

PERANCANGAN DAN ANALISIS BIAYA DERMAGA BONGKAR BATUBARA DI LAUT JAWA

Design and Cost Analysis of Coal Fired Power Plant Unloading Wharf in Java Sea

Nurhadi Al Rasyid¹ dan Sri Murti Adiyastuti²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jalan Ganesha 10, Bandung, 40132

[1nurhadialrasyid@gmail.com](mailto:nurhadialrasyid@gmail.com) dan [2adiyastuti@ocean.itb.ac.id](mailto:adiyastuti@ocean.itb.ac.id)

ABSTRAK

Pemerintah Indonesia memiliki program kerja 35.000 MW Listrik untuk Indonesia pada periode 2014-2019, dengan tujuan strategis yaitu pemeratakan pasokan listrik di daerah-daerah yang belum mendapatkan aliran listrik, menambah cadangan listrik sebesar 30%, serta menjadikan listrik sebagai pendorong pertumbuhan industri dan wilayah. Dalam upayanya dibangun PLTU untuk mewujudkan program tersebut. Salah satunya adalah PLTU yang terletak di daerah Laut Jawa, yaitu Cirebon. PLTU tersebut membutuhkan batubara sebagai bahan baku listrik. Dalam mobilisasinya, dibutuhkan terminal bongkar batubara sebagai sarana bongkar lalu dipasok menuju PLTU.

Terminal bongkar batubara tersebut merupakan dermaga dengan struktur *jetty deck on pile* tipe *wharf*. Perencanaan dermaga dilakukan berdasarkan data lingkungan, data kapal rencana, dan data operasional yang perlu memenuhi kriteria desain. Analisis struktur pada dermaga dilakukan untuk dapat mengetahui kemampuan struktur dalam menahan beban yang bekerja pada dermaga baik dari aktivitas pelabuhan maupun lingkungan. Proses analisis struktur untuk dermaga ini menggunakan perangkat lunak SAP2000 dengan melakukan *input* dimensi struktur dermaga, elemen komponen dermaga, dan beban yang bekerja pada dermaga.

Hasil *output* dari analisis struktur menggunakan perangkat lunak SAP2000 yaitu *Unity Check Ratio*, defleksi struktur, gaya dalam, dan reaksi perletakan. *Unity Check Ratio* dan defleksi struktur harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Lalu gaya dalam digunakan dalam proses penulangan struktur beton seperti pada balok, pelat, dan *pile cap*. Serta reaksi perletakan digunakan dalam analisis daya dukung aksial tanah pada tiang pancang. Kemudian dilakukan analisis biaya material bahan untuk struktur dermaga bongkar batubara tersebut.

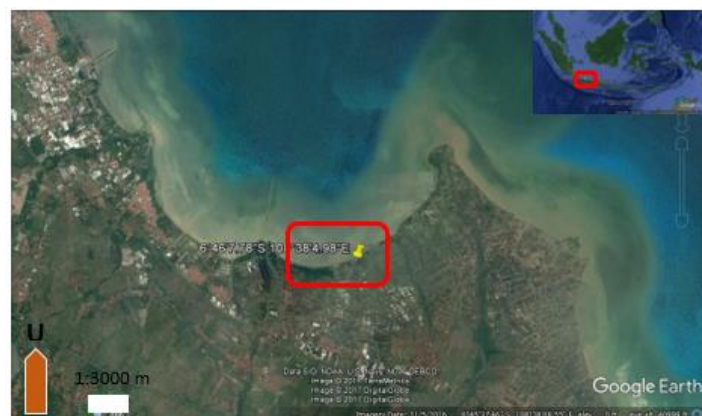
Kata kunci : dermaga, desain struktur, *deck on pile*, SAP2000, biaya material

PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia meresmikan peluncuran program 35.000 MegaWatt Listrik untuk Indonesia. Kebijakan tersebut paling tidak mempunyai tiga tujuan strategis. Pertama, pemeratakan pasokan listrik di daerah-daerah yang belum mendapatkan aliran listrik. Kedua, menambah cadangan listrik sebesar 30% di atas beban puncak pada hampir semua wilayah. Ketiga, menjadikan listrik sebagai pendorong pertumbuhan industri dan wilayah.

