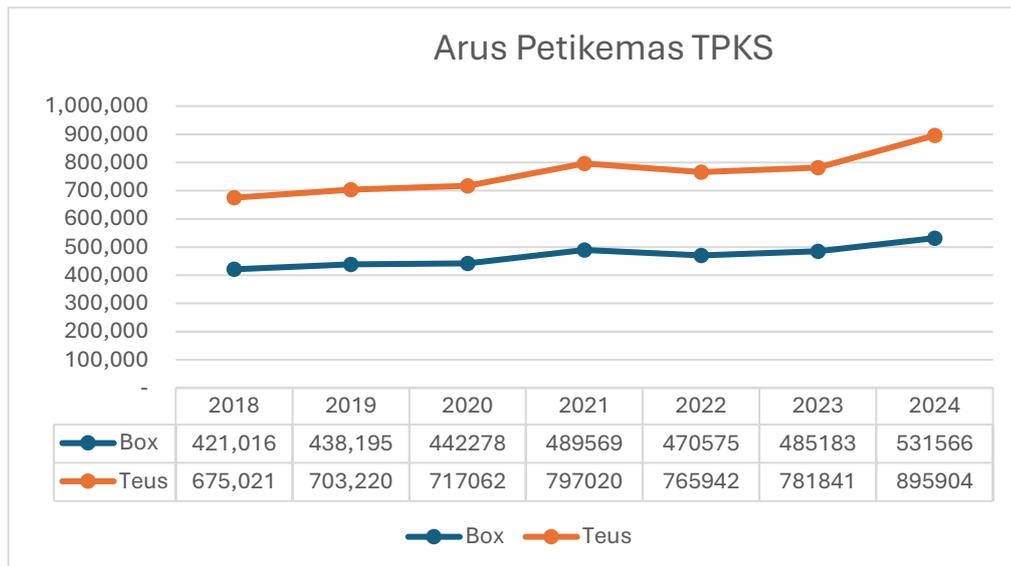
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

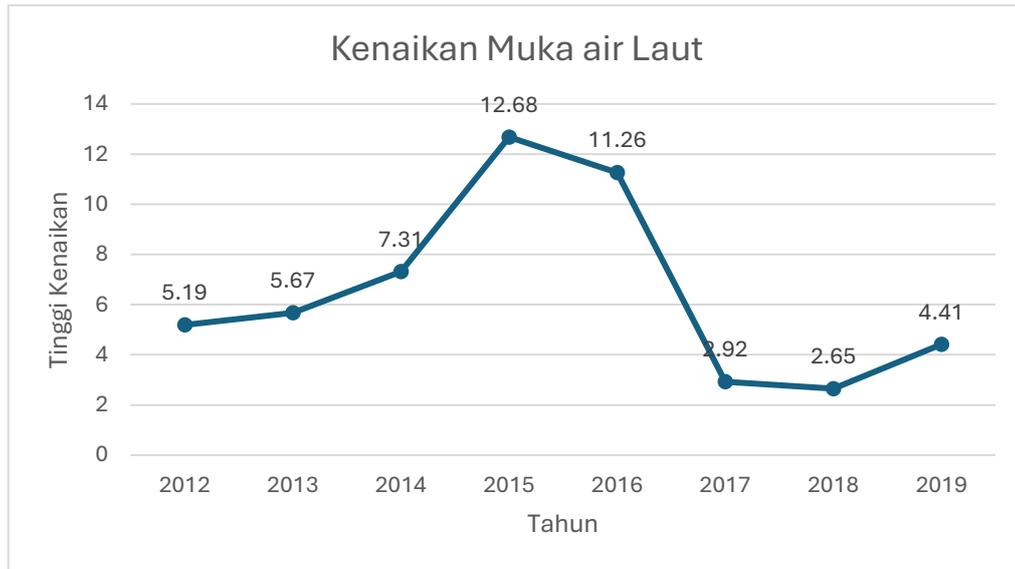
Terminal Petikemas Semarang (TPKS) merupakan salah satu pelabuhan strategis yang memainkan peran vital dalam mendukung sistem logistik nasional, khususnya di wilayah Jawa Tengah dan sekitarnya. Sebagai bagian dari Pelabuhan Tanjung Emas, TPKS melayani lebih dari 500.000 TEUs setiap tahunnya, dengan konektivitas domestik maupun internasional yang menjadikannya pusat distribusi penting di Indonesia bagian tengah. Berikut grafik pertumbuhan throughput di terminal petikemas semarang.



Gambar 1.1 Grafik Throughput Terminal Petikemas Semarang

Sumber: Terminal Petikemas Semarang

Keberhasilan operasional TPKS sangat bergantung pada kelancaran aktivitas bongkar muat, perencanaan jadwal sandar kapal, serta pengelolaan container yard (CY). Namun, dalam beberapa dekade terakhir, pelabuhan ini menghadapi tantangan serius akibat kombinasi kenaikan muka air laut dan penurunan muka tanah (land subsidence). Berdasarkan kajian BMKG (2022), pesisir Semarang mengalami kenaikan permukaan laut sebesar 0,22 mm per tahun. Berikut grafik kenaikan muka air laut yang ada di perairan pesisir Semarang dan di beberapa titik mengalami penurunan tanah antara 5 hingga 10 cm per tahun.



Gambar 1.2 Grafik Kenaikan Muka Air Laut

Sumber: IJOCE, 2022

Fenomena tersebut memperbesar risiko terjadinya rob, yaitu luapan air laut ke daratan akibat kombinasi pasang tinggi dan penurunan topografi wilayah. Rob bukan lagi potensi teoritis—salah satu peristiwa besar terjadi pada Mei 2022, ketika rob setinggi 125–200 cm menenggelamkan sebagian kawasan Pelabuhan Tanjung Emas. Berdasarkan laporan Bisnis Indonesia (2022), meskipun Terminal Petikemas Semarang tidak secara langsung tergenang, kegiatan terminal tetap terdampak signifikan. Rob tersebut menyebabkan gangguan pada akses kendaraan, terhambatnya manuver kapal pemanduan, serta penghentian aktivitas bongkar muat selama lebih dari 3 hari. Efek domino dari peristiwa ini meliputi keterlambatan layanan, antrean kapal, dan penurunan kepercayaan pengguna jasa pelabuhan.

Kondisi rob yang terjadi di kawasan pelabuhan berpotensi memberikan dampak luas terhadap kegiatan operasional TPKS. Keberadaan air laut yang masuk ke area operasional dapat memicu gangguan waktu layanan, keterbatasan pergerakan alat bongkar muat seperti RTG dan reach stacker, serta menurunnya produktivitas terminal. Selain itu, paparan air laut yang berulang dapat menyebabkan kerusakan infrastruktur dan peralatan akibat korosi, sehingga meningkatkan biaya operasional (OPEX) dan menurunkan keandalan layanan terminal di mata shipping line. Jika tidak dilakukan langkah mitigasi yang tepat dan terukur, kondisi ini dapat menurunkan kinerja logistik pelabuhan dan memberikan efek lanjutan pada sistem distribusi barang secara nasional.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk:

- Menganalisis risiko rob di Terminal Petikemas Semarang selama 10 tahun ke depan.
- Mengidentifikasi fasilitas paling rentan.
- Mengevaluasi dampak rob terhadap performa operasional terminal.
- Menyusun skenario mitigasi yang sesuai, baik dari sisi teknis maupun ekonomis, guna mempertahankan efisiensi dan daya saing TPKS sebagai simpul logistik strategis nasional.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat diketahui rumusan masalah penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi eksisting fasilitas Terminal Petikemas Semarang dalam menghadapi proyeksi risiko rob akibat kenaikan muka air laut dan penurunan tanah selama 10 tahun ke depan, serta fasilitas mana yang paling rentan terhadap risiko tersebut?
2. Bagaimana bentuk gangguan operasional yang ditimbulkan oleh genangan dan rob terhadap fasilitas yang rentan?
3. Bagaimana cara menentukan prioritas mitigasi terhadap fasilitas terminal, dan fasilitas mana yang paling rentan untuk ditangani terlebih dahulu?

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan perumusan masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kondisi eksisting fasilitas Terminal Petikemas Semarang dan memproyeksikan risiko rob dan genangan dalam 10 tahun mendatang.
2. Mengidentifikasi gangguan operasional yang ditimbulkan oleh genangan dan rob terhadap fasilitas yang rentan
3. Menentukan metode penetapan prioritas mitigasi dan mengidentifikasi fasilitas terminal yang paling rentan sehingga perlu ditangani terlebih dahulu.

1.4 Batasan Permasalahan

Pada penelitian ini perlu dibatasi agar dapat lebih fokus dengan topik yang akan dibahas, pada penelitian ini dibatasi berdasarkan :

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada fasilitas utama yang rentan terhadap rob, yaitu Dermaga Kade 30–425 di Terminal Petikemas Semarang.
2. Analisis risiko rob dibatasi pada genangan yang disebabkan oleh pasang surut air laut dan penurunan muka tanah, tanpa mempertimbangkan faktor bencana lain seperti banjir hujan, gempa bumi, atau kerusakan struktural.
3. Penelitian ini tidak membahas secara teknis implementasi mitigasi, tetapi hanya mengevaluasi dampak operasional sebelum dan sesudah mitigasi diterapkan terhadap kinerja terminal, seperti waktu sandar kapal, produktivitas, dan throughput.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun penelitian ini dilakukan sehingga menghasilkan manfaat bagi beberapa pihak yaitu:

Terdapat beberapa manfaat yang ingin dicapai pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan Ketahanan Operasional: Mengurangi gangguan dan memastikan kelancaran aktivitas pelabuhan di tengah ancaman rob.
2. Penguatan Daya Saing: Meningkatkan citra dan kepercayaan *stakeholder* terhadap TPKS sebagai pelabuhan yang andal.
3. Efisiensi Investasi: Memandu pengambilan keputusan biaya mitigasi yang paling efektif dan prioritas pembangunan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Banjir Rob

Banjir, menurut Sugiyanto dan Kodoatie (2002), disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu banjir di daerah rawan banjir dan limpasan air dari sungai atau laut. Beberapa penyebab banjir, baik alami maupun buatan, meliputi curah hujan, erosi, sedimentasi, pasang surut air laut, kapasitas drainase, sampah, dan kawasan kumuh. Salah satu jenis banjir yang sering terjadi adalah banjir rob, yang umumnya melanda wilayah pesisir dengan ketinggian tanah yang lebih rendah dari pasang tertinggi air laut. Pasang surut laut menjadi penyebab utama terjadinya banjir rob, yang ketinggiannya mengikuti pola pasang surut laut dan surut ketika air laut mengalami surut. Ketinggian air laut dapat digunakan untuk memprediksi luas wilayah yang terendam banjir rob (Bakti, 2010). Genangan banjir rob biasanya berlangsung hanya beberapa jam, terbatas pada pesisir pantai, rawa, dan dataran rendah sekitar pantai, dan dapat semakin berbahaya apabila terjadi penurunan permukaan tanah.

Banjir rob menyebabkan berbagai masalah sosial dan ekonomi, dengan faktor utama penyebabnya adalah kenaikan permukaan air laut, penurunan permukaan tanah, serta ketinggian kawasan daratan dan sistem drainase yang ada. Untuk mengurangi dampak banjir rob, informasi mengenai penggunaan lahan perlu diperhatikan agar dapat disesuaikan dengan karakteristik bencana ini. Semakin luasnya area yang terendam banjir rob dapat mempengaruhi nilai tanah dan bangunan di kawasan tersebut, sehingga analisis mengenai sebaran banjir rob penting untuk menentukan langkah penanggulangannya (Kurniawan, 2013).

Fenomena banjir rob menunjukkan tren memburuk dari tahun ke tahun. Fenomena ini terjadi setiap bulan mengikuti siklus gerak bulan (Kusumaning dan Sekar, 2014), namun perubahan iklim memperburuk kondisi ini dengan meningkatkan frekuensi banjir rob (Harwitasari dan van Ast, 2011). Di Semarang, banjir rob semakin meluas dengan jangkauan genangan mencapai 2–3 km dari garis pantai dan ketinggian mencapai 30–60 cm pada kondisi ekstrim (Widada et al., 2020). Penurunan permukaan tanah (subsidence) menjadi faktor utama yang mempercepat dan memperluas jangkauan rob. Subsidence terjadi akibat pengambilan air tanah yang

berlebihan dan beban bangunan di kawasan pelabuhan. Laju subsidence di Semarang mencapai 2–15 cm per tahun dan diproyeksikan meningkat sekitar 1,39% per tahun dari 2014 hingga 2031 (Pujiastuti et al., 2015). Penurunan permukaan tanah membuat daratan semakin rendah, mendekati atau bahkan berada di bawah muka air laut saat pasang tinggi, yang mempercepat dan memperluas genangan rob.

Perubahan iklim semakin memperburuk kondisi ini, dengan kenaikan permukaan air laut dan penurunan permukaan tanah yang semakin signifikan, khususnya di Semarang, yang disebabkan oleh pengambilan air tanah yang berlebihan, beban konstruksi, dan industrialisasi di lahan reklamasi.

2.2 Genangan

Rembesan air laut yang muncul di atas permukaan dermaga merupakan fenomena yang sering terjadi pada struktur pesisir yang mengalami tekanan hidrostatik berlebih, terutama pada saat pasang maksimum. Pada Terminal Petikemas Semarang, rembesan ini tidak hanya disebabkan oleh pasang tinggi, tetapi juga dipengaruhi oleh penurunan elevasi dermaga (subsidence) yang memperkecil jarak antara muka air laut dengan permukaan dermaga. Subsidence di wilayah Semarang tercatat mencapai 2–17 cm per tahun berdasarkan studi Samosir et al. (2018), dan hal ini terus memperparah risiko genangan karena permukaan dermaga semakin sejajar dengan muka air laut.

Menurut Alfa dan Pattipawaej (2019) dalam penelitian mereka di PPN Pemangkat, peningkatan muka air laut memberikan tekanan samping pada struktur dermaga yang dapat memicu rembesan, terutama jika terdapat kerusakan atau porositas pada beton. Tekanan hidrostatik saat pasang mendorong air laut untuk merembes melalui celah-celah atau retakan pada pondasi, struktur beton, maupun sambungan elemen konstruksi. Fenomena ini juga dijelaskan oleh Sidabalok dan Rildova (2024) yang dalam pemodelan numeriknya menunjukkan bahwa tekanan gelombang yang berulang menyebabkan beban vertikal dan siklus tekan–tarik yang memperbesar celah struktur pada beton dermaga.

Selain itu, intrusi air laut pada akuifer dangkal di wilayah pesisir Semarang telah banyak dikaji oleh Suhartono et al. (2013) dan Utami et al. (2017), di mana mereka membuktikan bahwa pasang laut yang tinggi dapat memaksa air laut masuk

ke lapisan tanah berpori dan mendorong air intrusi tersebut keluar melalui retakan atau celah di dasar dermaga. Mekanisme ini konsisten dengan teori coastal hydrogeology, di mana pasang maksimum dan tekanan hidrostatik mampu menggeser zona batas antara air tawar dan air asin di dalam tanah, bahkan hingga membentuk submarine groundwater discharge (SGD), yaitu aliran air laut dari bawah tanah ke permukaan (Ferguson & Gleeson, 2012).

Studi Nirmala (2020) dalam Jurnal Geologi Kelautan menambahkan bahwa karakteristik sedimen di wilayah pesisir Semarang cenderung bersifat porous dan kurang padat akibat endapan alluvial, sehingga meningkatkan risiko rembesan karena tanah mudah ditembus oleh air laut.

Secara keseluruhan, rembesan air laut yang terjadi pada dermaga Terminal Petikemas Semarang disebabkan oleh kombinasi antara:

1. Tekanan pasang tinggi yang mendorong air laut ke dalam celah struktur.
2. Penurunan elevasi dermaga (subsidence) yang semakin memperkecil jarak dermaga dengan muka air laut.
3. Porositas dan keretakan pada struktur beton dermaga yang mempercepat infiltrasi.
4. Intrusi air laut yang merambat melalui akuifer dangkal dan sedimen pesisir yang kurang padat.
5. Pengaruh tekanan gelombang yang memperbesar celah dan mempercepat rembesan.

2.3 Penurunan Muka Tanah

Fenomena Land Subsidence atau yang dikenal dengan sebutan penurunan muka tanah merupakan issue bagi kota besar di pesisir utara Indonesia. Kota-kota besar Indonesia yang terdampak land subsidence diantaranya adalah Jakarta, Bandung, Surabaya dan Semarang. Telah dilakukan penelitian terkait land subsidence di kota-kota tersebut, penyebab dari fenomena ini di masing masing kota berbeda beda. Faktor yang menjadi penyebab land subsidence adalah pengambilan air tanah yang berlebihan,

bukaan tanah akibat tambang, konsolidasi tanah dan berat beban bangunan diatas permukaan tanah yang berlebihan (Prasetya dkk., 2017).

Penurunan muka tanah (*land subsidence*) merupakan permasalahan geoteknik yang sering ditemukan dan tidak dapat dihindari, terutama di kota-kota besar yang berada di wilayah pesisir seperti Semarang. Fenomena ini didefinisikan sebagai turunya elevasi permukaan tanah terhadap bidang referensi yang stabil dan dapat berlangsung dalam waktu yang singkat atau lama serta tidak merata di setiap daerahnya.

Di Semarang, penurunan muka tanah menjadi ancaman utama yang berdampak signifikan pada infrastruktur dan kawasan permukiman. Wilayah Semarang bagian utara merupakan dataran rendah yang memiliki karakteristik tanah aluvial, yang rentan terhadap pemadatan dan konsolidasi alami. Faktor-faktor utama penyebab penurunan tanah di Semarang sangat kompleks dan saling berkaitan. Salah satu penyebab dominan adalah ekstraksi air tanah yang berlebihan, terutama untuk kebutuhan industri dan domestik, yang melebihi kapasitas imbuhan akuifer. Pengambilan air tanah ini mengurangi tekanan hidrostatik di bawah permukaan tanah dan menyebabkan pemampatan lapisan akuifer. Selain itu, penambahan beban permukaan akibat pembangunan gedung-gedung tinggi dan infrastruktur padat di kawasan industri dan permukiman juga berkontribusi pada pemampatan lapisan tanah di bawahnya.

Laju penurunan muka tanah di Semarang sangat bervariasi secara spasial dan temporal. Di wilayah utara Semarang, laju penurunan dapat mencapai 6-15 cm. Pengamatan GPS dari tahun 2008 hingga 2011 menunjukkan laju rata-rata sekitar 6 hingga 7 cm, bahkan dapat mencapai laju maksimum 14-19 cm di lokasi tertentu. Beberapa studi lain juga mencatat laju yang bervariasi: 8.1-8.3 cm. (Abidin et al., 2013), 6.67-8 cm. (Yastika et al., 2019), 10 cm. (Andreas et al., 2018), dan 6.65-9.81 cm. (Fakhri et al., 2017), serta 8.1-12 cm. (Ismanto et al., 2012). Studi lain menyebutkan laju penurunan tanah di Pelabuhan Tanjung Emas mencapai 14,2 cm/tahun. Di beberapa area, penurunan tanah terjadi dengan laju yang lambat, namun meningkat seiring waktu. Rata-rata global untuk penurunan tanah di Semarang diperkirakan sekitar 9.03 cm per tahun.

2.4 Kenaikan Muka Air Laut

Kota Semarang, sebagai salah satu kota metropolitan, memiliki wilayah pesisir di bagian utara dengan garis pantai sepanjang 13 km. Perairan Kota Semarang merupakan perairan terbuka yang berhubungan langsung dengan Laut Jawa². Kondisi ini menyebabkan perairan Semarang sangat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti angin, musim, cuaca, dan pasang surut yang berasal dari laut terbuka. Oleh karena itu, wilayah ini dipastikan akan selalu terkena dampak dari kenaikan muka air laut. Kenaikan muka air laut sendiri merupakan salah satu ancaman terbesar yang diakibatkan oleh pemanasan global.

Wilayah pesisir secara umum sangat rentan dalam menghadapi fenomena kenaikan permukaan air laut, terutama dataran rendah di wilayah pesisir. Tingkat kerentanan wilayah pesisir terhadap tekanan lingkungan cukup tinggi, baik yang bersumber dari darat maupun dari laut. Fenomena kenaikan elevasi muka air laut dianggap sebagai salah satu ancaman tertinggi dan dapat dirasakan secara langsung secara perlahan-lahan sebagai dampak dari perubahan iklim.

Penelitian yang dilakukan oleh Wirakusumah dan Lubis (2002) menunjukkan bahwa sejak tahun 1950 - 2003, diduga terjadi total kenaikan elevasi muka laut sebesar 39 cm/tahun di wilayah Semarang sebagai akibat dari fenomena pemanasan global. Dari data ini, diperoleh tren atau laju kenaikan muka laut di Semarang mencapai 7,36 mm/tahun. Hal ini sejalan dengan studi Tim Penelitian ITB (1990) dalam Abdurachim (2002) yang memaparkan laju kenaikan muka air laut di Semarang mencapai 9,27 mm/tahun.

Kenaikan muka air laut memiliki beberapa dampak buruk, di antaranya adalah erosi atau mundurnya garis pantai, dan inundasi dataran rendah. Hal ini dapat memicu mundurnya garis pantai yang berdampak pada berkurangnya lahan pemukiman, mengancam area yang memiliki topografi rendah, membanjiri lahan produktif seperti sawah dan industri, serta dapat berkontribusi mencemari persediaan air tawar.

Analisis data dari tahun 2011-2019 menunjukkan adanya pola hubungan antara perubahan iklim dengan kenaikan muka laut di perairan Semarang. Suhu udara rata-rata bulanan di pelabuhan Tanjung Mas Semarang berkisar dari 26°C sampai

30°C¹⁵. Tren kenaikan suhu udara yang terjadi sebesar 0.003°C setiap tahunnya berbanding lurus dengan muka air laut yang naik sebesar 0,022 cm/tahun pada periode yang sama. Kenaikan suhu udara ini menyebabkan pemuaian air laut, yang berdampak pada penambahan volume massa air laut dan memicu kenaikan elevasi muka air laut.

Rata-rata kenaikan muka air laut di Perairan Semarang selama periode 2011-2019 adalah 6,51 cm/tahun. Kenaikan elevasi muka air laut terbesar terjadi pada tahun 2014-2015 yaitu sebesar 12,68 cm, dan terkecil pada tahun 2017-2018 sebesar 2,65 cm. Nilai laju atau tren kenaikan muka laut yang diperoleh ini merupakan nilai murni yang didapatkan hanya bersumber dari nilai rata-rata muka air laut (MSL) tahunan, tanpa mempertimbangkan faktor lain seperti penurunan muka tanah. Namun, perlu dicatat bahwa dengan adanya penurunan muka tanah di wilayah pantai Kota Semarang, dampak yang diakibatkan oleh kenaikan muka laut akan semakin parah.

2.5 Terminal Petikemas

Menurut Peraturan Menteri (PM) 57 Tahun 2020 tentang Penyelenggaraan Pelabuhan Laut, terminal adalah fasilitas pelabuhan yang mencakup kolam sandar, tempat kapal bersandar, serta area bongkar muat barang. Terminal petikemas khusus menangani bongkar muat petikemas dengan peralatan yang sesuai (Boyke S.P, 2019).

Penanganan petikemas dilakukan di dermaga dan darat, di mana derek dermaga memuat dan membongkar petikemas, sementara terminal memindahkan petikemas antar moda transportasi, seperti truk dan kereta api, untuk diteruskan ke area lainnya di belakang pelabuhan (Mohseni, 2011).

Di pelabuhan barang, muatan yang diangkut oleh kapal niaga dibagi menjadi tiga kategori utama: barang umum (general cargo), barang curah (bulk cargo), dan peti kemas (container). Terminal berfungsi sebagai titik pemindahan muatan antar moda transportasi, baik dari darat ke laut maupun sebaliknya, dengan desain dan fasilitas yang disesuaikan dengan jenis muatan.

Terminal untuk barang umum dilengkapi dengan perlengkapan bongkar muat yang dapat menangani berbagai jenis barang. Terminal untuk barang curah dirancang

dengan peralatan khusus untuk muatan curah, sedangkan terminal petikemas menangani peti kemas dengan fasilitas yang sesuai.

Peti kemas, yang digunakan untuk berbagai jenis muatan, dibedakan menjadi beberapa jenis, seperti dry cargo container untuk barang yang tidak memerlukan perlakuan khusus, reefer container untuk barang yang memerlukan suhu dingin atau beku, dan bulk container untuk muatan curah seperti biji-bijian dan bijih.

Pengiriman barang menggunakan peti kemas dibagi menjadi dua jenis: Full Container Load (FCL), di mana satu peti kemas diisi sepenuhnya oleh satu pengirim, dan Less than Container Load (LCL), di mana satu peti kemas memuat barang dari lebih dari satu pengirim.

2.5.1 Fasilitas Terminal Petikemas

Fasilitas pada Terminal Peti Kemas Pelabuhan saat ini telah memiliki terminal khusus peti kemas. Hal ini dikarenakan oleh kebutuhan fasilitas yang berbeda.

Berikut adalah fasilitas utama yang ada di terminal peti kemas:

1. Dermaga

Dermaga pada terminal peti kemas umumnya berbentuk wharf, yang memiliki struktur yang terhubung langsung dengan daratan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain:

- a) Dermaga di terminal peti kemas harus mampu menahan beban berat, baik dari alat bongkar muat maupun peti kemas itu sendiri. Pemilihan tipe wharf didasarkan pada karakteristik tanah di sekitar pantai, yang memiliki daya dukung lebih kuat dibandingkan dengan tanah laut.
- b) Terminal peti kemas memerlukan ruang yang luas untuk menampung banyak peti kemas. Dermaga berbentuk wharf menawarkan area yang lebih luas di belakangnya dibandingkan dengan tipe dermaga lainnya. Namun, dalam kondisi tertentu, dermaga tipe lain, seperti jetty yang menjorok ke laut, juga bisa digunakan. Tipe jetty ini sering digunakan untuk memperoleh

kedalaman yang cukup agar kapal dapat berlabuh dengan aman atau untuk mendukung manuver kapal.

2. Apron

Apron di terminal peti kemas memiliki lebar yang lebih besar dibandingkan dengan dermaga terminal lainnya. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan untuk memfasilitasi pergerakan alat bongkar muat serta jalan bagi truk. Lebar apron biasanya berkisar antara 20 hingga 50 meter.

3. Lapangan Penumpukan

Lapangan penumpukan berfungsi untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menumpuk peti kemas, baik yang berisi maupun kosong, serta untuk muatan ekspor dan impor. Lapangan ini terletak di daratan yang datar dan harus diperkeras agar mampu menahan beban peti kemas yang ditumpuk. Beban peti kemas bertumpu pada sudut-sudut dasar peti kemas, sehingga pada bagian ini diperlukan penguatan lebih. Lapangan penumpukan juga harus memiliki gang-gang, baik yang memanjang maupun melintang, untuk mendukung kelancaran operasional pelabuhan.

4. Container Freight Station (CFS)

Container Freight Station (CFS) adalah gudang yang digunakan untuk menampung barang dari beberapa pengirim dalam satu peti kemas. Di terminal tujuan, peti kemas yang berisi muatan Less than Container Load (LCL) akan dipindahkan ke CFS, di mana muatan tersebut akan dikeluarkan dan disalurkan ke gudang yang dikelola oleh perusahaan pelayaran.

5. Fasilitas Lain

Fasilitas lain Dalam sebuah terminal peti kemas juga diperlukan beberapa fasilitas pendukung seperti jalan masuk, bangunan untuk kantor, tempat parkir, tempat penumpukan peti kemas berpendingin, suplai bahan bakar, suplai air tawar,

penerangan untuk malam hari, dan masih banyak fasilitas pendukung lainnya yang harus di sediakan oleh terminal peti kemas.

2.5.2 Penanganan Peti kemas

Penanganan bongkar muat peti kemas di terminal peti kemas melibatkan dua metode utama, yaitu lift on/lift off (lo/lo) dan roll on/roll off (ro/ro), yang menggambarkan cara kapal melakukan pemuatan dan pembongkaran barang. Dalam metode lo/lo, proses bongkar muat dilakukan dengan cara mengangkat peti kemas secara vertikal menggunakan crane, baik yang dipasang pada kapal itu sendiri maupun crane yang terpasang di dermaga pelabuhan. Sementara itu, pada metode ro/ro, kegiatan bongkar muat dilakukan secara horizontal dengan menggunakan truk atau trailer untuk memindahkan peti kemas dari kapal ke darat, atau sebaliknya.

Di pelabuhan-pelabuhan Indonesia, mayoritas kegiatan bongkar muat peti kemas dilakukan dengan metode lo/lo, menggunakan quay gantry crane yang dipasang di dermaga pelabuhan. Crane ini merupakan alat berat yang terpasang pada rel yang memanjang sepanjang dermaga, yang memungkinkan pengangkatan peti kemas dengan kapasitas besar. Penggunaan crane jenis ini semakin populer karena efektif dalam mempercepat proses bongkar muat dan meningkatkan efisiensi operasional pelabuhan.

Selain itu, di lapangan penumpukan peti kemas, terdapat berbagai sistem yang digunakan untuk mengangkat dan menumpuk peti kemas, di antaranya:

1. Forklift truck, reach stacker, dan side loader yang dirancang untuk mengangkat dan menumpuk peti kemas dengan ketinggian mencapai enam tingkat. Peralatan ini umumnya digunakan untuk pemindahan peti kemas dalam area terbatas dengan efisiensi ruang yang tinggi.
2. Straddle carrier yang memiliki kemampuan untuk menumpuk peti kemas setinggi dua hingga tiga tingkat. Alat ini sering digunakan di area yang memiliki ruang yang lebih terbuka dan dapat memindahkan peti kemas dengan kapasitas besar.

3. Rubber Tyre Gantry (RTG), yang merupakan jenis crane berbentuk portal dengan roda karet atau rel, dapat digunakan untuk menumpuk peti kemas hingga lima atau enam tingkat. RTG memberikan fleksibilitas lebih dalam hal mobilitas dan efisiensi ruang, memungkinkan penumpukan peti kemas dalam area yang lebih luas.

Keberagaman metode dan peralatan ini memungkinkan terminal peti kemas untuk menangani volume besar peti kemas secara efisien, baik dalam proses bongkar muat maupun penyimpanan di lapangan penumpukan. Dengan pemilihan peralatan yang tepat sesuai dengan kebutuhan, efisiensi operasional di pelabuhan dapat meningkat secara signifikan.

2.5.3 Sistem Penanganan Petikemas di lapangan penumpukan

Pemindahan peti kemas antara kapal dan lapangan penumpukan dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis peralatan yang disesuaikan dengan jenis muatan dan kebutuhan operasional terminal. Setiap peralatan yang digunakan memerlukan tata letak lapangan penumpukan yang berbeda, mengingat setiap alat memiliki spesifikasi dan kapasitas ruang yang bervariasi.

