

ANALISA PENGEMBANGAN TERMINAL PETI KEMAS KALIBARU JAKARTA UTARA

Gerdy Lukman¹, Andika Fikri Ramadhan^{2*}, Ignatius Sudarsono³, Fauzia Mulyawati⁴

^{1,2,3,4} Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Langlangbuana, Bandung, Indonesia

*Email: andikafikri06@gmail.com

Abstract

Kalibaru Container Terminal was built based on the RI Presidential Decree No. 36 of 2012. Kalibaru Container Terminal was built to expand competitiveness and economy in DKI Jakarta Province. This study aims to analyze service performance/Berth Occupancy Ratio and analyze the level of field utilization/Yard Occupancy Ratio, marine analysis which includes Tidal Current Analysis and Wave Analysis, and Quay Wall Retaining Wall Analysis. The linear regression approach is used to determine the ability of the Container Terminal to serve the flow of goods movement for the next 5-10 years. YOR analysis in 2019 = 39.01%, while for the next 10 years (2029) it reaches 185.5% where the field capacity does not meet the performance standard that has been set at 85%. BOR analysis in 2019=24.63% and in 2023 it reached 76.82% where the performance of dock services did not meet utility standards < 70%. Tidal Current Analysis and Wave Analysis using the Mike21 software modeling application where the results issued are in the form of wave height contours and wave direction vectors. Quay Wall Pier Wall Analysis, results of running using Plaxis software that the design is quite safe, are shown with safety factor value that has met 1.5

Keywords: Container Terminal, Berth Occupancy Ratio, Yard Occupancy Ratio, Mike21, Plaxis.

Abstrak

Terminal Petikemas Kalibaru dibangun berdasarkan PERPRES RI No 36 Tahun 2012. Dibangun dengan tujuan memperluas daya saing dan perekonomian di Provinsi DKI Jakarta. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja pelayanan (BOR) dan menganalisis tingkat pemanfaatan lapangan (YOR), Analisa kelautan yang meliputi Analisa Arus Pasang Surut, Analisa Gelombang, serta Analisa Dinding Penahan Dermaga Quay Wall. Regresi linier digunakan untuk mengetahui kesanggupan dalam melayani arus pergerakan barang hingga 5-10 tahun kedepan. Analisis YOR pada tahun 2019 = 39.01%, sedangkan untuk 10 tahun mendatang (2029) mencapai 185.5% dimana kapasitas lapangan sudah tidak mencukupi standar kinerja. Analisis BOR pada tahun 2019 24.63% dan tahun 2023 76.82% dimana kinerja pelayanan dermaga tidak sesuai standar utilitas. Analisa Arus Pasang Surut dan Analisa Gelombang menggunakan software Mike21 dimana hasil yang dikeluarkan berupa kontur tinggi gelombang dan vektor arah gelombang. Analisa Dinding Dermaga Quay Wall didapatkan hasil running menggunakan software Plaxis dengan nilai safety factor sebesar 1.5.

Kata kunci: Terminal peti kemas, berth occupancy ratio, yard occupancy ratio, mike21, plaxis

I. PENDAHULUAN

PT. Pelabuhan Indonesia II menyediakan layanan publik dengan melayani kapal dan kargo. Perkuatan dan rehabilitasi struktur dermaga harus memenuhi berbagai aspek [5]. Lalu lintas kontainer di Terminal Kalibaru kemungkinan besar akan tumbuh secara substansial selama 10 atau bahkan 20 ke depan dan diperkirakan akan melebihi penyediaan yang ada saat ini. Pertumbuhan 23% yang konsisten dalam aliran koordinasi di kawasan Pelabuhan Tanjung Priok Jakarta telah mengharuskan perluasan terminal, yang

memberikan pembenaran untuk adanya pengembangan pada Terminal Peti Kemas Kalibaru. Pertanyaan selanjutnya adalah “Apakah *Container Terminal* Kalibaru memerlukan pengembangan?”. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk melakukan analisa pengembangan dermaga yang ditinjau dari aspek ekonomi dan teknis.

Sebuah pelabuhan memiliki lingkup pengaruh (*hinterland*) jika wilayah sekitarnya memiliki kepentingan ekonomi, sosial, atau kepentingan lain dalam operasi pelabuhan. Untuk mempelajari karakteristik suatu kapal,

ada beberapa jenis determinan baik yang berkaitan dengan material, fungsi, maupun pengoperasian kapal [1]. Pelabuhan, sebagaimana didefinisikan oleh [2] suatu wilayah daratan dan perairan yang berbatasan dengannya yang dibatasi oleh batas-batas tertentu dan digunakan sebagai pusat penyelenggaraan pemerintahan dan kegiatan pelayanan. Sementara itu, [3] Pelabuhan laut sebagai wilayah perairan yang terlindung dari badai, gelombang, dan arus, memungkinkan kapal bergerak dan menurunkan jangkar, dan memfasilitasi bongkar muat kargo serta pengembangan pariwisata. Hasil penelitian [6] yang diterbitkan dalam jurnal ilmiah, terminal peti kemas adalah moda transfer di mana antarmuka antara transportasi darat dan laut dibatasi, dimulai dengan pembongkaran peti kemas dari kapal dan diakhiri dengan pengangkutannya oleh kapal pengangkut keluar dari pintu-pintu pelabuhan.

