

# Studi Perencanaan Jetty pada Muara Pembuangan Air (*Stormwater Outfall*) di PT Perta Arun Gas, Lhokseumawe

Tursina<sup>1</sup>, Mirza Fahmi<sup>1</sup>, Ibrahim<sup>1</sup>, Fachrurrazi<sup>2</sup>, Musa Al'ala<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, Aceh, 24301

<sup>2</sup>PT Perta Arun Gas, Lhokseumawe, Aceh, 24301

<sup>3</sup>Tsunami and Disaster Mitigation Research Center (TDMRC), Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, 23111

<sup>1</sup>E-mail: [tursina@pnl.ac.id](mailto:tursina@pnl.ac.id)

**Abstrak** — Drainase stormwater atau saluran air hujan di area industri memiliki beberapa fungsi krusial terkait pengelolaan air hujan dan kepatuhan lingkungan. Fungsi saluran air hujan ini membantu mencegah banjir di dalam fasilitas industri dengan mengalirkan air hujan dan polutan hasil industri yang telah disterilkan ke badan air terdekat melalui stormwater outfall. Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada stormwater outfall adalah sedimentasi. Stormwater outfall di PT Perta Arun Gas Lhokseumawe mengalirkan air buangan ke laut. Permasalahan yang terjadi saat ini adalah sedimentasi akibat sedimen yang dibawa oleh gelombang laut dan menutupi stormwater outfall sehingga aliran air terganggu. Hal ini dapat menyebabkan luapan atau banjir di area pabrik. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengatasi sedimen pantai di outlet saluran adalah pembangunan pelindung pantai jetty. Studi ini bertujuan untuk menjelaskan tentang tahapan perencanaan jetty mulai dari survey lapangan, pengumpulan data, analisis data oceanografi, dan perhitungan dimensi bangunan jetty. Melalui hasil studi perencanaan ini diketahui arah angin dominan berasal dari arah Barat Laut dengan tinggi gelombang maksimum  $H_o=1.717$  m. Jetty direncanakan dengan panjang 90 m, lebar puncak 3 m dan tinggi adalah 5 m. Material jetty adalah batu gunung (rouble mount) yang disusun dengan talud 1V:2H dengan berat batu lapis 1  $W_1=1500 - 2500$  kg/unit dan lapis 2  $W_2=150 - 250$  kg/unit.

**Keywords:** Stormwater outfall; jetty; sedimen transpor; hidrodinamika pantai; drainase industri.

**Abstract** — Stormwater drainage in industrial areas serves several crucial functions related to rainwater management and environmental compliance. These channels help prevent flooding within industrial facilities by diverting rainwater and industrial pollutants treated to the nearest body of water through a stormwater outfall. One common issue with stormwater outfalls is sedimentation. The stormwater outfall at PT Perta Arun Gas Lhokseumawe discharges water from the channel to the sea. The current problem is sedimentation due to sediment carried by ocean waves, covering the stormwater outfall and disrupting the water flow. Sedimentation can lead to overflow or flooding in the factory area. One alternative to overcome coastal sediment at the outlet is the construction of a coastal protection jetty. This study aims to explain the stages of jetty planning, starting from field surveys, data collection, oceanographic data analysis, and jetty structure dimension calculations. Through the results of this study, it is found that the dominant wind direction comes from the northwest with a maximum wave height of  $H_o=1.717$  m. The jetty is planned to be 90 m in length, 3 m in peak width, and its height is 5 m. The jetty material is rouble mount arranged with a 1V:2H slope, with the stone weight of layer 1 ( $W_1$ ) ranging from 1500 to 2500 kg per unit and layer 2 ( $W_2$ ) ranging from 150 to 250 kg per unit.

**Keywords:** Stormwater outfall; jetty; sediment transport; coastal hydrodynamics; industrial drainage.

## I. PENDAHULUAN

PT Perta Arun Gas adalah perusahaan yang bergerak di bidang regasifikasi. Saat ini PT Perta Arun Gas merupakan satu – satunya perusahaan yang mempunyai fasilitas regasifikasi di wilayah Aceh dan Sumatera bagian utara. Lokasi geografis perusahaan sangat strategis karena mempunyai jalur transportasi laut yang dapat dengan mudah menerima dan menyalurkan pasokan LNG serta didukung oleh fasilitas dermaga yang memadai. Pembangunan Arun LNG Receiving and Regasification Terminal

merupakan salah satu proyek infrastruktur nasional yang terintegrasi dengan pembangunan jaringan pipa Arun – Belawan dalam rangka mengembangkan ekonomi di wilayah Aceh dan Sumatera Utara. PT Perta Arun Gas memanfaatkan infrastruktur eks PT Arun NGL yang telah berumur lebih dari 40 tahun dan kurang dirawat untuk menunjang tugas operasional baik regasifikasi maupun treating gas di Lhokseumawe. Produk yang dihasilkan dari operasional PT Perta Arun Gas sangat membantu industri di Provinsi Aceh serta regasifikasi bagi

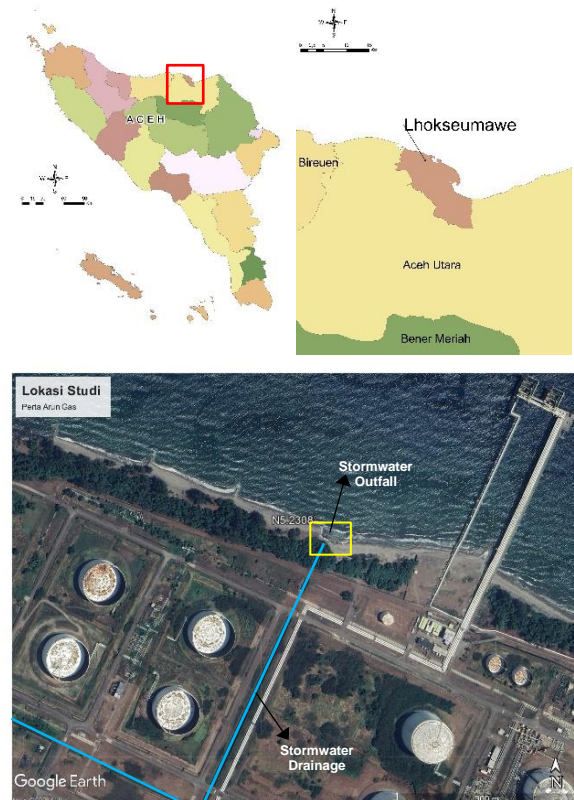
PT PLN dan industri di Provinsi Sumatera Utara dan sekitarnya.

