

**ANALISA STRUKTUR DERMAGA CARGO DENGAN KAPASITAS KAPAL 50.000 GT
(Studi Kasus: Pelabuhan Kolaka Sulawesi Tenggara)**

Edwar Hafudiansyah¹⁾, Gary Raya Prima²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Perencanaan dan Arsitektur Universitas Winaya Mukti

²⁾Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Siliwangi

e-mail: edoo.transportation@gmail.com

Abstrak

Transportasi laut sebagai sarana transportasi utama yang dikembangkan untuk menunjang aktifitas pemerataan ekonomi melalui persebaran barang. Pengembangan fasilitas transportasi laut seperti pelabuhan wajib dilakukan guna mendukung kegiatan bongkar dan muat barang. Oleh karena itu, diperlukan dermaga cargo sebagai fasilitas bongkar muat barang dari dan menuju pelabuhan yang aman dan nyaman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung kekuatan struktur dermaga cargo dengan rencana kapasitas kapal 50.000 GT di Pelabuhan Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara. Analisa struktural dilakukan dengan analisa kapasitas tiang dan Analisa *joint displacement*. Perhitungan kekuatan elemen tiang pancang pada dermaga dianalisis menggunakan program SAP 2000. Untuk tanah yang dimodelkan sebagai tumpuan elastis, kemampuan untuk mendukung beban, tergantung dari besarnya modulus of *subgrade reaction* dari tanah. Pemodelan tiang yang tertanam dimodelkan dengan gaya spring nonlinier. Hasil analisis dengan analisa kapasitas tiang pancang dengan dimensi 914,4 mm dengan tebal 19 mm menghasilkan rasio kapasitas 0,36. Hasil Analisa *joint displacement* pada kondisi layan atau operasional sebesar 38,31 mm dan pada kondisi gempa sebesar 16,41 mm.

Kata Kunci : dermaga cargo, *joint displacement*, kapasitas tiang, transportasi laut, tumpuan elastis.

Abstract

Sea transportation is the main means of transportation developed to support economic equality activities through the distribution of goods. The development of sea transportation facilities such as ports is mandatory to support loading and unloading activities. Therefore, a cargo dock is needed as a facility for loading and unloading goods from and to a safe and comfortable port. The purpose of this study is to calculate the strength of the cargo dock structure with a planned vessel capacity of 50,000 GT at Kolaka Port, Southeast Sulawesi Province. Structural analysis is carried out by analyzing pile capacity and joint displacement analysis. The calculation of the strength of the pile elements at the jetty was analyzed using the SAP 2000 program. For soil that is modeled as an elastic support, the ability to support the load depends on the magnitude of the modulus of subgrade reaction from the soil. Embedded pile modeling is modeled with a nonlinear spring force. The results of the analysis with pile capacity analysis with dimensions of 914.4 mm with a thickness of 19 mm produce a capacity ratio of 0.36. The results of the joint displacement analysis in service or operational conditions were 38.31 mm and the earthquake conditions were 16.41 mm.

Keywords: *jetty of cargo, joint displacement, pile capacity, sea transportation, elastic support.*

I. PENDAHULUAN

Pembangunan daerah pada dasarnya merupakan suatu proses upaya perubahan kondisi dari yang sedang berlangsung dan dialami menuju kepada kondisi baru yang lebih baik sesuai dengan kehendak masyarakat. Seiring dengan berjalannya otonomi daerah, maka dalam menghadapi globalisasi dan pasar bebas daerah

dituntut melakukan terobosan agar tidak tertinggal daerah lain. Terobosan yang dimaksud antara lain adalah peningkatan prasarana dan sarana wilayah yang bertujuan untuk mempercepat proses pembangunan disegala bidang.

Kondisi saat ini memperlihatkan bahwa masalah utama yang dihadapi oleh wilayah-wilayah kepulauan di Indonesia pada umumnya

adalah belum tersedianya/belum optimalnya prasarana transportasi yang menjadi pintu masuk-keluar orang dan barang yang memadai dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat.

Dalam rangka mendukung pengembangan wilayah dan pertumbuhan ekonomi di wilayah Sulawesi Tenggara khususnya di wilayah Kabupaten Kolaka, maka dibutuhkan adanya infrastruktur yang mendukung aktifitas ekonomi dan pergerakan masyarakat. Salah satu infrastruktur yang vital adalah infrastruktur transportasi seperti jaringan jalan, pelabuhan dan bandar udara. Transportasi laut sebagai sarana transportasi utama, wajib untuk dikembangkan dan merupakan alternatif yang paling sesuai untuk kabupaten kolaka yang selama ini memang telah banyak digunakan masyarakat. Untuk menunjang aktifitas transportasi laut ini dibutuhkan pengembangan pelabuhan laut yang dapat menampung seluruh kegiatan dimasa yang akan datang.

Potensi wilayah dan perkembangan penduduk yang cukup pesat ditambah dengan posisi strategis dalam konteks transportasi laut di Sulawesi Tenggara, maka dibutuhkan pengembangan kapasitas pelabuhan sebagai prasarana vital untuk mendukung pergerakan penumpang dan barang. Salah satu kebutuhan yang diperkirakan di masa datang adalah adanya kebutuhan transportasi barang yang cukup tinggi serta potensi strategis kolaka sebagai wilayah yang sangat berkembang di Provinsi Sulawesi Tenggara.

Dengan adanya pengembangan pelabuhan kolaka dengan dilakukannya pengembangan dermaga cargo diharapkan dapat membantu melancarkan pergerakan barang dari dan menuju Pelabuhan Kolaka. Pengembangan dermaga cargo yang dilakukan disesuaikan dengan Rencana Induk Pelabuhan Kolaka yang sudah disusun sebelumnya, sehingga terjadi konektivitas antar pembangunan pelabuhan yang menyeluruh, efektif dan efisien.

II. BAHAN DAN METODOLOGI

Pelabuhan

Pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan atau perairan dengan batas batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dankegiatan perusahaan yang di pergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang dan bongkar muat barang, berupa

terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi [1].