Kinerja pelabuhan oleh *Berth Occupancy Ratio* (BOR) adalah waktu penggunaan setiap dermaga tersedia [7]. Di sini, waktu yang tersedia dinyatakan sebagai persentase (bulan/tahun) selama periode tersebut. Berdasarkan UNCTAD (*United Nation Conference on Trade and Development*) merekomendasikan agar tingkat pemakaian dermaga tidak melebihi nilai yang diberikan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Nilai BOR yang Disarankan

Jumlah Tambatan Dalam Group	BOR Yang Disarankan (%)
1	40
2	50
3	55
4	60
5	65
6-10	70

Yard Occupancy Ratio (YOR) atau tingkat pemanfaatan/pemakaian lapangan penumpukan peti kemas (*container yard occupancy ratio/yard occupancy ratio*) merupakan perbandingan jumlah pemakaian lapangan penumpukan peti kemas yang dihitung 1 TEU per tahun atau per m² per tahun dengan kapasitas penumpukan yang tersedia.

Survei batimetri melibatkan pengukuran, analisis data, dan pembuatan peta topografi dasar laut. Batimetri digunakan untuk

mendapatkan garis kontur kedalaman dengan mengekstrapolasi data dari titik-titik pengukuran kedalaman yang terdapat di seluruh daerah survei. Tarikan gravitasi matahari dan bulan menyebabkan perubahan permukaan laut, yang kita sebut pasang surut.

Partikel tanah, air, dan udara semuanya bergabung membentuk tanah. Tergantung pada ukuran partikel primernya, tanah dapat disebut sebagai kerikil, pasir, lanau, atau lempung. Beberapa contoh sifat fisik adalah kerapatan tanah (γ), berat jenis (G_s), porositas (n), dan kadar air (w_c) (e). Parameter mekanik adalah sudut geser internal (ϕ) dan kohesi (c). Tergantung pada kadar airnya, kerapatan tanah dapat berupa lembab (t), kering (γ_d), atau jenuh (γ_{sat}). Data tanah tidak selalu memberikan gambaran lengkap tentang nilai parameter. Jika membutuhkan nilai parameter tanah yang dibutuhkan maka diperlukan uji lab.

II. METODE PENELITIAN

Objek studi kasus pada penelitian ini adalah Terminal Peti Kemas yang berlokasi di Terminal Peti Kemas Kalibaru, Jakarta Utara. Mengingat tolak ukur pemakaian fasilitas pelabuhan dapat dikatakan normal apabila nilai YOR Terminal Peti Kemas Kalibaru harus dibawah standar kinerja operasional pelabuhan yaitu sebesar 85 % dan juga nilai BOR dibawah angka 70 %, sehingga pengelola pelabuhan disarankan untuk mencari solusi sesegera mungkin untuk mencegah kemacetan lalu lintas di masa mendatang. Penelitian diawali dengan mengidentifikasi kondisi eksisting Terminal Peti Kemas Kalibaru Jakarta Utara saat ini yang meliputi: tinjauan fasilitas pelabuhan, pemakaian dermaga, pelayanan kapal dan kegiatan bongkar muat. Pendataan dilakukan dengan cara pengumpulan data-data sekunder dari perusahaan yang berkaitan dengan penelitian yaitu PT. Pelabuhan Indonesia II dan data yang dimaksud tentu saja berkaitan dengan parameter-parameter yang dipilih. Data sekunder yang diperoleh dari PT Pelabuhan Indonesia II yaitu: data kunjungan kapal dan karakteristik kapal, data karakteristik terminal peti kemas, data fasilitas peralatan yang digunakan dan data laporan produktivitas terminal peti kemas. Adapun data pasang surut, data *hindcasting* tinggi gelombang dan data karakteristik tanah reklamasi.

Dalam pemecahan masalah ini peneliti memakai pendekatan Analisa Kuantitatif Formula Kinerja Pelabuhan yaitu dengan metode *Yard Occupancy Ratio* (YOR), *Berth occupancy Ratio* (BOR), Analisa Pasang Surut, Analisa Gelombang dan Analisa Stabilitas Turap Dermaga. Formula kinerja pelabuhan yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu dengan melihat rumusan perhitungan pemakaian dermaga saat ini sebagai berikut :

BOR

$$= \frac{\sum \text{Unit Kapal} \times (\text{Panjang Kapal} + 5 \text{ meter}) \times \text{Waktu Tambat}}{\text{Panjang Dermaga} \times 24 \text{ jam}} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

$\sum \text{Unit Kapal}$ = Jumlah kapal di tempat berlabuh

Berthing Time = Berthing Time (lama kapal sandar di pelabuhan) dalam satuan Etmal

100% = Hasil prosentase perhitungan pemakaian dermaga

Tingkat pemanfaatan lapangan penumpukan peti kemas sebagai berikut:

$$A = \frac{T.D.A_{TEU}}{365 - (1 - BS)}$$

(2)

Dengan

T = Arus peti kemas per tahun (TEUs)

A = Luas lapangan penumpukan peti kemas yang diperlukan (m²)

D = Dwelling Time atau jumlah hari rata-rata kontainer disimpan di *container yard* (CY)

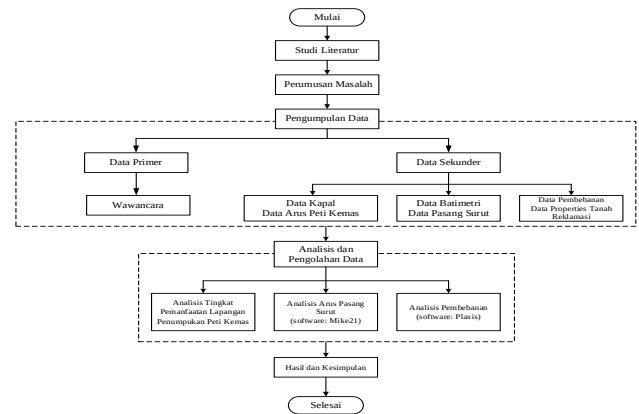
A_{TEU} = Luasan yang diperlukan untuk satu TEUs yang tergantung kepada system penanganan peti kemas dan jumlah tumpukan peti kemas di lapangan