Salah satunya adalah di daerah Cirebon, dimana sudah terlebih dahulu terdapat PLTU yang sudah beroperasi dengan kapasitas 1x660 MegaWatt. PLTU Cirebon melakukan ekspansi dengan membangun PLTU unit II Cirebon dengan kapasitas 1x1.000 MegaWatt dibawah naungan PT. Cirebon Energi Prasarana. Demi memenuhi target kebutuhan listrik yang telah dicanangkan dalam pengupayaan pelaksanaan program 35.000 MegaWatt dari pemerintah. Proyek ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara. PLTU ini membutuhkan suplai bahan baku mencapai 3,2 juta ton batu bara per tahun. Batu bara ini memerlukan terminal yang mengakomodir transportasinya. Maka dibutuhkan dermaga batu bara baru untuk melakukan pelaksanaan bongkar muat batu bara dan mobilisasinya.

Dermaga yang akan dibangun ini terbuat dari material beton dengan tipe *deck on pile*. Tugas Akhir ini akan membahas mengenai desain analisis struktur dermaga untuk PLTU unit II Cirebon tersebut serta analisis biaya konstruksi untuk pembangunannya. Dimana tujuan yang diharapkan dalam Tugas Akhir ini yaitu mendapatkan desain struktur dermaga batu bara yang memenuhi kualifikasi desain dan analisis biaya material untuk desain dermaga batu bara tersebut. Dermaga rencana terletak di Desa Kanci, Kecamatan Astanajapura, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat, Indonesia dengan titik koordinat dari daratan yaitu pada titik $6^{\circ}46'7.78''S$ dan $108^{\circ}38'4.98''E$, terlihat pada **Gambar 1**.



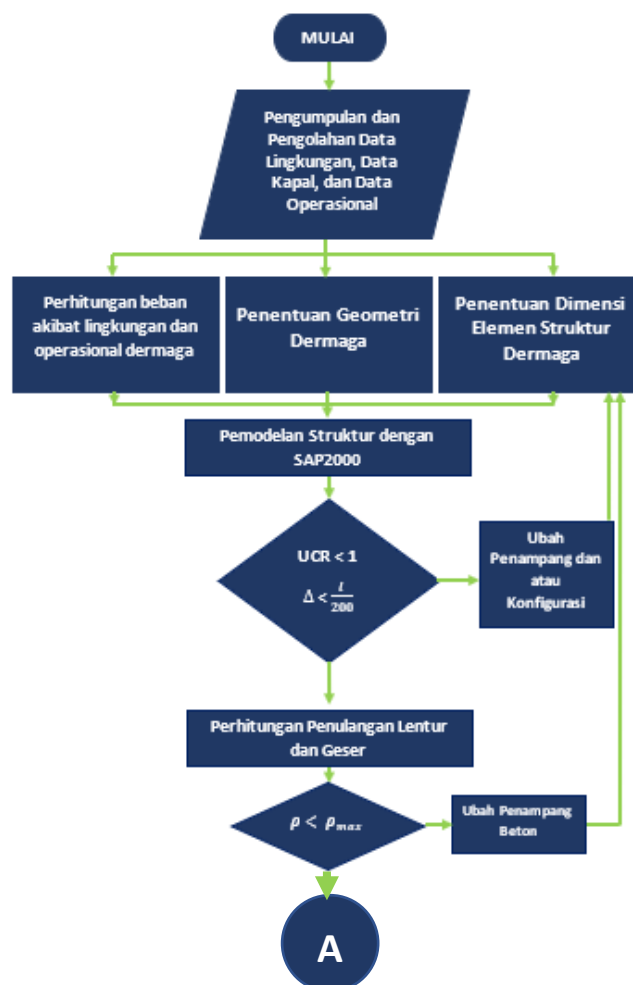
Gambar 1 Peta Lokasi Cirebon

TEORI DAN METODOLOGI

Dermaga rencana ini didesain untuk menangani khusus bongkar batu bara dengan kepentingan sendiri untuk PLTU, dengan kapal rencana yang akan menambat dengan ukuran 15.000 DWT dengan draft 6,5 m. Maka didapatkan teori yang mendukung perancangan dermaga tersebut, yaitu:

- Pelabuhan Laut adalah pelabuhan yang dapat digunakan untuk melayani kegiatan angkutan laut dan/atau angkutan penyeberangan yang terletak di laut atau di sungai.
- Terminal untuk Kepentingan Sendiri adalah terminal yang terletak di dalam Daerah Lingkungan Kerja dan Daerah Lingkungan Kepentingan pelabuhan yang merupakan bagian dari pelabuhan untuk melayani kepentingan sendiri sesuai dengan usaha pokoknya.
- Jenis dermaga *Wharf / Quay* adalah dermaga yang dibangun secara parallel/sejajar terhadap garis pantai menggunakan struktur *deck on pile* menggunakan tiang pancang sebagai pondasi bagi lantai dermaga.

Metodologi yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini ditunjukkan oleh diagram alir pada **Gambar 2**.





Gambar 2 Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir

Perencanaan struktur dermaga bongkar batubara di Cirebon ini dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan di lokasi rencana dan data operasional pada dermaga diantaranya yaitu batimetri, kecepatan angin, kecepatan arus, tinggi dan periode gelombang, pasang surut, kondisi tanah, kapal rencana, *crane*, *conveyor*, dan kendaraan inspeksi. Kecepatan angin serta tinggi dan periode gelombang yang digunakan dalam desain adalah data hasil analisis ekstrim periode ulang 50 tahun. Untuk tinggi pasang surut didapatkan dengan meramalkan menggunakan perangkat lunak ERGTide. Nilai untuk masing-masing data lingkungan tersebut terlampir pada **Tabel 1**.

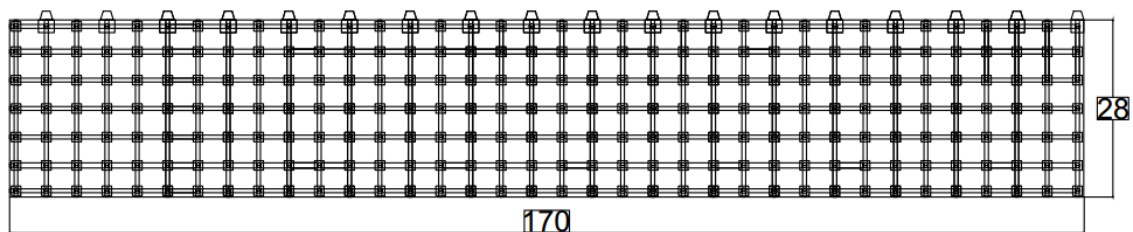
Tabel 1 Besaran Nilai Data Lingkungan

Parameter	Arah	Nilai	Parameter	Arah	Nilai	Parameter	Arah		Nilai
Batimetri (m)		-7,35	Kecepatan Angin (m/s)	Utara	27,8	Gelombang	Utara	H (m)	2,754
Kecepatan Arus (m/s)	Utara	0,6		Timur Laut	17,5			T (s)	8,122
	Timur	0,43		Timur	12,9		Timur Laut	H (m)	4,016
	Selatan	0,38		Tenggara	10,3			T (s)	9,787
	Barat	0,3		Selatan	24,7		Timur	H (m)	3,163
Tinggi Pasang Surut (cm)		101,8		Barat Daya	11,3			T (s)	8,697
				Barat	26,7		Barat Laut	H (m)	1,971
				Barat Laut	8,2			T (s)	6,883