Berdasarkan peralatan yang digunakan, penanganan peti kemas di lapangan penumpukan dapat dibagi menjadi empat tipe sistem yang saling berbeda namun saling melengkapi:

1. Sistem Chasis

Sistem ini menggunakan chasis untuk mengangkat peti kemas, yang kemudian ditempatkan di lapangan penumpukan. Peti kemas bersama chasis akan diletakkan di lapangan tanpa harus ditumpuk. Sistem ini sangat fleksibel karena memungkinkan peti kemas diambil kapan saja, dan menghindari risiko kerusakan akibat aktivitas pengangkatan dan penurunan. Sistem ini cocok untuk pengiriman door-to-door, di mana peti kemas tidak perlu dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain dalam jumlah besar. Namun, kelemahan utama dari sistem ini adalah kebutuhan ruang lapangan penumpukan yang sangat besar karena tidak ada penumpukan

vertikal. Hal ini membuatnya tidak efisien untuk pelabuhan dengan ruang terbatas.

2. Sistem Forklift

Pada sistem ini, peti kemas dimuat ke head truck dan dipindahkan menggunakan alat seperti forklift, reach stacker, dan side loader. Alat-alat ini memungkinkan penumpukan peti kemas hingga tiga tingkat, sedangkan peti kemas kosong bisa ditumpuk hingga empat tingkat. Untuk mendukung sistem ini, diperlukan ruang yang cukup luas di lapangan penumpukan, dengan gang-gang yang memadai untuk pergerakan alat berat. Misalnya, untuk peti kemas ukuran 40 kaki, gang harus selebar 18 meter, sementara untuk peti kemas ukuran 20 kaki membutuhkan lebar gang minimal 12 meter. Sistem ini umumnya digunakan di pelabuhan kecil karena efisiensinya dalam hal biaya operasional, dan biasanya satu quay crane akan dilayani oleh 3 hingga 5 truk serta 2 reach stacker.



Gambar 2.1 Forklift

Sumber : Google.com



Gambar 2.2 Reach Staker

Sumber : Google.com

3. Sistem Straddle Carrier

Sistem ini melibatkan straddle carrier, yang digunakan untuk mengangkat peti kemas dari apron dan menempatkannya langsung di lapangan penumpukan. Kelebihan dari sistem ini adalah kemampuannya untuk menumpuk peti kemas hingga tiga tingkat secara vertikal, yang mengurangi kebutuhan ruang lapangan penumpukan. Dengan penggunaan straddle carrier, proses penataan peti kemas menjadi lebih efisien, terutama untuk terminal dengan kapasitas terbatas. Biasanya, satu quay crane akan dilayani oleh 3 hingga 5 straddle carrier.

2.6 Analisis Risiko

Analisis risiko merupakan suatu pendekatan sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengevaluasi potensi ancaman terhadap suatu sistem, infrastruktur, atau operasi. Dalam konteks pelabuhan dan terminal petikemas, analisis risiko menjadi elemen penting untuk memastikan keberlanjutan operasional dan keamanan logistik, khususnya terhadap ancaman yang bersifat lingkungan seperti rob, genangan air, dan penurunan muka tanah.

2.6.1 Manajemen Risiko

Manajemen risiko adalah proses sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisis, mengevaluasi, dan mengendalikan risiko yang berpotensi mengganggu pencapaian tujuan suatu organisasi, proyek, atau aktivitas. Risiko dalam konteks ini mencakup berbagai kemungkinan peristiwa atau kondisi yang dapat berdampak negatif terhadap sumber daya perusahaan, operasional, atau hasil yang diharapkan.

Tujuan utama manajemen risiko adalah meminimalkan dampak negatif dari ketidakpastian dan memastikan bahwa perusahaan tetap berada pada jalur yang optimal untuk mencapai tujuannya. Manajemen risiko dilakukan di berbagai bidang, tak terkecuali maritim yang erat berkaitan dengan risiko keselamatan. Fungsi manajemen risiko adalah untuk melindungi organisasi dari kerugian, meningkatkan kesiapan dalam menghadapi ketidakpastian, dan menciptakan lingkungan kerja yang aman dan efisien. Cara melakukan manajemen risiko melibatkan beberapa langkah penting. Pertama, identifikasi risiko, yaitu mengidentifikasi semua potensi ancaman yang dapat memengaruhi tujuan organisasi. Kedua, analisis risiko, yang melibatkan penilaian probabilitas terjadinya risiko dan dampaknya terhadap organisasi. Ketiga, evaluasi dan prioritas risiko, di mana risiko dikelompokkan berdasarkan tingkat keparahannya untuk menentukan langkah pengendalian yang paling mendesak. Keempat, penanganan risiko, yaitu mengembangkan dan menerapkan strategi mitigasi risiko. Terakhir, proses ini diakhiri dengan pemantauan dan peninjauan risiko secara berkala untuk memastikan bahwa langkah-langkah yang diambil tetap relevan dan efektif seiring perubahan situasi.

2.6.2 Evaluasi Risiko / Risk Assessment

Evaluasi risiko adalah tahap penting dalam manajemen risiko yang bertujuan untuk menilai dan menentukan tingkat keparahan setiap risiko yang telah diidentifikasi. Proses ini melibatkan analisis mendalam terhadap dua komponen utama: probabilitas (kemungkinan risiko terjadi) dan konsekuensi (dampak yang ditimbulkan jika risiko terjadi). Kedua komponen ini saling berhubungan dan menjadi dasar untuk mengukur tingkat risiko. Salah satu alat yang sering digunakan dalam evaluasi risiko adalah matriks risiko, yaitu diagram dua dimensi yang memetakan probabilitas terhadap konsekuensi, biasanya dalam skala rendah, sedang, hingga tinggi. Matriks ini membantu visualisasi risiko dan mempermudah prioritasasi, sehingga organisasi dapat memfokuskan sumber daya pada risiko yang paling kritis.

Cara melakukan evaluasi risiko dimulai dengan menilai probabilitas setiap risiko. Probabilitas dapat diestimasi berdasarkan data historis, tren industri, atau analisis pakar. Selanjutnya, konsekuensi risiko dinilai, yang mencakup aspek keuangan, operasional, dan keselamatan. Setelah kedua komponen ini dianalisis, risiko dipetakan dalam matriks risiko untuk menentukan tingkat prioritasnya. Risiko dengan probabilitas tinggi dan dampak besar

biasanya masuk dalam kategori risiko kritis yang memerlukan tindakan segera, seperti mitigasi atau penghindaran. Sebaliknya, risiko dengan probabilitas rendah dan dampak kecil mungkin dapat diterima tanpa tindakan tambahan, hanya memerlukan pemantauan berkala. Fungsi evaluasi risiko dalam manajemen risiko adalah untuk membantu organisasi memahami urgensi dan relevansi setiap risiko, sehingga dapat membuat keputusan yang tepat dalam pengelolaannya. Evaluasi risiko juga menciptakan dasar yang obyektif untuk komunikasi antara pemangku kepentingan, memungkinkan mereka memahami alasan di balik keputusan tertentu. Lebih jauh lagi, evaluasi ini menjadi dasar untuk merancang strategi mitigasi yang efektif dan memastikan bahwa tindakan yang diambil sesuai dengan tingkat ancaman yang dihadapi.

2.7 Analisis Biaya-Manfaat

Dalam mengukur kelayakan finansial suatu investasi, diperlukan sebuah perhitungan dan parameter tertentu untuk mengetahui seberapa layak suatu proyek untuk diinvestasikan. Secara umum, terdapat 2 parameter yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kelayakan sebuah investasi yaitu:

2.7.2 *Benefit-Cost Ratio (BCR)*

BCR merupakan metode yang digunakan untuk mengevaluasi kelayakan investasi suatu proyek dengan membandingkan nilai sekarang (*present value*) dari pendapatan selama durasi proyek berjalan dan nilai sekarang dari akumulasi biaya selama durasi proyek (Sururi, 2020). Nilai BCR dapat diketahui melalui persamaan berikut:

$$PVB = B_0 + \frac{B_1}{1+r} + \frac{B_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_T}{(1+r)^T} \quad \text{II-5}$$

$$PVC = C_0 + \frac{C_1}{1+r} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{C_T}{(1+r)^T} \quad \text{II-6}$$

$$BCR = \frac{PVB}{PVC} \quad \text{II-7}$$

Dimana:

PVB	= PV Benefit = Nilai sekarang dari total pendapatan yang dihasilkan (Rp)
PVC	= PV Cost = Nilai sekarang dari total biaya yang dibutuhkan (Rp)
BT	= Nilai manfaat pada periode T (Rp)
CT	= Nilai biaya pada periode T (Rp)
T	= periode investasi (tahun)
r	= Suku bunga atau discount rate (dalam %)
BCR	= Nilai rasio manfaat dan biaya

Jika nilai $BCR \geq 1$, maka keuntungan dari proyek tersebut telah lebih besar daripada modal yang dikeluarkan, sehingga proyek tersebut dapat diterima atau layak. Sebaliknya jika nilai $BCR < 1$, maka keuntungan dari proyek tersebut lebih kecil daripada biaya yang dikeluarkan atau tidak layak (*not feasible*).

2.7.2 Payback Period

Salah satu indikator penting dalam mengukur kelayakan sebuah investasi adalah berapa lama investasi tersebut dapat menghasilkan keuntungan bagi para investor. Indikator ini dirumuskan dalam *payback period*. Secara definisi, *payback period (PP)* merupakan jangka waktu pengembalian biaya investasi, dimana semakin pendek jangka waktu maka semakin layak proyek/kegiatan tersebut untuk diinvestasikan (Purnantiyo, 2020). Secara matematis, PP dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$PP = \frac{P_0}{C} * 1 \text{ tahun} \quad \text{II-8}$$

Dimana:

PP = payback period

P_0 = nilai investasi awal (Rp)

C = arus kas selama periode tertentu (Rp)

2.8 Hasil Penelitian terdahulu

Berikut merupakan penelitian terdahulu yang menjadi referensi bagi penulis untuk membuat tugas akhir ini

Tabel 1.1 Penelitian Terdahulu

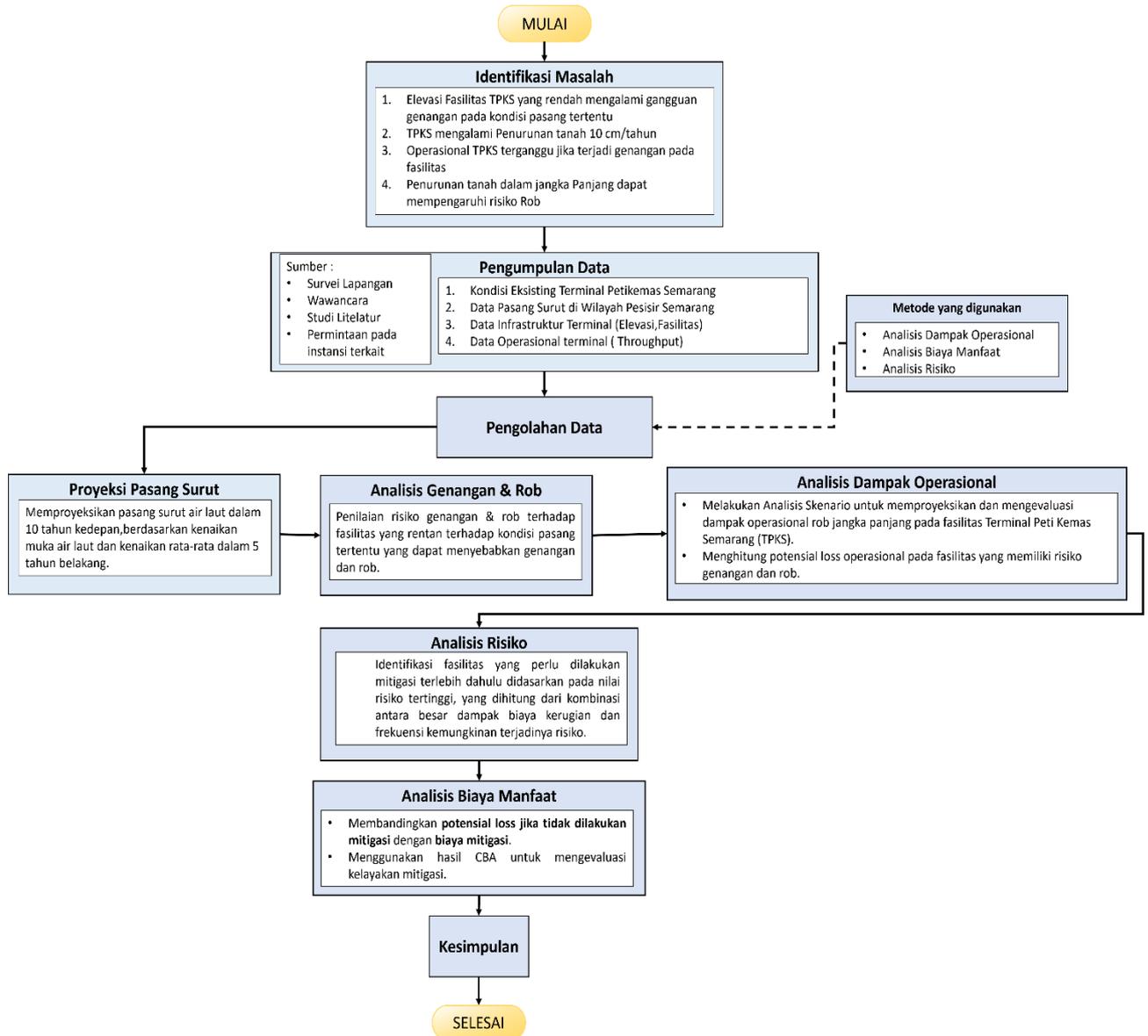
Topik Penelitian	Penulis	Tahun	Output
Karakteristik Pasang Surut Untuk Kesiapsiagaan Bencana Di Area Pelabuhan (Studi Kasus: Pelabuhan Semarang, Jawa Tengah)	Nurkhalis Rahili, Buddin Al Hakim, Danang Ariyanto, Eny Cholishoh, Aprijanto, Destianingrum Ratna Prabawardani, Tjahjono Priyambodo, Gugum Gumbira2	2023	Pesisir semarang mengalami kenaikan muka laut rata-rata 10 cm per tahun , yang disebabkan oleh kombinasi penurunan tanah (land subsidence) akibat ekstraksi air tanah berlebihan dan kenaikan muka laut global.
Dampak Jebolnya Tanggul Terhadap Kegiatan Di Terminal Peti Kemas Semarang (Studi Kasus: Pt. Lamicitra Nusantara)	Robi Maulana Hafizuddin	2022	Ditemukan bahwa kerusakan tanggul memperlambat aktivitas operasional terminal secara signifikan.
Analisis Pengembangan Infrastruktur Di Terminal Petikemas Semarang	Karina Intan Paramitha	2022	Terminal petikemas semarang diproyeksikan mencapai BOR maksimum pada

			2033, membutuhkan pengembangan infrastruktur signifikan, sementara tarif layanan disesuaikan secara progresif tanpa mempertimbangkan konsep green port karena kendala banjir rob.
--	--	--	---

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Tahapan Penelitian

Pada bagian ini Bagian ini menjelaskan metodologi yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir. Metodologi mencakup langkah-langkah yang dirancang untuk menyelesaikan Tugas Akhir, termasuk kerangka berpikir dalam menangani permasalahan. Tahap awal yang dilakukan adalah identifikasi masalah hingga selesai penyusunan Tugas Akhir tersebut. Berikut penjelasan lebih rinci terkait tahapan penelitian.

3.2.1 Identifikasi Masalah

Langkah awal adalah mengidentifikasi isu utama yang dihadapi TPKS, yaitu:

- Elevasi fasilitas terminal yang rendah menyebabkan genangan pada kondisi pasang tertentu.
- Terdapat fenomena penurunan muka tanah (subsidence) sebesar ± 10 cm/tahun.
- Gangguan operasional terjadi saat fasilitas terkena genangan.
- Dalam jangka panjang, rob dapat memperparah kerusakan fasilitas dan menurunkan performa layanan pelabuhan.

Masalah-masalah ini menjadi dasar perlunya proyeksi risiko dan penentuan mitigasi.

3.2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dari berbagai sumber, termasuk:

- **Survei lapangan** untuk kondisi aktual fasilitas
- **Wawancara** dengan pihak pengelola pelabuhan
- **Studi literatur** dan dokumen sekunder
- **Data permintaan operasional** dari instansi terkait

Adapun jenis data yang dihimpun mencakup:

- Kondisi eksisting terminal (elevasi, fasilitas)
- Data pasang surut di wilayah pesisir Semarang
- Data infrastruktur dan sistem drainase terminal
- Data operasional throughput terminal

3.2.3 Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan diproses melalui beberapa tahapan analitis:

a. Proyeksi Pasang Surut

Dilakukan proyeksi kenaikan muka air laut untuk 10 tahun ke depan menggunakan rata-rata tren kenaikan selama 5 tahun terakhir. Hasil proyeksi digunakan sebagai dasar analisis rob dan genangan masa depan.

b. Analisis Genangan & Rob

Menentukan titik-titik fasilitas yang berpotensi terdampak berdasarkan proyeksi muka air laut dan elevasi terminal. Penilaian mencakup:

- Tingkat kerentanan fasilitas terhadap genangan
- Identifikasi kombinasi antara tinggi pasang dan elevasi area

3.2.4 Analisis Dampak Operasional

Langkah ini melibatkan:

- Pemodelan skenario rob jangka panjang
- Estimasi dampak operasional akibat terganggunya layanan terminal
- Perhitungan potensi kerugian finansial (operational loss) dari setiap skenario

3.2.5 Analisis Risiko

Menggabungkan hasil dampak dan frekuensi kejadian untuk menghitung nilai risiko setiap fasilitas. Risiko ditentukan menggunakan dua parameter:

- **Skor Likelihood:** kemungkinan kejadian berdasarkan jam genangan
- **Skor Impact:** nilai kerugian terhadap total pendapatan/asset

Nilai risiko digunakan untuk mengurutkan prioritas fasilitas yang perlu dimitigasi terlebih dahulu.

3.2.6 Analisis Biaya Manfaat

Dilakukan analisis kelayakan dari setiap strategi mitigasi dengan menghitung **Benefit-Cost Ratio (BCR)**:

- **Benefit:** nilai kerugian yang dapat dicegah dalam 10 tahun
- **Cost:** biaya implementasi mitigasi (pompa, tanggul, peninggian dermaga)

Strategi mitigasi dengan $BCR > 1$ dinyatakan layak secara ekonomis.

3.2. Kesimpulan

Hasil akhir dari seluruh tahapan digunakan untuk menyusun kesimpulan mengenai:

- Risiko paling signifikan terhadap operasional TPKS
- Fasilitas prioritas mitigasi
- Strategi mitigasi yang paling layak dari segi teknis dan ekonomis

BAB IV

Hasil Dan Pembahasan

4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Terminal Petikemas Semarang, yang dikelola oleh PT Pelabuhan Indonesia (Persero) Regional 3 Cabang Tanjung Emas. Terminal ini merupakan salah satu bagian penting dari Pelabuhan Tanjung Emas, yang berada di bawah kendali otoritas pelabuhan nasional dan berperan krusial dalam mendukung aktivitas logistik di wilayah Jawa Tengah.

Secara geografis, Terminal Petikemas Semarang terletak di Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah, dengan koordinat 6°55'10.6"S dan 110°25'04.3"E. Lokasinya yang strategis di pesisir utara Pulau Jawa menjadikan terminal ini sebagai simpul logistik penting dalam jaringan pelayaran domestik maupun internasional, sekaligus menjadikannya lokasi potensial untuk pengembangan infrastruktur energi alternatif seperti fasilitas bunkering bahan bakar metanol.

Fungsi utama terminal ini adalah melayani bongkar muat peti kemas baik untuk kegiatan ekspor maupun impor. Namun, seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan transisi energi ramah lingkungan di sektor maritim, Terminal Petikemas Semarang juga memiliki potensi strategis untuk diintegrasikan dengan infrastruktur energi bersih. Dengan kedalaman kolam pelabuhan yang mencukupi, fasilitas dermaga yang representatif, serta kedekatannya dengan jalur pelayaran utama, terminal ini dinilai memiliki kesiapan awal untuk dikaji sebagai calon lokasi bunkering bahan bakar metanol untuk kapal niaga modern.

Pemilihan Terminal Petikemas Semarang sebagai lokasi studi juga mempertimbangkan konektivitas darat yang baik ke kawasan industri sekitar Semarang, serta posisi pelabuhan dalam sistem logistik nasional. Hal ini memperkuat asumsi bahwa pengembangan fasilitas bunkering methanol di lokasi ini tidak hanya feasible dari segi teknis, tetapi juga strategis dari perspektif ekonomi dan kebijakan transisi energi.

4.2 Fasilitas Utama Terminal

Terminal Petikemas Semarang merupakan salah satu terminal utama yang menunjang aktivitas logistik dan distribusi barang melalui jalur laut di wilayah Jawa Tengah.

Terminal ini memiliki infrastruktur dan kelengkapan fasilitas yang mendukung kelancaran kegiatan bongkar muat serta penanganan peti kemas baik untuk rute domestik maupun internasional. Berikut Tabel Fasilitas yang ada di Terminal Petikemas Semarang.

Tabel 4.1 Fasilitas di Terminal Petikemas Semarang

Fasilitas		
No	Nama	Detail
1	Wharf	630 x 25 M With -12 mLWS
2	Container Yard	27 Ha
3	CFS	7.500 m ²
4	Longroom	26 Boxes
5	TPFT	6 Boxes
6	International Gates	6 Gates
7	Domestic Gates	2 Gates

Sumber: Terminal Petikemas Semarang

Berdasarkan tabel diatas Beberapa fasilitas utama yang dimiliki oleh terminal ini antara lain:

- Dermaga (Wharf) sepanjang 630 meter dengan lebar 25 meter, serta kedalaman kolam mencapai -12 meter LWS, memungkinkan terminal ini menerima kapal peti kemas berukuran menengah hingga besar.
- Container Yard (CY) seluas 27 hektar, berfungsi sebagai area penumpukan dan distribusi peti kemas, baik yang akan dimuat maupun dibongkar. Luas area ini memberi fleksibilitas tinggi dalam penataan kontainer sesuai pola arus barang dan rencana pengiriman.
- Container Freight Station (CFS) seluas 7.500 m², digunakan sebagai fasilitas stuffing dan stripping untuk kontainer yang membutuhkan pengemasan ulang atau pemeriksaan.

- Longroom sebanyak 26 unit, serta Tempat Pemeriksaan Fisik Terpadu (TPFT) sebanyak 6 unit, mendukung proses pemeriksaan dokumen dan fisik terhadap barang tertentu yang memerlukan pengawasan bea cukai atau instansi terkait.
- Gerbang masuk/keluar terdiri atas 6 gerbang internasional dan 2 gerbang domestik, yang mendukung kelancaran mobilitas truk pengangkut kontainer dan memperkecil waktu antrean di pintu akses terminal

Keberadaan fasilitas terminal yang memadai tentu perlu didukung oleh peralatan operasional yang sesuai standar dan berkapasitas tinggi, agar proses bongkar muat dan pergerakan peti kemas dapat berjalan dengan optimal. Untuk itu, uraian berikut akan menjelaskan berbagai jenis peralatan yang dimiliki Terminal Petikemas Semarang, beserta fungsinya dalam menunjang kelancaran kegiatan kepelabuhanan.

Tabel 4.2 Peralatan di Terminal Petikemas Semarang

Peralatan		
No	Detail	Total
1	Container Crane Maximum Out Reach 31 Meter / 11 Row with SWL 35 Ton	6 Units
2	ARTG	20 Units
3	RTG	7 Units
4	Reach Stacker (RS)	5 Units
5	Head Truck + Chasis	46 Units
6	Reefer Plug	96 Units
7	Forklift	10 Units
8	Side Loader	2 Unit
9	Shore Connection (by pelindo group)	2 Units

Sumber: Terminal Petikemas Semarang

Berdasarkan tabel diatas Dari sisi peralatan, Terminal Petikemas Semarang dilengkapi dengan beragam alat berat dan pendukung kegiatan operasional, antara lain:

- 6 unit Container Crane dengan kemampuan jangkauan maksimum 31 meter dan kapasitas angkat SWL 35 ton, digunakan untuk aktivitas bongkar muat langsung dari dan ke kapal.
- 20 unit ARTG (Automated Rubber Tyred Gantry) dan 7 unit RTG (Rubber Tyred Gantry) yang mempercepat proses pemindahan kontainer di lapangan penumpukan secara efisien dan terintegrasi dengan sistem terminal.
- 5 unit Reach Stacker (RS), 46 unit Head Truck + Chassis, serta 10 unit Forklift, mendukung fleksibilitas dalam pergerakan kontainer antar area terminal atau ke hinterland.
- 96 titik Reefer Plug tersedia untuk mendukung penanganan kontainer berpendingin (reefer container), yang penting bagi pengiriman barang-barang yang memerlukan suhu tertentu seperti makanan, farmasi, dan bahan kimia.
- 2 unit Side Loader dan 2 unit Shore Connection (oleh Pelindo Group) menambah kelengkapan infrastruktur pendukung, termasuk dalam pelayanan kapal yang bersandar.

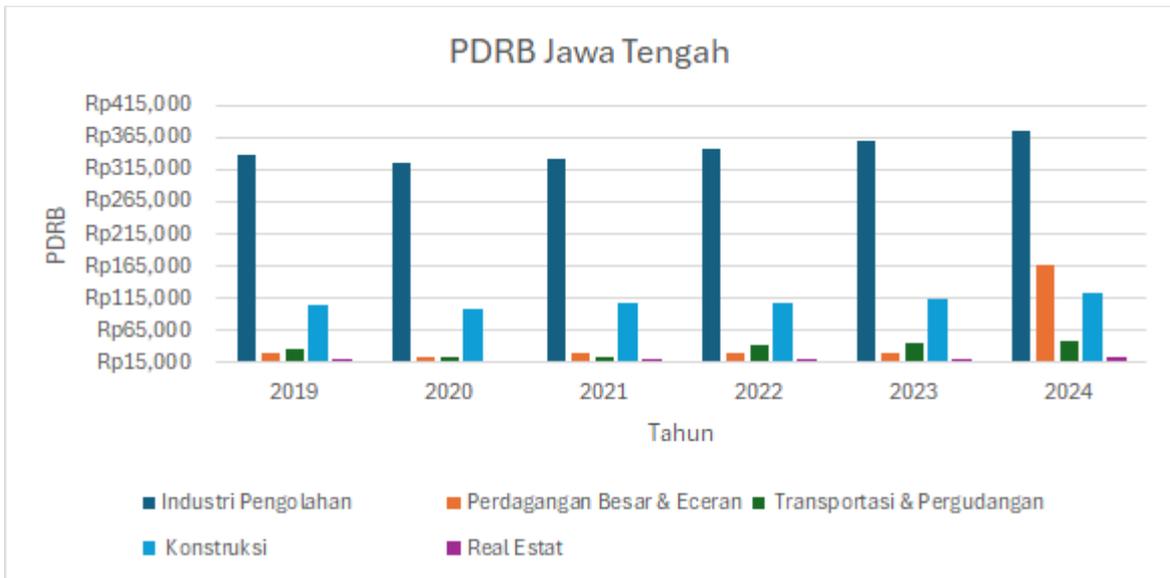
Dengan kelengkapan fasilitas dan peralatan tersebut, Terminal Petikemas Semarang menunjukkan kapasitas dan kesiapan yang baik dalam mendukung arus logistik maritim, serta mampu bersaing dengan terminal sejenis di wilayah lainnya. Infrastruktur yang tersedia juga memungkinkan dilakukannya pengembangan kapasitas di masa depan, baik melalui peningkatan teknologi maupun perluasan layanan terminal.

4.2 Produk Domestik Regional Bruto

Dalam menganalisis aktivitas logistik dan potensi pengembangan Terminal Petikemas Semarang, penting untuk melihat bagaimana kondisi ekonomi wilayah hinterland, khususnya Provinsi Jawa Tengah, berkembang dari waktu ke waktu. Salah satu indikator utama yang mencerminkan aktivitas ekonomi daerah adalah Produk Domestik Regional Bruto (PDRB).

PDRB tidak hanya mencerminkan total nilai tambah bruto dari seluruh aktivitas ekonomi di wilayah tersebut, tetapi juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi sektor-

sektor kunci yang mendorong kebutuhan logistik. Dengan memahami sektor mana yang paling aktif secara ekonomi, kita dapat menilai sejauh mana sektor-sektor tersebut berkontribusi terhadap pergerakan barang melalui pelabuhan.



Gambar 4.1 PDRB Jawa Tengah

**PDRB dalam miliar rupiah*

Sumber: Badan Pusat Statistika

Gambar 4.1 menunjukkan perkembangan PDRB Provinsi Jawa Tengah berdasarkan lima sektor ekonomi yang dipilih secara selektif karena memiliki keterkaitan langsung dengan aktivitas petikemas dan operasional pelabuhan, yakni: Industri Pengolahan, Perdagangan Besar & Eceran, Transportasi & Pergudangan, Konstruksi, dan Real Estat, selama periode 2019 hingga 2024.

Dari grafik terlihat bahwa Industri Pengolahan merupakan kontributor terbesar dan paling konsisten terhadap PDRB, dengan tren kenaikan dari sekitar Rp 338 triliun pada tahun 2019 menjadi Rp 373,8 triliun pada tahun 2024. Sektor ini mendominasi karena sebagian besar hasil produksinya—baik bahan baku maupun barang jadi—memerlukan distribusi skala besar, yang umumnya dilakukan melalui kontainer.

Sektor Perdagangan Besar dan Eceran menunjukkan lonjakan signifikan pada tahun 2024, dari kisaran sebelumnya di angka Rp 28–30 triliun menjadi Rp 167,9

triliun. Kenaikan ini mencerminkan tingginya arus distribusi barang dagangan, yang berbanding lurus dengan kebutuhan fasilitas logistik seperti terminal petikemas.

Transportasi dan Pergudangan juga menunjukkan tren pertumbuhan yang stabil, dari Rp 34,8 triliun (2019) ke Rp 48 triliun (2024). Sektor ini merupakan tulang punggung dari sistem logistik modern, dan aktivitasnya sangat berkorelasi dengan frekuensi ship call dan volume throughput pelabuhan.

Sektor Konstruksi dipilih karena distribusi material konstruksi—baik dalam proyek publik maupun swasta—seringkali melibatkan pengangkutan melalui kontainer, terutama untuk proyek-proyek berskala besar di wilayah pesisir dan perkotaan. Nilainya juga meningkat dari Rp 103,3 triliun (2019) ke Rp 124,4 triliun (2024).

Sementara itu, Real Estat berperan sebagai indikator pembangunan kawasan industri, perumahan, dan pergudangan yang dapat memicu peningkatan arus logistik ke dan dari pelabuhan. Walaupun nilai PDRB-nya relatif kecil, yakni Rp 18,7 triliun (2019) menjadi Rp 22,8 triliun (2024), sektor ini tetap dipertahankan dalam analisis karena keterkaitannya yang tidak langsung namun signifikan.