BS (*Broken Stowage*) = luasan yang hilang karena adanya jalan atau jarak antara peti kemas ke lapangan penumpukan

Selanjutnya adalah menghitung yard occupancy ratio (YOR) dengan rumusan sebagai berikut:

$$\text{YOR} = \frac{\text{kapasitas yang terpakai}}{\text{kapasitas yang tersedia}} \times 100 \quad (3)$$

Secara diagramatis metodologi kerja pelaksanaan studi pengembangan Terminal Peti Kemas Kalibaru Jakarta Utara dapat dilihat pada bagan alir berikut ini:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penulisan Pelabuhan Tanjung Priok terletak di 06 06/00° LS. 106 53/00° BT merupakan pelabuhan terbesar dan tersibuk di Indonesia yang terletak di pesisir Jakarta Utara. Terminal Peti Kemas Kalibaru telah mulai beroperasi sejak 18 Agustus 2016. Struktur dermaga yang digunakan adalah struktur beton *deck on pile* dengan diameter *spun pile* adalah 1,000 mm dan 8,00 mm. Elevasi rencana dermaga adalah +4,5 mLWS. Adapun tabel di bawah yang menyebutkan spesifikasi teknis dermaga adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi Teknis Dermaga Terminal Peti Kemas Kalibaru

Spesifikasi	Dermaga 1A	Dermaga 1B
Panjang	850 m	1600 m
Lebar	58.4 m	50 m

Konstruksi Petikemas Yard 1A dibangun dengan sistem *Deck On Pile* dengan elevasi +4,50 mLWS. Tiang penyangga Petikemas Yard yang digunakan adalah *Concrete Spun Pile* dengan diameter 800 mm dan tebal 120 mm. Petikemas Yard 1A memiliki luas ± 27 Ha dengan panjang ± 850 m dan lebar ± 345 m. Dengan ditambah rencana pembangunan Dermaga Tahap 1A, maka lebar total Petikemas Yard 1A dan Dermaga 1A adalah sebesar 403,40 m.

Arus peti kemas yang dilayani Terminal Peti Kemas Kalibaru dalam pengawasan PT Pelabuhan Indonesia II sebagian besar merupakan lalu lintas luar negeri dibandingkan dengan lalu lintas dalam negeri. Agar memudahkan pembaca untuk membandingkan perkembangan arus peti kemas pada Terminal Peti Kemas Kalibaru

maka disajikan tabel yang memuat rekapitulasi perbandingan arus peti kemas berdasarkan tahun laporan. Secara keseluruhan arus peti kemas di Terminal Peti Kemas Kalibaru atau *New Priok Container Terminal* I dalam pengawasan PT Pelabuhan Indonesia II (Persero) mengalami kenaikan dan penurunan. Meskipun angka penurunan tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan angka kenaikan, hal tersebut perlu menjadi perhatian dari pihak pengelola agar pada tahun selanjutnya tidak terjadi penurunan kembali.

Tabel 3. Rekapitulasi Perbandingan Arus Peti Kemas

Satuan	Tahun Laporan		
Unit	2017	2018	2019
BOX	527,986	745,918	692,278
TEUs	825,471	1,169,759	1,112,636

Proyeksi arus peti kemas di Terminal Peti Kemas Kalibaru dilakukan dengan metode analisis regresi, menggunakan Microsoft Excel dengan mempertimbangkan data dari tahun-tahun sebelumnya. Untuk itu, data pergerakan barang dalam peti kemas yang ada diekstrapolasi menggunakan metode regresi eksponensial sederhana. Kemudian dibuat grafik proyeksi dari data aliran tangki yang diketahui untuk mendapatkan persamaan eksponensial. Berikut ini adalah tabel hasil proyeksi arus peti kemas di Terminal Peti Kemas Kalibaru Jakarta Utara sampai 10 tahun kedepan yaitu sampai tahun 2029.

Tabel 4. Tabel Proyeksi Arus Peti Kemas

Arus Peti Kemas		
Tahun	(TEUs)	
	Aktual	Proyeksi
2017	825,471	
2018	1,169,759	
2019	1,112,636	
2020		1,380,496
2021		1,602,731
2022		1,860,743
2023		2,160,290
2024		2,508,058
2025		2,911,812
2026		3,380,562
2027		3,924,773

Tahun	Arus Barang (TEUs)	D	A _{TEU}	Jumlah Hari	BS	Kapasitas Terpakai (m ²)	Kapasitas Tersedia (m ²)	YOR %
2019	1,112,636	2	7.5	365	0.4	45,800.05	270,000	16.96
2020	1,380,496	2	7.5	365	0.4	56,826.11	270,000	21.05
2021	1,602,731	2	7.5	365	0.4	65,974.12	270,000	24.43
2022	1,860,743	2	7.5	365	0.4	76,594.79	270,000	28.37
2023	2,160,290	2	7.5	365	0.4	88,925.21	270,000	32.94
2024	2,508,058	2	7.5	365	0.4	103,240.60	270,000	38.24
2025	2,911,812	2	7.5	365	0.4	119,860.52	270,000	44.39
2026	3,380,562	2	7.5	365	0.4	139,155.96	270,000	51.54
2027	3,924,773	2	7.5	365	0.4	161,557.62	270,000	59.84
2028	4,556,593	2	7.5	365	0.4	187,565.56	270,000	69.47
2029	5,290,124	2	7.5	365	0.4	217,760.32	270,000	80.65