Untuk menunjang operasional dari PT Perta Arun Gas ini diperlukan perawatan/perbaikan maupun penambahan infrastuktur yang diperlukan. Salah satu fasilitas yang memerlukan perbaikan atau penambahan bangunan adalah fasilitas drainase atau *stormwater outfall*. *Stormwater outfall* merupakan bangunan pelengkap yang dapat mengalirkan air hujan dan polutan yang telah disterilkan dari hasil industri ke badan air (Anonim, 1987). Pengelolaan *stormwater* area industri yang tidak baik dapat mengurangi kualitas lingkungan dan merusak infrastruktur industri (Barbosa et al., 2012). Fasilitas drainase di PT Perta Arun Gas difungsikan untuk mengalirkan air *stormwater* atau air buangan yang telah diolah dan disterilisasi yang berasal dari area *administration building* dan area kilang. Lokasi *stormwater outfall* terdapat pada Gambar 1.

Fasilitas industri yang berhubungan langsung dengan pantai sering mengalami permasalahan sedimentasi (Abd & Deabes, 2010). Sedimentasi dapat terjadi karena endapan material yang dibawa melalui saluran dan ketidakseimbangan transport sedimen akibat gelombang laut (Tang et al., 2018). Kondisi saat ini drainase *stormwater* di PT Perta Arun Gas tidak dapat mengalirkan air ke laut karena adanya pendangkalan pada *stormwater outfall*. Material sedimen pantai yang terbawa oleh gelombang masuk ke *outfall* dan mengendap sehingga menutupi alur *outfall*. Hal ini mengakibatkan banjir di area kilang karena tingginya elevasi air pada saluran drainase *stormwater*. Selama ini metode yang dilakukan untuk mengatasi sedimentasi di lokasi *outfall* dengan pengerukan menggunakan alat berat *excavator* dan pengerukan secara manual sebanyak dua kali dalam satu bulan. Cara ini dianggap kurang efektif karena memerlukan biaya operasional rutin yang sangat besar. Untuk itu dilakukan penanganan lain yang sifatnya jangka panjang yang dapat mengendalikan sedimentasi pada mulut *outfall* dengan pembangunan pelindung pantai.

Jetty merupakan salah satu bangunan pelindung pantai yang berfungsi menjaga kestabilan sedimen di muara dari transport sedimen dan arus pantai (Triatmodjo, B., 2003) (U.S. Army Corps of Engineers, 1984). Studi ini bertujuan untuk merencanakan bangunan jetty pada *stormwater outfall* untuk mengatasi sedimentasi. Melalui

hasil studi ini dapat diambil informasi tahapan perencanaan jetty meliputi survey pendahuluan, pengumpulan data, analisis data oseanografi dan perhitungan dimensi jetty.



Gambar 1. Lokasi perencanaan jetty di PT Perta Arun Gas Lhokseumawe

## II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Stormwater* di kawasan industri  
*Stormwater* adalah air hujan yang jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi. Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi dapat mengalir ke berbagai tempat termasuk sungai, danau dan laut. Adakalanya air hujan jatuh di kawasan terbangun seperti perkotaan dan area industri. Air hujan yang jatuh pada area industri dapat mengandung berbagai polutan yang berasal dari aktivitas industri (Akhter et al., 2020). Drainase *stormwater* adalah sistem pengelolaan air hujan yang dirancang khusus untuk kawasan industri sehingga aman terhadap lingkungan. Drainase *stormwater* ini berfungsi mengontrol volume dan mengalihkan air hujan berlebih di area industri. Air hujan dan aliran dari hasil industri yang telah di *treatment* dialirkan melalui drainase dan dibuang ke perairan alami seperti sungai, danau

dan laut melalui *stormwater outfall* (Ministry of the Environment, 2003).

## 2.2 Transpor Sedimen Pantai

Transpor sedimen pantai adalah pergerakan material sedimen seperti pasir, kerikil dan batu-batu kecil disepanjang pantai. Sedimen ini dapat dipindahkan oleh berbagai proses, termasuk ombak, arus laut, angin dan gelombang pasang surut (Ouillon, 2019). Transpor sedimen pantai dapat memiliki dampak besar terhadap perubahan morfologi pantai baik erosi maupun sedimentasi (Fahmi & Hafli, 2019) Transpor sedimen pantai dapat berupa transpor sedimen sejajar pantai dan transpor sedimen tegak lurus pantai. Transpor sedimen sejajar pantai (*longshore sediment transport*) mempunyai arah rata-rata sejajar pantai dan disebabkan oleh bergolaknya sedimen saat gelombang pecah, lalu bergerak terbawa arus dan komponen gelombang sejajar pantai. Pada suatu titik di pantai, ada sedimen yang datang dan ada sedimen yang pergi (terangkut). Ketika sedimen yang terangkut lebih besar daripada sedimen yang datang, maka akan terjadi erosi pantai. Sedangkan transpor sedimen tegak lurus pantai mempunyai arah rata-rata tegak lurus pantai. Pengangkutan sedimen dibagi atas dua bagian yaitu angkutan sedimen yang menuju arah laut dalam (*offshore*) seperti yang terjadi pada saat badai, dan menuju ke arah pantai (*onshore*) seperti yang terjadi pada saat gelombang. Pembangunan bangunan pelindung pantai juga dapat menyebabkan perubahan morfologi. Perubahan morfologi pantai dapat dianalisis dengan pemodelan numerik (Fahmi & Hafli, 2019) (Hafli et al., 2022) (Ibrahim & Irwansyah, 2014).