Pemilihan lima sektor ini bersifat strategis dan bukan tanpa alasan. Sektor-sektor lain seperti pertanian, pertambangan, atau administrasi pemerintahan memang menyumbang terhadap total PDRB Jawa Tengah, namun tidak menunjukkan hubungan langsung yang substansial dengan pergerakan barang dalam bentuk kontainer. Dengan demikian, fokus pada lima sektor ini memberikan gambaran yang lebih relevan dan tajam terhadap bagaimana dinamika ekonomi regional memengaruhi aktivitas pelabuhan petikemas.

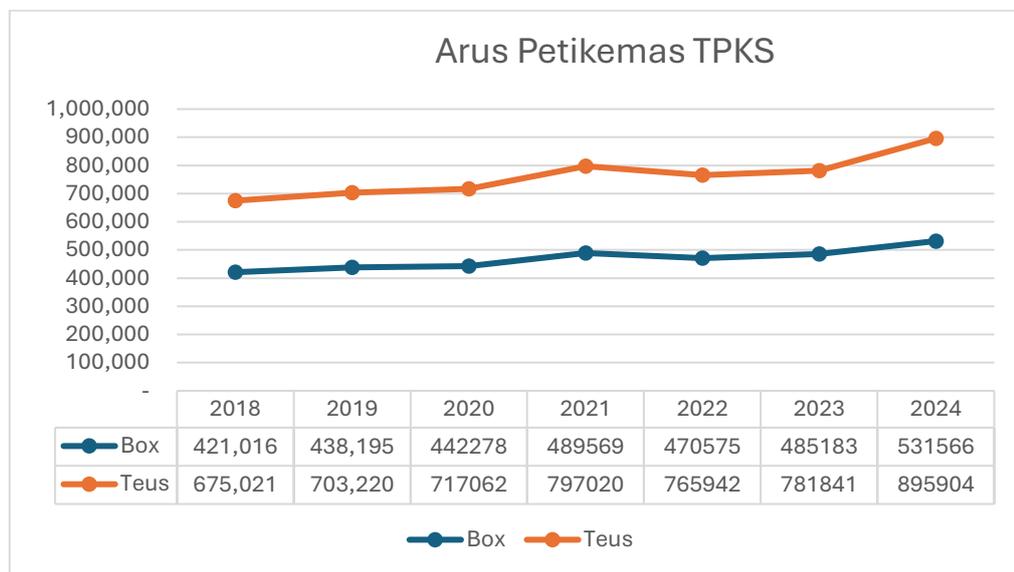
4.3 Data Operasional Terminal

Kinerja dan potensi pengembangan Terminal Petikemas Semarang tidak dapat dilepaskan dari konteks operasional yang berlangsung secara rutin di terminal tersebut. Data operasional memberikan gambaran mengenai sejauh mana pelabuhan ini dimanfaatkan, seberapa besar volume perdagangan yang dilayani, serta bagaimana efisiensi pelayanan terhadap kapal dan kontainer yang datang. Beberapa indikator utama yang digunakan dalam mengukur kinerja operasional terminal ini meliputi nilai ekonomi regional, volume throughput, jumlah ship call, efisiensi waktu sandar, hingga utilisasi peralatan dan lahan.

Salah satu aspek penting dalam memahami kinerja operasional pelabuhan adalah melihat kondisi ekonomi wilayah hinterland-nya. Dalam hal ini, Provinsi Jawa Tengah sebagai wilayah penyangga utama Terminal Petikemas Semarang memiliki peran sentral dalam mendorong arus logistik dan perdagangan melalui terminal. Oleh karena itu, analisis terhadap Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Jawa Tengah menjadi langkah awal untuk menggambarkan potensi dan permintaan logistik yang memengaruhi aktivitas terminal.

4.3.1 Arus Petikemas TPKS

Pertumbuhan ekonomi regional yang tercermin dari nilai PDRB Jawa Tengah tentu berbanding lurus dengan intensitas arus barang yang melalui pelabuhan. Dalam konteks ini, kinerja Terminal Petikemas Semarang dapat dilihat secara lebih konkret melalui data total throughput kontainer yang ditangani setiap tahunnya. Pemaparan berikut menyajikan tren volume peti kemas yang masuk dan keluar dari terminal, baik dalam satuan box maupun TEUs, sebagai indikator langsung dari tingkat aktivitas dan utilisasi pelabuhan. Berikut dibawah ini Grafik Arus Petikemas Terminal Petikemas Semarang:



Gambar 4.2 Grafik Arus Petikemas TPKS

Sumber: Terminal Petikemas Semarang

Berdasarkan data historis yang ditampilkan pada Gambar diatas mengenai Arus Petikemas Terminal Petikemas Semarang (TPKS) dalam periode tahun 2018

hingga 2024, terlihat adanya tren pertumbuhan positif baik dalam satuan box maupun TEUs. Throughput ini mencerminkan volume aktivitas peti kemas yang ditangani oleh terminal setiap tahunnya dan menjadi indikator utama dalam mengukur skala serta efisiensi operasional terminal.

Pada tahun 2018, total arus peti kemas tercatat sebanyak 421.016 box atau setara dengan 675.021 TEUs. Angka ini terus menunjukkan peningkatan, dengan lonjakan signifikan terjadi pada tahun 2021 di mana throughput mencapai 489.569 box dan 797.020 TEUs, mencerminkan pemulihan pasca gangguan ekonomi akibat pandemi COVID-19 di tahun sebelumnya.

Walaupun sempat terjadi sedikit penurunan pada tahun 2022, yakni menjadi 470.575 box dan 765.942 TEUs, performa terminal kembali meningkat pada tahun-tahun berikutnya. Pada tahun 2024, throughput mencapai titik tertinggi dalam periode pengamatan dengan 531.566 box dan 895.904 TEUs. Hal ini menunjukkan peningkatan kapasitas pelayanan terminal, serta adanya pertumbuhan permintaan logistik melalui jalur laut di kawasan Jawa Tengah dan sekitarnya.

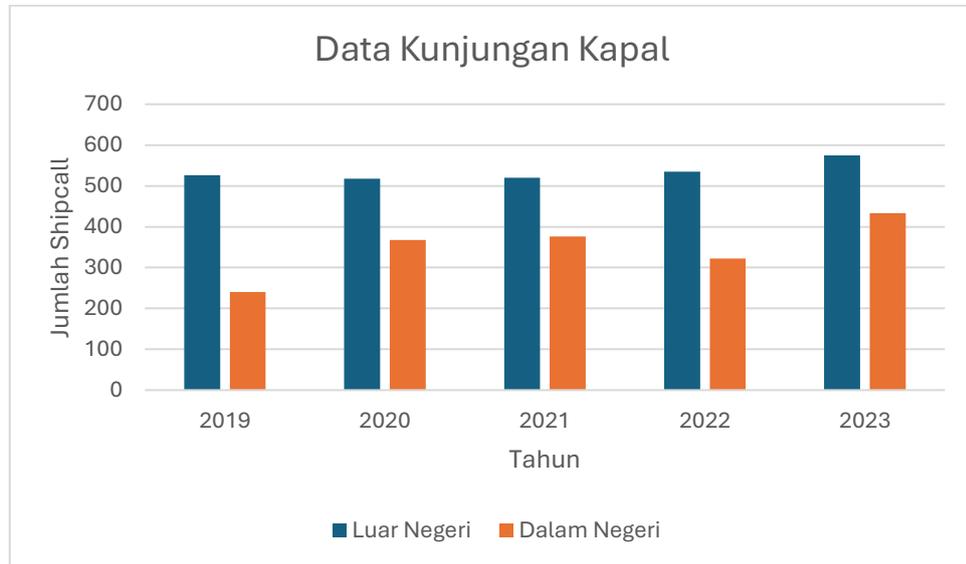
Perbandingan antara jumlah box dan TEUs juga mengindikasikan bahwa sebagian besar kontainer yang dilayani memiliki ukuran 40 feet (FEUs), mengingat nilai TEUs umumnya hampir dua kali lipat dari jumlah box yang ditangani. Rasio ini merupakan indikasi umum dalam terminal peti kemas dengan profil perdagangan menengah ke atas, serta menunjukkan efisiensi penggunaan ruang dan alat dalam pelayanan.

Secara keseluruhan, tren throughput yang stabil dan cenderung meningkat menandakan bahwa Terminal Petikemas Semarang memiliki potensi pertumbuhan yang kuat. Hal ini juga menjadi dasar bagi perencanaan pengembangan kapasitas dan penguatan infrastruktur pendukung di masa mendatang.

4.3.2 Jumlah Ship Call per Bulan/Tahun

Setelah melihat tren volume peti kemas yang ditangani oleh Terminal Petikemas Semarang, aspek penting lain yang perlu dianalisis adalah jumlah kunjungan kapal (ship call) setiap tahunnya. Ship call memberikan gambaran mengenai intensitas lalu lintas laut di pelabuhan dan mencerminkan tingkat konektivitas terminal terhadap rute pelayaran domestik maupun internasional.

Semakin banyak kapal yang bersandar, maka semakin tinggi pula tingkat pemanfaatan fasilitas dermaga serta kompleksitas pengelolaan operasional pelabuhan.



Gambar 4.3 Grafik Shipcall TPKS

Sumber: Terminal Petikemas Semarang

Gambar 4.3 menampilkan data kunjungan kapal ke Terminal Petikemas Semarang berdasarkan asal pelayaran, yakni kapal luar negeri dan kapal dalam negeri, selama periode 2019 hingga 2023. Dari grafik terlihat bahwa: Jumlah kunjungan kapal luar negeri cenderung stabil, berada pada kisaran 510–560 call per tahun. Ini menunjukkan adanya konsistensi dalam aktivitas ekspor-impor yang dilayani oleh terminal.

Kunjungan kapal dalam negeri mengalami fluktuasi yang lebih dinamis. Pada tahun 2019 tercatat sekitar 260 call, lalu meningkat cukup signifikan pada tahun 2020 dan 2021 hingga sekitar 370–380 call, sebelum mengalami sedikit penurunan di 2022 dan kembali naik di 2023 menjadi lebih dari 400 call.

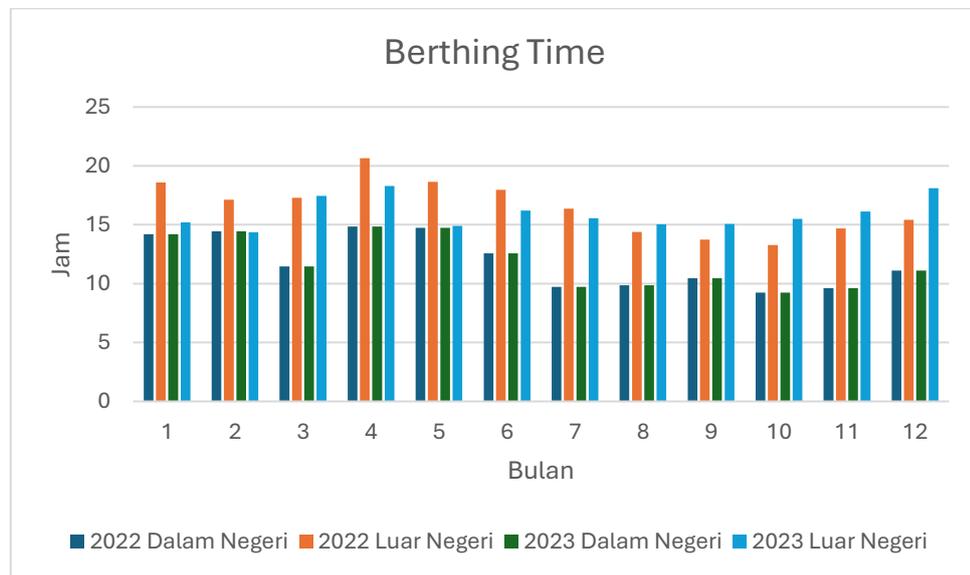
Tren ini mencerminkan peningkatan konektivitas domestik yang mungkin didorong oleh bertambahnya volume perdagangan antarpulau atau optimalisasi rute logistik dalam negeri. Peningkatan kunjungan kapal dalam negeri juga dapat menandakan

pergeseran preferensi pengiriman dari moda darat ke moda laut, terutama untuk muatan massal dan barang kontainerisasi.

Keseimbangan antara kunjungan kapal internasional dan domestik ini mengindikasikan bahwa Terminal Petikemas Semarang memiliki peran ganda: sebagai hub perdagangan global sekaligus simpul distribusi regional. Hal ini penting untuk dipertimbangkan dalam konteks pengembangan pelabuhan, baik dari sisi kapasitas fisik dermaga maupun strategi pelayanan kapal.

4.3.2 Rata-Rata Waktu Sandar Kapal (Berthing Time)

Setelah memahami intensitas kunjungan kapal dari sisi jumlah ship call, langkah selanjutnya adalah meninjau seberapa efisien waktu yang dibutuhkan kapal selama proses bersandar di terminal. Rata-rata waktu sandar (berthing time) menjadi indikator penting dalam mengukur performa pelayanan pelabuhan, karena berkaitan langsung dengan kecepatan bongkar muat, kesiapan peralatan, serta efektivitas manajemen dermaga. Waktu sandar yang optimal dapat meningkatkan turn-around time kapal dan efisiensi logistik secara keseluruhan.



Gambar 4.4 Grafik Berthing Timr TPKS

Sumber: Terminal Petikemas Semarang

Gambar 4.4 menampilkan perbandingan rata-rata waktu sandar kapal (dalam satuan jam) di Terminal Petikemas Semarang selama tahun 2022 dan 2023, dibedakan antara kapal dalam negeri dan kapal luar negeri.

Secara umum, grafik menunjukkan bahwa:

Kapal luar negeri cenderung memiliki waktu sandar yang lebih lama dibanding kapal domestik di hampir semua bulan. Hal ini dapat disebabkan oleh ukuran kapal yang lebih besar, kompleksitas dokumen ekspor-impor, atau jumlah kontainer yang ditangani lebih banyak.

Pada tahun 2022, waktu sandar kapal luar negeri sering berada di rentang 15–20 jam, dengan puncaknya terjadi pada bulan ke-4 (April) yang mencapai lebih dari 20 jam. Sementara kapal dalam negeri berada pada rentang waktu 11–15 jam.

Pada tahun 2023, terlihat adanya sedikit penurunan waktu sandar, terutama untuk kapal dalam negeri. Waktu sandar untuk kapal domestik menjadi lebih stabil dan cenderung berada di kisaran 10–13 jam, menandakan adanya peningkatan efisiensi operasional.

Untuk kapal luar negeri di tahun 2023, waktu sandar juga menunjukkan sedikit fluktuasi, namun tetap lebih tinggi dari domestik, dengan nilai tertinggi pada bulan ke-12 (Desember) mendekati 19 jam.

Perbedaan pola ini mengindikasikan bahwa meskipun terdapat peningkatan efisiensi di sisi kapal domestik pada tahun 2023, namun pelayanan untuk kapal internasional masih perlu ditingkatkan, terutama dalam hal koordinasi bongkar muat dan kesiapan fasilitas pendukung.

Secara keseluruhan, analisis *berthing time* ini penting untuk mengevaluasi kapasitas pelayanan dermaga terhadap beban kapal yang datang, dan menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan peningkatan produktivitas terminal ke depan.

4.3.3 Utilisasi Peralatan dan Area Terminal

Kinerja operasional terminal juga ditentukan oleh **tingkat utilisasi peralatan** seperti container crane, RTG (Rubber Tyred Gantry), reach stacker, serta pemanfaatan lahan seperti yard area. Utilisasi yang terlalu rendah menunjukkan idle capacity yang belum dimanfaatkan secara optimal, sedangkan utilisasi yang terlalu tinggi dapat menandakan overcapacity yang berisiko menurunkan efisiensi. Oleh

karena itu, keseimbangan antara kapasitas terpasang dan beban operasional aktual menjadi perhatian penting dalam evaluasi kinerja pelabuhan.

4.4 Kondisi Eksisting

Meskipun Terminal Petikemas Semarang memiliki infrastruktur dan performa operasional yang cukup solid, terdapat sejumlah permasalahan eksisting yang perlu mendapat perhatian serius, terutama dalam konteks keberlanjutan dan pengembangan pelabuhan ke depan. Permasalahan ini sebagian besar berkaitan dengan faktor lingkungan fisik wilayah pelabuhan yang berada di kawasan pesisir utara Jawa, yang secara alami memiliki kerentanan tinggi terhadap perubahan iklim dan dinamika geologis.

4.4.1 Elevasi Lahan yang Rendah dan Genangan Akibat Rob

Salah satu isu utama yang dihadapi Terminal Petikemas Semarang adalah elevasi lahan pelabuhan yang relatif rendah terhadap muka air laut. Kondisi ini menyebabkan area terminal sangat rentan terhadap banjir rob, terutama pada saat terjadi pasang laut maksimum yang bertepatan dengan hujan intensitas tinggi. Genangan akibat rob ini tidak hanya terjadi di kawasan dermaga, tetapi juga merambah hingga ke area container yard (CY), jalan akses, dan fasilitas pendukung lainnya.

Rob yang bersifat musiman maupun insidental ini menimbulkan gangguan terhadap aktivitas terminal, mulai dari terhambatnya mobilitas truk pengangkut, kerusakan peralatan yang terekspos air, hingga potensi bahaya keselamatan kerja bagi petugas lapangan. Selain itu, genangan air laut yang bersifat asin juga berpotensi mempercepat korosi struktur logam seperti crane dan RTG, jika tidak ditangani dengan sistem drainase dan perlindungan yang memadai.

4.4.2 Penurunan Tanah (Land Subsidence) Tahunan

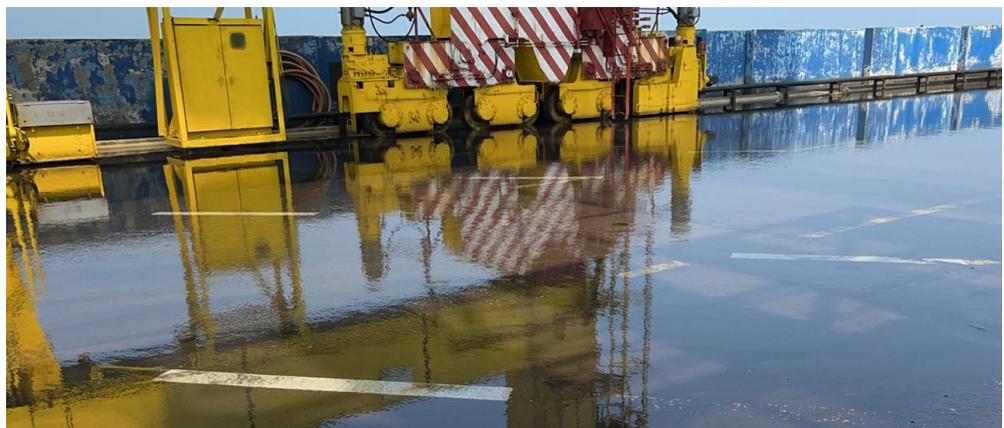
Masalah rob di Semarang tidak berdiri sendiri, melainkan diperparah oleh fenomena penurunan muka tanah (land subsidence) yang terjadi secara bertahap setiap tahun. Berdasarkan studi dan pemantauan berbagai lembaga, kawasan pelabuhan di Semarang mengalami penurunan tanah antara 5 hingga 10 cm per tahun, tergantung pada lokasi dan tingkat eksploitasi air tanah di sekitarnya. Akumulasi penurunan ini menyebabkan elevasi lahan menjadi semakin rendah dari tahun ke tahun, memperbesar durasi dan luas area terdampak saat terjadi rob.

Fenomena ini bersifat kronis dan sulit dikendalikan jika tidak diimbangi dengan tindakan adaptif seperti peninggian elevasi permukaan pelabuhan, pembangunan tanggul laut, atau manajemen air tanah di wilayah sekitar pelabuhan. Dalam konteks perencanaan jangka panjang, land subsidence menjadi salah satu faktor risiko utama yang harus dimasukkan dalam pertimbangan desain teknis infrastruktur pelabuhan.

4.4.4 Gangguan Aktivitas Operasional Akibat Rob

Dampak praktis dari kedua faktor di atas adalah terganggunya aktivitas operasional terminal, baik dari sisi efisiensi waktu, keselamatan kerja, hingga kualitas layanan. Genangan yang terjadi akibat rob seringkali menyebabkan keterlambatan aktivitas bongkar muat, penundaan ship call, serta antrean kendaraan di gerbang pelabuhan karena sebagian akses tergenang. Dalam kasus ekstrem, peralatan operasional seperti reach stacker, truck chassis, dan forklift tidak dapat digunakan secara optimal karena area kerja terendam air.

Selain itu, genangan juga menyebabkan kerusakan infrastruktur secara bertahap seperti lantai gudang, sistem kelistrikan, hingga sensor digital yang digunakan untuk sistem manajemen terminal. Semua ini pada akhirnya berpengaruh terhadap produktivitas terminal dan meningkatkan biaya operasional akibat perawatan lebih sering atau penggantian komponen yang rusak lebih cepat dari umur desainnya.



Gambar 4.5 Gangguan Genangan pada Dermaga TPKS

Gambar di atas menunjukkan kondisi genangan air di area operasional Terminal Petikemas Semarang, di mana permukaan jalan tampak tergenang secara merata hingga menciptakan pantulan visual dari peralatan berat yang berada di lokasi. Genangan ini merupakan manifestasi nyata dari dampak rob yang terjadi secara rutin, mengganggu kelancaran aktivitas terminal. Alat berat seperti *reach stacker* dan kendaraan logistik lainnya tidak dapat beroperasi secara optimal dalam kondisi seperti ini, karena risiko tergelincir, kerusakan mekanis, atau gangguan sistem kelistrikan dan sensor yang terpasang. Situasi ini mempertegas urgensi perlunya mitigasi terhadap risiko rob dan genangan untuk menjaga kesinambungan dan keselamatan operasional pelabuhan.

4.7 Proyeksi Pasang Surut

Dalam upaya pengelolaan risiko genangan dan rob pada infrastruktur pelabuhan khususnya di Terminal Peti Kemas Semarang (TPKS) proyeksi terhadap muka air laut memegang peranan esensial dalam mendukung perencanaan jangka panjang. Studi ini mengadopsi pendekatan matematis berbasis model linier, yang secara luas telah dimanfaatkan dalam berbagai penelitian terkait adaptasi wilayah pesisir dan strategi mitigasi terhadap perubahan iklim.

Pendekatan tersebut memperhitungkan dua faktor utama yang secara bersamaan memengaruhi elevasi muka laut relatif terhadap permukaan daratan, yakni:

1. **Kenaikan muka air laut tahunan (sea level rise)**, yang dipicu oleh pemanasan global melalui ekspansi termal air laut dan pencairan es di wilayah kutub; serta
2. **Penurunan muka tanah (land subsidence)**, yaitu proses turunnya permukaan tanah akibat mekanisme geologis maupun aktivitas manusia, seperti eksploitasi air tanah secara berlebihan.

Apabila kedua faktor tersebut tidak diperhitungkan secara cermat, maka risiko rob dan genangan kronis di kawasan pelabuhan akan meningkat secara signifikan. Oleh karena itu, perhitungan proyeksi muka air laut terhadap datum lokal perlu dilakukan secara sistematis dan berbasis kuantitatif.

Model proyeksi yang digunakan dalam studi ini dirumuskan melalui persamaan sebagai berikut:

$$H(t) = H_0 + r.t + s.t$$

dengan keterangan sebagai berikut:

- $H(t)$: tinggi muka air laut relatif terhadap datum lokal pada tahun ke- t (dalam satuan cm)
- h : tinggi muka laut pada tahun acuan (baseline),
- r : laju tahunan kenaikan muka laut akibat pemanasan global (cm/tahun),
- s : laju tahunan penurunan permukaan tanah (land subsidence) (cm/tahun),
- t : selisih waktu (dalam tahun) sejak tahun dasar.

Pemilihan model linier ini dilandaskan pada asumsi bahwa selama periode waktu menengah yakni sekitar satu dekade baik tren kenaikan muka laut maupun subsidence berlangsung secara konstan, sehingga pendekatan linier dianggap memadai untuk keperluan proyeksi. Pendekatan semacam ini juga sejalan dengan metode yang diadopsi oleh institusi-institusi seperti IPCC, BMKG, serta studi-studi adaptasi pesisir lainnya, terutama dalam situasi ketika data deret waktu jangka panjang tidak tersedia secara memadai.

Parameter rrr dalam model diperoleh melalui analisis data rata-rata dari pengukuran pasang surut (tide gauge) selama lima tahun terakhir di kawasan pesisir Semarang. Sementara itu, nilai sss bersumber dari studi pemantauan penurunan muka tanah yang dilakukan oleh lembaga teknis terkait, yang menunjukkan bahwa Terminal Peti Kemas Semarang (TPKS) mengalami penurunan permukaan tanah hingga mencapai 10 cm per tahun.

Sebagai contoh aplikatif, jika diketahui bahwa $H_0 = 150$ cm, $r = 0,6$ cm/tahun, dan $s = 10$ cm/tahun, maka proyeksi tinggi muka laut relatif setelah 10 tahun adalah :

$$H(10) = 150 + (0,6 \times 10) + (10 \times 10) = 256 \text{ cm}$$

Hasil perhitungan ini menunjukkan adanya potensi peningkatan muka air laut yang signifikan dalam dekade mendatang, apabila tidak terdapat upaya mitigasi terhadap laju subsidence atau peningkatan elevasi fasilitas. Dengan demikian, model ini menjadi acuan penting dalam mengidentifikasi kerentanan infrastruktur pelabuhan terhadap rob serta sebagai masukan krusial dalam perencanaan peningkatan dan adaptasi infrastruktur ke depan.

4.8 Analisis Genangan dan Rob

4.7.1 Analisis Genangan

Dalam rangka memperkirakan potensi tinggi genangan yang dapat terjadi akibat kombinasi antara kenaikan muka laut (sea level rise) dan penurunan muka tanah (land subsidence) dalam jangka waktu mendatang, penelitian ini mengadopsi sebuah model regresi linier sederhana yang dikembangkan berdasarkan adaptasi metodologis dari studi terdahulu [nama jurnal]. Model ini dirancang untuk menangkap interaksi antara elevasi air pasang terhadap tinggi dermaga, serta mempertimbangkan respons struktural fasilitas dermaga terhadap tekanan hidrolik yang berasal dari intrusi air laut.

Model matematis yang digunakan untuk memproyeksikan tinggi genangan (G) diformulasikan sebagai berikut:

$$G = K \cdot (P - (D_0 - S \cdot t)) - C$$

Keterangan Variabel:

- G : tinggi genangan yang diproyeksikan (dalam cm),
- K : koefisien regresi (cm/cm), merepresentasikan sensitivitas tingkat genangan terhadap setiap perubahan selisih $P - D$, dengan nilai empiris sebesar 0,67,
- P : elevasi muka laut pada tahun ke- t (dalam cm),
- D_0 : elevasi awal dermaga (baseline) pada tahun acuan (dalam cm),
- S : laju penurunan muka tanah tahunan (dalam cm/tahun),
- t : waktu proyeksi (tahun sejak baseline),
- C : konstanta regresi (dalam cm), menggambarkan kapasitas resistensi pasif dermaga terhadap genangan, seperti keberadaan sistem drainase, kemiringan konstruksi, atau penghalang fisik; dalam model ini, nilai C ditetapkan sebesar 70,5 cm.

a) Makna fisik dan asumsi model

Model ini secara konseptual mengasumsikan bahwa **tinggi genangan** tidak semata-mata ditentukan oleh selisih elevasi antara muka laut dan dermaga ($P - D$), tetapi juga dikalibrasi melalui dua parameter korektif:

1. **Koefisien regresi (K):** mencerminkan seberapa besar perubahan tinggi genangan sebagai respons terhadap setiap peningkatan selisih antara elevasi muka laut dan elevasi dermaga. Nilai K yang lebih besar menunjukkan bahwa sistem lebih sensitif terhadap perubahan hidrodinamis.
2. **Konstanta regresi (C):** mencerminkan faktor-faktor mitigasi pasif yang dapat menghambat terjadinya genangan langsung, seperti sistem pompa, tanggul, atau elevasi lokal yang sedikit lebih tinggi.

Selisih P - D dapat dipandang sebagai **indikator beban hidrolis** yang dihadapi oleh infrastruktur pelabuhan. Ketika nilai P melebihi nilai efektif D, maka tekanan dari air laut yang menuju fasilitas akan semakin besar, sehingga meningkatkan risiko terjadinya genangan pada permukaan dermaga.

b) Validasi Model dan Aplikasinya dalam Penilaian Risiko

Model regresi ini telah melalui proses validasi dengan menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,96, yang berarti bahwa 96% variabilitas data tinggi genangan historis dapat dijelaskan oleh model tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang tinggi, sehingga dapat dijadikan sebagai acuan andal dalam perencanaan teknis dan pengambilan keputusan berbasis risiko.

Model ini selanjutnya digunakan untuk mensimulasikan nilai tinggi genangan (G) pada berbagai skenario proyeksi waktu (t), misalnya untuk horizon 5 tahun, 10 tahun, dan 20 tahun. Hasil simulasi ini berperan penting dalam mengidentifikasi tingkat kerentanan fasilitas terhadap rob, serta menyediakan dasar kuantitatif bagi penyusunan strategi adaptasi, seperti peninggian dermaga, penataan ulang drainase, atau penguatan proteksi fisik pelabuhan terhadap perubahan iklim jangka panjang.

4.7.2 Analisis Rob

Dalam rangka menilai potensi terjadinya rob di masa mendatang, khususnya pada fasilitas pelabuhan yang telah dilengkapi dengan sistem perlindungan struktural seperti tanggul, digunakan suatu model matematis yang bertujuan untuk menghitung tinggi tanggul efektif (H_t). Tinggi tanggul efektif didefinisikan sebagai selisih antara elevasi fisik tanggul dan penurunan muka tanah kumulatif, sehingga mencerminkan ketinggian tanggul aktual terhadap permukaan tanah yang mengalami subsidensi seiring waktu.

Model matematis tersebut diformulasikan sebagai berikut:

$$Ht = D_0 - (P \cdot t) + T$$

Keterangan Variabel:

- Ht : tinggi tanggul efektif (dalam cm), yaitu jarak vertikal antara puncak tanggul dan permukaan tanah setelah mengalami penurunan dalam periode waktu tertentu,
- D_0 : elevasi awal permukaan tanah atau dermaga saat tanggul dibangun (cm),
- P : laju penurunan muka tanah tahunan (cm/tahun),
- t : periode proyeksi waktu (tahun),
- T : tinggi fisik konstruksi tanggul (cm), yang tetap konstan selama masa proyeksi.

a) Interpretasi Fisik Model

Model ini dirancang untuk menggambarkan kemampuan residual tanggul dalam mempertahankan fungsinya sebagai penghalang rob. Komponen $(P \cdot t)$ merepresentasikan akumulasi penurunan tanah selama t tahun, yang secara langsung mengurangi efektivitas tanggul karena membuat permukaan tanah “turun” terhadap titik puncak struktur tanggul.