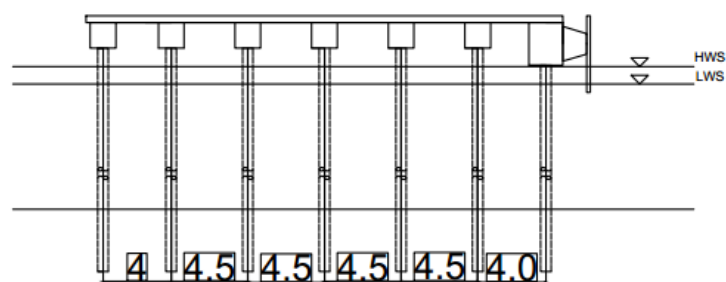
Perhitungan gaya yang bekerja pada dermaga dibagi menjadi beban mati (beban berat struktur sendiri, berat *fender*, berat *bollard*), beban hidup (mobil, manusia, *conveyor*, dan *crane*), serta beban lingkungan (gaya gelombang, arus, dan gempa), gaya *berthing*, dan gaya *mooring*. Desain dermaga ini dibuat dengan referensi utama berdasarkan *The Overseas Coastal Area Development Institut of Japan* (OCDI) 2002, Standar Nasional Indonesia, *Port Designer's Handbook*, dan *Principles of Foundation Engineering, Sixth Edition*, Braja M.Das dan untuk perhitungan biaya berdasarkan Peraturan Menteri 78 Tahun 2014, Jurnal Harga Satuan Bahan Bangunan Konstruksi dan Interior tahun 2017 Edisi 36, dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 28 Tahun 2016.

HASIL DAN ANALISIS

Dermaga dibangun dengan panjang 170 m, lebar 28 m, dan elevasi +3,6 m di atas LLWL. Dengan memiliki sepanjang *trestle* 2691 m untuk menghindari pengerukan. Berikut adalah ilustrasi dari dermaga rencana pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**.



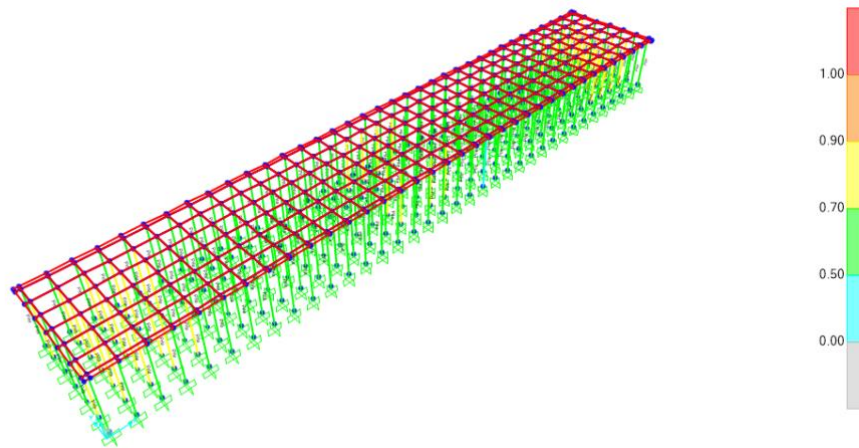
Gambar 3 Layout Dermaga Tampak Atas



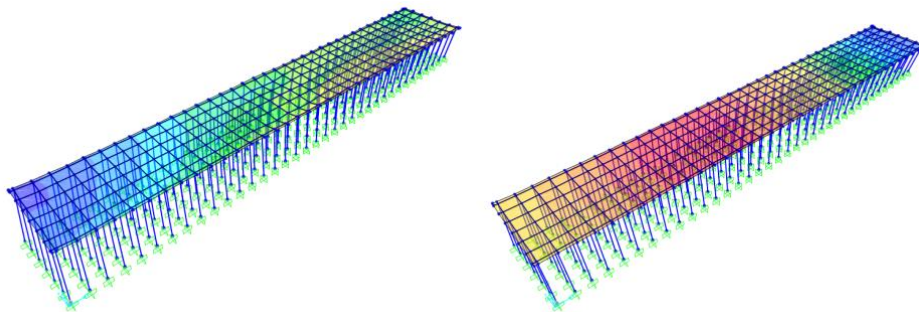
Gambar 4 Layout Dermaga Tampak Samping

Maka dilakukan pemodelan dan analisis desain struktur dermaga dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Struktur yang dimodelkan adalah struktur dermaga dengan komponen struktur seperti tiang pancang, balok, dan pelat. Analisis pada SAP2000 dimulai dengan memodelkan struktur dermaga kemudia mengaplikasikan kombinasi beban yang direncanakan akan diterima oleh struktur