2028		4,556,593
2029		5,290,124

Untuk menghitung tingkat pemanfaatan atau tingkat pemakaian lapangan peti kemas di Terminal Peti Kemas Kalibaru Jakarta Utara pada tahun 2019, maka perlu diketahui terlebih dahulu kebutuhan luas lapangan penumpukan pada tahun yang bersangkutan yaitu tahun 2019 dengan menggunakan rumusan sebagai berikut:

$$A = \frac{T.D.A_{TEU}}{365 - (1 - BS)}$$

Dengan:

- T = Arus peti kemas per tahun (TEUs)
A = Luas lapangan penumpukan peti kemas yang diperlukan (m²)
D = Dwelling Time atau jumlah hari rata-rata peti kemas tersimpan di lapangan penumpukan
A_{TEU} = Luasan yang diperlukan untuk satu TEUs yang tergantung kepada system penanganan peti kemas dan jumlah tumpukan peti kemas di lapangan

Maka:

$$A = \frac{1112636 \cdot 2,3 \cdot 15}{365 - (1 - 0,4)} = 105,340.126 \text{ m}^2$$

Setelah itu barulah dapat memulai perhitungan tingkat pemanfaatan lapangan peti kemas di Terminal Peti Kemas Kalibaru Jakarta Utara. Untuk mengetahui tingkat pemanfaatan lapangan penumpukan peti kemas di Terminal Peti Kemas Kalibaru Jakarta Utara pada tahun 2019 adalah sebagai berikut:

$$YOR = \frac{\text{kapasitas yang terpakai}}{\text{kapasitas yang tersedia}} \times 100\%$$

$$YOR = \frac{105,340.13}{270,000} \times 100\%$$

$$YOR = 39.01 \%$$

Nilai YOR di Terminal Peti Kemas Kalibaru Jakarta Utara pada tahun 2019 adalah sebesar 39.01%. Berdasarkan Standar Kinerja Pelayanan Operasional Pelabuhan Direktur Jenderal Perhubungan Laut dinyatakan baik kinerjanya, karena pencapaiannya di bawah standar kinerja pelayanan operasional yang telah ditetapkan

yaitu sebesar 85%. Kebutuhan luas lapangan penumpukan dan tingkat pemanfaatan lapangan penumpukan peti kemas dari tahun proyeksi, dengan mengasumsikan data-data yang diketahui sama seperti sebelumnya ketika menghitung YOR pada tahun realisasi terakhir. Maka untuk hasil pengolahan data dapat dilihat pada tabel di bawah:

Tabel 5. Tabel Perhitungan Yard Occupancy Ratio (YOR) Tahun Proyeksi

Dapat dilihat dan disimpulkan bahwa arus pergerakan barang berupa peti kemas semakin bertambah setiap tahunnya. Sejalan dengan bertambahnya arus pergerakan peti kemas maka semakin besar pula lapangan penumpukan yang dibutuhkan untuk melayani setiap peti kemas yang ada. Analisa optimalisasi terhadap kinerja pelayanan lapangan penumpukan Terminal Peti Kemas Kalibaru dapat dilakukan dengan harapan

Tahun	Arus Barang (TEUs)	D	A _{TEU}	Jumlah Hari	BS	Kapasitas Terpakai (m ²)	Kapasitas Tersedia (m ²)	YOR %
2019	1,112,636	2.3	15	365	0.4	105,340.13	270,000	39.01
2020	1,380,496	2.3	15	365	0.4	130,700.06	270,000	48.41
2021	1,602,731	2.3	15	365	0.4	151,740.47	270,000	56.2
2022	1,860,743	2.3	15	365	0.4	176,168.02	270,000	65.25
2023	2,160,290	2.3	15	365	0.4	204,527.97	270,000	75.75
2024	2,508,058	2.3	15	365	0.4	237,453.38	270,000	87.95
2025	2,911,812	2.3	15	365	0.4	275,679.20	270,000	102.1
2026	3,380,562	2.3	15	365	0.4	320,058.71	270,000	118.54
2027	3,924,773	2.3	15	365	0.4	371,582.53	270,000	137.62
2028	4,556,593	2.3	15	365	0.4	431,400.79	270,000	159.78
2029	5,290,124	2.3	15	365	0.4	500,848.73	270,000	185.5

akan didapatkan simulasi yang tepat agar nilai YOR terus baik sampai 10 tahun kedepan. Optimalisasi terhadap kinerja kapasitas lapangan penumpukan peti kemas dengan menerapkan skenario untuk mengoptimalkan kinerja lapangan yaitu menambah tumpukan menjadi 4 tumpukan (A_{TEU} = 7.5 m²) dan menekan *dwelling time* dari semula 2.3 hari menjadi 2 hari. Dengan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 6. Perhitungan Nilai YOR Hasil Optimalisasi

Tahun	BOR Eksisting %	Penambahan Panjang Dermaga	BOR Kontrol %	Panjang Dermaga m	BOR Setelah Penambahan Panjang Dermaga (%)
2019	24.635		70	850	
2020	32.579		70	850	
2021	43.365		70	850	
2022	57.72		70	850	
2023	76.828	85	70	935	69.843
2024	102.261	390	70	1240	70.09
2024	102.261	470	70	1405	65.85

Nilai *Berth Occupancy Ratio* (BOR) dapat diketahui dengan cara menggunakan rumus perhitungansebagai berikut:

$$BOR = \frac{\sum[(P.Kapal+5) \times JP] \times 100\%}{(PD \times 24 \times HK)}$$