Dengan demikian:

- Semakin besar nilai $(P \cdot t) \rightarrow$ semakin besar penurunan permukaan tanah \rightarrow posisi tanggul menjadi relatif lebih rendah \rightarrow **kemampuan tanggul dalam menahan intrusi air laut berkurang.**
- Bila nilai Ht mendekati **nol** atau bahkan **negatif**, maka tanggul dianggap **sudah tidak efektif**, karena air laut berpotensi melewati atau merembes melalui sistem perlindungan.
- Sebaliknya, nilai Ht yang tetap tinggi menunjukkan bahwa tanggul masih mampu menjalankan fungsi protektif terhadap rob.

b) Aplikasi Model di Wilayah Subsiden: Studi Kasus Semarang

Model ini menjadi sangat relevan untuk diterapkan di wilayah pesisir seperti **Semarang**, yang mengalami laju penurunan tanah cukup signifikan. Berdasarkan temuan dalam *Jurnal "Tidal Characteristics for Disaster Preparedness in the Port Area"*, rata-rata laju penurunan tanah di wilayah pelabuhan Semarang tercatat sebesar **9,03 cm/tahun**.

c) Contoh Simulasi Perhitungan

Untuk mengilustrasikan bagaimana model bekerja, digunakan skenario sebagai berikut:

- D_0 = 250 cm
- P = 9,03 cm/tahun
- t = 10 tahun
- T = 50 cm

$$H_t = 250 - (9,03 \times 10) + 50 = 250 - 90,3 + 50 = 209,7 \text{ cm}$$

Hasil ini menunjukkan bahwa setelah 10 tahun, tinggi tanggul efektif akan berkurang menjadi hanya 209,7 cm. Jika pada periode yang sama, muka laut diproyeksikan naik melampaui nilai tersebut, maka risiko rob akan meningkat secara signifikan, bahkan pada fasilitas yang sebelumnya telah dilindungi.

4.9 Analisis Dampak Operasional

Genangan air laut atau rob pada konteks pelabuhan ini bukan disebabkan oleh limpasan permukaan air laut yang melampaui tanggul atau dinding pelindung, melainkan oleh peristiwa rembesan (seepage) air laut dari bawah struktur dermaga. Fenomena ini terjadi ketika muka air laut dalam kondisi pasang tertentu telah melebihi elevasi dasar dermaga akibat penurunan muka tanah (subsidence) yang terus berlangsung. Rembesan ini secara bertahap mengisi rongga-rongga atau jalur rekahan di bawah permukaan dermaga, dan pada titik tertentu menyebabkan genangan yang nyata di atas permukaan fasilitas. Rob biasanya terjadi secara periodik akibat kombinasi pasang air laut, penurunan muka tanah (land subsidence), serta perubahan iklim yang menyebabkan kenaikan muka laut secara global. Dalam konteks operasional terminal petikemas, rob menjadi ancaman serius karena dapat menyebabkan terganggunya aktivitas logistik, terutama pada area yang memiliki elevasi rendah dan belum dilengkapi sistem perlindungan yang memadai.

Kondisi rob dapat menimbulkan genangan pada fasilitas utama dermaga. Genangan ini secara langsung berdampak pada penurunan kinerja peralatan penting, seperti *quay container crane*, dan truk pengangkut, karena terbatasnya akses atau risiko kerusakan perangkat akibat tergenang air. Akibatnya, proses bongkar muat serta alur distribusi kontainer menjadi terganggu, sehingga *throughput* terminal dapat menurun secara signifikan.

Untuk mengukur dampak tersebut secara objektif dan terukur, digunakan pendekatan kuantitatif melalui model estimasi kerugian operasional. Model ini menghitung potensi kerugian ekonomi yang ditimbulkan dari waktu henti (*downtime*) fasilitas akibat genangan, berdasarkan parameter volume *throughput*, tarif penanganan kontainer, serta durasi gangguan. Dengan demikian, analisis ini tidak hanya memberikan gambaran teknis mengenai tingkat kerentanan fasilitas terhadap rob, tetapi juga menghasilkan informasi strategis terkait nilai kerugian yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan mitigasi, seperti peninggian elevasi, perbaikan drainase, atau penambahan perlindungan fisik di sekitar area terdampak.

4.9.1 Kebutuhan Jam Operasional Alat Bongkar Muat (JOT)

Jam operasional tahunan merupakan estimasi waktu kerja efektif yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh *throughput* kontainer dalam satu tahun. Karena proses bongkar muat bersifat serial, maka kapasitas sistem akan ditentukan oleh elemen yang memiliki produktivitas terendah, yaitu:

$$JOT = \frac{\text{Throughput Tahunan}}{\text{Min}(P_c \cdot N_c, P_t \cdot N_t)}$$

Keterangan :

P_c : produktivitas crane (box/jam)

N_c : jumlah crane

P_t : produktivitas haulage (box/jam)

N_t : jumlah haulage

4.9.2 Penurunan Kinerja saat Gangguan

Selama terjadi genangan, baik crane maupun truk mengalami penurunan performa. Hal ini disebabkan oleh akses yang terhambat, pengurangan kecepatan,

atau pembatasan pergerakan alat. Oleh karena itu, kapasitas aktual sistem selama gangguan dihitung sebagai:

$$C_{gangguan} = \min(P_c \cdot N_c \cdot \alpha_c, P_t \cdot N_t \cdot \alpha_t)$$

Keterangan:

P_c : produktivitas crane (box/jam)

N_c : jumlah crane

P_t : produktivitas truk (box/jam)

N_t : jumlah truk

α_c : faktor penurunan performa crane saat gangguan (misal 0.6)

α_t : faktor penurunan performa truk saat gangguan (misal 0.7)

4.9.3 Dampak Terhadap Volume Penanganan Kontainer

Selama durasi gangguan t_g (dalam jam), terdapat dua kondisi penting:

(A) : Kontainer yang tetap dapat ditangani

(B) : Kontainer yang seharusnya ditangani jika tidak ada gangguan

$$A = t_g \cdot C_{gangguan}$$

$$B = t_g \cdot \min(P_c \cdot N_c, P_t \cdot N_t)$$

Keterangan :

- t_g : durasi gangguan (jam)
- P_c : produktivitas crane (box/jam)
- N_c : jumlah crane
- P_t : produktivitas truk (box/jam)
- N_t : jumlah truk
- $C_{gangguan}$: kecepatan alat b/m saat gangguan

Selisih dari keduanya mencerminkan jumlah kontainer yang terganggu secara operasional:

$$C = B - A$$

4.9.4 Estimasi Waktu Recovery

Untuk menangani backlog kontainer (C), diperlukan tambahan waktu operasional di luar jam kerja reguler, yaitu:

$$D = \frac{C}{\min(P_c \cdot N_c \cdot P_t \cdot N_t)}$$

Jika waktu tambahan ini tidak dapat dicakup dalam sisa jam operasional tahunan (total = 8.760 jam), maka akan muncul waktu tidak tercover (E):

$$E = 8760 - (JOT + D)$$

4.9.5 Estimasi Potensi Gangguan Operasional Tahunan

Waktu yang tidak tercakup tersebut secara langsung berdampak pada hilangnya kapasitas penanganan kontainer. Dengan demikian, potensi kehilangan operasional dihitung sebagai:

$$\text{Potensial Loss Container} = E \cdot \min(P_c \cdot N_c \cdot P_t \cdot N_t)$$

Nilai ini menunjukkan estimasi jumlah kontainer yang tidak dapat ditangani dalam satu tahun karena keterbatasan waktu operasional akibat gangguan dan keterlambatan pemulihan.

4.9.6 Proyeksi Shipcall

Proyeksi Shipcall dilakukan untuk memperkirakan jumlah kedatangan kapal di masa mendatang. Informasi ini penting sebagai dasar perencanaan operasional pelabuhan, seperti penentuan kebutuhan layanan sandar, tunda, pandu, dan alokasi sumber daya lainnya. Selain itu, proyeksi ini menjadi langkah awal untuk mengidentifikasi jumlah kapal yang terdampak oleh aktivitas pelabuhan, sehingga manajemen dapat mengantisipasi beban kerja dan meningkatkan efisiensi layanan. Pendekatan yang digunakan dalam proyeksi ini adalah metode rata-rata kenaikan tahunan berdasarkan data historis.

$$SC_t = SC_n + (t - n) \cdot \Delta$$

Keterangan :

- SC_t : Proyeksi jumlah shipcall pada tahun ke-t

- SC_n : Jumlah shipcall pada tahun terakhir data historis (tahun ke- n)
- Δ : Rata-rata kenaikan shipcall per tahun
- t : Tahun yang ingin diproyeksikan
- n : Tahun terakhir dalam data historis

Rumus Penentuan Rata-Rata Kenaikan

$$\Delta = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} (SC_{i+1} - SC_i)$$

Penjelasan Komponen Rumus

- SC_i
Jumlah shipcall pada tahun ke- i
- $SC_{i+1} - SC_i$
Kenaikan shipcall dari tahun ke- i ke tahun ke- $i+1$
- $\sum_{i=1}^{n-1} (SC_{i+1} - SC_i)$
Jumlah total kenaikan dari tahun pertama sampai tahun terakhir. data dari 2019–2023 (5 tahun), maka $n = 5$ dan kamu akan punya 4 selisih / kenaikan (2020–2019, 2021–2020, 2022–2021, 2023–2022).
- $\frac{1}{n-1}$
Kamu bagi total kenaikan dengan jumlah **transisi tahun**, bukan jumlah tahun.
Karena kenaikan hanya terjadi antara dua tahun, maka dari n tahun, hanya ada $n - 1$ kenaikan

4.9.7 Berthing Time Kapal

Berthing time kapal merupakan waktu yang dibutuhkan kapal untuk menyelesaikan aktivitas bongkar muat di pelabuhan. Estimasi ini penting untuk perencanaan operasional, khususnya setelah throughput kapal diketahui. Berthing time dipengaruhi oleh jumlah muatan, jumlah alat bongkar muat yang digunakan, serta kecepatan kerja alat tersebut. Dengan mengetahui hubungan ketiga faktor ini, pelabuhan dapat mengatur jadwal pelayanan kapal secara lebih efisien

Rumus Berthing Time Kapal

$$BT = \frac{T}{N \cdot R}$$

Keterangan :

- BT : Waktu sandar (berthing time) kapal
- T : Throughput kapal (misalnya dalam ton atau TEUs)
- N : Jumlah alat bongkar muat
- R : Kecepatan alat bongkar muat (muatan/jam)

4.9.8 Berth Occupancy Ratio

Berth Occupancy Ratio (BOR) merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur tingkat pemanfaatan dermaga dalam periode waktu tertentu. Nilai BOR menunjukkan seberapa besar kapasitas dermaga (dalam satuan panjang dan waktu) yang terpakai oleh kapal-kapal yang bersandar. Perhitungan BOR mempertimbangkan panjang kapal, waktu sandar (berthing time), serta total kapasitas pelayanan dermaga.

Model perhitungannya ditulis sebagai berikut:

$$BOR(\%) = \frac{\sum(Rata - Rata LOA + 10 m) \times BT}{T_t \times L}$$

Keterangan :

- LOA = Panjang kapal yang bersandar (m)
- BT = Berthing Time (jam)
- T_t = Waktu pelayanan operasional dermaga, dalam satu rentang waktu tinjauan tertentu (jam)
 Untuk tinjauan dalam 1 tahun = 24×365
 Untuk tinjauan dalam 1 bulan = 24×30
- L = Panjang dermaga (m)

Tambahan **10 meter** dalam rumus merupakan toleransi atau jarak aman antar kapal yang bersandar, dan ditambahkan ke panjang kapal untuk mencerminkan panjang efektif yang digunakan di dermaga. Penting untuk memastikan bahwa data panjang kapal dan berthing time yang digunakan dalam perhitungan berada dalam rentang waktu yang sama dengan nilai T_t . Sebagai contoh, jika T_t menggunakan periode bulanan, maka data kapal dan waktu sandar juga harus dalam periode yang

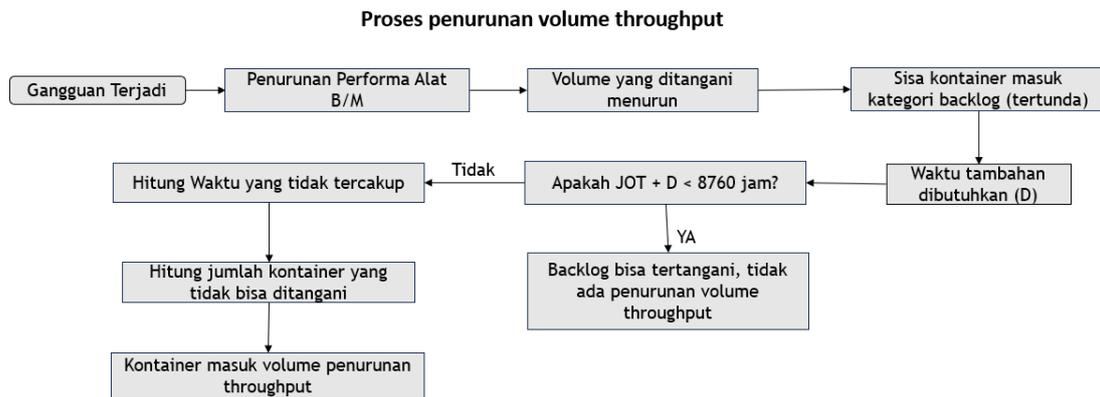
sama. Hasil dari perhitungan BOR ditampilkan dalam persen (%), dan nilai ideal BOR umumnya berada di kisaran 70%–75%. Nilai yang terlalu tinggi menunjukkan bahwa dermaga terlalu padat dan berisiko menyebabkan antrean kapal, sedangkan nilai terlalu rendah menandakan kapasitas dermaga belum dimanfaatkan secara optimal.

4.9.9 Proses Penurunan Volume Throughput Akibat Gangguan Operasional

Dalam kegiatan operasional terminal petikemas, keberlangsungan proses bongkar muat sangat bergantung pada ketersediaan dan keandalan peralatan. Ketika terjadi gangguan seperti kerusakan alat bongkar/muat (B/M), keterbatasan tenaga kerja, atau faktor eksternal seperti cuaca ekstrem, maka performa operasional akan menurun dan berdampak langsung terhadap jumlah kontainer yang dapat ditangani dalam satu periode waktu tertentu. Penurunan ini menyebabkan sebagian kontainer tidak dapat diproses sesuai jadwal dan masuk ke dalam kategori backlog atau keterlambatan.

Untuk menilai dampak dari gangguan tersebut terhadap volume throughput tahunan, diperlukan suatu alur evaluasi yang mempertimbangkan kapasitas kerja tahunan, backlog kontainer, serta waktu tambahan yang mungkin dibutuhkan agar backlog dapat diselesaikan. Jika backlog tidak dapat ditangani dalam batas waktu operasional tahunan (8760 jam), maka terjadi penurunan volume throughput yang bersifat permanen dalam periode tersebut.

Gambar di bawah ini menunjukkan alur logis dari proses penurunan volume throughput yang terjadi ketika gangguan operasional menyebabkan backlog penanganan kontainer di terminal petikemas:



Gambar 4.6 Proses Penurunan Volume Throughput Kontainer

Penjelasan Naratif

Berikut adalah penjelasan naratif berdasarkan alur dalam gambar:

1. Gangguan Terjadi

Proses diawali ketika terjadi gangguan pada operasional terminal, yang menyebabkan turunnya performa alat bongkar/muat (B/M).

2. Penurunan Performa Alat

Gangguan tersebut menurunkan kapasitas kerja alat, yang berdampak pada berkurangnya volume kontainer yang bisa ditangani dalam waktu tertentu.

3. Munculnya Backlog

Sisa kontainer yang tidak dapat ditangani akibat penurunan performa dimasukkan ke dalam kategori backlog, yaitu kontainer yang tertunda penanganannya.

4. Perhitungan Waktu Tambahan (D)

Dihitung waktu tambahan yang dibutuhkan untuk menangani backlog tersebut.

5. Evaluasi Kelayakan Penanganan Backlog

Diperiksa apakah total waktu operasional alat per tahun (dalam satuan jam) ditambah waktu tambahan yang dibutuhkan (JOT + D) masih berada di bawah batas maksimum tahunan, yaitu 8760 jam:

- Jika **Ya**, backlog masih dapat ditangani, sehingga tidak terjadi penurunan volume throughput.
- Jika **Tidak**, backlog tidak dapat sepenuhnya tertangani, yang berarti sebagian kontainer tidak akan bisa diproses dalam tahun tersebut.

6. Perhitungan Volume yang Tidak Tertangani

Dilakukan perhitungan terhadap:

- Waktu operasi yang tidak tercakup.
- Jumlah kontainer yang tidak bisa ditangani. Kontainer ini dikategorikan sebagai bagian dari volume penurunan throughput.

Contoh Perhitungan Dampak Gangguan Terhadap Volume Throughput pada Tahun ke-9

Untuk menggambarkan dampak gangguan terhadap kinerja terminal petikemas, berikut disajikan contoh perhitungan yang terjadi pada tahun ke-9. Perhitungan ini mengikuti alur logika seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.x.

1. Frekuensi Gangguan Operasional

Pada tahun ke-9, terjadi gangguan operasional sebanyak **5.286 kali** dalam satu tahun.

2. Penurunan Performa Alat

Akibat gangguan tersebut, performa alat bongkar muat (crane) menurun secara signifikan. Dalam kondisi gangguan ini, crane hanya mampu menangani **1.096 box kontainer** sepanjang tahun.

3. Identifikasi Jumlah Backlog

Dalam kondisi normal, crane memiliki kapasitas penanganan sebesar **348.876 box kontainer** per tahun. Maka, backlog atau jumlah kontainer yang belum tertangani akibat gangguan adalah:

$$348.876 - 1.096 = 347.780 \text{ box kontainer}$$

4. **Perhitungan Waktu Tambahan (D)**

Untuk menyelesaikan backlog sebanyak 347.780 box tersebut, dibutuhkan waktu tambahan sebesar **5.269 jam**, berdasarkan kapasitas dan produktivitas crane dalam kondisi normal.

5. **Evaluasi Kelayakan Penanganan Backlog**

Jam operasional aktual yang digunakan dalam tahun ke-9 adalah **5.299 jam**. Dengan penambahan waktu yang dibutuhkan untuk menangani backlog, maka total waktu operasional yang diperlukan menjadi:

$$5.299 + 5.269 = 10.568 \text{ jam}$$

Sementara itu, total waktu maksimal dalam satu tahun hanya **8.760 jam**. Maka, terdapat kekurangan waktu sebesar:

$$10.568 - 8.760 = 1.809 \text{ jam}$$

Artinya, backlog tidak sepenuhnya dapat diselesaikan dalam tahun berjalan.

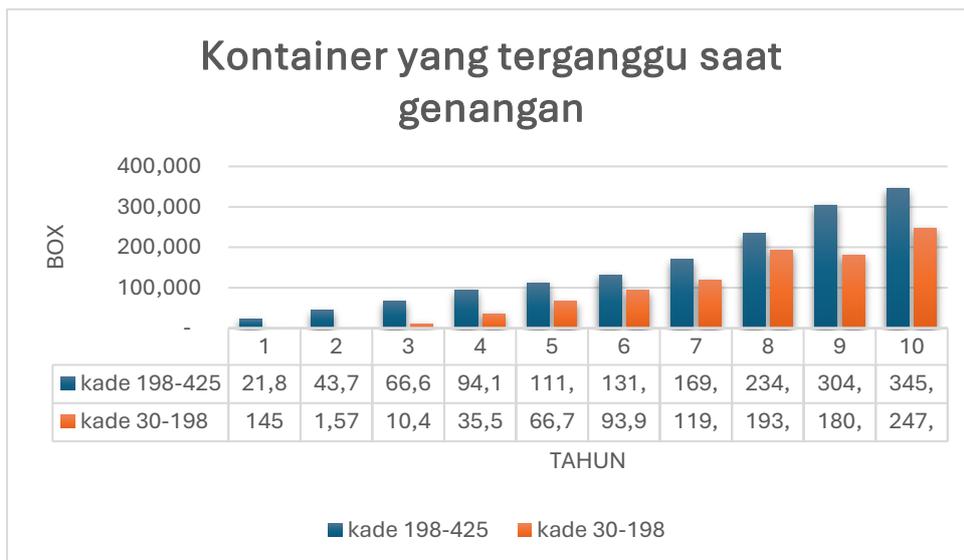
6. **Perhitungan Volume yang Tidak Tertangani**

Volume kontainer yang tidak tertangani dihitung dari jam yang tidak tercakup (1.809 jam) dikalikan dengan produktivitas dan jumlah crane dalam kondisi normal. Hasilnya diperoleh: **50.646 box kontainer** tidak dapat ditangani.

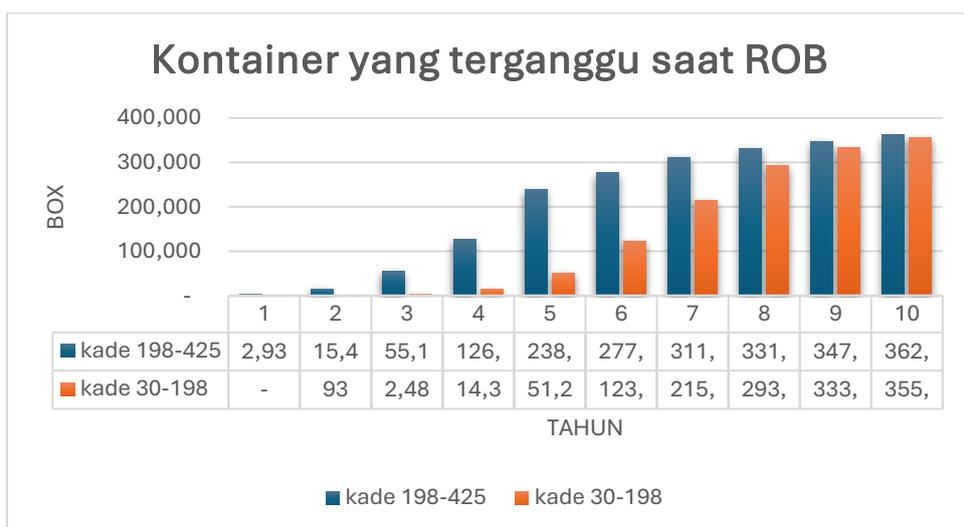
7. **Kesimpulan**

Sebanyak **50.646 box kontainer** tersebut dikategorikan sebagai **penurunan volume throughput** pada tahun ke-9, karena tidak dapat ditangani dalam batas waktu operasional tahunan akibat gangguan yang terjadi.

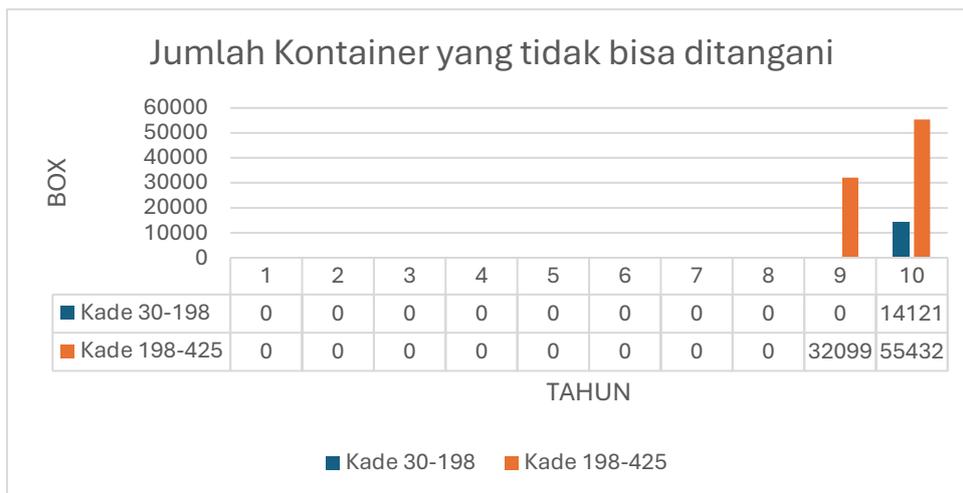
Berikut dibawah ini jumlah kontainer baik yang terdampak maupun yang tidak dapat ditangani :



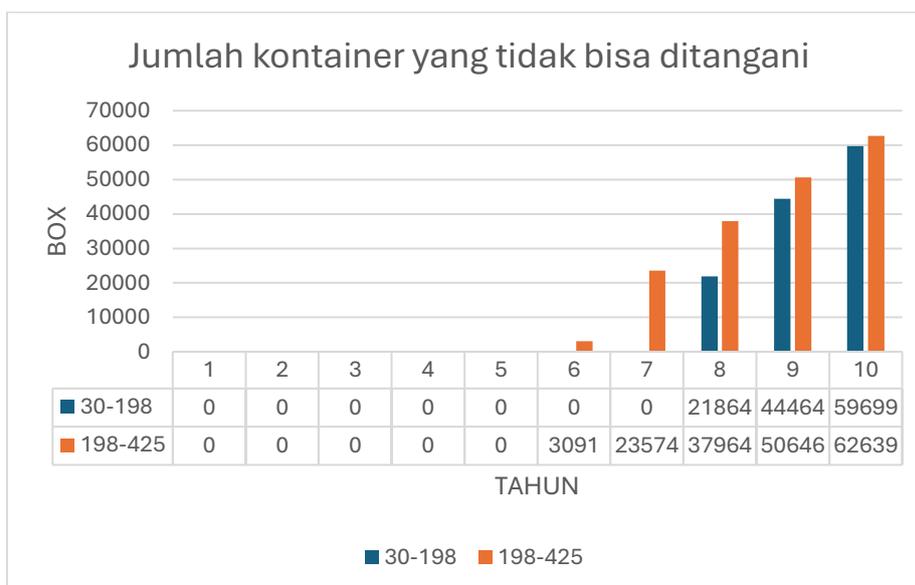
Gambar 4.7 Diagram Kontainer Yang Terganggu Saat Genangan



Gambar 4.8 Kontainer yang terganggu saat ROB



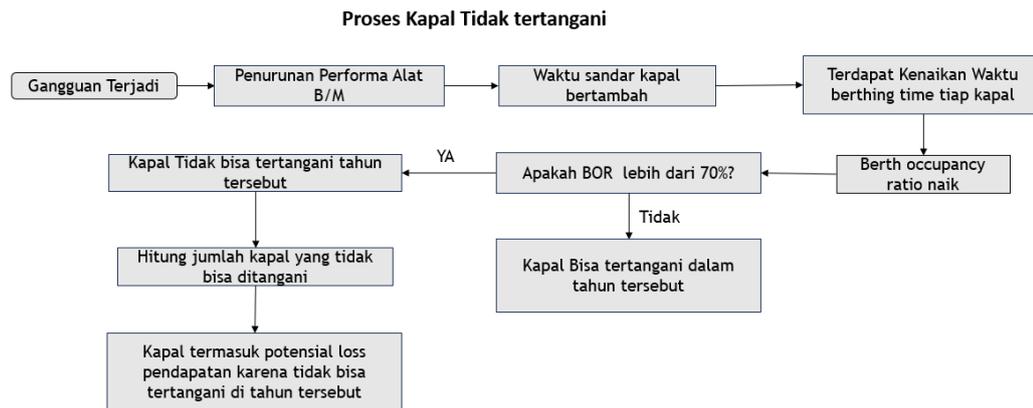
Gambar 4.9 Kontainer yang tidak bisa ditangani gangguan genangan



Gambar 4.10 Kontainer yang tidak bisa ditangani saat gangguan ROB

4.9.10 Proses Kapal Tidak Tertangani Akibat Gangguan Operasional

Selain berdampak pada throughput kontainer, gangguan operasional di terminal petikemas juga dapat mempengaruhi layanan terhadap kapal yang bersandar. Penurunan performa alat bongkar muat menyebabkan waktu pelayanan kapal menjadi lebih lama, sehingga berpotensi menimbulkan antrean dan keterlambatan layanan terhadap kapal lainnya. Proses ini dijelaskan dalam Gambar dibawah ini



Gambar 4.11 Proses kapal yang tidak tertangani saat adanya gangguan

Penjelasan Naratif

Proses terjadinya kapal yang tidak dapat tertangani dijelaskan secara bertahap sebagai berikut:

1. Gangguan Terjadi

Gangguan operasional terjadi akibat kerusakan atau penurunan kinerja peralatan bongkar muat (B/M).

2. Penurunan Performa dan Waktu Sandar Bertambah

Gangguan ini menyebabkan waktu pelayanan kapal menjadi lebih lama. Akibatnya, waktu sandar setiap kapal mengalami peningkatan dibandingkan kondisi normal.

3. Peningkatan Waktu Berthing dan BOR

Peningkatan waktu sandar mengakibatkan kenaikan waktu *berthing time* per kapal. Hal ini berdampak pada meningkatnya *berth occupancy ratio* (BOR), yaitu rasio penggunaan dermaga terhadap total waktu tersedia.

4. Evaluasi Berth Occupancy Rasio

Jika nilai BOR melebihi ambang batas ideal (misalnya **70%**), maka dermaga dianggap telah padat, sehingga tidak semua kapal dapat dilayani dalam tahun tersebut.

- Jika **BOR < 70%**, maka kapal masih dapat tertangani dalam tahun berjalan.
- Jika **BOR ≥ 70%**, maka kapasitas dermaga dianggap penuh dan **kapal tidak dapat ditangani dalam waktu tersebut**.

5. Menghitung Jumlah Kapal Tidak Tertangani

Berdasarkan perbandingan antara kebutuhan waktu sandar kumulatif kapal dan total waktu tersedia pada dermaga, dapat dihitung jumlah kapal yang tidak bisa dilayani.

6. Identifikasi Potensial Loss

Kapal-kapal yang tidak tertangani masuk dalam kategori **potensial loss pendapatan**. Hal ini mencerminkan kehilangan potensi pendapatan jasa pelayanan kapal akibat keterbatasan waktu dan kapasitas dermaga di tahun tersebut.

Contoh Perhitungan Kapal Tidak Tertangani Akibat Rob pada Tahun ke-9

Sebagai ilustrasi implementasi dari proses kapal tidak tertangani akibat gangguan operasional, berikut disajikan perhitungan nyata yang terjadi pada **dermaga kade 198–425** pada **tahun ke-9** akibat gangguan rob.

1. Jumlah Shipcall Tahunan

Jumlah total kunjungan kapal (shipcall) pada tahun ke-9 tercatat sebanyak **925 kapal**.

2. Waktu Berthing Tiap Kapal (Sebelum Gangguan)

Sebelum terjadi gangguan, waktu sandar (*berthing time*) tiap kapal adalah sebesar **5,73 jam per kapal**.

3. Berth Occupancy Ratio (BOR) Sebelum Gangguan

BOR terminal sebelum adanya gangguan rob adalah sebesar **50%**, yang masih berada dalam batas ideal (di bawah 70%).

4. Jumlah Kapal Terdampak

Akibat gangguan rob, waktu operasi dermaga mengalami gangguan. Dengan membagi total jam operasional yang terdampak terhadap waktu berthing tiap kapal, diperoleh jumlah **kapal terdampak** sebanyak **923 kapal** dari total 925 kapal.

5. Waktu Tambahan yang Dibutuhkan

Total waktu tambahan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh pelayanan kapal akibat gangguan adalah sebesar **5.269,4 jam**.