dermaga. Hasil pemodelan yang akan dianalisis adalah nilai *unity check ratio* (UCR), besar defleksi struktur, dan gaya dalam komponen struktur dermaga. Hasil UCR terbesar yang didapatkan dari hasil pemodelan pada tiang pancang dermaga adalah sebesar 0,883 dengan kombinasi 5.3.1.4 (1,2D+0,5(W+C+B)+1,0L) dengan defleksi terbesar arah x sebesar 0,009465 dan defleksi terbesar arah y sebesar 0,048461. Dapat dilihat hasil pemodelan UCR pada **Gambar 5** dan defleksi pada dermaga pada **Gambar 6**.



Gambar 5 Hasil UCR pada Pemodelan



Gambar 6 Hasil Defleksi Arah X dan Arah Y

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa kriteria nilai $UCR < 1$ dan defleksi yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan defleksi izin maksimum ($\frac{l}{240} = 0,0614 \text{ m}$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa desain dermaga rencana aman secara struktural. Setelah itu, dilakukan analisis gaya dalam komponen struktur untuk kemudian dilakukan proses perhitungan penulangan struktur. Kualitas yang digunakan untuk beton adalah material beton K-450 dan untuk penulangan menggunakan BJTD-40 dengan diameter 10 mm, 13 mm, 22 mm, dan 25 mm. Dari proses perhitungan penulangan tersebut, diperoleh komponen struktur dermaga seperti berikut.

a. Balok

- Balok Memanjang

- Dimensi : $4,8 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$
- Tulangan Lentur Atas : BJTD-40 D22, 4 buah
- Tulangan Lentur Bawah : BJTD-40 D22, 3 buah
- Tulangan Geser : BJTD-40 D10, jarak 260 mm

- Balok Crane

- Dimensi : $4,8 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}$
- Tulangan Lentur Atas : BJTD-40 D25, 9 buah
- Tulangan Lentur Bawah : BJTD-40 D25, 9 buah
- Tulangan Geser : BJTD-40 D25, jarak 180 mm

- Balok Conveyor

- Dimensi : $4,8 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$
- Tulangan Lentur Atas : BJTD-40 D22, 5 buah
- Tulangan Lentur Bawah : BJTD-40 D22, 3 buah
- Tulangan Geser : BJTD-40 D13, jarak 260 mm

- Balok Melintang 1

- Dimensi : $4 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$
- Tulangan Lentur Atas : BJTD-40 D22, 4 buah
- Tulangan Lentur Bawah : BJTD-40 D22, 3 buah
- Tulangan Geser : BJTD-40 D10, jarak 260 mm

- Balok Melintang 2

- Dimensi : $4,5 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$
- Tulangan Lentur Atas : BJTD-40 D22, 4 buah
- Tulangan Lentur Bawah : BJTD-40 D22, 3 buah
- Tulangan Geser : BJTD-40 D10, jarak 260 mm

- Kantilever

- Dimensi : $1 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$
- Tulangan Lentur Atas : BJTD-40 D22, 4 buah
- Tulangan Lentur Bawah : BJTD-40 D22, 2 buah
- Tulangan Geser : BJTD-40 D10, jarak 260 mm

b. Pelat

- Pelat Merah Muda

- Dimensi : $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 40\text{ cm}$
- Tulangan Arah X : BJTD-40 D22, 4 buah
- Tulangan Arah Y : BJTD-40 D22, 3 buah