## 2.3 Hidrodinamika Pantai

### 2.3.1 Angin

Angin memiliki pengaruh yang besar terhadap pergerakan air laut di pantai. Angin yang kuat dapat mendorong permukaan air laut, menciptakan fenomena seperti gelombang pasang surut dan ombak pantai. Angin juga dapat mempengaruhi aliran air laut di wilayah pesisir. Data angin diperlukan untuk meramalkan karakteristik gelombang. Apabila kecepatan tidak diukur pada ketinggian 10 m, maka kecepatan angin perlu dikoreksi dengan persamaan (Triatmodjo, B., 2003):

$$U_{(10)} = U_{(z)} \left( \frac{10}{z} \right)^{\frac{1}{7}} \quad (1)$$

Kecepatan angin

$$R_L = U_w / U_L \quad (2)$$

Kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan persamaan:

$$U_A = 0.71 \cdot U_w^{1.23} \quad (3)$$

### 2.3.2 Arus

Arus merupakan pergerakan massa air laut secara horizontal yang terjadi di laut, samudra dan perairan pantai. Arus laut dapat disebabkan oleh berbagai faktor termasuk angin, perbedaan suhu air, pasang surut dan interaksi antara permukaan laut dan dasar laut. Arus laut yang kuat dapat menyebabkan erosi pantai dengan mengangkut sedimen dan mengubah garis pantai. Penelitian (Fatimah & Fauzi, 2021) menyebutkan, pergerakan arus pada saat pasang atau surut berpengaruh terhadap perletakan pemecah gelombang.

### 2.3.3 Pasang Surut

Pasang surut memiliki pengaruh yang besar pada pendangkalan muara (Tang et al., 2018). Pasang surut merupakan faktor penting karena bisa menimbulkan arus yang cukup kuat terutama di daerah yang sempit, misalnya di teluk, estuari, dan muara sungai. Pasang surut adalah fenomena naik dan turunnya permukaan air laut secara teratur di seluruh pantai di seluruh dunia. Pasang surut disebabkan oleh gaya tarik gravitasi yang dihasilkan oleh bulan dan matahari pada bumi serta rotasi bumi itu sendiri. Sebagian besar pantai mengalami 2 kali pasang surut setiap hari (*semi diurnal tide*) (Triatmodjo, 1999). Pasang tinggi adalah saat air mencapai puncaknya *High Astronomical Tide* (HAT), sementara surut terendah adalah saat air mencapai titik terendah *Low Astronomical Tide* (LAT). Pola pasang surut ini dapat berbeda tergantung lokasi geografis. Elevasi muka air pasang dan surut sangat penting untuk merencanakan bangunan pantai (Triatmodjo, B., 2003).

### 2.3.1 Gelombang

Gelombang laut adalah pergerakan periodik dan naik-turunnya permukaan air laut di lautan. Penyebab utama gelombang laut adalah angin yang bertiup di permukaan laut (Triatmodjo,

1999). Angin menghasilkan gesekan gesekan dengan air yang menghasilkan gelombang kecil yang disebut *capillary wave*. Gelombang ini kemudian dapat berkembang menjadi gelombang laut yang lebih besar jika angin terus berhembus. Kecepatan angin memiliki pengaruh yang besar pada tinggi dan kecepatan gelombang laut. Angin yang lebih kuat menghasilkan gelombang yang lebih tinggi. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Pada perencanaan bangunan pantai gaya-gaya tersebut harus mampu ditahan oleh bangunan pantai yang direncanakan (Triatmodjo, B., 2003).

**Gelombang Signifikan**

Gelombang signifikan merupakan tinggi rata-rata gelombang laut terbesar dalam suatu periode waktu tertentu (Triatmodjo, 1999). Persamaan perhitungan gelombang tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode gelombang signifikan ( $T_s$ ) adalah sebagai berikut (U.S. Army Corps of Engineers, 1984):

$$H_s = \frac{0.0016 \times \sqrt{\frac{g F_{eff}}{U_A^2}} \times U_A^2}{g} \tag{4}$$

$$T_s = \frac{0.2857 \times \sqrt{\frac{g F_{eff}}{U_A^2}} \times U_A}{g} \tag{5}$$

**Periode Ulang Gelombang**

Analisis periode ulang gelombang atau gelombang rencana dengan metode Gumbel adalah sebagai berikut (U.S. Army Corps of Engineers, 1984):

$$\bar{H} = \frac{\sum H_s}{\sum N} \tag{6}$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{\sum (H - \bar{H})^2}{N - 1}} \tag{7}$$

$$H_t = \bar{H} + \frac{\sigma_H}{\sigma_n} (Y_t - \bar{Y}_n) \tag{8}$$

**2.3.3 Fetch**

*Fetch* adalah jarak lintasan yang dilalui angin di atas permukaan air sebelum mencapai suatu

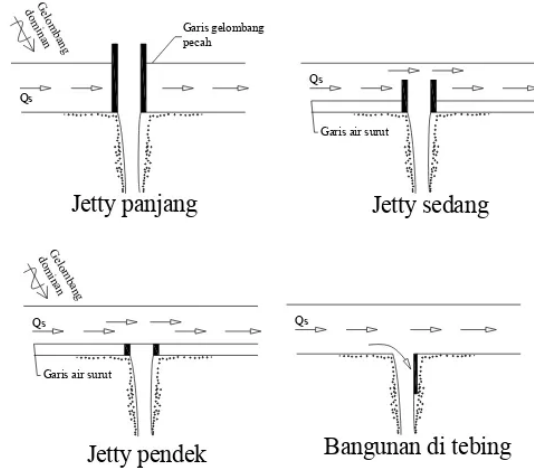
lokasi tertentu. Jarak *fetch* adalah salah satu faktor utama yang mempengaruhi tinggi dan energi gelombang laut (Triatmodjo, 1999). Semakin panjang jarak *fetch*, semakin besar potensi untuk terbentuknya gelombang yang tinggi. Jika arah angin tetap konsisten selama jarak *fetch* yang panjang, gelombang yang terbentuk akan lebih seragam. Dalam perencanaan bangunan pantai, *fetch* adalah faktor penting yang harus dipertimbangkan. Jika ada jarak *fetch* yang panjang disepanjang lintasan angin dominan, itu dapat menghasilkan gelombang laut yang tinggi dan dapat berdampak signifikan pada erosi pantai dan infrastruktur pesisir. *Fetch* efektif dihitung dengan persamaan (U.S. Army Corps of Engineers, 1984).