Dengan:

P. Kapal = Panjang Kapal (LOA)

JP = Jumlah jam pemakaian tambatan

PD = Panjang Dermaga

HK = Hari Kalender

Sebagaimana telah diketahui bahwa panjang dermaga di Terminal Peti Kemas Kalibaru Jakarta Utara adalah sepanjang 850 m dan hari kalender yang dipakai untuk perhitungan *Berth Occupancy Ratio* (BOR) adalah 30 hari atau 720 jam. Dengan menggunakan rumus *Berth Occupancy Ratio* (BOR) maka didapat:

Tabel 7. Tabel Perhitungan *Berth Occupancy Ratio*

Tahun	Panjang Dermaga	Jam Pemakaian Tambatan	LOA	Waktu Tersedia	LOA X BT	PD X WT	BOR (%)
2017	850	22.33	185.55	720	85099.63	612000	13.905
2018	850	27.56	186.952	720	111094.36	612000	18.153
2019	850	32.14	190.458	720	150768.74	612000	24.635

Untuk mendapatkan nilai hasil proyeksi *Berth Occupancy Ratio* (BOR) digunakan metode analisis regresi eksponensial yaitu dengan hasil proyeksi sebagai berikut:

Tabel 8. Tabel Proyeksi Nilai BOR

<i>Berth Occupancy Ratio</i>		
Tahun	(%)	
	Aktual	Proyeksi
2017	13.905	-
2018	18.153	-
2019	24.635	-
2020	-	32.579
2021	-	43.365
2022	-	57.72
2023	-	76.828
2024	-	102.261

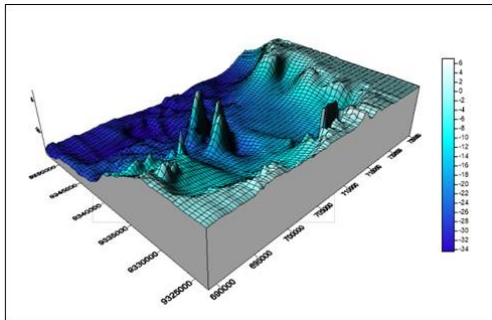
Untuk mencapai nilai *Berth Occupancy Ratio* (BOR) yang ideal yaitu dibawah angka 70 % standar nilai BOR sebagaimana Keputusan DIRJEN Perhubungan Laut perlu diadakan perpanjangan dermaga. Optimalisasi dilakukan dengan menggunakan metode *Trial & Error* sebagai berikut:

Tabel 9. Tabel Perhitungan Optimalisasi Nilai BOR

Dari hasil pengolahan data diatas, dimensi dermaga baru berdasarkan nilai *Berth Occupancy Ratio* (BOR) ideal pada proyeksi 5 tahun adalah sepanjang 470 meter. Secara

umum dapat dikatakan bahwa ukuran dermaga didasarkan pada perkiraan jenis kapal yang akan berlabuh pada dermaga tersebut. Sesuai dengan bentuk tambatan atau dermaga yang akan dibangun, maka perencanaan dimensi dermaga tersebut harus berdasarkan ukuran-ukuran minimal demi untuk menjaga agar kapal dapat dengan aman bertambat atau meninggalkan dermaga dan melakukan kegiatan bongkar muat [4].

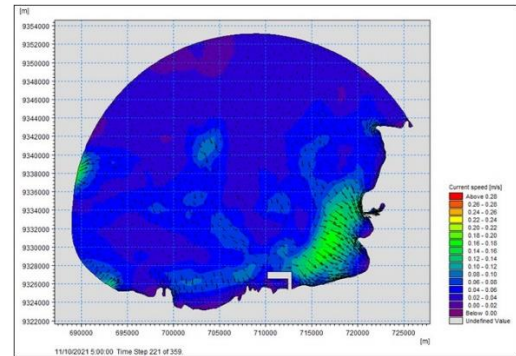
Pemodelan pasang surut untuk perairan sekitar dermaga baru terminal peti kemas Kalibaru Jakarta Utara dilakukan dengan beberapa aplikasi komputer sebagai alat pengolahan. Data batimetri yang diambil adalah data batimetri di sekitar perairan lokasi studi. Data tersebut diperoleh dari web tanahair.indonesia.go.id dengan format data DEM (*Digital Elevation Model*) yang selanjutnya data tersebut tidak dapat langsung dipakai melainkan harus melalui proses digitasi terlebih dahulu menggunakan aplikasi Global Mapper kemudian dilanjutkan di AutoCAD. Selanjutnya aplikasi Surfer digunakan untuk membuat pemodelan dari data hasil digitasi yang telah dilakukan sebelumnya. Data yang digunakan adalah data digitasi yang berisikan rincian lokasi per *nodes* data batimetri dengan pemodelan sebagai berikut:



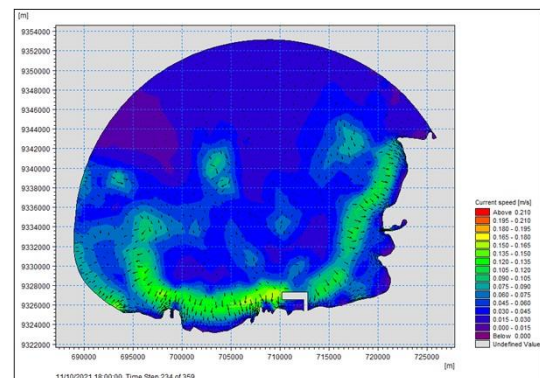
Gambar 2. Pemodelan 3D Surface Batimetri Sebelum Reklamasi