Dermaga merupakan suatu bangunan yang merupakan bagian dari pelabuhan yang digunakan sebagai tempat merapat dan menambatkan kapal-kapal yang melakukan bongkar-muat (menaikan dan menurunkan muatan). Dermaga dapat dibedakan menurut lokasinya, yaitu [2] :

1. *Wharf / Quay* : dermaga yang paralel dengan garis pantai dan biasanya berhimpit dengan garis pantai.
2. *Jetty / Pier* : Dermaga yang menjorok ke laut.
3. *Dolphin* : Struktur yang digunakan untuk bersandar di laut lepas.

Kriteria Perencanaan

Kriteria desain struktur dermaga berdasarkan data perencanaan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Topografi dan Bathymetri,
- b. Hidrooceanografi (Pasang surut, arus dan sedimen)
- c. Data Angin,
- d. Kondisi geologi / tanah,
- e. Tinggi gelombang rencana : dalam perencanaan dermaga cargo ini digunakan tinggi gelombang rencana dengan perioda ulang 25 tahun pada perhitungan struktur dan tinggi gelombang rencana diperoleh dari hasil analisis refraksi CG Wave untuk penentuan elevasi dermaga.

Karakteristik Kapal

Spesifikasi kapal terbesar yang akan sandar adalah kapal 50.000 GT atau 77.073 DWT. Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut [3] :

Tabel 1. Karakteristik kapal
Kriteria Kapal Rencana

Bobot Kapal Rencana (GT)	50.000
Legth Overall (L), m	209
Molded Breadht (B), m	34,3
Full Load Drafft (d), m	12

Sumber : RIP Pelabuhan Kolaka, 2015

Dimensi Dermaga

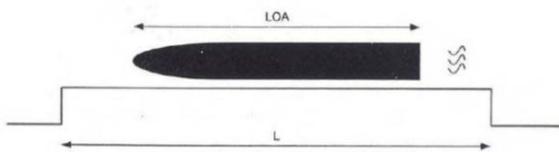
Dimensi suatu pelabuhan ditentukan berdasarkan panjang dan lebar dermaga, kedalaman kolam pelabuhan dan luas daerah pendukung operasinya. Semua ini menentukan kemampuan pelabuhan dalam penanganan kapal dan barang. Ukuran dan bentuk konstruksi menentukan pula besar investasi yang diperlukan, sehingga penentuan yang tepat akan membantu operasional Pelabuhan yang efisien.

Bentuk dermaga dibedakan menjadi :

1. Dermaga Memanjang

Pada bentuk dermaga memanjang ini, posisi muka dermaga adalah sejajar dengan garis pantai, dimana kapal-kapal yang bertambat akan berderet memanjang, tambatan dengan bentuk memanjang ini dibangun bila garis kedalaman kolam pelabuhan hamper merata sejajar dengan garis pantai.

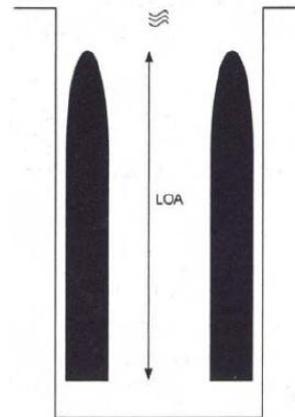
Bentuk dermaga memanjang ini bias digunakan pada pelabuhan peti kemas, dimana dibutuhkan suatu lapangan terbuka guna kelancaran dalam melayani penanganan peti kemas.



Gambar 1. Dermaga Memanjang

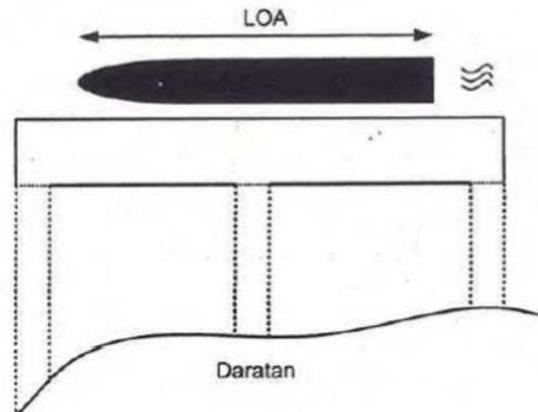
2. Dermaga Menjari

Bentuk dermaga menyerupai jari ini biasanya dibangun bila garis kedalaman terbesar menjorok ke laut dan tidak teratur. Dermaga ini dibangun khusus untuk melayani kapal dengan muatan umum



Gambar 2. Dermaga Menjari

3. Dermaga Pier



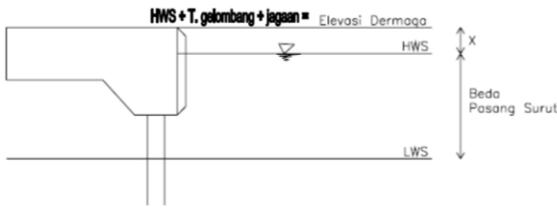
Gambar 3. Dermaga Pier

Dermaga berbentuk *pier* ini dibangun bila garis kedalaman jauh dari pantai dan tidak diinginkan adanya pengerukan kolam pelabuhan yang besar, yang berkaitan dengan stabilitas lingkungannya.

Antara dermaga dan pantai dihubungkan dengan jembatan penghubung (*approach trestle*) yang berfungsi sebagai penerus dalam lalu lintas barang. Jembatan penghubung di tempatkan di tengah, di sisi ataupun kombinasi keduanya.

