

Analisis Penentuan Debit dan Muka Air Rencana Bagi Perencanaan Dermaga dan Alur Pelayaran Batubara di Sungai Eilanden, Papua

INDRIYADI ANUGRAH IBRAHIM, YATI MULIATI SADLI NURDIN,
FACHRUL MADRAPRIYA

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
e-mail: indriyadianugrah@yahoo.co.id

ABSTRAK

PT. Obio Indo Energi membutuhkan pendistribusian batubara dari lokasi tambang ke mother vessel, menyebabkan dibutuhkan suatu fasilitas terminal khusus untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Untuk melakukan perencanaan dermaga dan alur pelayaran, diperlukan beberapa analisis. Debit banjir rencana dihitung menggunakan metode HSS Nakayasu dimana hujan harian maksimum dihitung menggunakan distribusi frechet. Analisis hidraulika menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 4.1 untuk mengetahui elevasi muka air.

Ukuran kapal rencana adalah 1.000 DWT yang ditarik oleh tugboat dimana kebutuhan kedalaman minimal untuk alur pelayaran dan kolam putar sebesar 3,6 meter dari muka air minimum. Lebar alur pelayaran untuk dua jalur kapal sebesar 112 meter dengan luasan kolam putar sebesar 4.537 m². Tipe dermaga yang dipilih adalah tipe jetty dilengkapi dengan 3 buah breasting dolphin dan 2 buah mooring dolphin. Elevasi dermaga agar tidak tenggelam adalah +5,2 meter dari 0 meter.

Kata kunci: analisis hidrologi, analisis hidraulika, HEC-RAS, muka air minimum

ABSTRACT

PT. Obio Indo Energi have to distribute coal from the mine to the mother vessel, causes a special terminal facility needed for fullfil they need. To planning the jetty and navigation channel, it may take some analysis. The discharge plan determinded by HSS Nakayasu method which the maximum daily rainfall determine by frechet distribution. Analysis hydraulics using software HEC-RAS 4.1 for known the water surface.

The switch of the ship size as 1.000 DWT who being towed by a tugboat which the minimally deep needs for navigation channel and turning basin as big as 3,6 meters from the minimum water surface. Navigation channel width for 2 ships as 112 meters with turning basin area as big as 4.537 m². The result for jetty type is jetty type, which using 3 pieces breasting dolphin and 2 pieces mooring dolphin. Jetty elevation that not floods is +5,2 meters from 0 meters.

Keywords: hydrologic analysis, hydraulics analysis, HEC-RAS, minimum water surface

1. PENDAHULUAN

PT. Obio Indo Energi (PT.OIE) adalah sebuah perusahaan yang berkecimpung dalam aktivitas pertambangan batubara di Papua, Indonesia, yang saat ini sedang merencanakan pembangunan fasilitas terminal khusus untuk memenuhi kebutuhan distribusi batubaranya. Adanya kebutuhan pembangunan terminal khusus, PT. OIE harus memenuhi kewajiban peraturan yang berlaku di Indonesia, yaitu ijin lokasi, ijin konstruksi, dan ijin operasional. Saat ini PT.OIE memiliki lokasi tambang yang terletak di Kabupaten Yahukimo, Provinsi Papua. Batubara dari lokasi tambang tersebut akan diangkut ke Perairan Arafuru melalui Sungai Eilanden. Untuk itu, perlu adanya terminal khusus yang akan mendistribusikan hasil produksi dan pengolahan batubara PT.OIE dari lokasi. Dermaga Batu Bara PT. OIE terletak di Distrik Atsy dan Distrik Suator, Kabupaten Asmat, Provinsi Papua. Dengan koordinat $5^{\circ}29'57.84''$ LS dan $139^{\circ}0'17.62''$ BT. Peta lokasi studi (Kabupaten Asmat) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi perencanaan
(Sumber: google.co.id/gambar)

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alur Pelayaran

Untuk mendapatkan kondisi operasi yang ideal, kedalaman air di alur harus cukup besar untuk memungkinkan pelayaran pada muka air terendah dengan kapal bermuatan penuh. Untuk menentukan kedalaman alur, dapat dihitung dengan Persamaan 1 berikut ini:

$$D = d + S + \left(\frac{1}{2} * \square\right) + B + C \quad \dots (1)$$

dengan:

- D : kebutuhan kedalaman alur kapal dan kolam pelabuhan (m),
- d : draft kapal terbesar yang direncanakan pada saat muatan penuh (m),
- S : efek gelombang akibat kapal yang memasuki alur, sehingga gelombang akan menurunkan muka air (squat) (m),
- $\frac{1}{2} * \square$: turun naiknya kapal akibat melintasi gelombang (pitching and rolling) (m),

Analisis Penentuan Debit dan Muka Air Rencana Bagi Perencanaan Dermaga dan Alur Pelayaran Batubara di Sungai Eilanden, Papua

- B : berat jenis air, apabila kapal berlayar di air tawar, kedalaman alur perlu ditambah 2% - 3% dari draft,
 C : faktor empiris, untuk kemanan sebesar 0,5 m (tanah lunak) dan 1 m (tanah keras).

Untuk mendapatkan kondisi operasi yang ideal, lebar alur harus cukup besar untuk memungkinkan pelayaran dengan kapal bermuatan penuh. Untuk menentukan lebar alur, dapat dihitung dengan Persamaan 2 dan Persamaan 3 berikut ini:

Alur satu jalur (one way):

$$LA = 5 * B \quad \dots (2)$$

Alur dua jalur (two way):

$$LA = 8 * B \quad \dots (3)$$

dengan:

- LA : lebar alur,
 B : lebar kapal.

2.2 Kolam Putar

Kolam putar harus tenang, mempunyai luas dan kedalaman yang cukup, sehingga memungkinkan kapal berputar dengan aman. Dalam areal kolam putar direncanakan memiliki kedalaman minimal sama dengan kedalaman alur. Penentuan luas kolam dengan memperhitungkan jari-jari kolam putar dapat dihitung dengan Persamaan 4 berikut ini:

$$A_{TR} = \pi * R^2 \quad \dots (4)$$

dengan:

- R : LOA Kapal Terbesar (dengan kapal pandu /tugboat),
 R : $1,5 * LOA$ Kapal Terbesar (tanpa kapal pandu/tugboat).

dengan:

- A_{TR} : luas kolam putar (turning basin) (m^2),
 R : jari-jari kolam pelabuhan (m),
 LOA : length over all, panjang kapal (m).

2.3 Elevasi Dermaga

Perhitungan elevasi dermaga ditentukan dengan memperhatikan muka air maksimum pada lokasi dermaga. Maka, elevasi dermaga dapat dihitung dengan Persamaan 5 berikut ini:

$$Elevasi\ Dermaga\ (m) = Elevasi\ Muka\ Air\ Maksimum\ m + 0,5H + Tinggi\ Jagaan\ (m) \dots (5)$$

dengan:

- H : tinggi gelombang (m),
Tinggi jagaan: keamanan untuk ketinggian dermaga (maksimum = 0,5 meter).

2.4 Karakteristik Kapal

Data mengenai tipe dan fungsi kapal perlu diketahui terlebih dahulu sebelum merancang pelabuhan. Data tersebut digunakan untuk menetapkan suatu ukuran teknis pelabuhan yang dapat melayani kapal dan muatan barang. Karakteristik kapal terdiri dari dimensi kapal (panjang, lebar dan draft/sarat), kapasitas angkutan kapal, tipe serta fungsinya.

Parameter-parameter kapal yang akan dilayani harus ditentukan lebih dahulu, agar fasilitas pelabuhan yang dibangun dapat berfungsi dengan baik. Karakteristik beberapa ukuran kapal tongkang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Karakteristik Kapal

<i>DWT</i>	<i>LOA</i> (m)	<i>LBP</i> (m)	<i>B</i> (m)	<i>D</i> (m)
15.000	122,50	120,00	30,50	5,60
11.178	92,00	104,86	36,00	5,14
10.000	105	99,63	27	4,98
8.000	89,46	89,92	26,18	4,66
5.191	79,20	73,71	21,96	4,00
3.000	70	57,29	18	3,24
2.000	50,39705	47,55	17,25	3,11
1.000	37,82498	34,58	14,00	2,54

(Sumber: Anonim, 2012)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Karakteristik Perencanaan

Data yang tersedia adalah topografi, bathimetri, pasang surut, arus, curah hujan harian maksimum selama 10 tahun, serta potongan melintang sungai, untuk data pasang surut sudah dianalisis oleh konsultan. Pada analisis curah hujan harian maksimum dihitung menggunakan distribusi frechet dan analisis debit banjir rencana dihitung menggunakan metode HSS Nakayasu. Dari metode HSS Nakayasu didapat debit yang sesuai serta data pasang surut, kemudian data tersebut dipakai dalam analisis hidraulika dengan menggunakan program HEC-RAS 4.1 guna mengetahui kondisi elevasi muka air untuk perencanaan dermaga dan alur pelayaran kapal.