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan sebagai input analisa pasang surut untuk pembuatan mesh, selanjutnya adalah pembuatan mesh pada aplikasi perangkat lunak mike21. Data input yang dipakai adalah data hasil digitasi AutoCAD dengan format xyz dan sudah diolah terlebih dahulu pada Microsoft Excel. Proses penamaan serta pengaturan format mesh juga harus lebih diperhatikan dan mengikuti prosedur yang ada karena jika terdapat 1 kesalahan kecil saja maka mesh tidak akan berfungsi normal

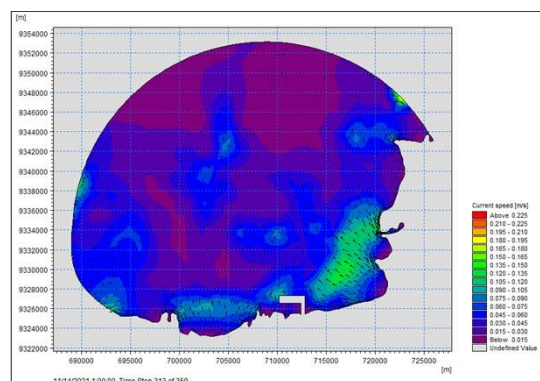
sebagai input analisa pasang surut. Hasil dari pemodelan analisa pasang surut yang telah dilakukan sebelumnya akan dihasilkan *output* berupa analisa pasang surut pada saat pasang perbani (*neap tide*) dan pada waktu pasang purnama atau bulan baru (*spring tide*).



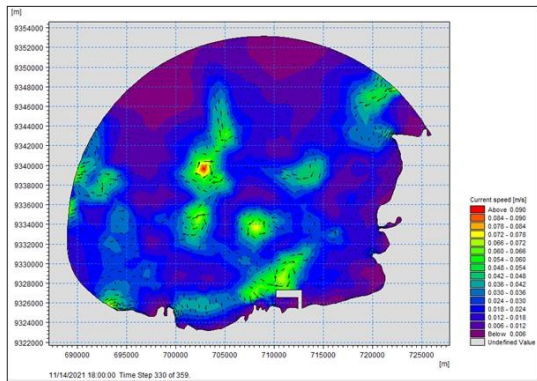
Gambar 3. Pola Arus Neap Pasang Tanggal 10 November 2021



Gambar 4. Pola Arus Neap Surut Tanggal 10 November 2021



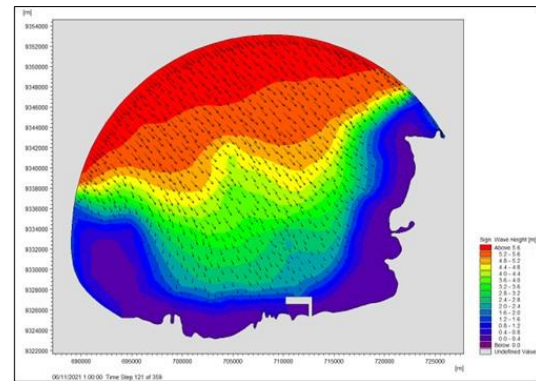
Gambar 5. Pola Arus Spring Pasang Tanggal 14 November 2021



Gambar 6. Pola Arus *Spring* Surut Tanggal 14 November 2021

Berdasarkan pada hasil simulasi pemodelan analisa pasang surut diatas, maka dapat disimpulkan kecepatan arus air laut di sekitaran pantai yang terjadi pada kondisi surut perbani yaitu dari 0.03 m/s sampai kecepatan 0.18 m/s. Sedangkan kecepatan arus air pada kondisi pasang perbani adalah 0.000 m/s sampai kecepatan 0.22 m/s dengan arah vektor arus mengalir mengikuti garis pantai. Untuk kecepatan arus pada kondisi surut purnama yaitu 0.006 m/s sampai dengan 0.078 m/s. Sedangkan kecepatan arus air laut pada kondisi pasang purnama yaitu 0.015 m/s sampai 0.150 m/s.

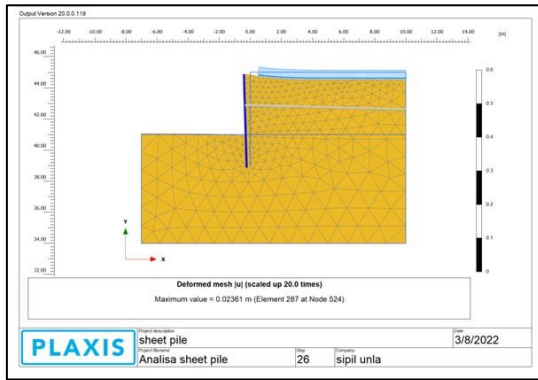
Data input pemodelan gelombang numerik yang digunakan yaitu berdasarkan hasil dari data sekunder, pemodelan transformasi gelombang pada penelitian ini dilakukan 3 arah yakni arah utara, timur laut dan barat laut. Pemodelan analisa transformasi gelombang menggunakan bantuan perangkat lunak Mike21, dengan hasil yang diperoleh seperti pada gambar-gambar di bawah. Cara membaca hasil dari analisa transformasi gelombang adalah dengan cara membedakan warna pada daerah sekitar dermaga. Masing-masing warna pada hasil analisa transformasi gelombang menunjukkan beda tinggi yang besarnya dapat dilihat pada samping gambar sebagai legenda. Besaran tinggi gelombang hanya dilihat pada daerah sekitaran dermaga saja, tidak pada keseluruhan area *boundary*.