- Pelat Hijau

- Dimensi : $1\text{ m} \times 4\text{ m} \times 40\text{ cm}$
- Tulangan Arah X : BJTD-40 D22, 10 buah
- Tulangan Arah Y : BJTD-40 D22, 4 buah

- Pelat Biru

- Dimensi : $4,5\text{ m} \times 1\text{ m} \times 40\text{ cm}$
- Tulangan Arah X : BJTD-40 D22, 17 buah
- Tulangan Arah Y : BJTD-40 D22, 3 buah

- Pelat Kuning

- Dimensi : $4,8\text{ m} \times 1\text{ m} \times 40\text{ cm}$
- Tulangan Arah X : BJTD-40 D22, 18 buah
- Tulangan Arah Y : BJTD-40 D22, 3 buah

- Pelat Merah

- Dimensi : $4\text{ m} \times 4,8\text{ m} \times 40\text{ cm}$
- Tulangan Arah X : BJTD-40 D22, 18 buah
- Tulangan Arah Y : BJTD-40 D22, 20 buah

- Pelat Hitam

- Dimensi : $4,5\text{ m} \times 4,8\text{ m} \times 40\text{ cm}$
- Tulangan Arah X : BJTD-40 D22, 18 buah
- Tulangan Arah Y : BJTD-40 D22, 20 buah

c. *Pile Cap*

- *Pile Cap 1*

- Dimensi : $2\text{ m} \times 2,5\text{ m} \times 2,5\text{ m}$
- Tulangan Sumbu Memanjang : BJTD-40 D25, 14 buah, jarak 175 mm
- Tulangan Sumbu Melintang : BJTD-40 D25, 11 buah, jarak 175 mm

- *Pile Cap 2*

- Dimensi : $2\text{ m} \times 1,5\text{ m} \times 1,5\text{ m}$

- Tulangan Sumbu Memanjang : BJTD-40 D25, 9 buah, jarak 220 mm
- Tulangan Sumbu Melintang : BJTD-40 D25, 7 buah, jarak 210 mm

d. Tiang Pancang memiliki diameter 610 mm dan WT 11,1 mm.

Untuk mendapatkan panjang tiang total yang dibutuhkan dalam pembangunan dermaga rencana, maka dibutuhkan analisis daya dukung tanah untuk mengetahui panjang tiang pancang yang mampu menopang dermaga. Dengan menggunakan nilai *safety factor* tanah 3. Didapatkan kedalaman tiang yang harus dipancang untuk mendapatkan nilai kapasitas ijin tanahnya sedalam 63 m di bawah dasar laut. Lalu setelah semua komponen dari elemen struktur dermaga didapatkan, dilakukan analisis estimasi biaya untuk bahan material. Dibutuhkan volume material semua komponen untuk menentukan banyaknya bahan yang akan digunakan.

Setelah volume didapatkan, perhitungan estimasi biaya dapat dilakukan dengan mempertimbangkan nilai inflasi menggunakan konsep *Time Value of Money*. Perhitungan volume material dan estimasi biaya untuk bahan material dirangkum pada **Tabel 2** di bawah ini.

Tabel 2 Jumlah Volume dan Total Harga Material

Jenis Elemen	Komponen Material	Volume	Satuan	Indeks Kemahalan	Harga Barang Satuan (IDR)	Satuan	Harga Total (IDR)
Beton	Semen	713,358	m ³	0,9651	3.175.000,00	m ³	2.185.866.233,42
	Pasir	1070,03 7	m ³	0,9651	119.000,00	m ³	122.890.432,34
	Agregat Kasar	1640,72 3	m ³	0,9651	204.000,00	m ³	323.026.200,53
	Super Plasticizer	2,14	m ³	0,9651	3.888.888,89	m ³	8.031.776,67
Tulangan Baja	Ulir Diameter 10 mm	1710	m'	0,9651	10.887,68	m'	17.968.169,43
	Ulir Diameter 13 mm	129,6	m'	0,9651	10.887,68	m'	1.361.798,10
	Ulir Diameter 22 mm	1629736	m'	0,9651	10.887,68	m'	17.124.779.281,4 1
	Ulir Diameter 25 mm	601534, 8	m'	0,9651	10.887,68	m'	6.320.748.072,14
Tiang Pancang	Tiang Pancang	1260	buah	0,9651	6.700.000,00	buah	8.147.374.200,00
Fender	Fender	18	buah	0,9651	89.210.953,1 3	buah	1.549.754.835,58