Elevasi Lantai Dermaga

Elevasi lantai dermaga dihitung dalam keadaan air pasang tertinggi. Menurut buku Bambang Triatmodjo (2010), elevasi lantai dermaga rencana hasil perhitungan pasang surut untuk permukaan air tertinggi ditambah tinggi gelombang yang terjadi akibat angin/fetch di dalam kolam pelabuhan maksimum dan tinggi jagaan antara 0.5 – 1 m. [2]



Gambar 4. Elevasi Lantai Dermaga

Angin dan Gelombang

Angin dan gelombang merupakan faktor yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan suatu pelabuhan, oleh sebab itu data angin dan data gelombang sangat diperlukan. Mengingat tidak adanya data gelombang, maka dengan menggunakan windcasting data angin dapat dipergunakan untuk menentukan karakteristik gelombang, seperti tinggi gelombang. Hal ini bisa dilakukan karena angin merupakan penyebab utama terbentuknya gelombang di lautan, meskipun gelombang dapat pula disebabkan oleh macam-macam sebab, misalnya letusan gempa dasar laut, tsunami (titik episentra ada di dasar laut), gerakan kapal dan sebagainya.

Adapun proses terbentuknya gelombang adalah proses perpindahan energi, dari energi yang dikandung oleh angin ke badan laut melalui permukaan. Karena sifat air yang tidak dapat menyerap energy, maka energy dirubah kedalam bentuk gelombang yang kemudian dibawa ke pantai dan dilepaskan dengan pecahnya gelombang.

Seperti diketahui letak bumi terhadap matahari berbeda-beda dan berubah-ubah sepanjang tahun, maka pada beberapa bagian bumi timbul perbedaan temperature udara dibagian-bagian permukaan bumi tersebut. Akibat adanya perbedaan tekanan udara inilah terjadi gerakan udara yaitu dari tekanan tinggi menuju ke tekanan rendah, gerakan udara ini kita sebut angin. Mengenai sifat angin penting bagi perencanaan pelabuhan karena :

1. Angin berpengaruh besar dalam pengendalian kapal terutama saat kapal mendekati pada “mulut” Pelabuhan.
2. Angin menimbulkan gaya-gaya horizontal yang harus dipikul kontruksi pelabuhan.
3. Angin mengakibatkan gelombang laut, dimana gelombang ini menimbulkan gaya-gaya tambahan yang wajib dipikul kontruksi pelabuhan.

Untuk windrose pada lokasi perencanaan pelabuhan berdasarkan data angin BMKG Pomalaa tahun 2005 – 2015. Fetch didefinisikan sebagai daerah dimana gelombang dibangkitkan oleh angin yang arah dan kecepatannya dianggap tetap, atau jarak antara titik dimana angin mulai timbul sampai titik dimana tinggi gelombang mencapai maksimum. Kecepatan dan arah angin dianggap konstan bila perubahan arah tidak lebih dari 150, dan perubahan kecepatan tidak lebih dari 5 knots dari kecepatan rata-rata.

Panjang fetch dihitung dengan mengukur panjang lintasan garis lurus antara lokasi studi dan garis pantai di seberang laut. Panjang fetch efektif untuk suatu arah angin utama merupakan kumulatif dari panjang fetch yang merentang/melingkup sektor sebesar -22.5^0 sampai $+22.5^0$ terhadap arah angin utama tersebut. Rumus yang digunakan untuk menghitung panjang fetch efektif adalah [4] :

$$F_{eff} = \sum F_i \cdot \cos \alpha_i / \sum \cos \alpha_i \quad \text{pers (1)}$$

dimana:

- F_{eff} = panjang fetch efektif untuk suatu arah angin utama
- F_i = panjang lintasan fetch ke-i untuk suatu arah angin utama
- α_i = sudut simpangan lintasan ke-i dengan arah angin utama

Klasifikasi Situs Berdasarkan SNI 1726:2012

Prosedur untuk klasifikasi situs pada SNI 1726:2012 diuraikan pada Pasal 5. Profil tanah situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 3 SNI 1726:2012 berdasarkan profil tanah lapisan teratas sejauh 30 m. [5]

Tabel 2. Klasifikasi Situs SC, SD dan SE

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
SC (tanah keras, sangat padat dan batua lunak)	350 sampai 750	> 50	> 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w > 40\%$, 3. Kuat geser nir alir $\bar{s}_u < 25$ kPa			

Pemodelan Struktur

Respon suatu struktur ketika menerima beban gempa dipengaruhi oleh interaksi antara struktur bangunan atas, sistem pondasi yang dipilih serta tanahtempat struktur itu berdiri. Terminologi interaksi tanah-struktur (Soil Structure Interaction atau SSI) mengacu kepada respon ketiga variabel di atas dimana pondasi dianggap sebagai bagian dari struktur. Interaksi tanah-struktur adalah suatu proses analisa struktur yang mengevaluasi respon struktur bagian atas, sistem pondasi, serta tanah pendukung dibawahnya secara bersama sama akibat rerakan tanah. Pada analisa SSI, tanah diperhitungkan sebagai bagian yang tidak terpisahkan dengan struktur bagian atas.

Ada dua hal utama terkait efek SSI terhadap struktur bangunan yaitu efek interaksi inersia serta efek interaksi kinematik. Efek-efek ini terkait dengan kekakuan dan redaman pondasi, variasi antara input gerakan pondasi sertadeformasi pondasi. Metode perhitungan untuk mengetahui efek-efek tersebut dapat dibedakan menjadi analisa langsung dan pendekatan sub-struktur. Interaksi inersia (inertial interaction) mengacu kepada gerakan tanah pondasi baik itu perpindahan maupun rotasi yang disebabkan oleh gaya inersia struktur. NIST GCR 12-917-21 menjelaskan interaksi ini dalam bentuk persamaan (2) [6].

$$\Delta = f / k \quad \text{pers (2)}$$

Dimana :

- Δ = perpindahan
- f = gaya yang bekerja
- k = kekakuan

Jika ditinjau suatu sistem struktur SDOF dengan kekakuan dan massa terjepit pada tumpuannya. Selanjutnya untuk tumpuan fleksibel yang mempunyai kekakuan pegas vertikal dalam arah z dinamakan k_z , kekakuan pegas horisontal dalam arah x adalah k_x serta rotasi pegas terhadap bidang y-y dinamakan k_{yy} .