Gambar 7. Tinggi Gelombang Periode 50 Tahun Arah Barat Laut

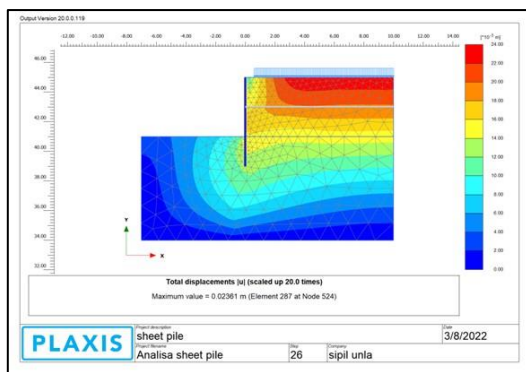
Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan pada arah Barat Laut maka tinggi gelombang disekitar area dermaga berkisar 0.50 m – 2.00 m. Tinggi gelombang yang dipakai untuk perencanaan dermaga selanjutnya adalah tinggi gelombang pada periode 50 tahunan. Berdasarkan dari hasil analisa transformasi gelombang di atas, maka dapat dilihat bahwa tinggi gelombang 50 tahunan paling tinggi ada pada hasil transformasi gelombang arah barat laut yaitu berkisar diantara 0.40 m – 2.00 m. Tinggi gelombang ini dapat dipakai untuk mengantisipasi adanya lonjakan tinggi gelombang yang dapat terjadi selama 50 tahun kedepan sehingga perencanaan dermaga akan didesain lebih aman dan lebih kuat.

Analisa dinding penahan dermaga baru direncanakan menggunakan penahan berjenis *Quay Wall*. Dermaga tipe *quay wall* merupakan dermaga yang didirikan dengan struktur yang sejajar dengan pantai berupa tembok dengan konstruksi *caisson* beton. Sebelum memulai analisa stabilitas turap dermaga maka perlu dilakukan perhitungan analisa pembebanan, mengetahui sifat fisik mekanis lapisan tanah reklamasi Kalibaru Jakarta Utara serta mengetahui spesifikasi dinding penahan (*sheet pile*) rencana.



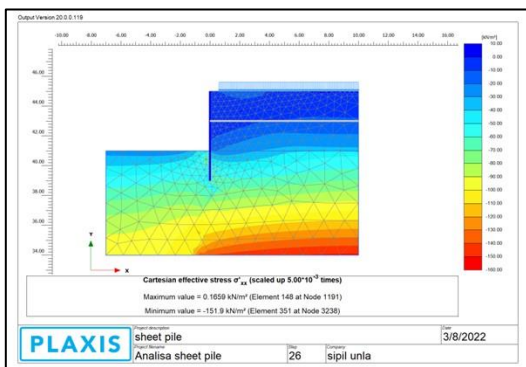
Gambar 8. Deformasi *Sheet Pile* step Beban Plaxis

Sebagai akibat dari tekanan ini, tanah di bawah tumpukan lembaran bergerak, mendorongnya ke depan. Tumpukan lembaran berubah bentuk ketika berat tanah di atasnya melebihi kekuatannya. Namun, dalam kasus ini, deformasi tiang pancang dapat diabaikan pada 0,02361 m.

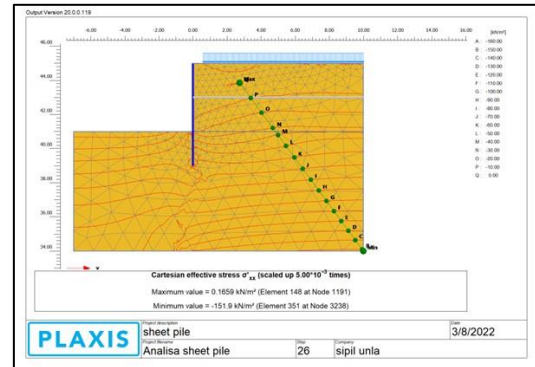


Gambar 9. Displacements *Sheet Pile* step Beban Plaxis

Seperti dapat dilihat pada gambar di atas, gaya geser tanah bertambah dengan adanya beban pada timbunan. Untuk kasus ini, gaya tidak cukup kuat untuk menyebabkan pergerakan tanah yang signifikan; perpindahan anak tangga beban hanya 0,02361 m.

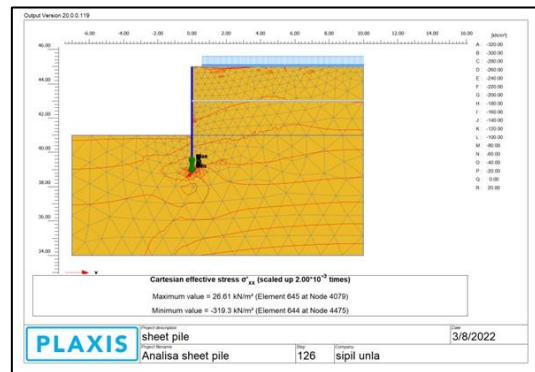


Gambar 10. Tegangan Efektif *Sheet Pile* step Beban Plaxis



Gambar 11. Syarat Batas Tegangan Efektif *Sheet Pile* step Beban Plaxis

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai tegangan efektif terbesar sebesar berada pada tanah yang terkena beban langsung, yaitu untuk step beban nilai max 0.1659 kN/m² serta nilai min -151.9 kN/m² (Dengan batas sebagai berikut A: -160 kN/m², B: -150 kN/m², C: -140 kN/m², D: -130 kN/m², E: -120 kN/m², F: -110 kN/m², G: -100 kN/m², H: -90 kN/m², I: -80 kN/m², J: -70 kN/m², K: -60 kN/m², L: -50 kN/m², M: -40 kN/m², N: -30 kN/m², O: -20 kN/m², P: -10 kN/m², Q: 0 kN/m²).

