

Skema Pengerukan Sedimentasi dalam Perencanaan Pelabuhan Pangkalan Susu

Tri Rahayu¹, Radian², Muhammad Qarinur^{3,*}

¹Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia 20238

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan, Medan, Indonesia 20216

³Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia 20221

*penulis koresponden: m.qarinur@unimed.ac.id

Diterima: 6 Desember 2023; Disetujui: 19 Desember 2023

Abstrak

Pelabuhan menjadi aspek krusial dalam sistem transportasi laut Republik Indonesia. Masalah pendangkalan di pelabuhan, terutama di kolam dan alur pelayaran, memerlukan penanganan khusus untuk menjaga kelancaran arus pelayaran. Penelitian ini membahas teknik pengerukan yang tepat sebagai solusi dalam mengatasi masalah pendangkalan di Alur Pelayaran Sembilan, Sumatera Utara. Metode penelitian melibatkan analisis data angin, hidroceanografi, dan survei batimetri di sepanjang Alur Pelayaran Sembilan. Hasil penelitian memberikan pemahaman mendalam tentang kondisi perairan dan kebutuhan pengerukan. Tata letak rencana pengerukan telah disusun untuk meningkatkan kedalaman alur pelayaran guna mendukung pengapalan batubara ke Pembangkit Listrik Tenaga Uap 2 Sumatera Utara. Rencana pengerukan ini melibatkan tiga lokasi, dengan total volume material keruk sekitar $\pm 700.000 \text{ m}^3$. Proses pengerukan dilakukan dengan kapal keruk *Trailing Hopper Suction Dredger* (THSD) berkapasitas 2.000 m^3 . Material hasil pengerukan kemudian ditempatkan di lokasi penempatan khusus di laut. Selain itu, hubungan arus pasang surut dengan jalur peredaran air juga dianalisis untuk memahami pengaruhnya terhadap sedimentasi di pelabuhan. Studi ini memberikan wawasan tentang kompleksitas infrastruktur maritim, termasuk strategi pengerukan dan penanganan sedimentasi, untuk memastikan efisiensi dan kelancaran operasional pelabuhan di Alur Pelayaran Sembilan.

Kata Kunci: Alur Pelayaran, Lalu Lintas Pelayaran, Pendangkalan.

Abstract

Ports play a crucial role in the maritime transportation system of the Republic of Indonesia. The issue of sedimentation in ports, particularly in basins and navigation channels, requires specialized intervention to maintain the smooth flow of maritime traffic. This research explores appropriate dredging techniques as a solution to address sedimentation issues in the Sembilan Shipping Channel, North Sumatra. The research methodology involves the analysis of wind data, hydroceanography, and bathymetric surveys along the Sembilan Shipping Channel. The research findings provide an in-depth understanding of the water conditions and dredging requirements. Dredging layout plans have been formulated to increase the depth of the shipping channel, supporting the shipment of coal to the North Sumatra Steam Power Plant 2. This dredging plan encompasses three locations, with a cumulative dredged material volume of approximately $\pm 700,000 \text{ m}^3$. Dredging processes are carried out using a Trailing Hopper Suction Dredger (THSD) with a capacity of $2,000 \text{ m}^3$. The dredged material is then deposited at designated locations in the sea. Furthermore, the relationship between tidal currents and the water circulation path is analyzed to comprehend their influence on sedimentation in the port. This study offers insights into the complexity of maritime infrastructure, including dredging strategies and sedimentation management, to ensure the efficiency and smooth operation of the port in the Sembilan Shipping Channel.

Keywords: Shipping Channel, Maritime Traffic, Sedimentation.

1. Pendahuluan

Negara Republik Indonesia, yang memiliki bentuk kepulauan dengan wilayah yang sangat luas, mendambakan keberadaan sistem transportasi yang efektif, yang

mencakup aspek keamanan, biaya terjangkau, kelancaran, kecepatan, kemudahan, keteraturan, dan kenyamanan (Kementerian Perhubungan, 2008). Setiap tahap pembangunan memerlukan sistem

transportasi yang efisien sebagai prasyarat utama untuk menjamin kelancaran pelaksanaan pembangunan. Salah satu komponen penting dalam sistem transportasi ini adalah subsistem angkutan laut.