Pada kondisi normal, pondasi berperan menahan beban hidup dan beban mati bangunan diatasnya serta meneruskannya ke tanah di bawah pondasi. Pada saat terjadi gempa, pondasi

berperan meneruskan gerakan tanah ke bangunan diatasnya, menahan getaran bangunan serta meneruskannya kembali ke tanah di bawahnya. Jadi tanah dan struktur saling mempengaruhi melalui perantaraan pondasi.

Pengaruh tanah disekitar pondasi tiang dalam arah horisontal dapat dimodelkan sebagai elemen dengan kekakuan aksial saja. Elemen ini diletakkan pada salah satu sisi pondasi tiang dengan kekakuan aksial yang sama baik tekan maupun lentur. pendekatan nilai kekakuan pegas pada setiap kedalaman tiang dihitung dengan persamaan :[7]

$$K_v = a \cdot (A_p \cdot E_p) / l \quad \text{pers (3)}$$

Dimana :

- K_v = Nilai konstanta pegas
- a = distribusi efek kekakuan tanah
- A_p = luas penampang netto tiang (cm²)
- l = panjang tiang (cm)

Untuk merepresentasikan perilaku struktur, model struktur dibuat dalam komponen 3 dimensi yang terbentuk dari elemen-elemen join, elemen batang, dan elemen area. Dalam permodelan struktur dilakukan beberapa pendefinisian untuk pemodelan yang diinputkan ke dalam bantuan program SAP 2000.

Untuk menganalisis gaya-gaya dalam (momen lentur, gaya lintang, dan gaya normal), penurunan arah vertikal (settlement), serta pergeseran pada arah horisontal dari atau pondasi tiang, dapat dilakukan dengan menggunakan model tumpuan pegas elastis. Untuk tanah yang dimodelkan sebagai tumpuan elastis, kemampuan untuk mendukung beban, tergantung dari besarnya *modulus of subgrade reaction* dari tanah. Pemodelan tiang yang tertanam dimodelkan dengan gaya spring nonlinier.

METODOLOGI

Metode desain struktur dijelaskan oleh bagan alir perencanaan seperti gambar dibawah ini, pemodelan dilakukan dengan menggunakan software SAP 2000. Perencanaan elemen dengan menggunakan Standar Nasional Indonesia.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Lokasi

Lokasi analisis dilakukan di Lokasi Pelabuhan Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara.



Gambar 6. Peta Lokasi Penelitian

Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data topografi, bathymetri, hidrooceanografi, soil investigasi berupa data boring dan data angin yang digunakan untuk pemodelan gelombang.

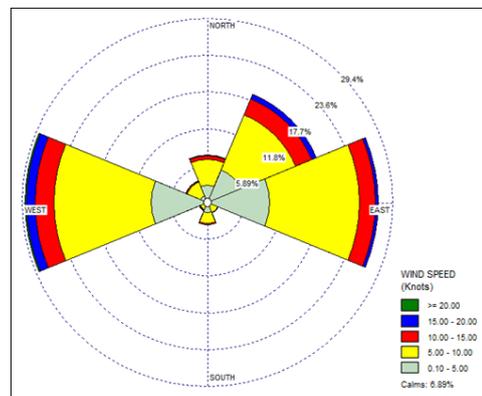
Data pasang surut didapatkan dari pengamatan 30 hari, dan dianalisis menggunakan metode admiralty dan least square. Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan grafik pasang surut global dari BIG, dan digunakan adalah hasil analisis dengan hasil tunggang pasang terbesar yaitu dengan metode least square. Adapun grafik pengamatannya adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Nilai Pasang surut metode least square

Jenis Elevasi	Elevasi (m)	Elevasi (m) (LWS)
Highest High Water Level (HWS)	2,76	2,38
Mean High Water Level (MHWS)	2,32	1,94

Jenis Elevasi	Elevasi (m)	Elevasi (m) (LWS)
Mean Sea Level (MSL)	1,52	1,14
Mean Low Water Level (MLWS)	0,71	0,33
Lowest Low Water Level (LWS)	0,38	0,00
Tunggang Pasut (HWS-LWS)	2,38	
Z0 (MSL-LWS)	1,14	

Data arah dan kecepatan angin di lokasi Pelabuhan Kolaka diambil dari Stasiun Meteorologi Kelas III Sangia Ni Bandera BMKG Pomalaa dari tahun 2005 – 2015.