3.2 Hidro-Oceanografi

Survey bathimetri yang telah dilakukan untuk mengetahui keadaan bathimetri sungai untuk merencanakan alur pelayaran, kolam putar, dan layout dermaga pada lokasi pelabuhan, untuk melengkapi data hidro-oseonografi dilakukan survey pasang surut. Data hasil survey pasang surut dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Elevasi-elevasi Penting Pasang Surut

Parameter	Elevasi-elevasi acuan relatif terhadap LWS (cm)
Highest High Water Level (HWS)	475,90
Mean High Water Spring (MHWS)	475,90
Mean Sea Level (MSL)	282,83
Mean Low Water Level (MLWL)	111,68
Mean Low Water Spring (MLWS)	17,63
Lowest Low Water Level (LWS)	17,63
Tumpang pasang (cm) : 458,27	

(Sumber: Anonim, 2012)

Dalam waktu yang bersamaan juga dilakukan pengamatan arus pada 3 titik. Pelaksanaan pengukuran arus dilakukan selama 25 jam atau satu siklus pasut. Adapun hasil dari pengukuran arus di sekitar lokasi rencana dermaga dijelaskan pada Tabel 3 berikut ini:

Analisis Penentuan Debit dan Muka Air Rencana Bagi Perencanaan Dermaga
dan Alur Pelayaran Batubara di Sungai Eilanden, Papua

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengukuran Arus

Lokasi	Kedalaman (m)	Jumlah Kecepatan (m/det)	Kecepatan Rata-rata (m/det)	Kecepatan Maksimum (m/det)	Arah Dominan	Ket.
Muara Sungai	0,2D	15,24	0,61	1,20	Keluar	Ke Muara
	0,6D	15,2	0,61	1,00	Keluar	Ke Muara
	0,8D	15,27	0,61	1,10	Keluar	Ke Muara
Rencana Jetty 1	0,2D	16,36	0,65	0,71	Keluar	Ke Muara
	0,6D	16,30	0,65	0,71	Keluar	Ke Muara
	0,8D	16,53	0,66	0,72	Keluar	Ke Muara
Rencana Jetty 2	0,2D	20,71	0,83	1,10	Keluar	Ke Muara
	0,6D	20,94	0,84	1,04	Keluar	Ke Muara
	0,8D	21,10	0,84	1,00	Keluar	Ke Muara

(Sumber: Anonim, 2012)

Lokasi pengukuran dilakukan di 3 lokasi yaitu muara sungai, rencana lokasi jetty 2, dan rencana lokasi jetty 1, dimana ketiga lokasi pengamatan arus tersebut mewakili kondisi arus di area survey, dengan masing-masing pengamatan dilakukan selama 25 jam atau satu siklus pasang surut yaitu dari saat surut sampai dengan saat surut berikutnya atau pada saat pasang ke saat pasang berikutnya dengan interval waktu pengukuran satu jam. Pengukuran arus di lokasi muara sungai dilaksanakan jam 08.00 WIT tanggal 6 Juni 2012 sampai dengan tanggal 7 Juni 2012 pada jam 08.00 WIT. Pengukuran arus di lokasi rencana jetty 2 dilaksanakan jam 11.00 WIT tanggal 10 Juni 2012 sampai dengan tanggal 11 Juni 2012 pada jam 11.00 WIT. Pengukuran arus di lokasi rencana jetty 1 dilaksanakan jam 12.00 WIT tanggal 14 Juni 2012 sampai dengan tanggal 15 Juni 2012 pada jam 11.00 WIT. Instrumen yang digunakan untuk pengukuran arus pada survey ini adalah current meter, yang merupakan instrumen pengukur arus mekanik. Pengukuran arus dilakukan pada tiga lapisan kedalaman, yaitu 0,2 d, 0,6 d, dan 0,8 d pada saat kondisi pasang purnama (spring tide), pasang perbani (neap tide), dan antara pasang purnama – pasang perbani (konda).

4. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hidrologi

Data hujan harian maksimum yang akan dipakai pengujian frekuensi adalah data curah hujan harian maksimum dari setiap tahun selama 10 tahun seperti pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan Stasiun Hujan Mopah Kabupaten Merauke

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (mm)
1	2000	80,00
2	2001	75,80
3	2002	103,20
4	2003	211,30
5	2004	117,10
6	2005	150,00
7	2006	141,20
8	2007	110,50
9	2008	89,50
10	2009	104,30

(Sumber: Anonim, 2012)

Data curah hujan harian maksimum tahunan kemudian diurutkan dari yang paling kecil sampai yang paling besar seperti pada Tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (Data Terurut) Stasiun Hujan Mopah Kabupaten Merauke

No.	Tahun	X (mm)
1	2001	75,80
2	2000	80,00
3	2008	89,50
4	2002	103,20
5	2009	104,30
6	2007	110,50
7	2004	117,10
8	2006	141,20
9	2005	150,00
10	2003	211,30
Jumlah		1182,90

4.1.1 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi digunakan untuk peramalan, dalam arti menentukan probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa pada masa mendatang. Sebenarnya waktu atau saat terjadinya peristiwa itu tidak dapat ditentukan. Ramalan waktu yang menunjukkan besarnya suatu peristiwa hidrologi dalam waktu dekat adalah tujuan dari peramalan hidrologis. Contoh besarnya banjir yang dua puluh tahunan atau lima puluh tahunan atau lebih besar lagi kita perlukan untuk dasar perhitungan perencanaan bangunan. Besarnya banjir itu dapat diperkirakan dengan perhitungan probabilitas statistik, berdasarkan data-data statistik dari keadaan banjir di waktu lampau. Data banjir kita susun menurut urutan besarnya dan digambarkan distribusi frekuensinya (Subarkah, Iman. 1980). Uji kesesuaian distribusi dilakukan untuk mengetahui suatu kebenaran hipotesa distribusi frekuensi, dalam hal ini dipakai dua metode pengujian yaitu pengujian Chi-Square dan pengujian Smirnov Kolmogorov. Hasil dari pemeriksaan pengujian ini akan diketahui beberapa hal, seperti

kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis serta kebenaran hipotesa. Adapun hasil dari pengujian Chi Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorof dijelaskan pada Tabel 6 berikut ini:

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Pengujian Chi Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov

PENGUJIAN CHI-SQUARE				
No.	Metode Distribusi	Nilai χ^2 hitung	Nilai χ^2 Kritis	Keterangan
1	Distribusi Gumbel Tipe I	3,0000	5,9910	Memenuhi
2	Distribusi Log Normal 2 Parameter	3,0000	5,9910	Memenuhi
3	Distribusi Log Pearson Tipe III	3,0000	5,9910	Memenuhi
4	Distribusi Frechet	1,0000	5,9910	Memenuhi
PENGUJIAN SMIRNOV KOLMOGOROF				
No.	Metode Distribusi	Nilai X^2 hitung	Nilai X^2 Kritis	Keterangan
1	Distribusi Gumbel Tipe I	0,1020	0,4090	Memenuhi
2	Distribusi Log Normal 2 Parameter	0,1928	0,4090	Memenuhi
3	Distribusi Log Pearson Tipe III	0,0739	0,4090	Memenuhi
4	Distribusi Frechet	0,1069	0,4090	Memenuhi

Metode Distribusi Frechet yang akan di gunakan sebagai curah hujan rencana dan akan digunakan untuk analisis banjir rencana. Hal ini dikarenakan nilai X^2 hitung Distribusi Frechet pada pengujian Chi-Square merupakan nilai yang paling kecil, dan pada pengujian Smirnov Kolmogorof nilainya bukan yang paling besar. Hasil dari perhitungan Distribusi Frekuensi Frechet dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini:

Tabel 7. Curah Hujan Rencana Distribusi Frekuensi Frechet

No.	Kala Ulang	Distribusi Frechet
	(Tahun)	(mm)
1	2	107,492
2	5	141,888
3	10	169,799
4	20	202,217
5	25	209,968
6	50	253,414
7	100	300,335

4.1.2 Analisis Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit banjir yang digunakan sebagai dasar untuk merencanakan tingkat pengamanan bahaya banjir pada suatu kawasan atau bangunan, dengan penerapan angka-angka kemungkinan terjadinya banjir terbesar. Banjir rencana ini secara teoritis hanya berlaku pada satu titik di suatu ruas sungai, sehingga pada sepanjang ruas sungai akan terdapat besaran banjir rencana yang berbeda. Metode untuk mencari debit banjir rencana yang akan dipakai yakni metode HSS Nakayasu. Hasil dari perhitungan Metode HSS Nakayasu dapat dilihat pada Tabel 8 berikut ini:

Tabel 8. Debit Banjir Rancangan (m³/detik) Metode HSS Nakayasu

No.	Kala Ulang (Tahun)	Metode HSS Nakayasu
1	2	224,6679
2	5	296,5576
3	10	354,8941
4	20	422,6499
5	25	438,8503
6	50	529,6572
7	100	627,7244

4.2 Analisis Hidraulika

4.2.1 Hasil Simulasi Skenario Debit 2 Tahunan ($Q = Q_{2 \text{ Tahun}}$)

Skenario pemodelan dilakukan dengan memperkirakan debit air minimum yang akan mengalir di sungai Eilanden ini. Maksudnya adalah untuk mendapatkan elevasi muka air minimum sehingga dapat menjadi acuan kapal ukuran berapa yang dapat berlayar di sungai Eilanden. Muka air minimum paling ekstrim adalah sebesar +2,035 meter dari elevasi 0 meter atau 4,035 meter dari dasar sungai. Kedalaman terdangkal ini dijadikan acuan untuk pemilihan kapal rencana.

4.2.2 Hasil Simulasi Skenario Debit 25 Tahunan ($Q = Q_{25 \text{ Tahun}}$)

Skenario pemodelan dilakukan dengan memperkirakan debit air maksimum yang akan mengalir di sungai Eilanden ini. Maksudnya adalah untuk mendapatkan elevasi muka air maksimum pada saat kala ulang 25 tahun (umur rencana dermaga 25 tahun) sehingga dapat menjadi acuan kebutuhan elevasi dermaga agar tidak tenggelam. Skenario pemodelan dilakukan dengan memperkirakan debit air minimum yang akan mengalir di sungai Eilanden ini. Maksudnya adalah untuk mendapatkan elevasi muka air minimum sehingga dapat menjadi acuan kapal ukuran berapa yang dapat berlayar di sungai Eilanden. Muka air maksimum pada lokasi dermaga sebesar +4,590 meter dari elevasi 0 meter atau 11,590 meter dari dasar sungai. Elevasi muka air maksimum ini yang nantinya dipakai dalam perhitungan elevasi dermaga.

4.3 Perencanaan Alur Pelayaran, Kolam Putar dan Dermaga

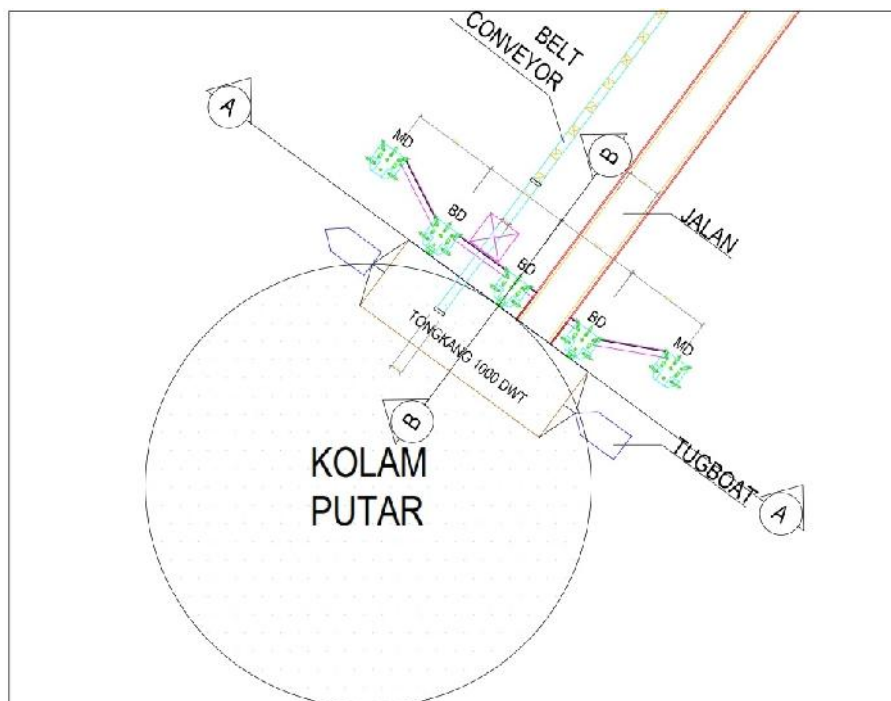
Dikarenakan tidak adanya data hasil produksi batubara dan agar tidak dilakukan pengerukan pada sungai Eilanden, maka dicoba kapal tongkang kapasitas 1.000 DWT. Kondisi dasar sungai adalah tipe lunak, kapal yang digunakan yaitu tongkang 1.000 DWT, alur pelayaran digunakan untuk 2 jalur kapal, kapal tongkang ditarik oleh tugboat, serta tipe dermaga berupa jetty dengan kombinasi mooring dolphin dan breasting dolphin, maka rekapitulasi hasil perhitungannya ditunjukkan pada Tabel 9 berikut ini:

Tabel 9. Hasil Perhitungan Kedalaman Alur, Lebar Alur, Luas Kolam Putar, dan Elevasi Dermaga

No.	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kedalaman Minimal Alur Pelayaran Dari Muka Air Minimum	-3,6	m
2	Lebar Minimal Alur Pelayaran	112	m
3	Luas Kolam Putar	4.537	m ²
4	Elevasi Dermaga Dari Elevasi 0 Meter	+5,20	m

4.3.1 Dermaga

Pembuatan layout untuk tata letak fasilitas laut pada pelabuhan khusus dimuat pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Sketsa dermaga

Pada dermaga khusus batubara PT. Obio Indo Energi terdapat 3 buah breasting dolphin dan 2 buah mooring dolphin. Jumlah ini dimaksudkan agar dermaga dapat menahan gaya benturan yang terjadi sepanjang dermaga. Untuk pendistribusian batubara dan alat berat yang akan masuk ke dalam kapal tongkang disediakan fasilitas belt conveyor dan jalan atau trestle.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan dapat ditarik kesimpulan dari setiap pembahasan pada bab-bab sebelumnya sebagai berikut:

1. Dalam analisis curah hujan harian maksimum dipilih hasil perhitungan distribusi Frechet/Gumbel Tipe IV yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya, distribusi ini dipilih berdasarkan nilai simpangannya paling kecil pada pengujian kesesuaian Chi-Kuadrat dan bukan paling besar pada pengujian Smirnov-Kolmogorof.
2. Dalam analisis debit banjir dipilih hasil perhitungan HSS Nakayasu yang debitnya digunakan untuk analisis hidraulika, metode ini dipilih berdasarkan nilai debit kala ulang lima tahunannya yang mendekati debit banjir lapangan.
3. Kapal rencana yang digunakan adalah kapal tongkang ukuran 1.000 DWT yang ditarik oleh tugboat, kapal ini dipilih berdasarkan draft dan faktor keamanan yang memenuhi kedalaman sungai terdangkal.
4. Perencanaan alur dan kolam pelabuhan dengan keladaman minimum sebesar 3,6 m dari muka air minimum, lebar minimal sebesar 112 m, serta luasan untuk kolam putar pelabuhan sebesar 4.537 m².

5. Perencanaan dermaga pelabuhan dengan tipe dermaga adalah tipe jetty, elevasi dermaga pada +5,2 m dari 0 meter, pada dermaga digunakan breasting dolphin sebanyak 3 buah dan mooring dolphin sebanyak 2 buah, serta untuk distribusi batubara dan alat berat disediakan fasilitas belt conveyer dan jalan.

Adapun saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Perlu didapatkan data produksi tahunan batubara guna perencanaan dermaga, ukuran kapal, serta jumlah kapal yang lebih akurat.
2. Untuk kajian selanjutnya dapat dilakukan perencanaan fasilitas darat dan perhitungan struktur atau analisis struktur untuk fasilitas laut yang sudah digambarkan pada tugas akhir ini.
3. Program HEC-RAS yang digunakan, ternyata tidak dapat menunjukkan data muka air minimum. Sehingga digunakan cara manual untuk mendapatkan muka air minimum, yaitu dengan cara menduplikasi keseluruhan data muka air dari program HEC-RAS ke Microsoft Excel, kemudian dicari data muka air minimumnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Anonim. (2012). Laporan Final Studi Kelayakan Terminal Khusus Batubara PT. Obio Indo Energi di Sungai Eilanden Kabupaten Asmat-Provinsi Papua. Bandung: PT. JASAKONS PUTRA UTAMA.
- Subarkah, Iman. (1980). Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air. Bandung: Idea Dharma.
- US Army Corps of Engineer. (Dipetik tanggal 21 Maret 2016). Program HEC-RAS 4.1 : <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/downloads.aspx>
- <http://google.co.id/gambar> (Dipetik tanggal 23 Maret 2016)