6. Waktu Tambahan per Kapal

Rata-rata tambahan waktu yang dibutuhkan untuk setiap kapal akibat gangguan dihitung sebagai berikut:

$$5.269,4 \text{ jam} / 923 \text{ kapal} = 5,71 \text{ jam per kapal}$$

7. Berthing Time Setelah Gangguan

Dengan adanya tambahan waktu tersebut, waktu berthing tiap kapal meningkat dari **5,73 jam menjadi 11,44 jam**:

$$5,73 + 5,71 = 11,44 \text{ jam per kapal}$$

8. BOR Setelah Gangguan

BOR aktual setelah gangguan rob meningkat signifikan dan dihitung berdasarkan total waktu berthing aktual. Pada tahun ke-9, BOR meningkat menjadi sekitar **95%**, melebihi ambang batas ideal.

9. Jumlah Kapal yang Masih Dapat Ditangani (Setelah Gangguan)

Dengan mempertimbangkan batas ideal BOR sebesar 70%, maka jumlah kapal yang masih dapat ditangani dalam kondisi gangguan adalah:

$$(70\% / 95\%) \times 925 \text{ kapal} = 684 \text{ kapal}$$

10. Jumlah Kapal yang Tidak Dapat Ditangani

Selisih antara jumlah shipcall tahunan dengan jumlah kapal yang masih bisa dilayani menunjukkan jumlah kapal yang tidak dapat tertangani pada tahun ke-9, yaitu:

$$925 - 684 = 241 \text{ kapal}$$

11. Kesimpulan

Sebanyak **241 kapal** tidak dapat ditangani akibat dampak gangguan rob pada tahun ke-9. Kapal-kapal ini dikategorikan sebagai **potensial loss pendapatan**, karena layanan terhadap kapal tidak dapat diberikan dalam batas waktu operasional yang tersedia pada tahun tersebut.

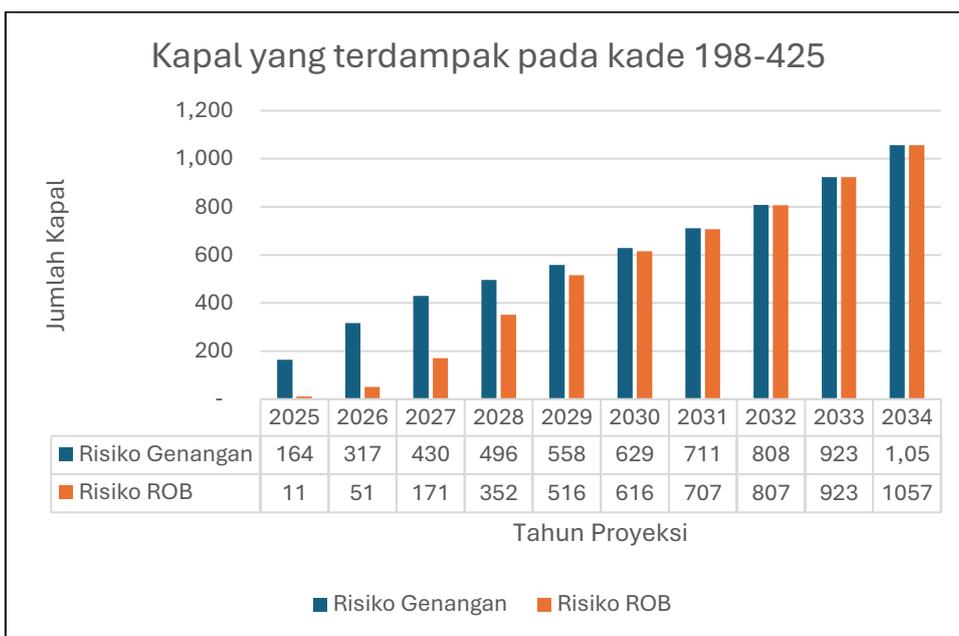
Berikut dibawah ini jumlah kapal baik yang terdampak maupun yang tidak dapat ditangani :



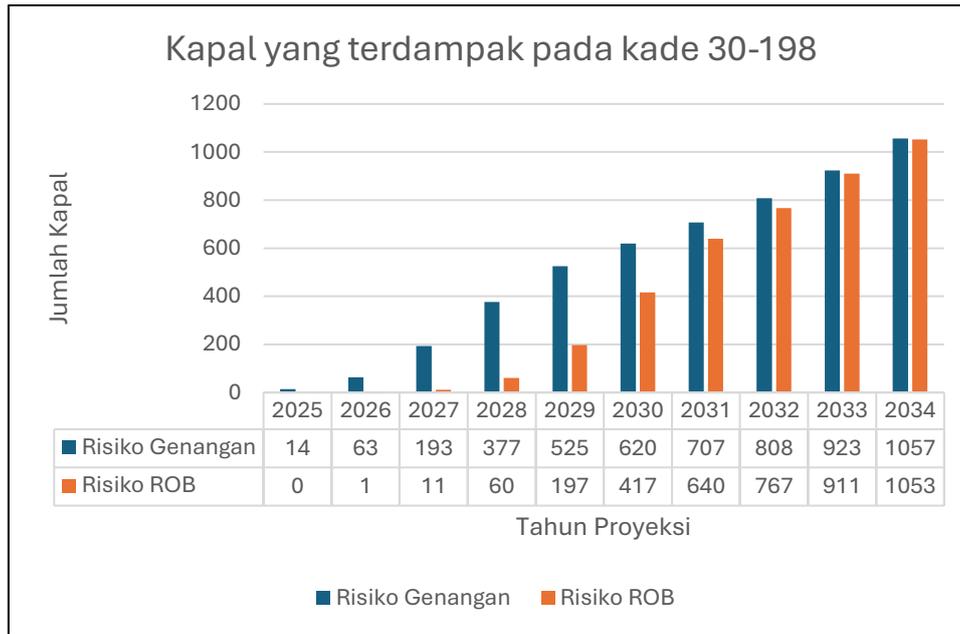
Gambar 4.12 Kapal yang tidak tertangani pada kade 198-425



Gambar 4.13 Kapal yang tidak tertangani pada kade 30-198



Gambar 4.14 Kapal yang terdampak pada kade 198-425



Gambar 4.15 Kapal yang terdampak pada kade 30-198

4.10 Analisis Risiko

Analisis risiko merupakan langkah sistematis dalam manajemen risiko pelabuhan untuk mengenali, menilai, dan mengelola berbagai potensi ancaman yang dapat mengganggu keberlangsungan operasional maupun reputasi institusi. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk membantu pihak manajemen dalam menyusun langkah-langkah pencegahan dan mitigasi berdasarkan tingkat probabilitas dan dampak dari masing-masing risiko.

Dalam konteks studi ini, risiko dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yaitu **risiko operasional** dan **risiko non-operasional**

4.10.1 Risiko Operasional

Risiko operasional adalah potensi gangguan yang secara langsung berdampak terhadap kelancaran kegiatan inti pelabuhan. Risiko ini meliputi aspek teknis dan proses layanan seperti bongkar muat, pergerakan kontainer, ketersediaan peralatan, dan infrastruktur pendukung lainnya.

Pada risiko operasional ini saya membahas beberapa temuan risiko dengan deskripsi

A. Risiko pelayanan kapal

Risiko ini terjadi ketika aktivitas bongkar muat di dermaga terganggu akibat genangan rob yang membuat permukaan licin, tidak aman, atau tidak dapat dilintasi alat berat. Dalam kondisi ini, alat bongkar muat seperti harbour

mobile crane crane, dan RTG tidak dapat beroperasi secara normal. Akibatnya, terjadi waktu menganggur (idle) pada alat, di mana alat dalam keadaan siaga namun tidak produktif.

Selain itu, gangguan ini juga berdampak pada tenaga kerja yang terjadwal pada jam gangguan tersebut. Operator alat, tenaga lapangan, dan pengawas tidak dapat menjalankan tugasnya sesuai rencana, namun tetap harus dibayar berdasarkan waktu kerja atau lembur. Hal ini menimbulkan **biaya operasional tambahan** yang menjadi beban terminal.

Untuk mengkuantifikasi risiko ini, digunakan dua rumus utama:

$$BTK = T_t \times J_d \times N_k$$

Keterangan :

BTK : Biaya Tunggu Kapal

T_t : Tarif Tambat (Rp/jam)

J_d : Jam delay per kejadian (jam)

N_k : Jumlah Kapal Yang delay

Dengan menggunakan data jumlah kejadian rob dan estimasi rata-rata waktu tunda kapal, rumus ini membantu memperkirakan potensi kerugian yang ditimbulkan akibat keterlambatan sandar selama satu tahun operasional.

B. Risiko Idle Alat

Ketika dermaga tergenang akibat rob, kegiatan bongkar muat tidak dapat dilakukan sesuai jadwal. Hal ini menyebabkan alat bongkar muat seperti Quay Crane dan Haulage mengalami waktu menganggur (idle), dan tenaga kerja operasional tidak dapat bekerja secara produktif. Akibatnya, terjadi kerugian biaya dari sisi pemanfaatan alat dan beban lembur SDM.

Risiko ini dikalkulasi dalam dua komponen biaya, yaitu:

- **Biaya idle alat**

$$BIA = J_a \times N_a \times B_a$$

Keterangan :

BIA : Biaya Idle Alat (Rp)

J_a : Jam Operasional Tambahan (jam)

N_a : Jumlah Alat Terdampak (unit)

B_a : Biaya idle Alat per jam (Rp/jam)

- **Biaya Tenaga kerja tambahan**

$$BTK = J_a \times N_a \times B_a$$

Keterangan :

BTK : Biaya Idle Alat (Rp)

J_a : Jam Operasional Tambahan (jam)

N_a : Jumlah Tenaga Kerja (orang)

B_a : Biaya idle Alat per jam (Rp/jam)

Total kerugian risiko ini merupakan penjumlahan dari kedua komponen diatas

$$Total\ Biaya\ Kerugian = BIA + BTK$$

Genangan yang menghambat jalannya operasi bongkar muat berdampak langsung terhadap produktivitas alat dan tenaga kerja. Setiap tambahan jam kerja yang harus dilakukan untuk menutupi waktu operasional yang hilang akan menimbulkan biaya, baik dalam bentuk waktu idle alat maupun lembur tenaga kerja. Perhitungan risiko ini dilakukan dengan mengalikan jam tambahan dengan jumlah unit terdampak dan biaya operasional masing-masing komponen.

C. Risiko Gangguan Akses Darat (Truk Terhambat)

Ketika jalur akses darat terganggu akibat bencana, konstruksi, atau kendala teknis lainnya, truk tidak dapat melintas sesuai jadwal operasional. Hal ini mengakibatkan terganggunya distribusi logistik serta idle time kendaraan angkut. Dampaknya adalah biaya kerugian dari sisi operasional truk yang tidak produktif dan kemungkinan keterlambatan pengiriman barang.

Risiko ini dikalkulasikan dalam komponen biaya berikut:

- **Biaya Kerugian Operasional Truk**

$$BOT = J_t \times N_t \times B_t$$

Keterangan:

- BOT : Biaya Operasional Truk yang Terganggu (Rp)

- J_t : Jam Gangguan Akses (jam)

- N_t : Jumlah Truk Terdampak (unit)
- B_t : Biaya operasional truk per jam (Rp/jam)

D. Risiko Drainase Dermaga

Ketika saluran drainase tidak mampu mengalirkan air secara optimal, terjadi genangan atau rob berkepanjangan di area dermaga. Akibatnya, aktivitas bongkar muat terganggu, alat operasional tidak dapat digunakan, dan terjadi peningkatan biaya operasional tambahan.

Risiko ini dikalkulasi dalam beberapa komponen biaya:

- **Biaya Operasional Pompa**

$$BOP = \sum_{i=1}^n (O_{pi} \times K_i)$$

Keterangan:

- BOP: Biaya Operasional Pompa (Rp)
- O_{pi} : Biaya Operasional Pompa per kejadian pada klasifikasi ke- i (Rp)
- K_i : Jumlah kejadian gangguan untuk klasifikasi ke- i
- n : Jumlah klasifikasi gangguan (ringan, sedang, berat, dsb.)

- **Biaya Potensial Loss Container**

$$BPLC = \sum_{j=1}^m (T_j \times C_j)$$

Keterangan:

- BPLC: Biaya Potensial Loss Container (Rp)
- T_j : Tarif komponen biaya ke- j (Rp/kontainer), seperti:
 - Biaya demurrage
 - Biaya penumpukan tambahan
 - Biaya tambat kapal
 - Biaya haulage
- C_j : Jumlah kontainer terdampak pada komponen biaya ke- j
- m : Jumlah jenis biaya yang dihitung

Total Risiko Drainase Dermaga

$$\text{Total Biaya Risiko} = BOP + BPLC$$

4.10.2 Risiko Non Operasional

Risiko non-operasional merujuk pada dampak kerugian yang tidak secara langsung berkaitan dengan proses fisik bongkar muat atau pergerakan alat berat, tetapi tetap memiliki konsekuensi serius terhadap kelangsungan dan efisiensi kegiatan pelabuhan. Risiko ini muncul akibat gangguan sistem, hambatan administratif, dukungan logistik internal, serta persepsi pengguna terhadap kualitas layanan.

Risiko non-operasional dibagi ke dalam empat kategori utama:

A. Dukungan Internal & Keuangan

Risiko biaya tidak terduga, keterlambatan suplai barang, lembur SDM, dan gangguan pengadaan akibat terganggunya akses.

Komponen Biaya:

- **Biaya Penundaan Barang/Logistik Internal**

$$BPL = K \times P$$

- **K** = Jumlah kejadian gangguan
- **P** = Estimasi penalty atau biaya alternatif (Rp)

- **Biaya Lembur SDM**

$$BLS = J_p \times J_l \times T_l$$

- **J_p** = Jumlah pegawai terdampak
- **J_l** = Jam lembur per pegawai
- **T_l** = Tarif lembur per jam

- **Biaya Tidak Terduga**

$$BT = 10 \% \times (BPL + BLS)$$

B. Teknologi & Sistem Pendukung

Deskripsi Risiko:

Kegagalan sistem operasional (gate, NLE, CCTV, billing), serta kerusakan utilitas atau infrastruktur akibat genangan air.

Komponen Biaya:

- **Biaya Downtime Sistem**

(Hanya terjadi pada klasifikasi gangguan tinggi)

$$BDS = F_t \times B_d$$

- F_t = Frekuensi kejadian gangguan klasifikasi tinggi
- B_d = Biaya downtime sistem per jam

- **Biaya Pemeliharaan Tambahan**

$$BPM = 10 \% \times BDS$$

C. Keamanan & Akses Terminal

Deskripsi Risiko:

Gangguan pada pos jaga, kontrol kendaraan, mobilitas SDM, atau sistem keamanan karena lokasi tergenang.

Komponen Biaya:

- **Biaya Penjagaan Tambahan**

(Terjadi jika klasifikasi gangguan tinggi, saat operasional benar-benar terganggu)

$$BPT = J_g \times J_o \times T_p$$

- J_g = Jam gangguan
- J_o = Jumlah petugas tambahan
- T_p = Tarif penjagaan per jam

D. Reputasi & Kepuasan Pengguna

Risiko reputasi dan kepuasan pengguna muncul sebagai akibat dari ketidaksiapan terminal dalam menghadapi banjir rob atau genangan yang terjadi secara berulang. Ketika kondisi ini tidak ditangani secara tuntas dalam jangka waktu panjang, pengguna jasa mulai kehilangan kepercayaan terhadap terminal. Dampaknya tidak langsung terlihat pada

masa awal operasional, namun berpotensi signifikan terhadap pendapatan perusahaan di masa depan.

Risiko ini bersifat **non-operasional**, namun berdampak langsung pada **volume bisnis** yang diterima terminal, baik dari sisi kontainer maupun kunjungan kapal. Penurunan kepercayaan mengakibatkan pelanggan berpindah ke terminal lain, sehingga menurunkan utilisasi fasilitas, arus logistik, dan pendapatan layanan pelabuhan.

E. Asumsi Waktu dan Pola Dampak

Karena reputasi tidak langsung rusak dalam waktu singkat, maka dampaknya **diasumsikan mulai muncul di tahun ke-5**. Di awal-awal operasi (tahun 1–4), pengguna masih memberi toleransi atau belum menyadari pola gangguan. Namun, jika tidak ada perbaikan signifikan terhadap penanganan rob, maka dampak reputasi mulai terlihat secara bertahap.

Adapun **asumsi proporsi pengguna yang tidak percaya terhadap terminal (dan akhirnya tidak menggunakan layanan)** dibagi sebagai berikut:

Tabel 4.3 Presentase kepercayaan pelanggan

Tahun	Persentase Pengguna Tidak Percaya (Kontainer & Kapal)
1–4	0%
5	3%
6–7	4%
8–9	5%
10	10%

Komponen Biaya Risiko

Risiko ini dihitung dari dua sisi:

- **Biaya Potensial Kehilangan Kontainer**

Penurunan reputasi membuat sebagian pelanggan jasa kontainer tidak lagi menggunakan terminal ini. Potensi kehilangan ini dihitung berdasarkan jumlah kontainer yang tidak jadi masuk, dikalikan dengan nilai layanan kontainer per unit.

$$\text{BPK} = P_t \times J_t \times T_c$$

Keterangan:

- **BPK** = Biaya Potensial Kehilangan Kontainer (Rp)
- P_t = Persentase pelanggan kontainer yang tidak percaya tahun ke- t
- J_t = Proyeksi jumlah kontainer masuk tahun ke- t
- T_c = Nilai layanan kontainer per unit (gabungan biaya demurrage, penumpukan, haulage, dsb.)

• **Biaya Potensial Kehilangan Kapal**

Selain kontainer, penurunan kepercayaan juga berdampak pada kunjungan kapal. Pemilik kapal dapat memilih terminal lain yang dianggap lebih andal. Dampak ini dihitung dari jumlah kapal yang tidak jadi berlabuh dikalikan dengan nilai jasa labuh per kapal.

$$\text{BPKK} = P_t \times K_t \times T_k$$

Keterangan:

- **BPKK** = Biaya Potensial Kehilangan Kapal (Rp)
- P_t = Persentase pemilik kapal yang tidak percaya tahun ke- t
- K_t = Proyeksi jumlah kapal datang tahun ke- t
- T_k = Nilai jasa labuh per kapal (Rp/kapal)

Risiko reputasi bersifat **laten dan kumulatif**, artinya kerugian tidak langsung muncul, namun terus meningkat jika tidak ditangani. Periode tahun ke-5 hingga tahun ke-10 menjadi **masa kritis** di mana ketidakpercayaan mulai mengikis basis pelanggan. Jika tidak diantisipasi, kerugian akumulatif dari kontainer yang batal masuk dan kapal yang tidak berlabuh dapat mempengaruhi arus kas, peringkat kepercayaan pasar, dan nilai investasi terminal.

Analisis ini memberikan sinyal penting bahwa aspek reputasi perlu dijaga setara dengan performa operasional. Dalam konteks risiko jangka panjang, **pemulihan kepercayaan** jauh lebih sulit dibanding pencegahan kerusakan reputasi.

4.11 Penentuan Risiko

Penentuan risiko dilakukan untuk mengetahui tingkat ancaman dari potensi kejadian yang dapat berdampak pada operasional Terminal Petikemas Semarang. Penilaian ini didasarkan pada dua parameter utama, yaitu tingkat kemungkinan (likelihood) dan tingkat dampak (impact). Setiap risiko diberikan skor berdasarkan masing-masing parameter, kemudian dikalikan untuk memperoleh skor risiko total, yang digunakan untuk menentukan tingkat risiko (risk level) dan prioritas penanganan.

4.11.1 Skala Likelihood (Kemungkinan)

Tingkat kemungkinan didefinisikan sebagai total waktu atau frekuensi kejadian risiko dalam satu tahun. Skala ini diklasifikasikan menjadi lima tingkat, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Kategori Skala Level Likelihood

Skala Likelihood (Kemungkinan)				
Skor	Tingkat Likelihood	Total Jam Genangan / Tahun	% dari Total Jam per Tahun	Interpretasi
5	Sangat Tinggi	> 7000 jam	> 80% dari 8760 jam	Hampir sepanjang tahun tergenang
4	Tinggi	4000–6999 jam	~45–80%	Sering tergenang
3	Sedang	2000–3999 jam	~23–45%	Cukup sering
2	Rendah	500–1999 jam	~5–23%	Jarang terjadi
1	Sangat Rendah	< 500 jam	< 5%	Hampir tidak terjadi

4.11.2 Skala Dampak

Skor dampak ditentukan berdasarkan persentase nilai kerugian terhadap total nilai fasilitas atau operasional terminal. Semakin besar persentase kerugian, semakin tinggi tingkat dampaknya. Tabel berikut menjelaskan klasifikasi dampak:

Tabel 4.4 Kategori Skala Impact

Skala Impact (Dampak)		
Skor Dampak	Persentase terhadap Total Kerugian Fasilitas (%)	Deskripsi
1 – Sangat Rendah	< 5%	Dampak sangat kecil, tidak memengaruhi operasional secara signifikan
2 – Rendah	5% – <15%	Dampak kecil, bisa ditangani cepat, gangguan ringan
3 – Sedang	15% – <30%	Dampak cukup signifikan, menimbulkan biaya atau waktu tambahan

4 – Tinggi	30% – <50%	Gangguan besar, berdampak pada performa fasilitas secara jelas
5 – Sangat Tinggi	≥ 50%	Gangguan sangat besar, dominan dari total kerugian, bisa menghentikan layanan

4.11.3 Penentuan Level Risiko

Nilai risiko dihitung dengan mengalikan skor likelihood dan impact. Hasil perkalian ini kemudian dipetakan ke dalam lima tingkat level risiko seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.5 Kategori Level Risiko

Level Risiko (Risk Level)			
Skala	Warna	Tingkat	Prioritas
1 - 5	biru	Rendah	5
6 - 8	hijau	Rendah - Sedang	4
9 - 12	kuning	Sedang - Tinggi	3
15 - 16	orange	Tinggi	2
20 - 25	merah	Sangat Tinggi	1

4.11.4 Prosedur Penilaian Risiko

Langkah-langkah penilaian risiko dilakukan sebagai berikut:

1. Identifikasi risiko yang mungkin terjadi di lingkungan terminal petikemas.
2. Estimasi kemungkinan kejadian (likelihood) berdasarkan frekuensi atau durasi dalam satu tahun.
3. Estimasi dampak kerugian terhadap fasilitas terminal dalam bentuk persentase.
4. Hitung skor risiko dengan rumus:

$$\text{Skor Risiko} = \text{Skor Likelihood} \times \text{Skor Dampak}$$

5. Tentukan tingkat risiko dan prioritas penanganan berdasarkan skor total.

4.11.5 Contoh Penilaian Risiko

Sebagai contoh, diasumsikan terdapat risiko genangan air yang terjadi selama ±2500 jam per tahun dengan dampak kerugian sekitar 18% terhadap fasilitas utama.

- Likelihood: 3 (Cukup Sering)
- Dampak: 3 (Sedang)

$$\text{Skor Risiko} = 3 \times 3 = 9$$

Dengan demikian, risiko tersebut masuk dalam kategori:

- **Level Risiko:** Sedang – Tinggi
- **Warna:** Kuning

- **Prioritas: 3**

4.11.6 Penilaian Impact

Skor dampak diperoleh dengan membandingkan nilai kerugian operasional terhadap potensi pendapatan masing-masing tahun. Persentase hasil perbandingan ini kemudian dikategorikan sesuai Tabel Skala Dampak:

$$Dampak (\%) = \frac{Biaya Kerugian Risiko}{Potensial Pendapatan Tahun Terkait} \times 100\%$$

Contoh:

- Risiko 5 pada tahun ke-9 memiliki kerugian sebesar Rp56.550.778.916
- Potensial pendapatan tahun ke-9 adalah Rp792.153.365.800
- Maka dampak = 7.1% → dikategorikan sebagai **dampak rendah (skor 2)**

Nilai ini kemudian dicatat pada matriks dampak risiko.

4.11.7 Penilaian Likelihood (Kemungkinan)

Skor likelihood diperoleh dari hasil analisis frekuensi genangan berdasarkan jam kejadian per tahun. Perhitungan ini dikonversi menjadi persentase dari total jam dalam satu tahun (8760 jam), lalu dikategorikan sesuai Skala Likelihood:

$$Likelihood (\%) = \frac{Frekuensi Genangan}{8760} \times 100\%$$

Contoh:

- Tahun ke-6 menunjukkan frekuensi genangan 4659,77 jam
- Maka persentasenya $\approx 53,19\%$ → dikategorikan sebagai **skor 5 (Sangat Tinggi)**

4.11.8 Hasil Dan Interpretasi

Dari perhitungan nilai risiko, sebagian besar risiko menunjukkan skor rendah akibat dampak finansial yang relatif kecil dibanding potensi pendapatan tahunan, walaupun frekuensi genangan tergolong tinggi (skor 4–5).

Contohnya:

- Risiko 1–3 seluruh tahun menunjukkan skor risiko 4–5 → Level risiko: **rendah**
- Risiko 5 tahun ke-9 → skor $2 \times 5 = 10$ → Level risiko: **sedang-tinggi (kuning)**

4.12 Mitigasi Risiko

Mitigasi risiko dilakukan untuk mengurangi kemungkinan dan/atau dampak dari risiko-risiko yang telah teridentifikasi sebelumnya, baik operasional maupun non-operasional. Langkah-langkah mitigasi disusun berdasarkan relevansi langsung terhadap penyebab utama risiko, serta mempertimbangkan efektivitas teknis, biaya implementasi, dan dampaknya terhadap kelangsungan operasional pelabuhan.

4.12.1 Mitigasi Risiko Operasional

Risiko operasional yang ditimbulkan oleh banjir rob, genangan berkepanjangan, dan gangguan akses jalan maupun dermaga memerlukan penanganan teknis secara fisik. Oleh karena itu, tiga opsi utama mitigasi yang diusulkan adalah:

A. Peninggian Dermaga

Peninggian dermaga merupakan salah satu bentuk mitigasi struktural utama untuk mengatasi risiko rob dan genangan air laut yang dapat menghentikan atau memperlambat kegiatan bongkar muat di pelabuhan. Dengan elevasi yang lebih tinggi, dermaga akan lebih tahan terhadap naiknya muka air laut dan lebih aman untuk alat berat dan personel, bahkan saat terjadi pasang maksimum.

Strategi ini tergolong mitigasi jangka panjang dengan nilai investasi besar, namun sangat efektif untuk mengurangi frekuensi dan dampak risiko operasional secara permanen. Peninggian dermaga dilakukan terhadap dua dermaga utama yang terdampak risiko genangan paling tinggi berdasarkan hasil studi teknis.

B. Penambahan Pompa

Penambahan pompa merupakan salah satu opsi utama mitigasi risiko operasional yang ditujukan untuk mengurangi dampak genangan air atau rob di area terminal pelabuhan. Genangan yang tidak segera teratasi dapat menyebabkan gangguan operasional seperti idle alat, keterlambatan bongkar muat, dan terganggunya akses kendaraan logistik. Pompa tambahan akan mempercepat proses pengaliran air dari titik rawan menuju saluran drainase utama, sehingga durasi gangguan bisa ditekan secara signifikan.

C. Peninggian Tanggul

Modul tanggul baja merupakan bentuk mitigasi fisik yang berfungsi sebagai **benteng penahan air** untuk mencegah limpahan air laut (rob) maupun genangan dari daratan masuk ke area operasional pelabuhan. Tanggul ini bersifat modular, sehingga dapat dipasang di titik-titik strategis rawan limpasan air dan memungkinkan fleksibilitas serta efisiensi pemasangan.

Tanggul baja dipilih karena memiliki keunggulan:

- Kuat dan tahan korosi,
- Relatif cepat dipasang,
- Dapat dikombinasikan dengan sistem pompa atau saluran drainase.

4.12.2 Mitigasi Risiko Non Operasional

Untuk risiko non-operasional, langkah mitigasi difokuskan pada penguatan sistem manajerial, teknologi pendukung, keandalan SDM, serta persepsi pengguna.

Berdasarkan lampiran Anda, strategi mitigasi dikelompokkan sesuai dengan masing-masing kategori risiko:

a) Risiko 1 Dukungan Internal & Keuangan

Risiko ini muncul ketika gangguan operasional akibat rob berdampak pada fungsi-fungsi internal pelabuhan, seperti:

- Tertundanya distribusi logistik internal,
- Lembur personel karena pergeseran jadwal kerja,
 - Pengadaan barang yang terganggu,
 - Serta kebutuhan biaya tambahan yang tidak terduga.

Risiko ini tidak terlihat secara langsung di lapangan, namun berpengaruh signifikan terhadap efisiensi biaya dan ketersediaan sumber daya. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan mitigasi yang bersifat preventif, fleksibel, dan terstruktur.

b) Risiko 2 Teknologi & Sistem Pendukung

Fokus mitigasi: Keandalan sistem IT dan utilitas terhadap risiko genangan.

Tujuan: Menjamin sistem tetap aktif meski terjadi gangguan fisik, serta mempercepat proses pemulihan jika terjadi downtime

- UPS industrial dan server tahan air
- Sensor genangan terintegrasi SCADA

- Redundansi jaringan kabel/listrik
- Kontrak DRP (Disaster Recovery Plan) berbasis cloud
- Monitoring sistem TI 24/7
- Simulasi & pelatihan bencana digital
- Overhead 15% sebagai buffer teknis

c) Risiko 3 – Keamanan & Akses Terminal

Fokus mitigasi: Mobilitas SDM dan keamanan terminal saat rob.

Tujuan: Menjaga fungsi kontrol, keamanan, dan respons operasional tetap berjalan di tengah genangan.

- Pos jaga elevated berbasis prefab
- Kendaraan operasional untuk genangan tinggi
- CCTV tahan cuaca dan night vision
- Penerangan tambahan area genangan (solar panel)
- Overhead & tak terduga (15%)

d) Risiko 4 – Reputasi & Kepuasan Pengguna

Fokus mitigasi: Transparansi, informasi real-time, dan peningkatan persepsi layanan.

Tujuan: Menjaga fungsi kontrol, keamanan, dan respons operasional tetap berjalan di tengah genangan.

- Pengembangan dashboard pelabuhan
- Sistem notifikasi otomatis (SMS/WA)
- Survey kepuasan berkala
- Overhead & pemeliharaan sistem

4.13 Biaya Mitigasi Risiko

Biaya mitigasi risiko merupakan estimasi total pengeluaran yang diperlukan untuk melaksanakan tindakan atau strategi pencegahan terhadap potensi gangguan operasional maupun non-operasional di fasilitas terminal petikemas. Biaya ini mencakup berbagai

komponen teknis dan infrastruktur yang dirancang untuk menekan atau mengeliminasi dampak dari risiko yang telah diidentifikasi.

4.13.1 Peninggian Dermaga

- **Kebutuhan Material**

Biaya material mencakup seluruh kebutuhan bahan utama untuk konstruksi ulang dermaga yang lebih tinggi dan tahan terhadap limpasan air laut (rob). Material ini dirancang untuk mendukung struktur beban berat dan kondisi lingkungan maritim.