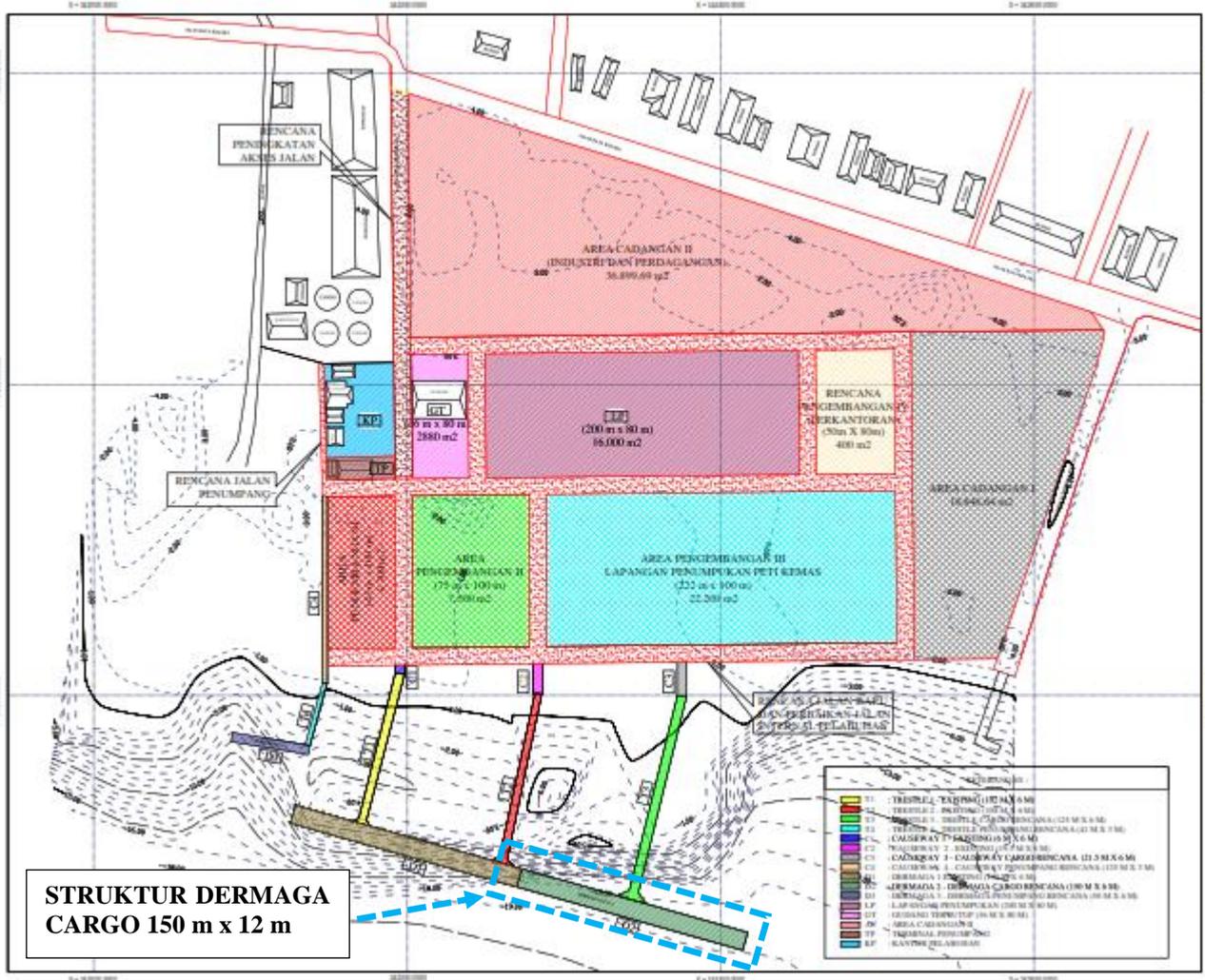


Gambar 7. Windrose Total Tahun 2005-2015

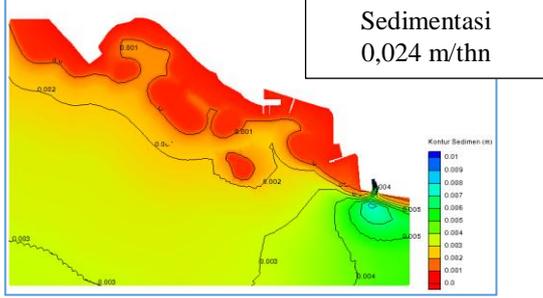
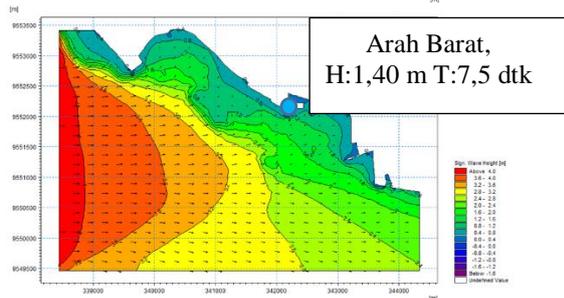
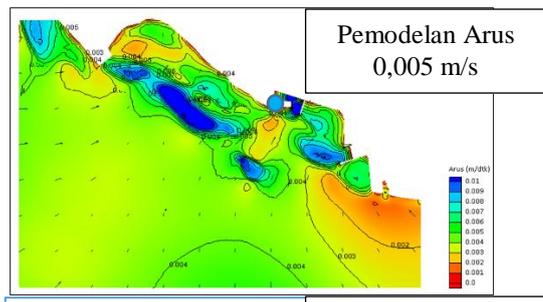
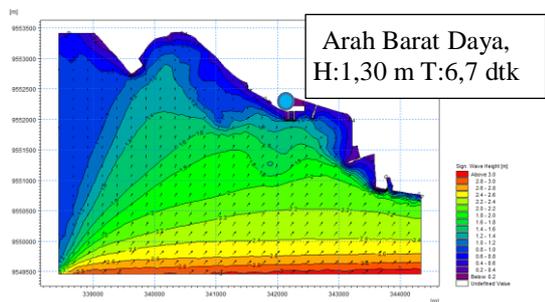
Penentuan elevasi lantai dermaga, harus memenuhi persyaratan terhadap adanya potensi gaya uplift yang harus dihitung jika *clearance* terdekat dan tinggi gelombang maksimum. Adapun penentuan tinggi elevasi dermaga adalah [2]:

$$\begin{aligned}
 El &= HWS + \frac{1}{2} \text{ Gelombang} + \text{Freeboard} \\
 &= 2,38 + (1/2 \cdot 1,40) + 0,5 \\
 &= 3,58 \text{ mLWS, pembulatan } 4,00 \text{ MLWS}
 \end{aligned}$$

Digunakan elevasi yang sama dengan dermaga eksisting dimana nilai *clearance* > 1/2 H_{gel}, maka gaya *uplift* tidak diperhitungkan dalam analisis.