Jenis Elemen	Komponen Material	Volume	Satuan	Indeks Kemahalan	Harga Barang Satuan (IDR)	Satuan	Harga Total (IDR)
Bollard	Bollard	7	buah	0,9651	73.982.857,14	buah	499.805.988,01
					Harga Material Total (IDR)		36.301.606.987,62

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dermaga bongkar muat batubara ini dapat dikategorikan sebagai Pelabuhan Laut dengan jenis terminal batubara kepentingan sendiri menggunakan struktur *jetty deck on pile* tipe *wharf*.
2. Geometri dermaga rencana adalah sebagai berikut:
 - Panjang Dermaga : 170 m
 - Lebar Dermaga : 28 m
 - Elevasi Dermaga : +3,6 m dari LLWL
3. Kombinasi beban yang paling dominan mempengaruhi struktur adalah COMB5.3.1.4 (1,2 x Beban Mati + 0,5 x (Beban Gelombang+Beban Arus+Beban Berthing) + 1,0 x Beban Hidup)
4. Total biaya yang dibutuhkan untuk material bahan dermaga adalah sebesar Rp. 36.301.606.987,62-.

Adapun saran untuk menjadikan studi ini menjadi lebih baik adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan data angin, data gelombang, data tanah, data kapal, data konveyor, data *crane* untuk dermaga rencana yang akurat agar mendapatkan hasil yang lebih optimal.
2. Dalam desain menentukan tiang pancang yang akan digunakan pada setiap titik agar lebih ekonomis, gunakan tiang pancang spesifik dengan setiap kondisi data tanah pada titik tersebut.
3. Dapat dilakukan perancangan pekerjaan metode konstruksi untuk dermaga ini, dimana akan dapat dihitung analisis biaya pekerjaan untuk konstruksi dermaga ini.
4. Dapat dilakukan perancangan pekerjaan pola operasi manajemen pelabuhan yang baik untuk dermaga bongkar batu bara rencana.

DAFTAR PUSTAKA

Ajiwibowo, H. (2017). *Diktat Kuliah Perancangan Dermaga*.

British Standard. (1994). *Maritime Structure*. London: BSI.

- BSN. (2002). *03-2847-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung.
- BSN. (2005). *R-SNI T-02-2005 Standar Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta.
- BSN. (2012). *1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non-Gedung*.
- BSN. (2013). *03-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*.
- Buchart, H. d. (1999). *Port Engineering, laboratoriet for Hydraulik og Havnbygning*. Aalborg Universitet, Denmark.
- Das, B. M. (t.thn.). *Principles of Foundation Engineering, Sixth Edition*.
- Fentek. (2002). *Marine Fendering Systems*. Hamburg: Fentek.
- Kementerian PU. (2017, Mei 2). *Peta Zonasi Gempa Indonesia*. Diambil kembali dari Kementerian PU: <http://puskim.pu.go.id>
- Nusantara, P. B. (2015). *Harga Satuan Bahan Bangunan Konstruksi dan Interior Edisi 36*.
- OCDI. (2002). *Technical Standards and Commentaries of Port and Harbor Facilities in Japan*. Tokyo: Japan Ports and Harbours Association.
- Perhubungan, K. (2014). *Peraturan Menteri No. 78*.
- PU, K. (2016). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 28*.
- Thoresen, C. A. (2003). *Port Designer's Handbook*. Australia: Thomas Telford Publishing.
- Trelleborg. (2007). *Safe Berthing and Mooring*. Dubai: Trelleborg Marine System.