$$F_{eff} = \frac{\sum x_i \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \tag{9}$$

**2.4 Jetty**

*Jetty* merupakan bangunan tegak lurus pantai yang diletakkan di kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk mengurangi pendangkalan alur oleh sedimen pantai (Triatmodjo, 1999). *Jetty* dibedakan atas 3 jenis yaitu *jetty* pendek, sedang, dan panjang seperti terdapat pada Gambar 2. *Jetty* pendek berfungsi untuk mencegah berbeloknya mulut alur dan mengkonsentrasikan aliran untuk mengerosi endapan. Pada *jetty* pendek, kaki ujungnya berada pada muka air surut. *Jetty* sedang berfungsi untuk menahan sebagian angkutan sedimen sepanjang pantai, alur di ujung *jetty* ini masih memungkinkan terjadi endapan pasir. *Jetty* panjang adalah *jetty* yang ujungnya berada di luar gelombang pecah, jenis ini efektif untuk menghalangi masuknya sedimen ke dalam alur. Penggunaan *jetty* panjang ini tidak ekonomis jika hanya untuk penanggulangan masalah banjir, kecuali jika daerah yang dilindungi dari banjir tersebut sangat penting.





Gambar 2. Tipe-tipe jetty (Triatmodjo, B., 2003)

Struktur *jetty* tipe *rubble mound* biasanya dibuat dari tumpukan batu alam yang dilindungi oleh lapis pelindung berupa batu besar atau beton dengan bentuk tertentu. Biasanya butir batu *jetty* tipe ini disusun dalam beberapa lapis, dengan lapis terluar (lapis pelindung) terdiri dari batu ukuran yang besar dan semakin kedalam ukurannya semakin kecil. Batu-batu pada lapis pelindung dapat diatur peletakkannya untuk mendapatkan kaitan yang cukup baik atau diletakkan secara sembarang. Semakin besar kemiringan memerlukan batuan yang semakin berat (U.S. Army Corps of Engineers, 1984).

## 2.2 Perencanaan Jetty

Jetty terdiri dari beberapa bagian seperti pada gambar 2. Bagian-bagian jetty dan persamaan-persamaan yang digunakan untuk merencanakan jetty adalah sebagai berikut (U.S. Army Corps of Engineers, 1984) (Triatmodjo, 1999):

### Lebar Puncak Jetty

Lebar puncak jetty didasarkan pada limpasan maksimum. Pada kondisi tersebut, lebar minimum sama dengan lebar tiga butir batu yang disusun berdampingan ( $n=3$ ). lebar puncak jetty juga harus cukup lebar untuk memenuhi kebutuhan operasi peralatan selama perawatan dan pelaksanaan jetty.

Lebar puncak dapat dihitung dengan persamaan (10):

$$B = n k_{\Delta} \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \quad (10)$$

Dimana,  $B$  adalah lebar puncak (m),  $n$  adalah jumlah butir batu,  $k_{\Delta}$  koefisien,  $W$  adalah berat unit batu (ton/unit) dan  $\gamma_r$  adalah berat jenis batu (ton/m<sup>3</sup>).

Tebal dan jumlah butir batu lapis pelindung

Tebal dan jumlah butir lapis pelindung ditentukan menggunakan persamaan berikut (Triatmodjo, 1999):

$$t = n k_{\Delta} \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \quad (11)$$

$$N = A n k_{\Delta} \left[ 1 - \frac{P}{100} \right] \left[ \frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3} \quad (12)$$

Dimana  $t$  adalah tebal lapis (m),  $n$  adalah jumlah lapis batu dalam lapis pelindung,  $k_{\Delta}$  adalah koefisien lapis,  $A$  adalah luas permukaan (m<sup>2</sup>),  $P$  adalah porositas rerata dari lapis pelindung (%),  $W$  adalah berat butir batu (ton/unit),  $\gamma_r$  adalah berat jenis batu (ton/m<sup>3</sup>),  $n$  adalah jumlah butir batu untuk satu satuan luas permukaan (Triatmodjo, B., 2003).

### Stabilitas Batu Lapis

Berat batu lapis pada perencanaan jetty terdiri dari lapis luar, lapis kedua dan lapis ketiga (inti). Berat butir lapis luar dapat dihitung menggunakan persamaan Hudson seperti pada persamaan (13). Sedangkan berat batu lapis kedua dapat dihitung dengan persamaan (15) dan berat lapis batu ketiga dapat ditentukan dengan persamaan (16). sebagai berikut (Triatmodjo, 1999):

$$W_1 = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} \quad (13)$$

$$S_r = \gamma_r / \gamma_a \quad (14)$$

$$W_2 = \frac{W}{10} \quad (15)$$

$$W_3 = \frac{W}{100} \quad (16)$$

Dengan  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  adalah berat unit batu lapis luar, lapis kedua, lapis ketiga (ton/unit),  $S_r$  adalah perbandingan antara berat jenis batu dengan berat jenis air laut,  $\gamma_r$  adalah berat unit batu (ton/m<sup>3</sup>),  $\gamma_a$  adalah berat jenis air laut (ton/m<sup>3</sup>),  $\theta$  adalah sudut kemiringan sisi jetty,  $H$  adalah tinggi gelombang

rencana dan  $K_D$  adalah koefisien stabilitas tergantung pada bentuk batu.