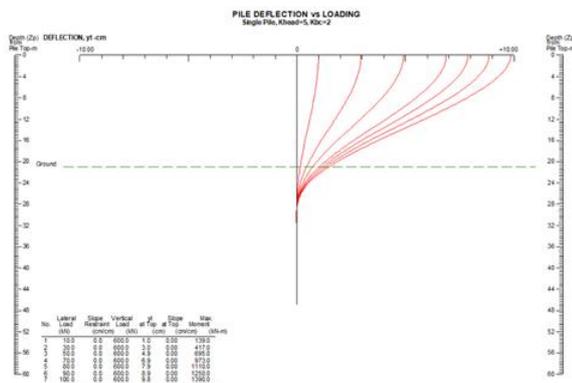
Gambar 8. Data Topografi dan Bathymetri



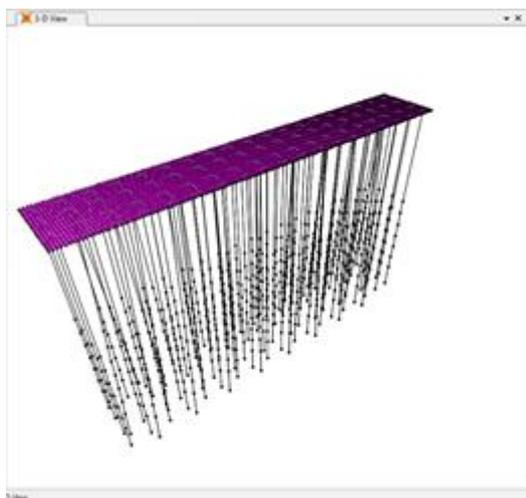
Gambar 9. Pemodelan Gelombang Periode 50 thn

Gambar 10. Pemodelan Arus dan Sedimen

Untuk merepresentasikan perilaku struktur, model struktur dibuat dalam komponen 3 dimensi yang terbentuk dari elemen-elemen join, elemen batang, dan elemen area. Untuk tanah yang dimodelkan sebagai tumpuan elastis, kemampuan untuk mendukung beban, tergantung dari besarnya *modulus of subgrade reaction* dari tanah. Pemodelan tiang yang tertanam dimodelkan dengan gaya spring nonlinier. Pemodelan dermaga cargo yang direncanakan dengan dimensi 150 m x 12 m. Pemodelan dibuat 2 segment dengan 2 x (75 m x 12 m).



Gambar 11. Pemodelan Tiang Yang Tertanam Dengan Gaya Spring Nonlinier pada Dermaga Cargo.

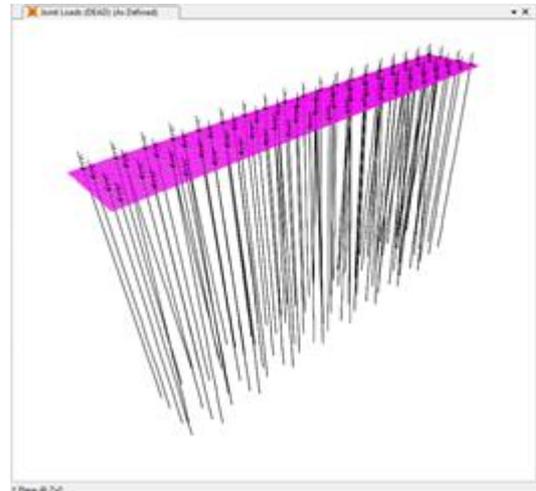


Gambar 12. Pemodelan dermaga cargo

Input pembebanan merupakan proses memasukkan beban-beban yang bekerja pada sebuah model struktur yaitu beban vertical dan beban horizontal.

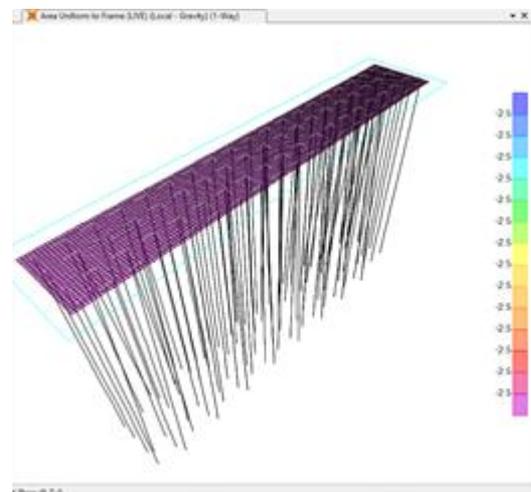
Beban Mati / Berat sendiri struktur yang dimodelkan telah dihitung oleh Program SAP2000

itu sendiri dengan memasukkan self weight pada pada beban mati = 1. Beban mati tambahan adalah beban pile cap 1 sebesar 14,2 ton dan pile cap 2 sebesar 28,4 ton.



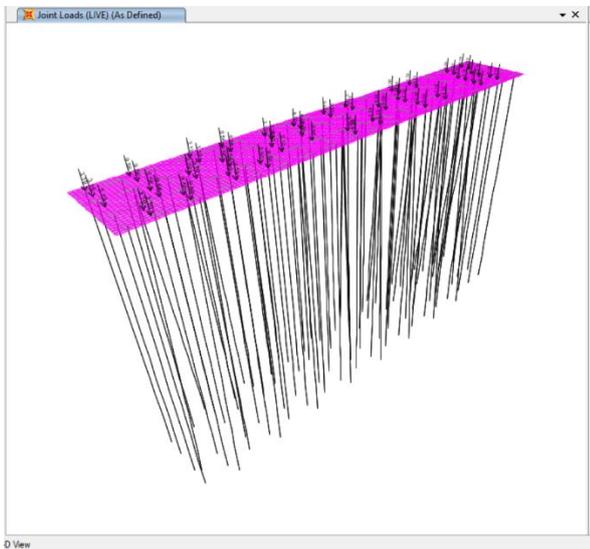
Gambar 13. Beban Mati Tambahan

Beban hidup direncanakan beban hidup merata, untuk beban hidup merata pada dermaga cargo direncanakan 25 kN/m² (2.5 ton).