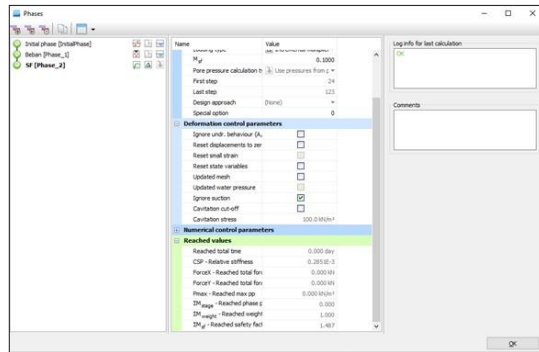


Gambar 12. Syarat Batas Tegangan Efektif *Sheet Pile* step SF Plaxis

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai tegangan efektif untuk step SF nilai max 26.61 kN/m² serta nilai min -319.3 kN/m². (Dengan batas sebagai berikut A: -320 kN/m², B: -300 kN/m², C: -280 kN/m², D: -260 kN/m², E: -240 kN/m², F: -220 kN/m², G: -200 kN/m², H: -180 kN/m², I: -160 kN/m², J: -140 kN/m², K: -120 kN/m², L: -100 kN/m², M: -80 kN/m², N: -60 kN/m², O: -40 kN/m², P: -20 kN/m², Q: 0 kN/m², R: 20 kN/m²). Penurunan nilai tegangan dapat dilihat sebagai akibat dari

meningkatnya tekanan yang diberikan oleh bertambahnya jumlah lapisan tanah.

Dalam teori Terzaghi dalam buku Mekanika Tanah 2 (Hardiyatmo, 2010) dimana pada keadaan keruntuhan angka aman (SF) adalah 1.5. Dari gambar di bawah, dapat dilihat bahwa nilai SF sebesar $1.487=1.5$. dan pada syarat yang di iijinkan SF 1,5. Maka dapat dinyatakan bahwa desain cukup aman.



Gambar 13. Safety Factor Sheet Pile Plaxis

IV. KESIMPULAN

Pada hasil analisis nilai YOR untuk 10 tahun kedepan yakni pada tahun 2029, nilai YOR di Terminal Peti Kemas Kalibaru Jakarta Utara mencapai 185.5% yang artinya itu menunjukkan bahwa kapasitas lapangan penumpukan sudah tidak mencukupi. Untuk proyeksi jangka pendek lima tahun kedepan, nilai BOR pada tahun 2023 & 2024 sudah tidak memenuhi standar yang diizinkan sehingga diperlukan analisa optimisasi lebih lanjut.

Hasil dari analisa arus pasang surut menunjukkan bahwa arus pasang surut yang paling kecil ada pada kondisi *neap* surut yaitu sebesar 0.18 m/s. Dan yang paling besar ada pada kondisi *neap* pasang yaitu sebesar 0.22 m/s. Hasil dari analisa transformasi gelombang menunjukkan bahwa tinggi gelombang berdasarkan rekayasa gelombang 50 tahun di sekitar area reklamasi mencapai 2 m dari arah barat laut. Hal ini dapat dijadikan acuan untuk perencanaan tinggi dermaga selanjutnya.

Tiang pancang yang digunakan dalam penelitian ini memiliki dimensi panjang 6-12 m dan lebar 50 cm, yang ditentukan melalui pemodelan matematis dan simulasi plaxis. Sheet pile bisa turun sedalam 4,1 meter. Hasil lari Plaxis menunjukkan tingkat keamanan

desain yang tinggi, dengan faktor keamanan melebihi 1,5

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterima kasih pada Bapak Ignatius Sudarsono, S.T., M.T. selaku pembimbing I dan Ibu Dra. Fauzia Mulyawati, ST., MT. selaku pembimbing II, atas segala saran, bimbingan, dorongan dan nasehatnya dalam menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada PT. Pelabuhan Indonesia II yang telah mengizinkan kami untuk meneliti kawasan Terminal Peti Kemas Kalibaru dan memprioritaskan permohonan data yang kami butuhkan sehingga pada akhirnya penelitian ini rampung sebagaimana semestinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amiron, S. (2009). *Analisa Kelayakan Ukuran Panjang Dermaga, Gudang Bongkar Muat Barang Dan Sandar Kapal Study Kasus (Dermaga Ujung Baru - Pelabuhan Belawan)*. USU
- [2] Gurning, R. O. S., & Budiyo, E. H. (2007). *Manajemen bisnis pelabuhan*. APE Publishing.
- [3] Jinca, M. Y. (2011). *Transportasi Laut Indonesia, Analisis Sistem dan Studi Kasus*. Brilian Internasional, Surabaya.
- [4] Kramadibrata, S. (2002). *Perencanaan Pelabuhan*. ITB.
- [5] Sudarsono, I., & Setiawan, D. (2019). *Perkuatan Dan Rehabilitasi Struktur Dermaga (Studi Kasus Dermaga Kaimana Papua Barat)*.
- [6] Supriyono, S. (2010). *Analisis Kinerja Terminal Petikemas Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya (Studi Kasus Di Pt. Terminal Petikemas Surabaya)*. Universitas Diponegoro
- [7] Triamodjo, B. (2009). *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset Yogyakarta.