**Stabilitas Kaki Jetty**

Erosi yang ditimbulkan oleh gelombang mempengaruhi kestabilan konstruksi jetty sehingga stabilitas kaki jetty perlu diperhitungkan. Berat butir batu pada kaki jetty ditentukan dengan persamaan (17) sehingga stabilitas kaki jetty dihitung dengan persamaan (18), sebagai berikut (Triatmodjo, B., 2003):

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \tag{17}$$

$$S_r = \gamma_r / \gamma_a \tag{18}$$

Dimana  $W$  adalah berat rata-rata butir batu (ton),  $\gamma_r$  adalah berat unit batu ( $\text{ton/m}^3$ ),  $H$  adalah tinggi gelombang rencana (m),  $S_r$  adalah perbandingan antara berat jenis batu dengan berat jenis air laut,  $N_s$  adalah angka stabilitas rencana untuk pelindung kaki bangunan dan  $\gamma_a$  adalah berat jenis air laut ( $\text{ton/m}^3$ ).

**Elevasi Puncak Jetty**

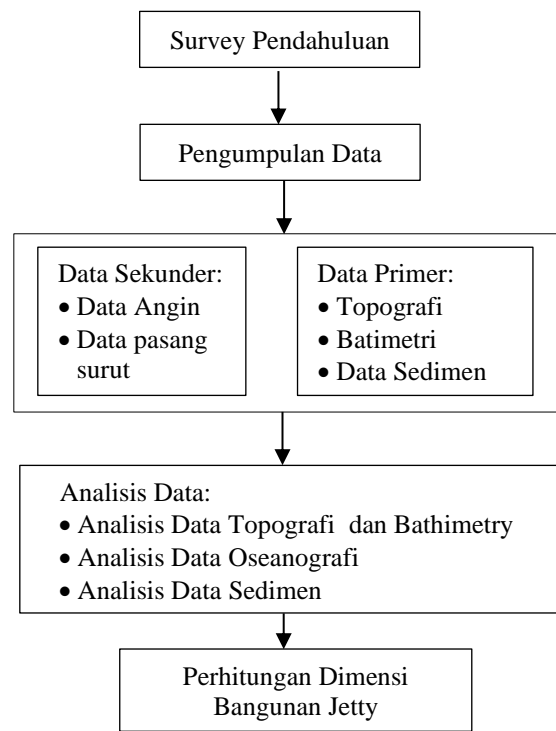
Elevasi puncak adalah tinggi puncak jetty yang dihitung dari surut terendah atau *Low Astronomical Tide* (LAT). Ketinggian jetty harus direncanakan dengan baik agar didapat tinggi jetty yang merata sepanjang badan jetty dan yang terpenting jetty harus dapat berfungsi menjaga ketinggian gelombang yang ada di alur. Elevasi puncak jetty dihitung dengan persamaan (Triatmodjo, 1999):

$$El_{Jetty} = HAT + Ru + SLR \tag{19}$$

Dimana HAT adalah *Highest Astronomical Tides* atau pasang tertinggi,  $Ru$  adalah ketinggian gelombang yang melampaui bangunan (*Run-up*) dan  $SLR$  adalah *Sea Level Rise* adalah kenaikan muka air laut.

**III. METODE**

Tahapan perencanaan terdiri dari pengumpulan data, analisis oseanografi dan perencanaan jetty. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. *Stormwater outfall* memiliki 4 saluran dengan diameter 60 inci. Kondisi saat survey pendahuluan, 3 saluran tertutup sedimen. Pada Sisi kiri *outfall* terdapat bangunan groin seperti pada Gambar 4.



Gambar 3. Tahapan perencanaan Jetty



(a)



(b)

Gambar 4. Kondisi lapangan (a) Sisi darat: *Stormwater outfall* tertutup sedimen, (b) Sisi laut: *stormwater outfall* yang dibatasi groin pada sisi kirinya

### 3.1 Pengumpulan Data

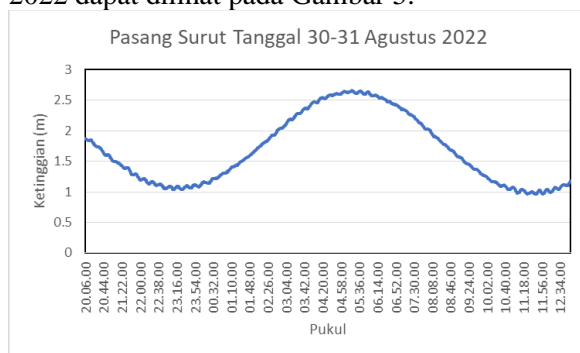
Pada studi perencanaan jetty ini, beberapa data merupakan data sekunder seperti data angin dan pasang surut juga primer yang peroleh melalui pengukuran lapangan seperti data batimetri, data topografi dan data sedimen.

#### Data Angin

Data angin dengan pencatatan 12 tahun (2006-2018) diperoleh dari Stasiun BMKG Malikussaleh. Dari data ini diperoleh informasi kecepatan angin dari masing-masing arah mata angin. Data angin dipresentasikan dalam bentuk mawar angin (*wind rose*) yang menggambarkan arah angin dominan. Data angin dibutuhkan untuk mengetahui tinggi gelombang di lokasi studi sehingga dapat diputuskan letak mulut jetty yang aman dari pengaruh gelombang dan sedimen transport. Data angin juga digunakan untuk melakukan perhitungan gelombang rencana yang nantinya akan diperoleh tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode gelombang signifikan ( $T_s$ ).

#### Data Pasang Surut

Data pasang surut diperlukan untuk mengetahui batas muka air laut pada saat pasang tertinggi (HAT), *Mean Sea Level* (MSL) dan (LAT). Data pasang surut didapatkan dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan stasiun pasang surut di Kota Lhokseumawe ID Stasiun 0035LHMW01 <http://ina-sealevelmonitoring.big.go.id/ipasut/>. Data pasang surut pada tanggal 30-31 Agustus 2022 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pasang surut tanggal 30-31 Agustus 2022 di Lhokseumawe

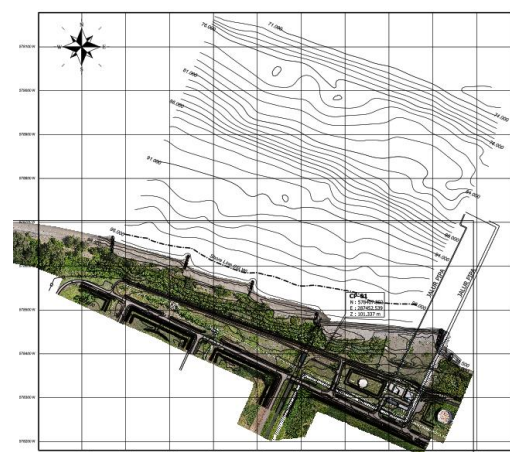
Selain data pasut dari BIG, juga diperoleh informasi data dari arsip perencanaan PT Perta Arun Gas seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pasang surut di lokasi *stormwater outfall* (Bechtel International Limited London, 1976)