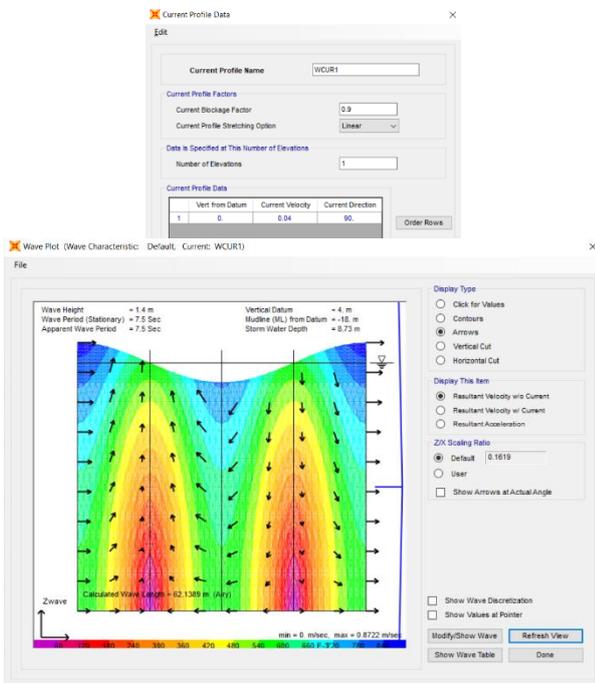
Gambar 14. Beban Hidup

Selain beban merata beban hidup yang direncanakan maka dimodelkan juga beban terpusat dari beban kendaraan truk terbesar yang direncanakan. Truk yang direncanakan memiliki berat total maksimum 25 ton dengan konfigurasi sumbu ban 1,22. Jenis truk yang dipakai dalam perhitungan mengacu manual perkerasan jalan dengan alat berkelman beam.



Gambar 15. Beban Truck

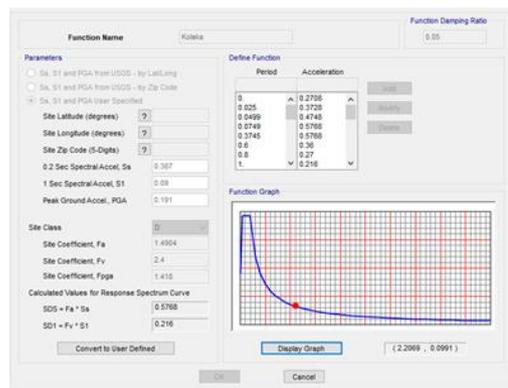
Input beban arus dan gelombang pada SAP 2000 menggunakan *auto-lateral load* dari API WSD2000.



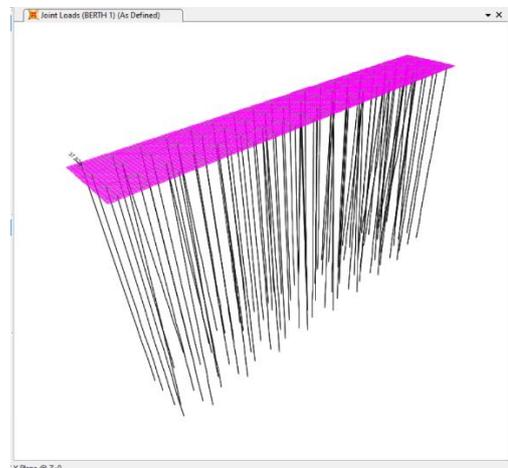
Gambar 16. Beban Arus dan Gelombang

Beban gempa didapatkan dari analisis respon spektrum. Adapun grafik respon spectrum mengacu pada SNI 2833 : 2016 dimana percepatan gempa sesuai dengan peta hazard gempa 2010.[9] Energi berthing dari kapal 50.000

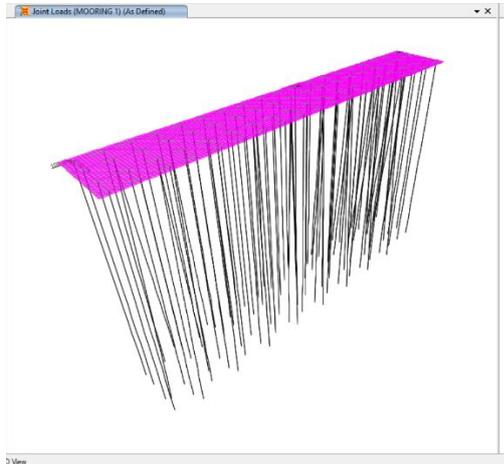
GT diserap fender dan menghasilkan reaksi. Reaksi dari fender tersebut dijadikan sebagai beban berthing pada struktur dermaga. Reaksi fender untuk beban berthing kapal 50.000 GT dengan tipe fender SCN 800 yaitu sebesar 371 kN. Input beban mooring menggunakan traksi bollard 1500 ton dan bitt 1000 ton pada posisi *headline, breastline 1A dan breastline 1 B*.



Gambar 17. Input Beban Gempa

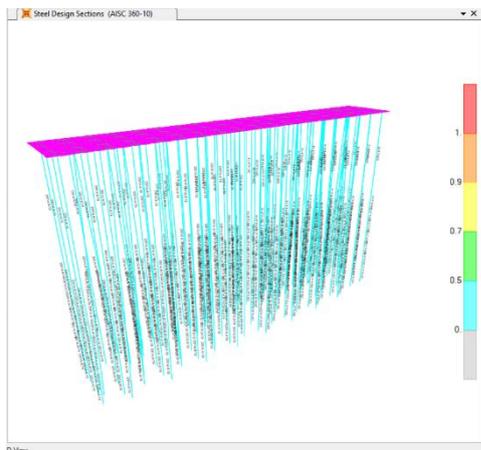


Gambar 18. Input Beban Berthing



Gambar 19. Input Beban Mooring

Kekuatan elemen struktur baja yang berupa elemen tiang pancang pada dermaga dianalisis menggunakan program SAP 2000.