Tabel 4.6 Kebutuhan Material Peninggian Dermaga

Kebutuhan Material					
Jenis Material	Tipe Kebutuhan	Satuan	Jumlah Kebutuhan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Beton untuk plat lantai dermaga	Volume	m ³	12993.75	1800000	Rp 23,388,750,000
Tiang pancang baja (550 buah)	Volume	m ³	6195.48	1800000	Rp 11,151,864,000
Beton isian bagian atas tiang pancang	Volume	m ³	8026.26	1800000	Rp 14,447,268,000
Beton pile cap (137 titik)	Volume	m ³	1864.29	1800000	Rp 3,355,722,000
Beton untuk balok precast (250 buah)	Volume	m ³	7800	1800000	Rp 14,040,000,000
Tulangan Pile Cap - D25	Jumlah batang	batang (12 m)	5400	225000	Rp 1,215,000,000
Tulangan Pile Cap - D13	Jumlah batang	batang (12 m)	6000	225000	Rp 1,350,000,000
Tulangan Balok - D25	Jumlah batang	batang (12 m)	6000	225000	Rp 1,350,000,000
Tulangan Balok - D16	Jumlah batang	batang (12 m)	3900	225000	Rp 877,500,000
Tulangan Balok - D13	Jumlah batang	batang (12 m)	3000	225000	Rp 675,000,000
Tulangan Tiang Pancang - D32	Jumlah batang	batang (12 m)	19800	225000	Rp 4,455,000,000
Tulangan Tiang Pancang - D13	Jumlah batang	batang (12 m)	8250	225000	Rp 1,856,250,000
Tulangan Plat Lantai - D19	Jumlah batang	batang (12 m)	15468	225000	Rp 3,480,300,000
Tulangan Plat Lantai - D13	Jumlah batang	batang (12 m)	20625	225000	Rp 4,640,625,000
Total Biaya					Rp 86,283,279,000.00

Komponen Utama Material:

Beton untuk Plat Lantai Dermaga (Rp23,39 M)

Digunakan untuk membentuk lapisan atas dermaga, menopang alat berat dan aktivitas bongkar muat.

- **Tiang Pancang Baja (Rp11,15 M)**
Elemen fondasi dalam untuk menopang struktur dermaga, menyesuaikan kedalaman dan kekuatan tanah dasar.
- **Beton Isian Bagian Tiang Pancang (Rp14,45 M)**
Untuk mengisi struktur pancang dan memperkuat fondasi secara monolitik.
- **Beton Pile Cap (Rp3,36 M)**
Bagian pengikat antara kepala tiang pancang dan struktur horizontal dermaga.
- **Beton untuk Balok Precast (Rp14,04 M)**
Elemen struktural horizontal yang dituang di tempat lain lalu dipasang di lokasi, mempercepat pekerjaan.
- **Tulangan Baja (Rp19,89 M)**
Berbagai diameter baja (D13–D32) digunakan untuk memperkuat struktur beton pada seluruh elemen dermaga (pile cap, balok, plat lantai, dan tiang pancang).
- **Total Biaya Material: Rp86.283.279.000**

Tenaga Kerja dan Biaya Pengerjaan

Biaya tenaga kerja dalam proyek mitigasi mencakup berbagai komponen penting, seperti pembayaran upah kepada pekerja lapangan, biaya penyewaan alat berat yang digunakan dalam proses konstruksi, serta ongkos jasa instalasi untuk seluruh elemen struktural dermaga. Komponen biaya ini memiliki peran krusial dalam memastikan bahwa seluruh kegiatan pembangunan dilakukan sesuai dengan standar teknis, ketentuan keselamatan kerja, dan kualitas konstruksi yang sesuai dengan karakteristik lingkungan maritim.

Tabel 4.7 Biaya Tenaga Kerja

Tenaga Kerja					
Jenis Pengerjaan	Deskripsi	Jumlah Pengerjaan		Biaya / Pengerjaan	Total Biaya
Pemasangan Tiang Pancang	Tenaga kerja & alat	1650 titik	1650	Rp 4,500,000	Rp 7,425,000,000
Pemasangan Pile Cap	Tenaga kerja & bekisting	411 unit	411	Rp 3,750,000	Rp 1,541,250,000
Pemasangan Balok Precast	Tenaga kerja & alat berat	750 unit	750	Rp 2,250,000	Rp 1,687,500,000
Pekerjaan Plat Lantai	Tenaga kerja, bekisting & pengecoran	37.125 m ²	37125	Rp 180,000	Rp 6,682,500,000
Pembesian (tulangan semua item)	Tenaga kerja	134.568 batang	134568	Rp 45,000	Rp 6,055,560,000
Mobilisasi Material & Alat Berat	Transportasi & mobilisasi	Lump sum	3	Rp 3,750,000	Rp 11,250,000
Overhead & Keuntungan	Persentase (10%) dari material	0.1	1	Rp 8,628,327,900	Rp 8,628,327,900
Kontinjensi	Cadangan risiko (5%)	0.05	1	Rp 4,314,163,950	Rp 4,314,163,950
Total Biaya					Rp 36,345,551,850

Komponen Utama Tenaga Kerja:

- Pemasangan Tiang Pancang (Rp7,43 M)
Pekerjaan awal untuk membentuk pondasi utama.
- Pemasangan Pile Cap (Rp1,54 M)
Proses pembesian dan pengecoran untuk mengikat kepala tiang pancang.
- Pemasangan Balok Precast (Rp1,69 M)
Pemasangan unit balok siap pasang dengan alat berat.
- Pekerjaan Plat Lantai (Rp6,68 M)
Pekerjaan pengecoran permukaan atas dermaga termasuk bekisting.
- Pembesian Seluruh Struktur (Rp6,06 M)
Tenaga kerja untuk menyusun dan memasang semua tulangan baja.
- Mobilisasi Material & Alat Berat (Rp11,25 Juta)
Biaya pengangkutan dan logistik lapangan.
- Overhead & Keuntungan (Rp8,63 M)
Margin untuk kontraktor, administrasi lapangan, dan manajemen proyek.

- Kontinjensi (5%) (Rp4,31 M)
Cadangan untuk menghadapi risiko teknis atau perubahan harga di lapangan.
- **Total Biaya Tenaga Kerja & Overhead: Rp36.345.551.850**

Semua estimasi ini dihitung untuk **dua dermaga**, sebagai bagian dari strategi mitigasi menyeluruh terhadap risiko rob, dengan total gabungan:

Total Investasi Peninggian Dermaga = Rp122.628.830.850

4.13.2 Penambahan Pompa

Komponen Biaya Penerapan Mitigasi

Biaya investasi untuk penerapan mitigasi pompa ini terdiri dari lima kelompok utama:

Tabel 4.8 Biaya Investasi Peralatan

Biaya Investasi Peralatan					
No	Komponen	Spesifikasi/Volume	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	Pompa sentrifugal	ITT Goulds API-610 (3600/3700	3	Rp 200,000,000	Rp 600,000,000
2	Pompa sentrifugal	Pompa Centrifugal Torishima ETA-N / CEN	2	Rp 300,000,000	Rp 600,000,000

Tabel 4.9 Biaya Kebutuhan Material

Biaya Material & Perlengkapan					
No	Komponen	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Kebutuhan	Estimasi Total
1	Pipa HDPE/GI 6-8 inch	per meter	Rp 350,000	30	Rp 10,500,000
2	Elbow, flange, sambungan	per set	Rp 500,000	2	Rp 1,000,000
3	Saringan inlet baja (custom)	per unit	Rp 1,500,000	2	Rp 3,000,000
Total Biaya					Rp 14,500,000

Tabel 4.10 Biaya Listrik & Panel Kontrol Mitigasi Pompa

Biaya Listrik & Panel Kontrol					
No	Komponen	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah	Estimasi Total
1	Kabel NYY 4×6 mm ²	per meter	Rp 70,000	50	Rp 3,500,000
2	Panel listrik (7,5 kW)	per unit	Rp 2,500,000	1	Rp 2,500,000
3	Panel listrik (11 kW)	per unit	Rp 3,500,000	1	Rp 3,500,000
4	Box panel + MCB/contactor	per set	Rp 1,000,000	1	Rp 1,000,000
Total Biaya					Rp 10,500,000

Tabel 4.11 Rincian Jasa & Pekerjaan Lapangan

Jasa & Pekerjaan Lapangan					
NO	Komponen	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah	Estimasi Total
1	Pemasangan pompa + kelistrikan	per pompa	Rp 2,500,000	2	Rp 5,000,000.00
2	Uji coba & commissioning	sekali kerja	Rp 1,000,000	1	Rp 1,000,000.00
Total Biaya					Rp 6,000,000.00

Biaya Investasi Peralatan (Rp1.200.000.000)

- Pembelian dua jenis pompa sentrifugal berkekuatan tinggi yang dapat menangani aliran besar dalam waktu singkat:
 - TT Goulds API-610 (3600/3700): 3 unit × Rp200.000.000 = Rp600.000.000
 - Torishima ETA-N / CEN: 2 unit × Rp300.000.000 = Rp600.000.000
 - Kedua jenis pompa ini memiliki spesifikasi industri dan dapat dioperasikan secara bergantian atau paralel untuk kondisi darurat.
- Biaya Material & Perlengkapan (Rp14.500.000)
Material pendukung instalasi pompa, seperti:

- Pipa HDPE/GI (6–8 inch) untuk saluran air keluar: Rp10.500.000
- Elbow, flange, sambungan: Rp1.000.000
- Saringan inlet baja (custom): Rp3.000.000

Material ini penting untuk memastikan pompa bekerja optimal tanpa hambatan fisik atau masuknya partikel besar.

3. Biaya Listrik & Panel Kontrol (Rp10.500.000)

Sistem listrik dan kendali pompa:

- Kabel NYY 4×6 mm² (50 meter)
- Panel listrik 7,5 kW & 11 kW
- Box panel + MCB/contact

Komponen ini memastikan pompa dapat diaktifkan secara stabil dan aman, dengan sistem kontrol manual maupun otomatis.

4. Jasa & Pekerjaan Lapangan (Rp6.000.000)

Termasuk:

- Pemasangan pompa dan sistem kelistrikan: Rp5.000.000
- Uji coba & commissioning sistem: Rp1.000.000

Biaya ini mencakup pekerjaan di lapangan untuk memastikan pompa berfungsi dengan baik saat kondisi darurat terjadi.

Investasi ini tergolong moderat namun sangat strategis. Dengan sistem pompa yang memadai:

- Durasi genangan dapat dikurangi secara signifikan,
- Operasional dermaga tetap berjalan saat curah hujan tinggi atau rob ringan,
- Risiko idle cost, kerugian logistik, dan penurunan reputasi dapat ditekan.

Pompa ini juga dapat diintegrasikan dengan sistem monitoring digital atau SCADA di masa depan sebagai bagian dari mitigasi teknologi (non-operasional risiko 2).

4.13.3 Peninggian Tanggul

1. Modul Tanggul Baja (Rp2.080.000.000)

Material utama berupa panel baja modular ukuran $2\text{m} \times 1\text{m}$, sebanyak 104 unit.

Modul ini dipilih karena:

- Tahan terhadap korosi dan tekanan gelombang ringan-menengah,
- Mudah dipasang dan dilepas jika dibutuhkan,
- Lebih efisien daripada tanggul beton permanen.

2. Pondasi / Anchor Penopang (Rp312.000.000)

Sebanyak 104 titik anchor dipasang sebagai fondasi untuk menjamin kekokohan modul tanggul, menjaga kestabilan terhadap tekanan air dan angin.

3. Biaya Pengangkutan & Pemasangan (Rp287.040.000)

Merupakan 12% dari nilai material, mencakup:

- Transportasi dari pabrik/pelabuhan ke lokasi proyek,
- Pekerjaan lapangan untuk pemasangan modul dan pondasi,
- Alat berat ringan (crane mini, bor anchor).

4. Biaya Overhead (Rp239.200.000)

Sebesar 10% dari nilai material, mencakup:

- Administrasi proyek,
- Supervisi lapangan,
- Dokumentasi & pengendalian mutu.

4. Biaya Kontinjensi (Rp119.600.000)

Sebesar 5% dari nilai material, dialokasikan untuk risiko teknis kecil seperti:

- Perubahan desain minor,
- Penyesuaian lapangan karena kondisi geografis tak terduga,
- Fluktuasi harga logistik atau tenaga kerja.

Tabel 4.12 Rincian Biaya Modul Tanggul

Biaya Modul Tanggul					
Jenis Material	Tipe Kebutuhan	Satuan	Jumlah Kebutuhan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Modul Tanggul Baja (2m x 1m)	Jumlah Unit	unit	104	Rp 20,000,000	Rp 2,080,000,000
Pondasi/Anchor Penopang	Jumlah Titik	titik	104	Rp 3,000,000	Rp 312,000,000
Biaya Pengangkutan & Pemasangan (12%)	Persentase dari Material	%	12%	Rp 2,392,000,000	Rp 287,040,000
Biaya Overhead	Persentase dari Material	%	10%	Rp 2,392,000,000	Rp 239,200,000
Biaya Kontinjensi	Persentase dari Material	%	5%	Rp 2,392,000,000	Rp 119,600,000
Total Biaya					Rp 3,037,840,000

Peninggian tanggul dengan sistem modular ini adalah mitigasi berbiaya efisien dan cepat diterapkan, sangat cocok untuk:

- Area rawan rob yang tidak memungkinkan pembangunan dermaga tinggi,
- Lokasi yang berbatasan langsung dengan air terbuka atau saluran primer,
- Proteksi fasilitas penunjang seperti gardu listrik, server, dan pos jaga.

Jika dibandingkan dengan biaya kerugian tahunan akibat genangan (biaya idle alat, tenaga kerja, dan kehilangan reputasi), investasi ini termasuk rendah dan berkontribusi langsung pada kontinuitas layanan pelabuhan.

4.13.3 Mitigasi Risiko 1 Non Operasional

Tabel 4.13 Rincian Biaya Mitigasi Risiko 1 Non Ops

Risiko 1		
Item	Volume	Estimasi Biaya (Rp)
Anggaran kontinjensi cadangan	1 paket	Rp 250,000,000
Buffer stok logistik	1 paket	Rp 100,000,000
Pelatihan SDM & rotasi lembur	2 sesi	Rp 50,000,000
Sistem koordinasi & SOP darurat	Lump sum	Rp 100,000,000
Overhead & tak terduga (15%)	Lump sum	Rp 60,000,000
Total		Rp 560,000,000

Investasi ini tergolong **mitigasi biaya menengah** namun krusial untuk memastikan:

- Fungsi logistik internal tetap berjalan,
- SDM tidak kewalahan saat kondisi darurat,
- Risiko pemborosan biaya karena keputusan mendadak dapat ditekan,
- Pelabuhan tetap beroperasi secara terkoordinasi meski dalam tekanan.

Dengan mitigasi ini, perusahaan memiliki administratif dan finansial yang cukup untuk menyerap gangguan non-operasional jangka pendek hingga menengah.

4.13.5 Mitigasi Risiko 2 Non Operasional

Struktur Mitigasi Bertingkat mitigasi dibagi ke dalam tiga kategori:

1. Tingkat Dasar (Basic)

Mitigasi minimum dengan fokus pada pencegahan kerusakan ringan dan pemulihan dasar. Umumnya mencakup:

- UPS kapasitas rendah,
- Penempatan server pada rak tahan air,
- Simulasi teknis terbatas dan pelatihan internal dasar.

2. Tingkat Menengah (Medium)

Menggabungkan efisiensi dan ketahanan fungsional:

- Sensor genangan terintegrasi IoT,
- Redundansi jaringan kabel,
- Sistem pemulihan cloud/DRP kontraktual,
- Audit dan pemantauan sistem 24 jam non-otomatis.

3. Tingkat Lanjut (Advanced)

Pendekatan proaktif dan menyeluruh untuk memastikan sistem **tetap aktif** bahkan dalam kondisi gangguan berat:

- Sistem SCADA,
- Pemantauan 24/7 otomatis & failover,
- Manajemen risiko TI real-time,
- Data center tahan banjir & terpisah geografis (offsite redundancy).

Tabel 4.14 Rincian Biaya Mitigasi Risiko 2 Non OPS

Risiko 2 (Dasar)		
Item	Volume	Estimasi Biaya (Rp)
UPS industrial kapasitas 15 KVA (upgrade)	2 unit	Rp 300,000,000.00
Rack server tahan air + IP65	3 set	Rp 180,000,000.00
Sensor genangan (IoT + integrasi SCADA)	8 titik	Rp 160,000,000.00
Renovasi dan peninggian ruang server (anti lembap)	30 m ²	Rp 90,000,000.00
Redundansi jaringan kabel & listrik (2 jalur)	Lump sum	Rp 100,000,000.00
Kontrak DRP IT/cloud (dengan audit & pemulihan cepat)	1 kontrak	Rp 150,000,000.00
Pelatihan teknis & simulasi bencana digital	2 sesi	Rp 75,000,000.00
Monitoring sistem IT 24/7 dan manajemen risiko TI	1 tahun	Rp 120,000,000.00
Overhead & tak terduga (15%)	Lump sum	Rp 175,000,000.00
Total		Rp 1,350,000,000

Tabel 4.15 Rincian Biaya Mitigasi Risiko 2 Non OPS Medium

Risiko 2 (Medium)		
Item	Volume	Estimasi Biaya (Rp)
UPS industrial kapasitas 10 KVA	2 unit	Rp 200,000,000
Rack server standar IP54	2 set	Rp 80,000,000
Sensor genangan sederhana (stand-alone)	5 titik	Rp 50,000,000
Perbaikan lantai ruang server	20 m ²	Rp 30,000,000
Pemasangan ulang kabel LAN dan listrik	Lump sum	Rp 30,000,000
DRP IT/cloud basic (off-site backup)	1 kontrak	Rp 75,000,000
Pelatihan internal & simulasi dasar	1 sesi	Rp 25,000,000
Monitoring sistem IT semi-otomatis	1 tahun	Rp 50,000,000
Overhead & tak terduga (15%)	Lump sum	Rp 81,000,000
Total		Rp 621,000,000

Tabel 4.16 Rincian Biaya Mitigasi Risiko 2 Non OPS Advanced

Risiko 2 (Advanced)		
Item	Volume	Estimasi Biaya (Rp)
UPS industrial kapasitas 15 KVA + backup unit	3 unit	Rp 450,000,000
Rack server tahan air IP65 + pendingin otomatis	3 set	Rp 180,000,000
Sensor genangan terintegrasi + kontrol sistem IT	10 titik	Rp 200,000,000
Renovasi ruang server (lantai, dinding, atap, sealant)	30 m ²	Rp 120,000,000
Redundansi kabel listrik + jalur backup fiber optic	Lump sum	Rp 150,000,000
Kontrak DRP + cloud failover + audit recovery	1 kontrak	Rp 180,000,000
Pelatihan advance disaster IT + SOP manajemen risiko	2 sesi	Rp 60,000,000
Monitoring IT 24/7 + sensor suhu + pemeliharaan sistem	1 tahun	Rp 100,000,000
Overhead & tak terduga (15%)	Lump sum	Rp 220,500,000
Total		Rp 1,660,500,000

Catatan:

- *Tingkat Dasar (Basic)*: Untuk kebutuhan minimum atau implementasi awal.
- *Tingkat Menengah (Medium)*: Cocok untuk pelabuhan dengan tingkat trafik sedang dan kebutuhan uptime moderat.
- *Tingkat Lanjut (Advanced)*: Diperlukan jika operasional bersifat kritis dan toleransi terhadap downtime nyaris nol.

4.13.6 Mitigasi Risiko 3 Non Operasional

Tingkat Dasar (Basic)

Mitigasi tingkat dasar merupakan pendekatan minimum dengan memanfaatkan fasilitas dan aset yang telah tersedia. Fokus utama berada pada **adaptasi terbatas**, tanpa penambahan teknologi baru secara signifikan.

Karakteristik:

- Biaya rendah dan cepat diterapkan.
- Mengandalkan modifikasi pada infrastruktur eksisting.
- Cocok untuk area dengan risiko rendah atau sebagai mitigasi awal.

Contoh Aksi:

- Perbaiki pos jaga lama agar tahan lembab.
- CCTV standar (tanpa night vision).
- Kendaraan second hand untuk operasional saat akses sedikit terganggu.
- Lampu sorot portabel darurat.

Tingkat Menengah (Medium)

Tingkat menengah menawarkan solusi yang lebih **komprehensif dan adaptif** terhadap genangan sedang. Pendekatan ini menggabungkan pembaruan infrastruktur dengan unit operasional baru yang lebih tahan terhadap cuaca dan kondisi jalan yang tergenang.

Karakteristik:

- Menyeimbangkan biaya dan perlindungan.
- Meningkatkan mobilitas dan pemantauan secara signifikan.
- Cocok untuk lokasi dengan risiko genangan musiman atau operasional yang masih bisa ditoleransi selama beberapa jam terganggu.

Contoh Aksi:

- Membangun pos jaga elevated berbasis prefab.
- CCTV tahan cuaca + night vision.
- Kendaraan roda 4 dan roda 2 khusus untuk akses tinggi.
- Penerangan area genangan dengan solar panel.

Tingkat Lanjut (Advanced)

Mitigasi lanjutan ditujukan untuk lokasi yang sangat kritikal, di mana akses dan keamanan tidak boleh terganggu meskipun terjadi bencana ekstrem. Pendekatan ini menyatukan infrastruktur fisik tahan genangan, kendaraan ekstrem, dan sistem kontrol otomatis.

Karakteristik:

- Investasi tinggi, perlindungan maksimal.
- Sistem modern dan terintegrasi.
- Diperuntukkan bagi fasilitas utama seperti gate masuk, pos pantau pusat, dan jalur logistik utama.

Contoh Aksi:

- Pos jaga elevated tahan air penuh.
- CCTV dengan panel surya dan pengawasan 24/7.
- Kendaraan off-road baru (roda 4 dan 2) dengan spesifikasi tahan air.
- Sistem kontrol akses otomatis (barrier + RFID).
- Lampu penerangan bertenaga surya tahan banjir.

Tabel 4.17 Biaya Mitigasi Risiko 3 Non OPS Basic

Risiko 3 (Basic)		
Item	Volume	Estimasi Biaya (Rp)
Pembangunan pos jaga elevated berbasis prefab	3 unit	Rp 225,000,000
Pengadaan CCTV tahan cuaca & night vision	12 unit	Rp 150,000,000
Kendaraan operasional rob (roda 4 tinggi 4x4)	2 unit	Rp 400,000,000
Kendaraan roda 2 tinggi (trail + box air tight)	3 unit	Rp 90,000,000
Penerangan tambahan area genangan (solar panel)	10 titik	Rp 60,000,000
Overhead & tak terduga (15%)	Lump sum	Rp 120,000,000
Total		Rp 925,000,000

Tabel 4.18 Rincian Biaya Mitigasi 3 Non OPS Medium

Risiko 3 (Medium)		
Item	Volume	Estimasi Biaya (Rp)
Perbaikan pos jaga eksisting (modifikasi)	2 unit	Rp 80,000,000
CCTV outdoor standar (tanpa night vision)	8 unit	Rp 80,000,000
Kendaraan operasional roda 4 second	1 unit	Rp 150,000,000
Kendaraan roda 2 tinggi (trail biasa)	2 unit	Rp 40,000,000
Lampu sorot darurat portabel	6 unit	Rp 20,000,000
Overhead & tak terduga (15%)	Lump sum	Rp 55,000,000
Total		Rp 425,000,000

Tabel 4.19 Rincian Biaya Mitigasi 3 Non OPS Advanced

Risiko 3 (Advanced)		
Item	Volume	Estimasi Biaya (Rp)
Pembangunan pos jaga elevated berbahan prefab tahan air	4 unit	Rp 360,000,000
Pengadaan CCTV tahan cuaca + night vision + panel surya	15 unit	Rp 250,000,000
Kendaraan operasional roda 4 4x4 tinggi (baru)	2 unit	Rp 500,000,000
Kendaraan roda 2 trail off-road + box kedap air	3 unit	Rp 90,000,000
Lampu sorot genangan dengan energi surya	12 titik	Rp 90,000,000
Sistem kontrol akses otomatis (barrier gate + RFID)	1 sistem	Rp 120,000,000
Overhead & tak terduga (15%)	Lump sum	Rp 208,500,000
TOTAL		Rp 1,618,500,000

Kesimpulan :

Dengan menyusun mitigasi dalam tiga tingkat (Basic – Medium – Advanced), pelabuhan dapat melakukan:

- Penyesuaian bertahap sesuai anggaran,
- Prioritas pengamanan lokasi paling kritikal, dan
- Skalabilitas peningkatan sistem keamanan dalam jangka panjang.

Pendekatan ini juga memberi fleksibilitas tinggi kepada manajemen dalam menyesuaikan level mitigasi berdasarkan evaluasi risiko tahunan atau dinamika operasional.

4.13.7 Mitigasi Risiko 4 Non Operasional

Tabel 4.20 Biaya Mitigasi Risiko 4 non OPS

Risiko 4		
Item	Volume	Estimasi Biaya (Rp)
Pengembangan dashboard pelabuhan	1 sistem	Rp 150,000,000
Sistem notifikasi otomatis (SMS/WA)	1 sistem	Rp 75,000,000
Survey kepuasan berkala	2 siklus	Rp 25,000,000
Overhead & pemeliharaan sistem	Lump sum	Rp 50,000,000
Total		Rp 300,000,000

Analisis Manfaat Mitigasi

Investasi ini bersifat **strategis dan berjangka panjang**, karena menasar aspek yang tidak kasat mata tetapi sangat menentukan loyalitas pengguna, yaitu:

- Kejelasan informasi,
- Kesan bahwa pelabuhan tanggap terhadap gangguan,
- Ruang dialog antara operator dan pengguna layanan.

Dengan sistem notifikasi otomatis dan dashboard transparan, pengguna akan merasa:

- Lebih dihargai,
- Lebih siap mengatur jadwal logistiknya,
- Dan cenderung bertahan sebagai pelanggan meski terjadi gangguan kecil.

Survei kepuasan juga menjadi dasar objektif untuk memperbaiki layanan, sekaligus sebagai **early warning** jika reputasi mulai menurun.

4.14 Analisis Biaya Manfaat

Analisis biaya-manfaat dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan ekonomis dari setiap alternatif mitigasi risiko terhadap gangguan genangan dan rob di masing-masing dermaga. Penilaian dilakukan dengan menghitung **rasio manfaat terhadap biaya** (Benefit-Cost Ratio / BCR) untuk tiap jenis risiko.

4.14.1 Metode Perhitungan

Rumus perhitungan BCR sebagai berikut:

$$BCR = \frac{\text{Total Kerugian Risiko (10 tahun)}}{\text{Biaya Implementasi Mitigasi}}$$

Kriteria kelayakan:

- **BCR > 1** → Mitigasi dianggap **layak** (manfaat lebih besar daripada biaya)
- **BCR < 1** → Mitigasi **tidak layak secara ekonomis**

4.14.2 Strategi Mitigasi yang Diterapkan

Alternatif mitigasi yang digunakan untuk mengurangi risiko gangguan di tiap dermaga dirancang sesuai kebutuhan kondisi lapangan dan efisiensi teknis. Berikut rekap jenis mitigasi yang diterapkan:

Tabel 4.21 Strategi Mitigasi Kade 198-425 Genangan

Dermaga Kade 198-425	
Gangguan Genangan	
Jenis Risiko	Mitigasi yang digunakan
Risiko 1	Menggunakan 5 Pompa
Risiko 2	Menggunakan 5 Pompa & Tanggul
Risiko 3	Menggunakan 5 Pompa
Risiko 4	Peninggian dermaga

Tabel 4.22 Strategi Mitigasi Kade 198-425 ROB

Dermaga Kade 198-425	
Gangguan Rob	
Jenis Risiko	Mitigasi yang digunakan
Risiko 1	Menggunakan 5 Pompa
Risiko 2	Menggunakan 5 Pompa & Tanggul
Risiko 3	Menggunakan 5 Pompa
Risiko 4	Peninggian dermaga

Tabel 4.23 Strategi Mitigasi Kade 30-198 Genangan

Dermaga Kade 30-198	
Gangguan Genangan	
Jenis Risiko	Mitigasi yang digunakan
Risiko 1	hanya menggunakan 3 pompa
Risiko 2	Menggunakan Pompa & Tanggul
Risiko 3	Menggunakan 5 Pompa
Risiko 4	Menggunakan 5 Pompa dan peninggian tanggul

Tabel 4.24 Strategi Mitigasi Kade 30-198 ROB

Dermaga Kade 30-198	
Gangguan Rob	
Jenis Risiko	Mitigasi yang digunakan
Risiko 1	Menggunakan 5 Pompa
Risiko 2	Menggunakan 5 Pompa & Tanggul
Risiko 3	Menggunakan 5 Pompa
Risiko 4	Peninggian dermaga

Kesimpulan :

- **Pompa:** Efektif untuk gangguan rendah tapi butuh kapasitas cukup (3–5 unit) tergantung beban.
- **Tanggul:** Cocok untuk rob atau genangan akibat aliran laut/sungai, digunakan sebagai pelindung perimeter.
- **Peninggian Dermaga:** Solusi struktural untuk gangguan jangka panjang, terutama rob tinggi atau kombinasi rob-genangan yang ekstrem.
- **Kombinasi:** Digunakan pada risiko besar untuk menyeimbangkan efisiensi biaya dan efektivitas teknis.

4.13.4 Hasil Perhitungan BCR

Setelah dilakukan estimasi kerugian akibat gangguan genangan dan rob selama periode 10 tahun, serta penetapan biaya implementasi mitigasi teknis untuk masing-masing risiko, dilakukan analisis perhitungan **rasio manfaat terhadap biaya (Benefit-Cost Ratio / BCR)**. Perhitungan dilakukan untuk setiap risiko operasional pada dua lokasi dermaga (Kade 198–425 dan Kade 30–198), serta dibedakan berdasarkan jenis gangguan (genangan dan rob). Nilai BCR dihitung dengan membandingkan total kerugian yang dapat dihindari selama 10 tahun dengan total biaya mitigasi yang diperlukan. Selanjutnya, hasil BCR dievaluasi untuk menentukan kelayakan ekonomis dari tiap opsi mitigasi.

4.13.5 Benefit Cost Rasio Risiko Operasional

Benefit-Cost Ratio Operasional adalah rasio yang menghitung efisiensi biaya mitigasi terhadap kerugian ekonomi yang bersumber dari gangguan langsung terhadap aktivitas Risiko Operasional, seperti keterlambatan bongkar muat, penurunan throughput kontainer, dan kapal yang tidak tertangani. Manfaat dalam konteks ini termasuk pengurangan biaya akibat gangguan akses, kerusakan utilitas, atau potensi penurunan nilai aset fasilitas akibat terganggu berulang. Manfaat dalam konteks ini termasuk pengurangan biaya akibat gangguan akses, kerusakan utilitas, atau potensi penurunan nilai aset fasilitas akibat terganggu berulang.