Information Pasang Surut	Elevasi (m)	Elevasi Topografi (m)
<i>High Astronomical Tide</i> (HAT)	+2.22	+98.22
<i>Mean High Water Spring Tide</i> (MHWST)	+1.88	+97.88
<i>Mean High Water</i> (MHW)	+1.60	+97.60
<i>Mean Sea Level</i> (MSL)	+1.01	+97.01
<i>Mean Low Water</i> (MLW)	+0.42	+96.42
<i>Mean Low Water Spring Tide</i> (MLWST)	+0.14	+96.14
<i>Indian Spring Low Water</i> (ISLW)	0.00	+96.00
<i>Low Astronomical Tide</i> (LAT)	-0.20	+95.80

#### Data Topografi dan Batimetri

Data batimetri diperlukan untuk memberikan informasi kedalaman laut dan data topografi memberikan informasi ketinggian daratan dari elevasi 0 m. Data ini diperoleh dengan pengukuran langsung di lokasi studi. Pengukuran batimetri menggunakan *Echosounder GPS Map* dan pengukuran topografi menggunakan alat *total station*, *waterpass* dan *UAV drone*. Data hasil pengukuran dianalisis sehingga dihasilkan peta kontur topografi dan batimetri seperti Gambar 6.



Gambar 6. Peta kontur batimetri dan topografi

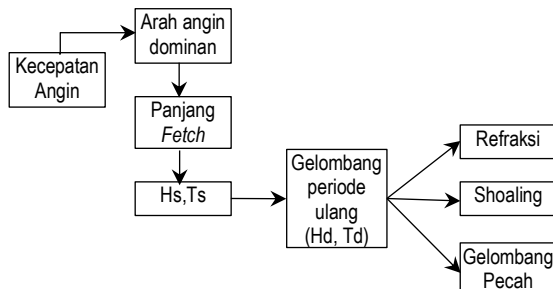
#### Data Sedimen

Data sedimen digunakan untuk mengetahui diameter butiran sedimen di lokasi studi. Pengambilan sampel sedimen merupakan sedimen dasar (*bed load*), yang pengambilannya

dilakukan di sekitar *stormwater outfall*. Hasil analisis laboratorium diperoleh *specific gravity* rata-rata adalah 2,71 gram/cm<sup>3</sup> dan diameter butiran D<sub>60</sub> = 0.25 mm; D<sub>50</sub> = 0.20 mm; dan D<sub>30</sub> = 0.15 mm. Data ini selanjutnya digunakan untuk analisis angkutan sedimen menggunakan pemodelan numerik. Namun pada studi ini analisis numerik angkutan sedimen tidak dijelaskan.

### 3.2 Analisis Data Oseanografi

Tinggi dan periode gelombang diperoleh dari data angin terbesar yang mempengaruhi gelombang dan arus di perairan sekitar lokasi perencanaan jetty. Untuk mendapatkan kekuatan bangunan jetty yang optimal, perlu mempertimbangkan gaya gelombang yang mampu di tahan oleh konstruksi jetty. Perhitungan ini didasarkan pada kondisi ekstrim, yang mana pada kondisi tersebut bangunan harus tetap aman. Tipe perubahan bentuk gelombang dalam perencanaan konstruksi *jetty* ini adalah *shoaling*, refraksi gelombang dan gelombang pecah. Tahapan analisis data oseanografi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tahapan analisis data oseanografi

### 3.3 Perencanaan Jetty

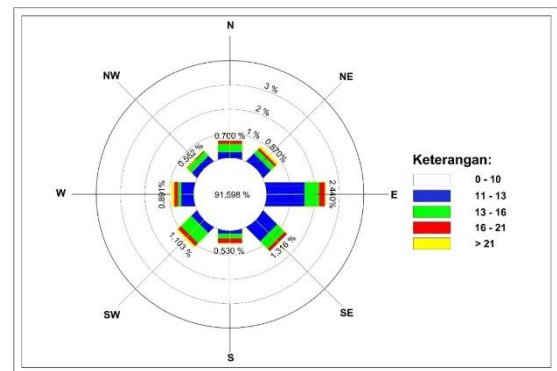
Perhitungan dimensi bangunan jetty dilakukan setelah mendapatkan semua parameter gelombang. Dimensi bangunan jetty dihitung menggunakan persamaan (10) – (19), yang terdiri dari komponen dimensi sebagai berikut:

1. Panjang jetty;
2. Tinggi jetty;
3. Lebar puncak;
4. Tebal dan jumlah butir batu lapis pelindung;
5. Stabilitas batu lapis;
6. Stabilitas kaki (*toe protection*);
7. Lapisan filter.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Arah Angin Dominan

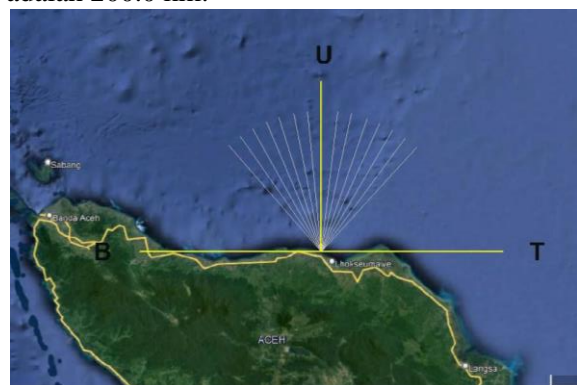
Gambar 8 merupakan mawar angin (*wind rose*) hasil analisis data 12 tahun data kecepatan angin. Berdasarkan hasil *wind rose* dapat diketahui angin yang dominan mempengaruhi lokasi perencanaan jetty berasal dari arah Barat (W), Barat Laut (NW), Utara (N), dan Timur Laut (NE). Diantara kelima arah angin dominan tersebut arah Timur Laut (NE) merupakan yang paling mendominasi. Sehingga perletakan bangunan jetty diupayakan dapat menghalangi angin dominan tersebut supaya dapat menghalangi sedimen masuk ke mulut alur *outfall*. Arah angin yang berasal dari arah Selatan (S), Barat Daya (SW) dan Tenggara (SE) dan Timur (E) tidak terlalu mempengaruhi bangunan jetty karena arah angin berhembus dari arah daratan.