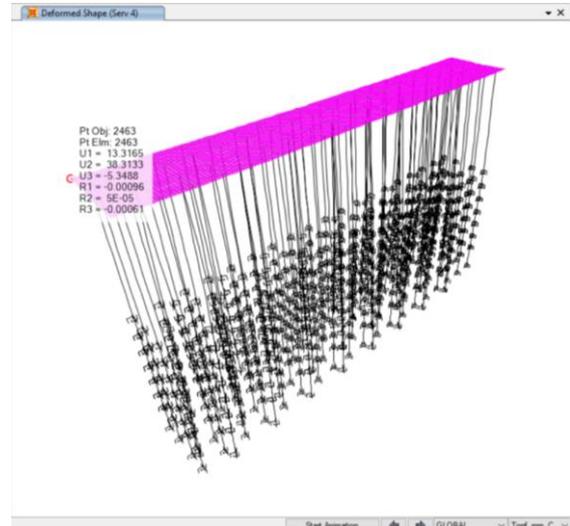


Gambar 20. Rasio Kapasitas Tiang Pancang Dermaga Cargo

Gambar diatas menunjukkan bahwa tiang pancang masih memenuhi kapasitas beban ultimate yang ditunjukkan dengan warna biru cyan dalam rentang rasio 0 – 0,5. Kapasitas tiang pancang baja pada dermaga yang menggunakan diameter 914 mm dengan tebal 19 mm memiliki nilai rasio maksimum yang terjadi 0.36. Nilai tersebut tidak melebihi batas yang diizinkan dengan limit 0.95 sehingga tiang pancang aman untuk memikul kombinasi beban ultimit.

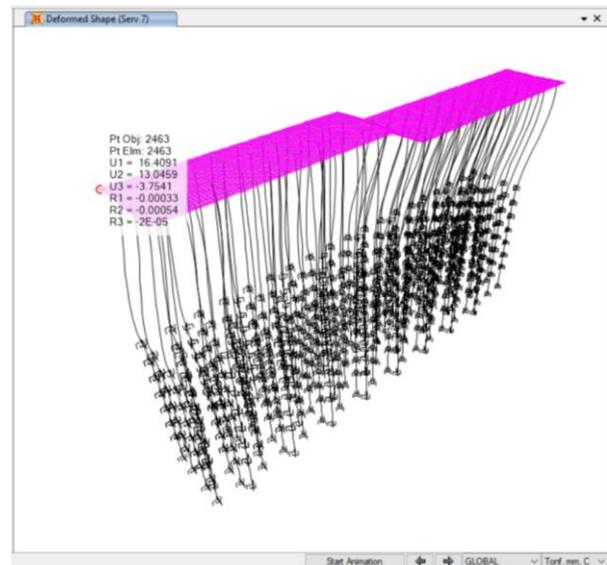
Analisis *displacement* digunakan untuk melihat pergerakan translasi ujung (top) dermaga cargo ditunjukkan oleh nilai U1 dan U2. Nilai terbesar

digunakan untuk menganalisis nilai displacement pada stuktur dermaga cargo tersebut.



Gambar 21. Joint Displacement kondisi layan

Hasil joint displacement kondisi layan atau operasional sebesar 38,31 mm.



Gambar 22. Joint Displacement kondisi gempa

Hasil joint displacement kondisi gempa sebesar 16,41 mm. Batas defleksi maksimum untuk kenyamanan dermaga adalah 50 mm untuk kondisi layan atau operasional dan 100 mm untuk kondisi gempa. Maka dapat disimpulkan defleksi tiang saat operasional dan saat kondisi gempa masih dibawah batas izinnya sehingga struktur dikatakan aman.

Hasil rasio kapasitas tiang dengan dimensi 914,4 mm dengan tebal 19 mm masih jauh dari batas limit rasio 0,95, hal ini menunjukkan bahwa tiang masih kuat memikul beban vertical dan horizontal. Hasil analisis menggunakan dimensi tiang yang lebih kecil sampai 711,2 mm dengan tebal 14 mm menunjukkan rasio kurang dari 0,95 tetapi menghasilkan nilai defleksi yang lebih besar dari standar kenyamanan untuk defleksi pada struktur dermaga. Hal ini diakibatkan besarnya traksi yang diperlukan untuk menahan beban kapal 50.000 GT pada pembebanan *moring*. Faktor keamanan dan keselamatan pada perhitungan struktur wajib dipenuhi guna memberikan pelayanan maksimum pada pengguna fasilitas pelabuhan dalam hal ini fasilitas bongkar muat pada dermaga cargo di Pelabuhan Kolaka.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis kapasitas tiang menunjukkan bahwa rasio kapasitas tiang baja dengan dimensi 914,4 mm dengan tebal 19 mm sebesar 0,36.
2. Hasil *joint displacement* kondisi layan atau operasional sebesar 38,31 mm dan kondisi gempa sebesar 16,41 mm. sehingga dapat disimpulkan defleksi tiang saat operasional dan saat kondisi gempa masih dibawah batas izin defleksi sehingga struktur dikatakan aman dan nyaman.

Saran

Dari hasil analisa dan kesimpulan yang diperoleh, penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian dengan perbandingan pemodelan segment dermaga terhadap analisa kapasitas tiang dan *joint displacement*.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan dimensi tiang yang memiliki kapasitas tiang yang lebih efektif tetapi memiliki nilai *displacement* tiang yang masih di bawah izin standar kenyamanan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Undang – Undang Republik Indonesia No.17 Tahun 2008 tentang Pelayaran.
- [2] Triatmodjo, B. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Penerbit BETA OFFSET Edisi Pertama, Yogyakarta.
- [3] Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, 2015. *Rencana Induk Pelabuhan Kolaka*.
- [4] Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Penerbit BETA OFFSET Edisi Pertama, Yogyakarta.
- [5] SNI 03-1726-2012. 2012. *Tata Cara Perhitungan Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- [6] NIST CGR 12-917-21. 2012. *Soil - Structure Interaction for Building Structure*. U.S. Department of Commerce : National Institute of Standards and Technology.
- [7] Sosrodarsono, Suyono, dan Nakazawa, Kazuto, 2000, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Pradnya Paramitha, Jakarta
- [8] Direktorat Jenderal Perhubungan Laut. 2015. *Tata Cara Perhitungan Struktur Fasilitas Pelabuhan Laut*.
- [9] SNI-2833-2016. 2016. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.