Tabel 4.25 BCR Dermaga Kade 198-425 Genangan Operasional

Dermaga Kade 198-425				
Gangguan Genangan				
Jenis Risiko	Kerugian Risiko	Biaya Impelementasi	BCR	Kelayakan
Risiko 1	Rp 1,301,643,343.00	Rp 1,231,000,000	1.1	LAYAK
Risiko 2	Rp 8,391,606,060.61	Rp 4,268,840,000	2.0	LAYAK
Risiko 3	Rp 3,826,697,999.84	Rp 1,231,000,000	3.1	LAYAK
Risiko 4	Rp 158,405,042,184.18	Rp 61,314,415,425	2.6	LAYAK

Tabel 4.26 BCR Dermaga Kade 198-425 ROB Operasional

Dermaga Kade 198-425				
Gangguan Rob				
Jenis Risiko	Kerugian Risiko	Biaya Impelementasi	BCR	Kelayakan
Risiko 1	Rp 1,737,317,355	Rp 1,231,000,000	1.4	LAYAK
Risiko 2	Rp 6,495,393,939	Rp 4,268,840,000	1.5	LAYAK
Risiko 3	Rp 3,103,579,155	Rp 1,231,000,000	2.5	LAYAK
Risiko 4	Rp 314,909,896,236	Rp 61,314,415,425	5.1	LAYAK

Tabel 4.27 BCR Dermaga Kade 30-198 Genangan Operasional

Dermaga Kade 30-198				
Gangguan Genangan				
Jenis Risiko	Kerugian Risiko	Biaya Impelementasi	BCR	Kelayakan
Risiko 1	Rp 796,046,342.00	Rp 631,000,000	1.26	LAYAK
Risiko 2	Rp 6,495,393,939.39	Rp 4,268,840,000	1.52	LAYAK
Risiko 3	Rp 3,161,406,573.47	Rp 1,231,000,000	2.57	LAYAK
Risiko 4	Rp 18,679,834,657.16	Rp 4,268,840,000	4.38	LAYAK

Tabel 4.28 BCR Dermaga Kade 30-198 ROB Operasional

Dermaga Kade 30-198				
Gangguan Rob				
Jenis Risiko	Kerugian Risiko	Biaya Impelementasi	BCR	Kelayakan
Risiko 1	Rp 1,252,159,381	Rp 1,231,000,000	1.02	LAYAK
Risiko 2	Rp 7,607,083,030	Rp 4,268,840,000	1.78	LAYAK
Risiko 4	Rp 2,263,438,197	Rp 1,231,000,000	1.84	LAYAK
Risiko 5	Rp 120,424,432,047	Rp 61,314,415,425	1.96	LAYAK

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil perhitungan, seluruh risiko menunjukkan nilai $BCR > 1$, yang berarti bahwa seluruh strategi mitigasi yang dirancang dinyatakan layak secara ekonomis.

Beberapa risiko dengan nilai kerugian yang besar dan biaya mitigasi yang relatif proporsional menghasilkan nilai BCR yang tinggi, seperti pada Risiko 4 dan Risiko 5 di kedua dermaga. Hal ini menunjukkan efisiensi investasi mitigasi pada risiko-risiko tersebut. Sementara itu, risiko dengan nilai BCR mendekati 1 tetap dipertimbangkan untuk dilakukan mitigasi, namun dengan perhatian khusus pada optimalisasi biaya agar tetap efisien.

Hasil ini menjadi dasar kuat untuk menetapkan prioritas implementasi mitigasi berdasarkan kombinasi nilai kerugian, efektivitas teknis, dan efisiensi ekonomis.

4.13.6 Benefit Cost Rasio Non Operasional

Benefit-Cost Ratio Non-Operasional adalah rasio yang menghitung efisiensi mitigasi terhadap kerugian tidak langsung yang terjadi akibat gangguan terhadap aspek pendukung operasional, seperti akses jalan, utilitas, atau gangguan yang menyebabkan inefisiensi tetapi tidak langsung mengganggu proses bongkar muat. Manfaat dalam konteks ini termasuk pengurangan biaya akibat gangguan akses, kerusakan utilitas, atau potensi penurunan nilai aset fasilitas akibat terganggu berulang.

Tabel 4.29 BCR Dermaga Kade 198-425 Genanga Non Operasional

Dermaga Kade 198-425				
Gangguan Genangan				
Jenis Risiko	Kerugian Risiko	Biaya Impelementasi	BCR	Kelayakan
Risiko 1	Rp 1,062,971,668	Rp 560,000,000	1.90	LAYAK
Risiko 2	Rp 2,619,800,001	Rp 1,350,000,000	1.94	LAYAK
Risiko 3	Rp 1,964,850,000	Rp 925,000,000	2.12	LAYAK
Risiko 4	Rp 83,476,198,000	Rp 61,314,415,425	1.36	LAYAK

Tabel 4.30 BCR Dermaga Kade 198-425 ROB Non Operasional

Dermaga Kade 198-425				
Gangguan ROB				
Jenis Risiko	Kerugian Risiko	Biaya Impelementasi	BCR	Kelayakan
Risiko 1	Rp 862,105,322	Rp 560,000,000	1.54	LAYAK
Risiko 2	Rp 5,796,400,001	Rp 1,660,500,000	3.49	LAYAK
Risiko 3	Rp 4,347,300,000	Rp 1,618,500,000	2.69	LAYAK
Risiko 4	Rp 116,019,254,000	Rp 61,314,415,425	1.89	LAYAK

Tabel 4.31 BCR Dermaga Kade 30-198 Genangan Non Operasional

Dermaga Kade 30-198				
Gangguan Genangan				
Jenis Risiko	Kerugian Risiko	Biaya Impelementasi	BCR	Kelayakan
Risiko 1	Rp 878,168,493.63	Rp 560,000,000	1.57	LAYAK
Risiko 2	Rp 797,220,296.00	Rp 621,000,000	1.28	LAYAK
Risiko 3	Rp 597,900,000.00	Rp 425,000,000	1.41	LAYAK
Risiko 4	Rp 64,005,100,000.00	Rp 61,314,415,425	1.04	LAYAK

Tabel 4. 32 BCR Dermaga Kade 30-198 ROB Non Operasional

Dermaga Kade 30-198				
Gangguan Rob				
Jenis Risiko	Kerugian Risiko	Biaya Impelementasi	BCR	Kelayakan
Risiko 1	Rp 628,732,833.48	Rp 560,000,000	1.12	LAYAK
Risiko 2	Rp 3,700,200,001.00	Rp 1,660,500,000	2.23	LAYAK
Risiko 3	Rp 2,775,150,000.00	Rp 1,618,500,000	1.71	LAYAK
Risiko 4	Rp 66,555,706,000.00	Rp 61,314,415,425	1.09	LAYAK

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil perhitungan, seluruh risiko pada masing-masing dermaga dan jenis gangguan menunjukkan nilai BCR > 1, yang berarti bahwa seluruh strategi mitigasi yang dirancang dinyatakan layak secara ekonomis. Hal ini mengindikasikan bahwa biaya yang dikeluarkan untuk implementasi mitigasi dapat dikompensasi oleh nilai kerugian yang berhasil dikurangi.

Beberapa risiko memiliki nilai kerugian yang tinggi dengan biaya mitigasi yang masih proporsional, sehingga menghasilkan nilai BCR yang tinggi, seperti pada Risiko 2 dan Risiko 3 di Dermaga Kade 198–425 saat menghadapi gangguan rob, serta Risiko 2 dan Risiko 4 di Dermaga Kade 30–198. Nilai BCR yang tinggi pada risiko-risiko ini menunjukkan bahwa investasi mitigasi bersifat sangat efisien dan memberikan manfaat ekonomis yang besar.

Sementara itu, terdapat pula beberapa risiko dengan nilai BCR mendekati 1, seperti Risiko 4 pada gangguan genangan di Dermaga Kade 30–198. Meski demikian, strategi mitigasi tetap dipertimbangkan untuk dilaksanakan, dengan perhatian khusus pada pengendalian dan optimalisasi biaya, guna memastikan efisiensi pelaksanaan tetap terjaga.

Hasil evaluasi ini menjadi dasar yang kuat untuk menetapkan prioritas implementasi mitigasi, dengan mempertimbangkan kombinasi dari

BAB V

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Fasilitas dermaga di TPKS saat ini memiliki elevasi yang relatif rendah, dengan perbedaan tinggi antara segmen **kade 30–198 (53 cm)** dan kade **198–425 (89 cm)** dari permukaan laut. Ditambah dengan penurunan tanah sekitar 9,03 cm, kondisi ini membuat dermaga semakin rentan terhadap risiko gangguan. Tanpa upaya mitigasi, potensi gangguan diperkirakan akan meningkat dalam 10 tahun ke depan.
2. Gangguan operasional akibat genangan dan rob terhadap fasilitas Terminal Petikemas Semarang (TPKS) mencakup beberapa aspek penting, khususnya pada area dermaga yang memiliki elevasi rendah dan mengalami penurunan tanah (subsidence). Bentuk gangguan tersebut meliputi:
 - **Terganggunya Aktivitas Bongkar Muat**
Genangan pada area dermaga menyebabkan alat berat tidak dapat beroperasi optimal, terutama crane dan Haulage. Genangan air menyebabkan terbatasnya akses pergerakan kontainer, yang berdampak pada terganggunya alur distribusi logistik di pelabuhan.
 - **Berkurangnya Volume Throughput**
Operasional dermaga menjadi tidak efisien akibat penurunan throughput tahunan, yang disebabkan oleh keterlambatan siklus bongkar muat dan terjadinya gangguan berulang sepanjang tahun.
 - **Penurunan Kemampuan Pelayanan Kapal**
Dalam kondisi gangguan yang ekstrem, sejumlah kapal tidak dapat ditangani karena terbatasnya ruang operasional di dermaga. Hal ini menyebabkan beberapa kapal harus menunggu lebih lama, dialihkan ke pelabuhan lain, atau bahkan membatalkan rencana sandar di TPKS. Akibatnya, pelabuhan mengalami potensi kerugian dari sisi pendapatan jasa labuh, penurunan kepercayaan pelanggan, dan berkurangnya daya saing secara umum.

3. Penentuan prioritas mitigasi terhadap fasilitas terminal dilakukan melalui pendekatan kuantitatif berbasis analisis risiko yang mempertimbangkan tiga indikator utama, yaitu:

- **Kerugian Risiko (Risk Loss):**

Menggambarkan nilai kerugian ekonomi akibat terjadinya gangguan (baik genangan maupun rob) pada fasilitas terminal. Semakin besar nilai kerugian, semakin tinggi urgensi mitigasi.

- **Biaya Implementasi Mitigasi:**

Biaya yang dibutuhkan untuk melaksanakan strategi mitigasi, seperti pemasangan pompa, pembangunan tanggul, atau peninggian dermaga.

- **Benefit-Cost Ratio (BCR):**

Rasio antara manfaat ekonomi dari penurunan kerugian terhadap biaya implementasi mitigasi. Nilai $BCR > 1$ menandakan bahwa mitigasi layak secara ekonomis, dan nilai BCR yang semakin tinggi menunjukkan efisiensi investasi yang lebih besar.

Dengan menggabungkan ketiga indikator tersebut, maka strategi mitigasi dapat diprioritaskan berdasarkan:

- Besarnya kerugian risiko yang dapat dikurangi,
- Efisiensi biaya mitigasi (BCR tertinggi),
- Sifat mitigasi (sementara atau struktural jangka panjang).

Fasilitas yang Paling Rentan dan Perlu Ditangani Terlebih Dahulu

Berdasarkan hasil analisis, fasilitas yang paling rentan untuk ditangani terlebih dahulu adalah:

1. **Dermaga Kade 198–425 terhadap Gangguan Rob – Risiko 4**

Kerugian Risiko: Rp314 miliar

BCR: 5,1 (tertinggi dari seluruh risiko yang dianalisis)

Mitigasi: Peninggian dermaga

Risiko ini menunjukkan bahwa peninggian dermaga sangat efisien dan berdampak signifikan dalam mengurangi kerugian akibat rob. Nilai BCR yang tinggi menandakan bahwa biaya yang dikeluarkan sepadan, bahkan lebih kecil dibanding potensi manfaat yang diperoleh.

2. **Dermaga Kade 30–198 terhadap Gangguan Genangan – Risiko 4**

Kerugian Risiko: Rp18,6 triliun

BCR: 4,38

Mitigasi: Kombinasi 5 pompa dan peninggian tanggul
Dengan nilai kerugian yang sangat besar dan mitigasi yang efisien, fasilitas ini menjadi prioritas berikutnya untuk ditangani, terutama karena potensi dampaknya terhadap operasional sangat luas.

3. **Dermaga Kade 198–425 terhadap Gangguan Rob – Risiko**

Kerugian Risiko: Rp6,49 triliun

BCR: 3,5

Mitigasi: Pompa dan tanggul

Risiko ini juga menempati prioritas tinggi karena nilai kerugian besar yang dapat ditekan secara efisien melalui kombinasi mitigasi teknis.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat saran yang dapat diberikan oleh penulis, yaitu:

1. **Perluasan Faktor Risiko:**

Studi ini berfokus pada risiko genangan dan rob yang disebabkan oleh pasang surut air laut dan penurunan muka tanah (land subsidence). Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar mempertimbangkan faktor risiko lainnya seperti banjir akibat curah hujan tinggi, gempa bumi, serta potensi kerusakan struktural pada infrastruktur pelabuhan.

2. **Pendalaman Aspek Teknis Implementasi Mitigasi:**

Penelitian ini mengevaluasi dampak operasional dari skenario sebelum dan sesudah mitigasi diterapkan, tanpa membahas secara teknis proses implementasi mitigasi tersebut. Oleh karena itu, penelitian lanjutan diharapkan dapat mengeksplorasi aspek teknis pelaksanaan mitigasi, termasuk tahapan konstruksi, kebutuhan sumber daya, serta kendala lapangan yang mungkin terjadi, guna menghasilkan strategi yang lebih aplikatif dan komprehensif

DAFTAR PUSTAKA

- Andnur, M. O., Widada, S., & Suryo, A. A. D. (2022). Analisis Tinggi Muka Air Laut dan Penurunan Muka Tanah untuk Perencanaan Tinggi Lantai Bangunan di Pesisir Utara Kota Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 4(2), 56–60.
- Khairullah, K. K., Rifai, A., & Indrayanti, E. (2024). Studi Luasan Genangan Banjir Rob Akibat Kenaikan Muka Air Laut Dan Penurunan Muka Tanah Di Kecamatan Sayung, Demak. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 6(4), 316–323.
- Shalsabilla, A., Setiyono, H., Sugianto, D. N., Ismunarti, D. H., & Marwoto, J. (2022). Kajian Fluktuasi Muka Air Laut Sebagai Dampak dari Perubahan Iklim di Perairan Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 4(1), 69–76.
- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., Sidiq, T. P., & Fukuda, Y. (2013). Land subsidence in coastal city of Semarang (Indonesia): characteristics, impacts and causes. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 4(3), 226-240.
- Andreas, H., Abidin, H. Z., Sarsito, D. A., & Pradipta, D. (2018). Insight Analysis on Dyke Protection Against Land Subsidence and The Sea Level Rise Around Northern Coast of Java (Pantura) Indonesia. *Geoplanning Journal of Geomatics and Planning*, 5, 101-114.
- Fakhri Islam, L. J., Prasetyo, Y., & Sudarsono, B. (2017). Analisis Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence) Kota Semarang Menggunakan Citra Sentinel-1 Berdasarkan Metode Dinsar Pada Perangkat Lunak Snap. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(2), 29-36.
- Fedriawan, & Zhafirah, A. (2022). Penurunan Tanah Berdasarkan Hasil Uji Konsolidasi di Laboratorium. *Jurnal Konstruksi*, 20(2), 234–239.
- Irawan, A. M., Marfai, M. A., Munawar, Nugraheni, I. R., Gustono, S. T., Rejeki, H. A., Widodo, A., Mahmudiah, R. R., & Faridatunnisa, M. (2021). Comparison between averaged and localised subsidence measurements for coastal floods projection in 2050 Semarang, Indonesia. *Urban Climate*, 35, 100760.
- Ismanto, A., Wirasatriya, A., Helmi, M., Hartoko, A., & Metode, M. (2012). Model Sebaran Penurunan Tanah di Wilayah Pesisir Semarang. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 14(4), 189-196.
- Rahili, N., Al Hakim, B., Ariyanto, D., Cholishoh, E., Aprijanto, D., Prabawardani, D. R., Prijambodo, T., & Gumbira, G. (2023). Tidal Characteristics for Disaster Preparedness in the Port Area (Case Study: Port of Semarang, Central Java). *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 28(2), 181–188.
- Yastika, P. E., Shimizu, N., & Abidin, H. Z. (2019). Monitoring of long-term land subsidence from 2003 to 2017 in coastal area of Semarang, Indonesia by SBAS DInSAR analyses using Envisat-ASAR, ALOS-PALSAR, and Sentinel-1A SAR data. *Advances in Space Research*, 63(5), 1719-1736.

- Kusumaning, T., Sekar, F. (2014). Flood Management Strategy in Port of Tanjung Emas Semarang. *Warta Penelitian Perhubungan*, 677-687.
- Harwitasari, D., van Ast, J. (2011). Climate Change Adaptation in Practice: people's Responses to tidal flooding in Semarang, Indonesia. *J Flood Risk Management*, 1-18.
- Prasetya, Yuwono, A. (2017). Pemantauan Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Tahun 2016 Menggunakan Perangkat Lunak Gamit. *Jurnal Geodesi Universitas Diponegoro*, 6(2), 21–28.
- Kurniawan, dkk. (2013). Studi Perubahan Nilai Tanah dan Penggunaan Lahan Pada Daerah Rawan Genangan Banjir Rob di Kecamatan Semarang Utara. *Jurnal Geodesi Undip*, 2(4), 41–56.
- Bakti, L. M. (2010). Kajian Sebaran Potensi Rob Kota Semarang dan Usulan Penanganannya. Universitas Diponegoro Semarang.
- Sugiyanto dan Kodoatie. (2002). *Banjir Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- Alfa, H., & Pattipawaej, S. (2019). *Analisis Stabilitas Dermaga terhadap Tekanan Hidrostatik di PPN Pemangkat*. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 121–130.
- Samosir, J. H., Syahputra, H., & Nugroho, R. A. (2018). *Analisa Peninggian Dermaga Terminal Petikemas Semarang Kade 0-345*. UNDIP E-journal.
- Sidabalok, T., & Rildova, M. (2024). *Pengaruh Tekanan Gelombang terhadap Stabilitas Struktural Dermaga Menggunakan Pemodelan ANSYS*. *Jurnal Teknik Sipil ITB*.
- Suhartono, H., et al. (2013). *Sea Water Intrusion Modeling on Groundwater Confined Aquifer in Semarang Coastal Area*. *Geomate Journal*, 5(1), 77–83.
- Utami, N. N., et al. (2017). *Resistivity Modeling of Seawater Intrusion in Semarang*. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(3), 181–190.
- Nirmala, T. (2020). *Karakteristik Sedimen dan Potensi Intrusi Air Laut di Kawasan Pesisir Semarang*. *Jurnal Geologi Kelautan*, 18(1), 1–12.
- Ferguson, G., & Gleeson, T. (2012). *Vulnerability of Coastal Freshwater to Seawater Intrusion*. *Nature Climate Change*, 2(5), 342–345.
- Widada, W., Kusratmoko, E., & Fadillah, A. (2020). Mitigation of floodwaters by building flood resilient settlements in Semarang. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Pujiastuti, D. W., Supriyanto, B., & Lestari, C. P. (2015). Analisis Pengaruh Land Subsidence Terhadap Luasan Rob di Kota Semarang Menggunakan SIG. *Jurnal Geodesi Undip*

LAMPIRAN

Lampiran 1 Frekuensi Gangguan Genangan

Fasilitas Dermaga Kade 198-425			
Tahun	Genangan < 30 cm	Genangan 30 - 80 cm	Genangan >80 cm
1	3785	101	0
2	6096	733	0
3	5830	2552	0
4	2694	5992	2
5	991	7686	49
6	287	7938	511
7	59	6789	1888
8	24	4350	4362
9	3	1866	6867
10	0	692	8042

Fasilitas Dermaga Kade 30-198			
Tahun	Genangan < 30 cm	Genangan 30 - 80 cm	Genangan >80 cm
1	313	0	0
2	1348	2	0
3	3664	82	0
4	5897	702	0
5	5861	2345	0
6	3690	4921	0
7	1270	7385	43
8	423	7837	469
9	184	6768	1784
10	52	4533	4149

Lampiran 2 Tinggi Tanggul Efektif

KADE 199-425	
Tahun	Tinggi Tanggul Efektif
1	187
2	178
3	169
4	160
5	151
6	142
7	133
8	124
9	115
10	106

KADE 30-198	
Tahun	Tinggi Tanggul Efektif
1	223
2	214
3	205
4	196
5	187
6	178
7	169
8	160
9	151
10	142

Lampiran 3 Frekuensi Kejadian ROB

Tahun	Kade 199-425	Kade 30-198
1	257	0
2	1093	6
3	3326	211
4	6164	1051
5	8067	3067
6	8563	5795
7	8692	7871
8	8726	8290
9	8736	8619
10	8734	8695

Lampiran 4 PDRB & Throughput

Tahun	PDRB	Forecast PDRB	Eksisting (TEUs)	Proyeksi (TEUs)	Jumlah Container 40 Teu	Jumlah Container 20 Teu	Jumlah	Pendapatan
2019	524,237		703,220					
2020	492,226		717,062					
2021	512,032		797,020					
2022	546,246		765,942					
2023	573,626		781,841					
2024	737,065	737,065	895,904					
2025		769,648		1,048,646	330,324	387,999	718,323	Rp 566,006,675,000
2026		813,973		1,109,039	349,348	410,345	759,693	Rp 598,604,375,000
2027		858,298		1,169,431	368,371	432,690	801,061	Rp 631,200,950,000
2028		902,623		1,229,824	387,395	455,035	842,430	Rp 663,798,000,000
2029		946,948		1,290,217	406,419	477,381	883,800	Rp 696,395,225,000
2030		991,273		1,350,610	425,443	499,726	925,169	Rp 728,992,275,000
2031		1,035,598		1,411,002	444,466	522,071	966,537	Rp 761,588,850,000
2032		1,079,923		1,471,395	463,490	544,417	1,007,907	Rp 794,186,075,000
2033		1,124,248		1,531,788	482,514	566,762	1,049,276	Rp 826,783,125,000
2034		1,168,573		1,592,181	501,537	589,107	1,090,644	Rp 859,379,700,000

Lampiran 4 Proyeksi Data Kunjungan kapal

Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Luar Negeri	589	603	617	632	647	662	678	694	711	728
Dalam Negeri	515	613	729	867	1031	1226	1458	1734	2062	2452
Total	1104	1216	1346	1499	1678	1888	2136	2428	2773	3180
Shipcall/Berth	368	406	449	500	560	630	712	810	925	1060

Lampiran 5 Dampak Kontainer Dermaga kade 198-425 Genangan

Tahun	Dermaga kade 198-425			Total (Jam)	Waktu Yang Tidak recover (Jam)	Volume box yang terganggu	Kerugian 20 Teus	Kerugian 40 Teus	Total Kerugian
	Rendah	Sedang	Tinggi						
2025	314	17	-	330	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2026	534	129	-	663	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2027	539	472	-	1,010	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2028	262	1,164	1	1,427	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2029	101	1,567	25	1,693	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2030	31	1,694	273	1,998	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2031	7	1,514	1,053	2,573	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2032	3	1,011	2,535	3,549	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2033	0	452	4,155	4,607	-1146	-32099 Rp	7,423,125,000	Rp 18,687,978,000	Rp 26,111,103,000
2034	-	174	5,057	5,231	-1980	-55432 Rp	12,818,750,000	Rp 32,271,552,000	Rp 45,090,302,000
									Rp 71,201,405,000

Lampiran 6 Dampak kontainer Dermaga kade 30-198 Genangan

Tahun	Dermaga kade 30-198			Total (Jam)	Waktu Yang Tidak recover	Volume box yang terganggu	Kerugian 20 Teus	Kerugian 40 Teus	Total Kerugian
	Rendah	Sedang	Tinggi						
2025	2	-	-	2	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2026	23	0	-	24	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2027	151	7	-	158	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2028	435	104	-	539	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2029	562	450	-	1,011	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2030	388	1,035	-	1,423	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2031	141	1,639	24	1,804	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2032	49	1,820	273	2,143	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2033	22	1,638	1,080	2,740	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2034	7	1,140	2,609	3,756	-504	-14121 Rp	3,265,625,000	Rp 4,243,341,000	Rp 7,508,966,000

Lampiran 7 Dampak Kontainer Dermaga kade 198-425 ROB

Tahun	Klasifikasi (Jam)			Total (Jam)	Waktu Yang Tidak recover	Volume box yang terganggu	Kerugian 20 Teus	Kerugian 40 Teus	Total Kerugian
	Rendah	Sedang	Tinggi						
2025	15	28	2	44	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2026	41	160	33	234	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2027	78	434	324	836	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2028	86	687	1,136	1,910	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2029	23	432	3,163	3,618	0	0 Rp	-	Rp	Rp -
2030	12	241	3,945	4,198	-110	-3091 Rp	715,000,000	Rp 1,800,063,000	Rp 2,515,063,000
2031	2	81	4,638	4,720	-842	-23574 Rp	5,451,875,000	Rp 13,724,424,000	Rp 19,176,299,000
2032	2	28	4,996	5,025	-1356	-37964 Rp	8,779,375,000	Rp 22,102,182,000	Rp 30,881,557,000
2033	0	10	5,259	5,269	-	646 Rp	11,712,500,000	Rp 29,485,539,000	Rp 41,198,039,000
2034	-	3	5,486	5,489	-2237	-62639 Rp	14,485,625,000	Rp 36,467,943,000	Rp 50,953,568,000
									Rp 144,724,526,000

Lampiran 8 Dampak kontainer dermaga kade 30-198 ROB

Dermaga kade 30-198									
Tahun	Klasifikasi (Jam)			Total (Jam)	Waktu Yang Tidak recover	Volume box yang terganggu	Kerugian 20 Teus	Kerugian 40 Teus	Total Kerugian
	Rendah	Sedang	Tinggi						
2025	-	-	-	-	0	0	Rp -	Rp -	Rp -
2026	1	1	-	1	0	0	Rp -	Rp -	Rp -
2027	14	22	2	38	0	0	Rp -	Rp -	Rp -
2028	37	147	33	217	0	0	Rp -	Rp -	Rp -
2029	77	389	311	777	0	0	Rp -	Rp -	Rp -
2030	92	644	1,129	1,864	0	0	Rp -	Rp -	Rp -
2031	38	649	2,580	3,267	0	0	Rp -	Rp -	Rp -
2032	12	270	4,168	4,450	-781	-21864	Rp 5,056,250,000	Rp 12,729,084,000	Rp 17,785,334,000
2033	7	92	4,949	5,049	-1588	-44464	Rp 10,282,500,000	Rp 25,886,352,000	Rp 36,168,852,000
2034	1	54	5,329	5,384	-2132	-59699	Rp 13,805,625,000	Rp 34,756,146,000	Rp 48,561,771,000
									Rp 102,515,957,000

Lampiran 9 Kapal yang terdampak

Dampak Dari Kapal Yang terganggu

Average LOA

161.395

Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Jumlah Shipcall	368	406	449	500	560	630	712	810	925	1060
Berthing time kapal	9.86	9.45	9.01	8.51	7.97	7.42	6.86	6.28	5.73	5.20
BOR	34%	36%	38%	40%	42%	44%	46%	48%	50%	52%

Kapal yang terdampak

Dermaga Kade 198-425

Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Risiko Genangan	164	317	430	496	558	629	711	808	923	1,057
Risiko ROB	11	51	171	352	516	616	707	807	923	1057

Kapal yang terdampak

Dermaga Kade30-198

Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Risiko Genangan	14	63	193	377	525	620	707	808	923	1057
Risiko ROB	0	1	11	60	197	417	640	767	911	1053

Jam Operasional Tambahan Yang dibutuhkan

DERMAGA KADE 198-425

Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Risiko Genangan	330.4	663.0	1010.2	1427.2	1692.8	1997.8	2573.2	3549.0	4607.0	5231.4
Risiko ROB	44.4	234.2	836.0	1909.6	3618.4	4197.8	4720.4	5025.4	5269.4	5488.8

Waktu Tambahan berthing time tiap kapal		Dermaga Kade 198-425								
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Risiko Genangan	2.01	2.09	2.35	2.88	3.03	3.18	3.62	4.39	4.99	4.95
Risiko ROB	4.04	4.59	4.89	5.42	7.01	6.81	6.68	6.23	5.71	5.19

Waktu Tambahan berthing time tiap kapal		Dermaga Kade 30-198								
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Risiko Genangan	0.15693	0.37759	0.81967	1.42919	1.92649	2.2958	2.55191	2.65172	2.96901	3.55345
Risiko ROB	0	1.40909	3.41873	3.61667	3.94416	4.47101	5.10438	5.80234	5.54181	5.11282

BOR setelah gangguan		Dermaga kade 198-425								
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Risiko Genangan	40%	43%	46%	51%	56%	60%	67%	78%	89%	96%
Risiko ROB	47%	52%	57%	63%	76%	81%	87%	91%	95%	98%

BOR setelah gangguan		Dermaga kade 30-198								
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Risiko Genangan	34%	36%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	72%	83%
Risiko ROB	33%	40%	51%	55%	60%	67%	76%	88%	93%	98%

Jumlah Kapal Ideal Saat bor 70%		DERMAGA KADE 198-425								
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Risiko Genangan	648	669	681	681	706	735	744	732	730	772
Risiko ROB	554	550	557	557	519	547	576	624	684	754

Jumlah Kapal Ideal Saat bor 70%		DERMAGA KADE 30-198								
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Risiko Genangan	769	785	787	780	785	801	829	874	899	895
Risiko ROB	781	711	622	639	652	655	652	646	694	760

Jumlah Kapal yang tidak tertangani karena bor max		DERMAGA KADE 198-425								
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Risiko Genangan	0	0	0	0	0	0	0	78	195	288
Risiko ROB	0	0	0	0	41	83	136	186	241	306

Jumlah Kapal yang tidak tertangani karena bor max		DERMAGA KADE 30-198								
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Risiko Genangan	0	0	0	0	0	0	0	0	26	165
Risiko ROB	0	0	0	0	0	0	60	164	231	300

Lampiran 10 Dampak Risiko 1 Operasional

Perhitungan Dampak Risiko 1

Genangan		Dermaga Kade 198-425				
Tahun	Jam delay	Jumlah Ka	Rata-Rata / Kapal	Total denda		
2025	331	12	27.58333333	Rp	12,908,860	
2026	663	24	27.625	Rp	25,817,719	
2027	1011	38	26.60526316	Rp	40,878,055	
2028	1428	56	25.5	Rp	60,241,345	
2029	1693	71	23.84507042	Rp	76,377,419	
2030	1998	90	22.2	Rp	96,816,447	
2031	2574	126	20.42857143	Rp	135,543,026	
2032	3549	189	18.77777778	Rp	203,314,539	
2033	4607	268	17.19029851	Rp	288,297,864	
2034	5232	336	15.57142857	Rp	361,448,069	
Total					Rp	1,301,643,343
ROB		Dermaga Kade 198-425				
Tahun	Jam delay	Jumlah Ka	Rata-Rata / Kapal	Total denda		
2025	45	2	22.5	Rp	2,151,477	
2026	235	9	26.11111111	Rp	9,681,645	
2027	836	31	26.96774194	Rp	33,347,887	
2028	1910	75	25.46666667	Rp	80,680,373	
2029	3619	152	23.80921053	Rp	163,512,222	
2030	4198	189	22.21164021	Rp	203,314,539	
2031	4721	230	20.52608696	Rp	247,419,809	
2032	5026	267	18.82397004	Rp	287,222,126	
2033	5270	307	17.16612378	Rp	330,251,658	
2034	5489	353	15.54957507	Rp	379,735,620	
Total					Rp	1,737,317,355