Gambar 8. Wind rose tahun 2006-2018

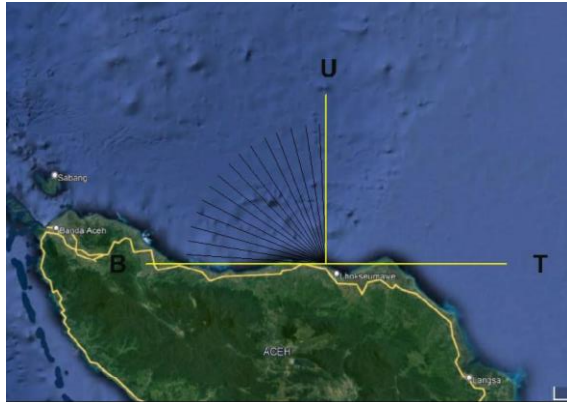
### 4.2 Panjang Fetch

Panjang *fetch* ditentukan berdasarkan arah angin dominan yaitu Barat (W), Barat Laut (NW), Utara (N) dan Timur Laut (NE). *Fetch* efektif dihitung dari arah Utara dan Barat Laut seperti pada Gambar 9. Panjang *fetch* efektif yang diperoleh adalah 200.0 km.



(a)





(b)

Gambar 9. Fetch efektif (a) Arah Utara, dan (b) Arah Barat Laut

### 4.3 Gelombang

Tinggi gelombang dan periode gelombang rencana yang diperoleh dari perhitungan periode ulang gelombang dapat dilihat pada Tabel 2 Untuk perencanaan jetty digunakan periode ulang 25 tahun.

Tabel 2. Tinggi dan periode gelombang rencana

Periode Ulang (tahun)	Barat Laut		Utara		Timur Laut	
	H (m)	T (dtk)	H (m)	T (dtk)	H (m)	T (dtk)
2	1,091	4,515	1,023	4,236	1,073	4,376
5	1,342	4,982	1,363	4,765	1,363	4,859
10	1,508	5,291	1,588	5,115	1,556	5,178
25	1,717	5,681	1,872	5,557	1,799	5,582
50	1,873	5,971	2,083	5,885	1,980	5,881
100	2,027	6,258	2,292	6,211	2,159	6,179

### 4.5 Dimensi Bangunan Jetty

Setelah diperoleh hasil analisis oseanografi, dimensi bangunan jetty dapat ditentukan. Hasil perhitungan dimensi bangunan jetty adalah sebagai berikut.

Panjang Jetty

Panjang = 90 m

Material = rubble mound (batu gunung)

Talud = 1 V : 2 H

Tinggi Bangunan

$$EI_{mercu} = HAT + Run\ up + SLR = 98,22 + 2,39 + 0,35 = 100,96\ m \approx + 101,0\ m$$

Elevasi tertinggi jetty berada pada elevasi +101,0 m sehingga tinggi jetty = 4.96 m = 5.0 m

Berat Batu (W)

	W50	0.75W (Kg)	1.25W (Kg)	
W <sub>1</sub>	1410.71	1500.00	2351.18	2500.00
W <sub>2</sub>	141.07	150.00	235.12	250.00

Sehingga batu yang digunakan adalah

1. Armor layer (lapis pelindung) – W1 = 1500 – 2500 kg/unit atau diameter 0,80 – 1,00 m.
2. Lapis kedua W2 = 150 – 250 kg/unit.
3. Ditempat batu quarry run ukuran 5-8 kg/unit setebal 50 cm sebelum geotextile.

Lebar Puncak (B)

Batu	n	K <sub>Δ</sub>	W (ton/u)	γ <sub>r</sub> (ton/m)	B (m)	B <sub>desain</sub> (m)
3	1.15	2.000	2.60	3.16	3.00	

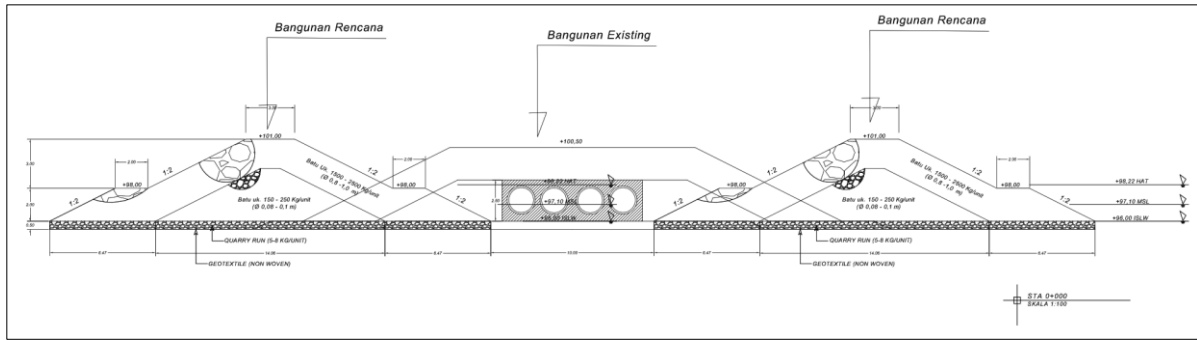
Lebar Lapisan (t)

t	n	K <sub>Δ</sub>	W (ton)	γ <sub>r</sub> (ton/m <sup>3</sup> )	t (m)	t <sub>desain</sub> (m)
t <sub>1</sub>	2	1.15	2.00	2.6	2.11	2.00
t <sub>2</sub>	3	1.1	0.20	2.6	1.40	1.50

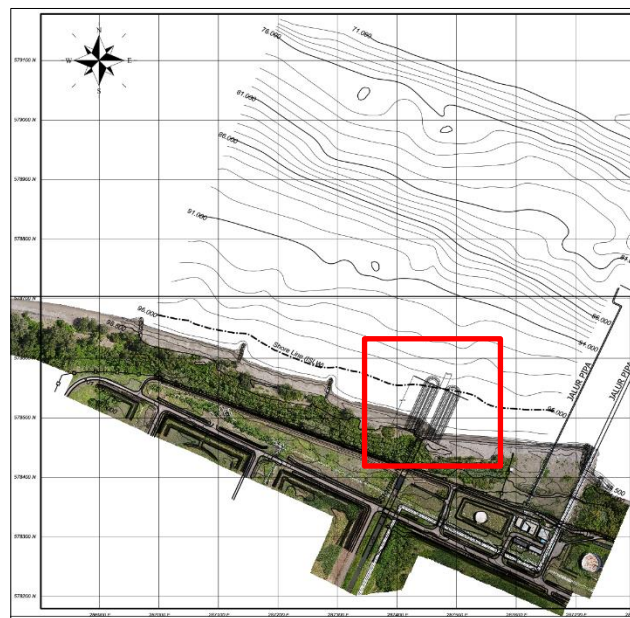
Tinggi dan Lebar Kaki Pelindung

	n	K <sub>Δ</sub>	W (ton/u)	γ <sub>r</sub> (ton/m <sup>3</sup> )	t (m)	t <sub>desain</sub> (m)
r	2	1.15	2.00	2.60	2.11	2.00
B	2	1.15	2.00	2.6	2.11	2.00

Perencanaan jetty pada studi ini mengacu panduan panduan perencanaan jetty (U.S. Army Corps of Engineers, 1984). Pembangunan jetty menggunakan material batu gunung karena mudah didapatkan. Lebar alur mengikuti lebar alur stormwater outfall yaitu 11 m. berada pada sisi kiri dan kanan stormwater outfall. Dimensi jetty yang lebih jelas dapat dilihat pada tampak potongan melintang pada Gambar 9. Layout perencanaan jetty seperti pada Gambar 10.



Gambar 9. Potongan melintang bangunan jetty



Gambar 10. Layout rencana konstruksi jetty

## V. KESIMPULAN

1. Sedimentasi pada muara *stormwater outfall* terjadi akibat angkutan sedimen sejajar pantai. Jenis sedimen pasir halus menyebabkan mudah diangkat oleh arus gelombang yang relatif rendah dan memiliki kemampuan mengendap yang tinggi.
2. Untuk mengatasi sedimentasi pada *stormwater outfall* direncanakan jenis jetty sedang dengan panjang 90 m pada sisi kanan dan kiri *outfall* dengan material pembentuk jetty adalah batu gunung (*rubble mound*).
3. Penanganan sedimentasi pada muara drainase *stormwater* pada kawasan industri sangat penting dilakukan untuk mencegah banjir dan pencemaran lingkungan.
4. Studi lanjutan analisis numerik perubahan morfologi pantai setelah adanya konstruksi

jetty diperlukan untuk mengetahui angkutan sedimen per tahun.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abd, E., & Deabes, E. M. (2010). Sedimentation Processes at the navigation channel of the Liquefied Natural Gas (LNG) Port , Nile Delta , Egypt. *International Journal of Geosciences*, 2010(May), 14–20. <https://doi.org/10.4236/ijg.2010.11002>
- Akhter, F., Hewa, G. A., Ahammed, F., & Myers, B. (2020). Performance evaluation of stormwater management. *Water*, 12–14.
- Anonim. (1987). *Industrial stormwater management*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7963-3.50008-4>
- Barbosa, A. E., Fernandes, J. N., & David, L. M. (2012). Key issues for sustainable urban stormwater management. *Water Research*, 46(20), 6787–6798. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.05.029>
- Bechtel International Limited London. (1976). *Pertamina Arun L.N.G Project - Shore protection plan & sections*.

- Fahmi, M., & Hafli, T. M. (2019). Simulasi numerik perubahan morfologi pantai akibat konstruksi jetty pada muara Lambada Lhok Aceh Besar menggunakan software Delft3D. *Jurnal Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala*, 8(November), 50–59.
- Fatimah, E., & Fauzi, A. (2021). Analisis pergerakan arus pasang surut terhadap perubahan perletakan pemecah gelombang di Pelabuhan Ulee Lheue. *Jurnal Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala*, 10(1).
- Hafli, T. M., Akbar, S. J., & Al'ala, M. (2022). Pengaruh rencana konstruksi pelabuhan jetty terhadap perairan di kawasan Pelabuhan Pulau Balai, Kabupaten Aceh Singkil. *Jurnal Teknik Sipil, Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 29(1). <https://doi.org/10.5614/jts.2022.29.1.7>
- Ibrahim, I., & Irwansyah, A. (2014). Pengaruh pembangunan Jetty Muara Kr. Meuredu terhadap perubahan garis pantai di sekitarnya. *PORTAL: Jurnal Teknik Sipil*. Ministry of the Environment. (2003). Stormwater management planning and design manual March 2003. In *Water Resources* (Issue March).
- Ouillon, S. (2019). Sediment transport in coastal waters. In *Sediment Transport in Coastal Waters*. MDPI. <https://doi.org/10.3390/books978-3-03897-845-9>
- Tang, T., Huang, J., Yin, Y., & Feng, W. (2018). Analysis of influence factors of tide-dominated estuaries based on deposition numerical simulation. *Open Journal of Yangtze Gas and Oil*, 139–146. <https://doi.org/10.4236/ojogas.2018.32012>
- Triatmodjo, B. (2003). *Pelabuhan, Edisi Ketiga*. Penerbit Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik pantai*. Beta Offset.
- U.S. Army Corps of Engineers. (1984). Shore protection manual Volume II coastal engineering research center. *Department of The ARMY Waterways Experiment Station, Corps of Engineers Coastal Engineering Research Center, II*, 652p.