Genangan		Dermaga Kade 30-198				
Tahun	Jam delay	Jumlah Kapal	Rata-Rata	Total denda		
2025	3	1	3	Rp	1,075,738	
2026	24	1	24	Rp	1,075,738	
2027	159	6	26.5	Rp	6,454,430	
2028	539	22	24.5	Rp	23,666,243	
2029	1012	43	23.5349	Rp	46,256,747	
2030	1424	64	22.25	Rp	68,847,251	
2031	1805	88	20.5114	Rp	94,664,970	
2032	2143	114	18.7982	Rp	122,634,166	
2033	2741	160	17.1313	Rp	172,118,128	
2034	3756	241	15.5851	Rp	259,252,930	
Total				Rp	796,046,342	

ROB		Dermaga Kade 30-198				
Tahun	Jam delay	Jumlah Kapal	Rata-Rata	Total denda		
2025	0	0	0	Rp	-	
2026	2	1	2	Rp	1,075,738	
2027	38	2	19	Rp	2,151,477	
2028	217	9	24.1111	Rp	9,681,645	
2029	777	33	23.5455	Rp	35,499,364	
2030	1865	84	22.2024	Rp	90,362,017	
2031	3267	159	20.5472	Rp	171,042,390	
2032	4451	236	18.8602	Rp	253,874,239	
2033	5049	294	17.1735	Rp	316,267,060	
2034	5384	346	15.5607	Rp	372,205,452	
Total				Rp	1,252,159,381	

Lampiran 11 Perhitungan Biaya Risiko 2 Operasional

Genangan Dermaga Kade 30-198					
Tahun	Jam delay	Jumlah Kapal	Rata-Rata	Total denda	
2025	3	1	3	Rp	1,075,738
2026	24	1	24	Rp	1,075,738
2027	159	6	26.5	Rp	6,454,430
2028	539	22	24.5	Rp	23,666,243
2029	1012	43	23.5349	Rp	46,256,747
2030	1424	64	22.25	Rp	68,847,251
2031	1805	88	20.5114	Rp	94,664,970
2032	2143	114	18.7982	Rp	122,634,166
2033	2741	160	17.1313	Rp	172,118,128
2034	3756	241	15.5851	Rp	259,252,930
Total				Rp	796,046,342

ROB Dermaga Kade 30-198					
Tahun	Jam delay	Jumlah Kapal	Rata-Rata	Total denda	
2025	0	0	0	Rp	-
2026	2	1	2	Rp	1,075,738
2027	38	2	19	Rp	2,151,477
2028	217	9	24.1111	Rp	9,681,645
2029	777	33	23.5455	Rp	35,499,364
2030	1865	84	22.2024	Rp	90,362,017
2031	3267	159	20.5472	Rp	171,042,390
2032	4451	236	18.8602	Rp	253,874,239
2033	5049	294	17.1735	Rp	316,267,060
2034	5384	346	15.5607	Rp	372,205,452
Total				Rp	1,252,159,381

Lampiran 12 Biaya Risiko 3 Operasional

Total Biaya Kerugian Risiko : Dermaga Kade 198-425				Total Biaya Kerug Dermaga kade 30-198			
Tahun	Risiko Genangan	Risiko Rob		Tahun	Risiko Genangan	Risiko Rob	
2025	Rp 88,696	Rp 88,696		2025	Rp 590	Rp -	
2026	Rp 398,940	Rp 398,940		2026	Rp 14,314	Rp 2,400	
2027	Rp 1,280,084	Rp 1,280,084		2027	Rp 200,458	Rp 57,582	
2028	Rp 2,494,858	Rp 2,494,858		2028	Rp 941,872	Rp 283,508	
2029	Rp 3,425,433	Rp 3,425,433		2029	Rp 2,046,614	Rp 735,564	
2030	Rp 3,806,247	Rp 7,779,883		2030	Rp 2,711,873	Rp 1,690,504	
2031	Rp 4,036,339	Rp 34,345,067		2031	Rp 2,830,062	Rp 2,793,386	
2032	Rp 4,225,568	Rp 53,036,114		2032	Rp 3,485,480	Rp 31,852,072	
2033	Rp 45,673,686	Rp 69,519,868		2033	Rp 2,619,673	Rp 61,386,416	
2034	Rp 75,845,719	Rp 85,112,447		2034	Rp 21,440,805	Rp 81,244,896	
Total Biaya Kerugian	Rp 141,275,571	Rp 257,481,389		Total Biaya Kerugian	Rp 36,291,741	Rp 180,046,330	

Lampiran 13 Biaya Risiko 4 Operasional

Kerugian Haulage		Dermaga Kade 198-425												Total Biaya
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034				
Risiko Genangan	Rp 144,842,423	Rp 269,195,906	Rp 348,407,538	Rp 379,775,417	Rp 400,168,057	Rp 419,379,676	Rp 438,131,342	Rp 456,884,369	Rp 475,637,395	Rp 494,275,877			Rp 3,826,698,000	
Risiko Rob	Rp 9,579,131	Rp 43,085,536	Rp 138,249,042	Rp 269,444,714	Rp 369,946,793	Rp 411,074,653	Rp 435,924,637	Rp 456,361,378	Rp 475,637,395	Rp 494,275,877			Rp 3,103,579,155	

Kerugian Haulage		Dermaga Kade 30-198												Total Biaya
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034				
Risiko Genangan	Rp 11,666,412	Rp 53,216,353	Rp 155,706,828	Rp 288,459,712	Rp 376,321,233	Rp 413,379,937	Rp 436,225,551	Rp 456,518,275	Rp 475,637,395	Rp 494,275,877			Rp 3,161,406,573	
Risiko Rob	Rp -	Rp 236,517	Rp 8,770,459	Rp 45,941,985	Rp 140,650,405	Rp 278,194,279	Rp 394,749,519	Rp 433,558,999	Rp 469,267,251	Rp 492,068,793			Rp 2,263,438,197	

Lampiran 14 Biaya Risiko 5 Operasional

Risiko ROB		Biaya Tambahan penumpukan container											
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034			
Dermaga kade 198-425	Rp 88,098	Rp 398,940	Rp 1,280,094	Rp 2,494,858	Rp 3,423,439	Rp 3,806,247	Rp 4,036,939	Rp 4,225,568	Rp 4,404,050	Rp 4,576,639			Rp 4,576,639
Dermaga kade 30-198	Rp -	Rp 2,400	Rp 57,582	Rp 283,508	Rp 735,564	Rp 1,690,504	Rp 2,793,386	Rp 3,742,072	Rp 4,219,507	Rp 4,489,078			Rp 4,489,078

Risiko Genangan		Biaya demurrage											
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034			
Dermaga kade 198-425	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -			Rp 1,286
Dermaga kade 30-198	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -			Rp 1,286

Risiko ROB		Biaya demurrage											
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034			
Dermaga kade 198-425	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -			Rp 1,286
Dermaga kade 30-198	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -			Rp 1,286

Total Kerugian		Dermaga kade 198-425											
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034			
Risiko Genangan	Rp 176,129,224	Rp 337,775,604	Rp 471,511,272	Rp 586,632,746	Rp 664,283,963	Rp 751,925,689	Rp 904,720,801	Rp 1,156,446,128	Rp 56,550,778,916	Rp 96,804,837,840			Rp 96,804,837,840
Risiko ROB	Rp 15,980,426	Rp 78,176,912	Rp 279,821,562	Rp 603,749,075	Rp 1,059,009,929	Rp 6,543,506,523	Rp 41,863,703,013	Rp 66,677,292,880	Rp 88,551,372,174	Rp 109,243,183,743			Rp 109,243,183,743

Total Kerugian		Dermaga kade 30-198											
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034			
Risiko Genangan	Rp 12,857,859	Rp 2,359,250	Rp 15,337,939	Rp 58,971,440	Rp 128,001,586	Rp 207,690,105	Rp 291,851,832	Rp 373,147,355	Rp 520,526,420	Rp 17,069,090,871			Rp 17,069,090,871
Risiko ROB	Rp -	Rp 1,435,555	Rp 14,451,324	Rp 79,231,811	Rp 270,912,616	Rp 615,734,708	Rp 1,028,650,752	Rp 21,097,845,777	Rp 41,710,485,936	Rp 55,605,683,568			Rp 55,605,683,568

Lampiran 15 Biaya Risiko 1 Non operasional

Deskripsi	BIAYA	Fasilitas
Risiko Genangan	Rp 1,062,971,668	Dermaga kade 198-425
Risiko Rob	Rp 862,105,322	
Risiko Genangan	Rp 878,168,494	Dermaga 30-198
Risiko Rob	Rp 628,732,833	

Lampiran 16 Perhitungan Analisis Risiko

IMPACT										
Biaya		Dermaga Kade 198-425								
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Risiko 1	Rp 12,908,860	Rp 25,817,719	Rp 40,878,055	Rp 60,241,345	Rp 76,377,419	Rp 96,816,447	Rp 135,543,026	Rp 203,314,539	Rp 288,297,864	Rp 361,448,069
Risiko 2	Rp 443,601,818	Rp 510,120,000	Rp 579,562,424	Rp 662,959,394	Rp 716,080,606	Rp 777,080,606	Rp 892,162,424	Rp 1,087,320,000	Rp 1,298,920,000	Rp 1,423,798,788
Risiko 3										
Risiko 4	Rp 144,842,423	Rp 269,195,906	Rp 348,407,538	Rp 379,775,417	Rp 400,168,057	Rp 419,379,676	Rp 438,131,342	Rp 456,884,369	Rp 475,637,395	Rp 494,275,877
Risiko 5	Rp 176,129,224	Rp 337,775,604	Rp 471,511,272	Rp 586,632,746	Rp 664,283,963	Rp 751,925,689	Rp 904,720,801	Rp 1,156,446,128	Rp 56,550,778,916	Rp 96,804,837,840

Presentase Perbandingan		Dermaga Kade 198-425								
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Risiko 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Risiko 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Risiko 3										
Risiko 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Risiko 5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	12%

Nilai Risiko		Dermaga Kade 198-425								
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Risiko 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Risiko 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Risiko 3										
Risiko 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Risiko 5	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

Dermaga Kade 198-425		Non Operasional Risiko genangan									
Dampak Biaya											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	Rp 40,234,007	Rp 74,776,641	Rp 96,779,872	Rp 105,493,172	Rp 111,157,794	Rp 116,494,355	Rp 121,703,151	Rp 126,912,325	Rp 132,121,499	Rp 137,298,855	
Risiko 2	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 200,000	Rp 5,000,000	Rp 54,600,000	Rp 210,600,000	Rp 507,000,000	Rp 831,000,000	Rp 1,011,400,000	
Risiko 3	Rp 700,000	Rp 4,200,000	Rp 15,400,000	Rp 40,250,000	Rp 1,887,442,000	Rp 10,213,258,000	Rp 10,974,568,000	Rp 14,339,590,000	Rp 14,966,680,000	Rp 31,034,110,000	
Risiko 4											
Presentase Perbandingan											
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	
Risiko 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Risiko 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Risiko 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Risiko 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	2%	4%	
Nilai Risiko											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Risiko 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Risiko 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Risiko 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Biaya		OPERASIONAL RISIKO ROB									
Dermaga Kade 198-425											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	Rp 2,151,477	Rp 9,681,645	Rp 33,347,887	Rp 80,680,373	Rp 163,512,222	Rp 203,314,539	Rp 247,419,809	Rp 287,222,126	Rp 330,251,658	Rp 379,735,620	
Risiko 2	Rp 386,401,818	Rp 424,359,394	Rp 544,720,000	Rp 759,438,182	Rp 1,101,198,788	Rp 1,217,080,606	Rp 1,321,601,818	Rp 1,382,601,818	Rp 1,431,398,788	Rp 1,475,280,606	
Risiko 3											
Risiko 4	Rp 9,579,131	Rp 43,085,536	Rp 138,249,042	Rp 269,444,714	Rp 369,946,793	Rp 411,074,653	Rp 435,924,637	Rp 456,361,378	Rp 475,637,395	Rp 494,275,877	
Risiko 5	Rp 15,980,426	Rp 78,176,812	Rp 273,921,562	Rp 603,749,075	Rp 1,059,009,929	Rp 6,543,506,523	Rp 41,863,703,013	Rp 66,677,292,880	Rp 88,551,372,174	Rp 109,243,183,743	
Risiko 6											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Risiko 2	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	
Risiko 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Risiko 4	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	
Risiko 5	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	1.0%	6.0%	9.2%	11.7%	13.9%	

Dampak Biaya		OPERASIONAL RISIKO GENANGAN									
Dermaga Kade 30-198											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	Rp 2,660,870	Rp 11,968,205	Rp 38,402,512	Rp 74,845,754	Rp 102,762,998	Rp 114,187,404	Rp 121,090,177	Rp 126,767,050	Rp 132,121,499	Rp 137,298,855	
Risiko 2	Rp 400,000	Rp 6,600,000	Rp 64,800,000	Rp 227,200,000	Rp 632,600,000	Rp 789,000,000	Rp 927,600,000	Rp 999,200,000	Rp 1,051,800,000	Rp 1,097,200,000	
Risiko 3	Rp 300,000	Rp 4,950,000	Rp 48,600,000	Rp 170,400,000	Rp 474,450,000	Rp 591,750,000	Rp 695,700,000	Rp 749,400,000	Rp 788,850,000	Rp 822,900,000	
Risiko 4	Rp 1,680,000,000	Rp 10,080,000,000	Rp 5,436,900,000	Rp 2,997,400,000	Rp 9,449,374,000	Rp 11,880,532,000	Rp 12,163,168,000	Rp 15,272,340,000	Rp 15,621,880,000	Rp 31,437,660,000	
Risiko 5											
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	
Risiko 1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Risiko 2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	
Risiko 3	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	
Risiko 4	0.3%	1.8%	0.9%	0.5%	1.5%	1.8%	1.7%	2.1%	2.1%	4.0%	
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Risiko 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Risiko 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Risiko 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Biaya		IMPACT									
Dermaga Kade 30-198											
OPERASIONAL RISIKO GENANGAN											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	Rp 1,075,738	Rp 1,075,738	Rp 6,454,430	Rp 23,666,243	Rp 46,256,747	Rp 68,847,251	Rp 94,664,970	Rp 122,634,166	Rp 172,118,128	Rp 259,252,930	
Risiko 2	Rp 377,959,394	Rp 382,277,576	Rp 409,159,394	Rp 485,280,606	Rp 579,801,818	Rp 662,198,788	Rp 738,359,394	Rp 806,038,182	Rp 925,598,788	Rp 1,128,720,000	
Risiko 3											
Risiko 4	Rp 11,666,412	Rp 53,216,353	Rp 155,706,828	Rp 288,459,712	Rp 376,321,233	Rp 413,378,937	Rp 436,225,551	Rp 456,518,275	Rp 475,637,395	Rp 494,275,877	
Risiko 5	Rp 12,857,859	Rp 2,359,250	Rp 15,337,939	Rp 58,971,440	Rp 128,001,596	Rp 207,690,105	Rp 291,851,832	Rp 373,147,355	Rp 520,526,420	#####	
Risiko 6											
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	
Risiko 1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	0.01%	0.02%	0.02%	0.03%	
Risiko 2	0.07%	0.07%	0.07%	0.08%	0.09%	0.10%	0.11%	0.11%	0.12%	0.14%	
Risiko 3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Risiko 4	0.00%	0.01%	0.03%	0.05%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%	
Risiko 5	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.02%	0.03%	0.04%	0.05%	0.07%	0.18%	
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Risiko 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Risiko 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Risiko 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Risiko 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Non Operasional Risiko genangan										
Dampak Biaya										
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Risiko 1	Rp 40,234,007	Rp 74,776,641	Rp 96,779,872	Rp 105,493,172	Rp 111,157,794	Rp 116,494,355	Rp 121,703,151	Rp 126,912,325	Rp 132,121,499	Rp 137,298,855
Risiko 2	Rp 0	Rp 0	Rp 0	Rp 200,000	Rp 5,000,000	Rp 54,600,000	Rp 210,600,000	Rp 507,000,000	Rp 831,000,000	Rp1,011,400,000
Risiko 3	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 150,000	Rp 3,750,000	Rp 40,950,000	Rp 157,950,000	Rp 380,250,000	Rp 623,250,000	Rp 758,550,000
Risiko 4	Rp 700,000	Rp 4,200,000	Rp 15,400,000	Rp 40,250,000	Rp1,887,442,000	#####	#####	#####	#####	#####

Presentase Perbandingan										
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Risiko 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Risiko 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Risiko 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Risiko 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	2%	2%	4%

Nilai Risiko										
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Risiko 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Risiko 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Risiko 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Risiko 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

OPERASIONAL RISIKO ROB										
Biaya										
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Risiko 1	Rp -	Rp 1,075,738	Rp 2,151,477	Rp 9,681,645	Rp 35,499,364	Rp 90,362,017	Rp 171,042,390	Rp 253,874,239	Rp 316,267,060	Rp 372,205,452
Risiko 2	Rp -	Rp 377,901,818	Rp 385,041,212	Rp 420,920,000	Rp 532,920,000	Rp 750,401,818	Rp1,030,880,606	Rp1,267,598,788	Rp1,387,238,182	Rp1,454,280,606
Risiko 3										
Risiko 4	Rp -	Rp 236,517	Rp 8,770,459	Rp 45,941,985	Rp 140,650,405	Rp 278,194,279	Rp 394,749,519	Rp 433,558,999	Rp 469,267,251	Rp 492,068,783
Risiko 5	Rp -	Rp 1,435,555	Rp 14,451,324	Rp 79,231,811	Rp 270,912,616	Rp 615,734,708	Rp1,028,650,752	#####	#####	#####

Presentase Perbandingan										
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Risiko 1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	0.02%	0.04%	0.04%	0.05%
Risiko 2	0.00%	0.07%	0.07%	0.07%	0.08%	0.11%	0.15%	0.17%	0.18%	0.19%
Risiko 3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Risiko 4	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.02%	0.04%	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%
Risiko 5	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.04%	0.09%	0.15%	2.91%	5.53%	7.09%

Nilai Risiko										
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Risiko 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Risiko 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Risiko 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Risiko 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Risiko 5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

Non Operasional Risiko ROB										
Dampak Biaya										
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Risiko 1	Rp 0	Rp 65,699	Rp 2,436,239	Rp 12,761,663	Rp 39,069,557	Rp 77,276,189	Rp 109,652,644	Rp 120,433,055	Rp 130,352,014	Rp 136,685,773
Risiko 2	Rp 0	Rp 0	Rp 400,000	Rp 6,600,000	Rp 62,200,000	Rp 225,800,000	Rp 516,000,000	Rp 833,600,000	Rp 989,800,000	Rp1,065,800,000
Risiko 3	Rp -	Rp -	Rp 300,000	Rp 4,950,000	Rp 46,650,000	Rp 169,350,000	Rp 387,000,000	Rp 625,200,000	Rp 742,350,000	Rp 799,350,000
Risiko 4	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp2,362,788,000	Rp6,496,614,000	Rp9,883,058,000	#####	#####	#####

Presentase Perbandingan										
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Risiko 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Risiko 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Risiko 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Risiko 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%	2%

Nilai Risiko										
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Risiko 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Risiko 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Risiko 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Risiko 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Dermaga Kade 198 - 42!

Likehood

Frekuensi Gangguan		OPERASIONAL RISIKO GENANGAN									
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	1609.360257	2991.06562	3871.194863	4219.726858	4446.311748	4659.77418	4868.126027	5076.492985	5284.859942	5491.954186	
Risiko 2	1609.360257	2991.06562	3871.194863	4219.726858	4446.311748	4659.77418	4868.126027	5076.492985	5284.859942	5491.954186	
Risiko 3	1609.360257	2991.06562	3871.194863	4219.726858	4446.311748	4659.77418	4868.126027	5076.492985	5284.859942	5491.954186	
Risiko 4	1609.360257	2991.06562	3871.194863	4219.726858	4446.311748	4659.77418	4868.126027	5076.492985	5284.859942	5491.954186	
Risiko 5	1609.360257	2991.06562	3871.194863	4219.726858	4446.311748	4659.77418	4868.126027	5076.492985	5284.859942	5491.954186	

Presentase Perbandingan											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	18.37%	34.14%	44.19%	48.17%	50.76%	53.19%	55.57%	57.95%	60.33%	62.69%	
Risiko 2	18.37%	34.14%	44.19%	48.17%	50.76%	53.19%	55.57%	57.95%	60.33%	62.69%	
Risiko 3	18.37%	34.14%	44.19%	48.17%	50.76%	53.19%	55.57%	57.95%	60.33%	62.69%	
Risiko 4	18.37%	34.14%	44.19%	48.17%	50.76%	53.19%	55.57%	57.95%	60.33%	62.69%	
Risiko 5	18.37%	34.14%	44.19%	48.17%	50.76%	53.19%	55.57%	57.95%	60.33%	62.69%	

Nilai Risiko											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	
Risiko 2	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	
Risiko 3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	
Risiko 4	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	
Risiko 5	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	

Frekuensi Gangguan		Non Operasional Risiko genangan									
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	1609.360257	2991.06562	3871.194863	4219.726858	4446.311748	4659.77418	4868.126027	5076.492985	5284.859942	5491.954186	
Risiko 2	0	0	0	1	25	273	1053	2535	4155	5057	
Risiko 3	0	0	0	1	25	273	1053	2535	4155	5057	
Risiko 4	42	322	1179	2912	1105	4508	4837	5063	5284	5493	

Presentase Perbandingan											
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	
Risiko 1	18%	34%	44%	48%	51%	53%	56%	58%	60%	63%	
Risiko 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	12%	29%	47%	
Risiko 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	12%	29%	47%	
Risiko 4	0%	4%	13%	33%	13%	51%	55%	58%	60%	63%	

Nilai Risiko											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	
Risiko 2	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	
Risiko 3	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	
Risiko 4	1	1	2	4	2	5	5	5	5	5	

Frekuensi Gangguan		OPERASIONAL RISIKO ROB									
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	106.4347879	478.7281773	1536.100467	2993.830151	4110.519925	4567.496143	4843.607078	5070.681981	5284.859942	5491.954186	
Risiko 2	106.4347879	478.7281773	1536.100467	2993.830151	4110.519925	4567.496143	4843.607078	5070.681981	5284.859942	5491.954186	
Risiko 3	106.4347879	478.7281773	1536.100467	2993.830151	4110.519925	4567.496143	4843.607078	5070.681981	5284.859942	5491.954186	
Risiko 4	106.4347879	478.7281773	1536.100467	2993.830151	4110.519925	4567.496143	4843.607078	5070.681981	5284.859942	5491.954186	
Risiko 5	106.4347879	478.7281773	1536.100467	2993.830151	4110.519925	4567.496143	4843.607078	5070.681981	5284.859942	5491.954186	

Presentase Perbandingan											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	1.22%	5.46%	17.54%	34.18%	46.92%	52.14%	55.29%	57.88%	60.33%	62.69%	
Risiko 2	1.22%	5.46%	17.54%	34.18%	46.92%	52.14%	55.29%	57.88%	60.33%	62.69%	
Risiko 3	1.22%	5.46%	17.54%	34.18%	46.92%	52.14%	55.29%	57.88%	60.33%	62.69%	
Risiko 4	1.22%	5.46%	17.54%	34.18%	46.92%	52.14%	55.29%	57.88%	60.33%	62.69%	
Risiko 5	1.22%	5.46%	17.54%	34.18%	46.92%	52.14%	55.29%	57.88%	60.33%	62.69%	

Frekuensi Gangguan		Non Operasional Risiko ROB									
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	106.4347879	478.7281773	1536.100467	2993.830151	4110.519925	4567.496143	4843.607078	5070.681981	5284.859942	5491.954186	
Risiko 2	2	33	324	1136	3163	3945	4638	4996	5259	5486	
Risiko 3	2	33	324	1136	3163	3945	4638	4996	5259	5486	
Risiko 4	71	434	1409	2854	4243	4548	4840	5065	5284	5493	

Presentase Perbandingan											
Tahun	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	
Risiko 1	1%	5%	18%	34%	47%	52%	55%	58%	60%	63%	
Risiko 2	0%	0%	4%	13%	36%	45%	53%	57%	60%	63%	
Risiko 3	0%	0%	4%	13%	36%	45%	53%	57%	60%	63%	
Risiko 4	1%	5%	16%	33%	48%	52%	55%	58%	60%	63%	

Nilai Risiko											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	1	2	3	4	4	5	5	5	5	5	
Risiko 2	1	1	1	2	4	4	5	5	5	5	
Risiko 3	1	1	1	2	4	4	5	5	5	5	
Risiko 4	1	1	3	4	4	5	5	5	5	5	

Dermaga Kade 198 - 425

Level risiko		OPERASIONAL RISIKO GENANGAN									
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	
Risiko 2	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	
Risiko 4	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	
Risiko 5	3	4	4	4	5	5	5	5	10	10	

Kategori Risiko											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	Rendah	Rendah									
Risiko 2	Rendah	Rendah									
Risiko 4	Rendah	Rendah									
Risiko 5	Rendah	Sedang - Tinggi	Sedang - Tinggi								

Level risiko		NON OPERASIONAL RISIKO GENANGAN									
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	
Risiko 2	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	
Risiko 3	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	
Risiko 4	1	1	2	4	2	5	5	5	5	5	

Kategori Risiko											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	Rendah										
Risiko 2	Rendah										
Risiko 3	Rendah										
Risiko 4	Rendah										

Level risiko		OPERASIONAL RISIKO ROB									
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	1	2	3	4	4	5	5	5	5	5	
Risiko 2	1	2	3	4	4	5	5	5	5	5	
Risiko 4	1	2	3	4	4	5	5	5	5	5	
Risiko 5	1	2	3	4	4	5	10	10	10	10	

Kategori Risiko											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah							
Risiko 2	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah							
Risiko 4	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah							
Risiko 5	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Sedang - Tinggi	Sedang - Tinggi	Sedang - Tinggi	Sedang - Tinggi	

Level risiko		NON OPERASIONAL RISIKO ROB									
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	1	2	3	4	4	5	5	5	5	5	
Risiko 2	1	1	1	2	4	4	5	5	5	5	
Risiko 3	1	1	1	2	4	4	5	5	5	5	
Risiko 4	1	1	3	4	4	5	5	5	5	5	

Kategori Risiko											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	Rendah										
Risiko 2	Rendah										
Risiko 3	Rendah										
Risiko 4	Rendah										

Dermaga Kade 30-198

Level risiko		OPERASIONAL RISIKO GENANGAN									
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	1	2	3	4	4	5	5	5	5	5	
Risiko 2	1	2	3	4	4	5	5	5	5	5	
Risiko 4	1	2	3	4	4	5	5	5	5	5	
Risiko 5	1	2	3	4	4	5	5	5	5	5	

Kategori Risiko											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	Rendah										
Risiko 2	Rendah										
Risiko 4	Rendah										
Risiko 5	Rendah										

Level risiko		NON OPERASIONAL RISIKO GENANGAN									
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Risiko 2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	
Risiko 3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	
Risiko 4	1	1	1	1	2	3	4	5			

Chart Area Axis Major Gridlines

Kategori Risiko											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	Rendah										
Risiko 2	Rendah										
Risiko 3	Rendah										
Risiko 4	Rendah										

Level risiko		OPERASIONAL RISIKO ROB									
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	1	1	1	2	3	4	5	5	5	5	
Risiko 2	1	1	1	2	3	4	5	5	5	5	
Risiko 3	1	1	1	2	3	4	5	5	5	5	
Risiko 4	1	1	1	2	3	4	5	5	5	5	
Risiko 5	1	1	1	2	3	4	5	5	10	10	

Chart Area Axis

Kategori Risiko											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	Rendah	Rendah									
Risiko 2	Rendah	Rendah									
Risiko 4	Rendah	Rendah									
Risiko 5	Rendah	Sedang - Tinggi	Sedang - Tinggi								

Level risiko		NON OPERASIONAL RISIKO ROB									
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Risiko 2	1	1	1	1	1	2	3	4	5	5	
Risiko 3	1	1	1	1	1	2	3	4	5	5	
Risiko 4	1	1	1	1	2	4	4	5	5	5	

Kategori Risiko											
Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Risiko 1	Rendah										
Risiko 2	Rendah										
Risiko 3	Rendah										
Risiko 4	Rendah										

BIODATA PENULIS



Penulis lahir pada tanggal 12 November 2002 di Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur, sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Pendidikan formal dimulai dari SD Negeri Banyuurip VIII (2008–2014), dilanjutkan ke SMP Negeri 2 Surabaya (2014–2017), dan kemudian SMA Boarding School Amanatul Ummah (2017–2020). Pada pertengahan tahun 2020, penulis diterima sebagai mahasiswa di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, pada Departemen Teknik Transportasi Laut, Fakultas Teknologi Kelautan. Selama menjalani masa studi di ITS, penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan organisasi dan kepanitiaan di dalam kampus yang turut berperan penting dalam pengembangan kemampuan kepemimpinan, komunikasi, dan teknis. Pada tahun 2022, penulis dipercaya sebagai Vice Chair of the Information and Technology Division dalam kepanitiaan TransFest ITS, di mana penulis bertanggung jawab untuk memastikan kesiapan dan ketersediaan infrastruktur teknologi informasi seperti jaringan internet dan server demi mendukung kelancaran seluruh rangkaian acara. Pada saat yang bersamaan, penulis juga bergabung dalam organisasi Jamaah Masjid Manarul Ilmi (JMMI ITS) sebagai Staff Media and Broadcasting, dengan tugas utama mengoperasikan perangkat lunak siaran seperti OBS Studio selama kegiatan kajian dan dakwah berlangsung. Selain itu, pada kegiatan Ramadhan di Kampus (RDK) 44 yang juga diselenggarakan oleh JMMI ITS, penulis dipercaya sebagai Media and Branding Coordinator, bertanggung jawab dalam perencanaan konsep visual, publikasi, serta pengelolaan media sosial untuk mendukung branding dan eksistensi kegiatan. Serangkaian pengalaman organisasi tersebut tidak hanya memperkaya wawasan penulis dalam hal manajemen acara dan teknologi informasi, tetapi juga menumbuhkan semangat kolaborasi, kerja tim, serta integritas dalam menyelesaikan tanggung jawab secara profesional dan terstruktur. Untuk berkomunikasi dengan penulis dapat langsung mengirimkan pesan melalui alamat email yang dapat dihubungi darishramadhan@gmail.com.