Dalam kerangka subsistem angkutan laut, pelabuhan menjadi suatu prasyarat yang esensial. Secara umum, pelabuhan dapat didefinisikan sebagai suatu wilayah perairan yang dilindungi dari pengaruh gelombang, badai, atau arus, sehingga kapal-kapal dapat berputar dengan mudah dan aman di area *turning basin*, serta dapat bersandar atau membongkar muatan dengan lancar, mendukung aktivitas bongkar muat barang, dan mengakomodasi pengangkutan penumpang.

Perencanaan, pembangunan, dan pengembangan pelabuhan perlu diperhatikan dari berbagai aspek, seperti sosial ekonomi, politik, teknik (*engineering*), dan operasional. Dari segi teknis dan operasional, pelabuhan seringkali menghadapi tantangan fisik, seperti masalah sedimentasi atau pendangkalan, terutama di kolam pelabuhan dan alur pelayaran. Pendangkalan merupakan masalah umum yang sering terjadi di pelabuhan, disebabkan oleh endapan sedimen. Kompleksitas dan besarnya masalah pendangkalan semakin meningkat jika pelabuhan tersebut terletak di muara sungai (*estuary*). Oleh karena itu, dalam merencanakan pembangunan dan pengembangan pelabuhan, penanganan masalah pendangkalan, terutama di kolam pelabuhan dan alur pelayaran, menjadi krusial untuk memastikan kelancaran arus pelayaran. Oleh karena itu, penelitian dan penerapan teknik pengerukan yang tepat sangat penting agar pelabuhan dapat berfungsi secara efisien, stabil, dan sesuai dengan tujuan pembangunan nasional.

Penelitian dalam bidang transportasi laut, pengerukan alur pelayaran, dan perawatan pelabuhan menyoroti aspek-aspek krusial yang berkaitan dengan infrastruktur maritim. Dalam konteks transportasi laut, Josep (2019) menunjukkan peran penting pesisir pantai, penyeberangan laut, dan

alur pelayaran dalam angkutan domestik dan internasional. Pengerukan alur pelayaran menjadi fokus untuk memastikan kedalaman yang memadai sesuai dengan draft kapal. Hasil penelitian Ayu dkk. (2020) menunjukkan bahwa pendangkalan di Kolam Pelabuhan Peti Kemas Belawan dapat mengakibatkan kapal kandas, memerlukan pengerukan untuk menjamin keamanan dan efisiensi.

Studi oleh Sugianto (2009) dan Satriadi (2013) mengeksplorasi pola *transport* sedimen dan konsentrasi sedimen tersuspensi di Teluk Bayur dan Pelabuhan Bojonegara, menunjukkan bahwa pola arus dan aktivitas pengerukan dapat memengaruhi kualitas perairan. Siry (2011) menyoroti proses pendangkalan di Pelabuhan Minyak PT Caltex Pacific Indonesia, mengidentifikasi energi gelombang dan pasang sebagai faktor utama dalam pendangkalan. Raga (2015) dan Firdaus dkk. (2013) membahas perawatan alur pelayaran di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang, menekankan perlunya pengerukan untuk mengatasi pendangkalan yang dapat dipengaruhi oleh pasang surut dan arus. Selain itu, Taredja & Nugroho (2018) menunjukkan perlunya penanganan sedimentasi di terminal pelabuhan, dengan pengerukan alur sebagai strategi yang efektif.

Penelitian oleh Sinaga (2015) meninjau kelayakan operasional Pelabuhan Pangkalan Susu, menggambarkan perlunya penyesuaian prosedur operasional untuk mendukung perubahan status pelabuhan. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan wawasan mendalam tentang kompleksitas infrastruktur maritim, mencakup strategi pengerukan, penanganan sedimentasi, dan penyesuaian operasional untuk memaksimalkan efisiensi pelabuhan.

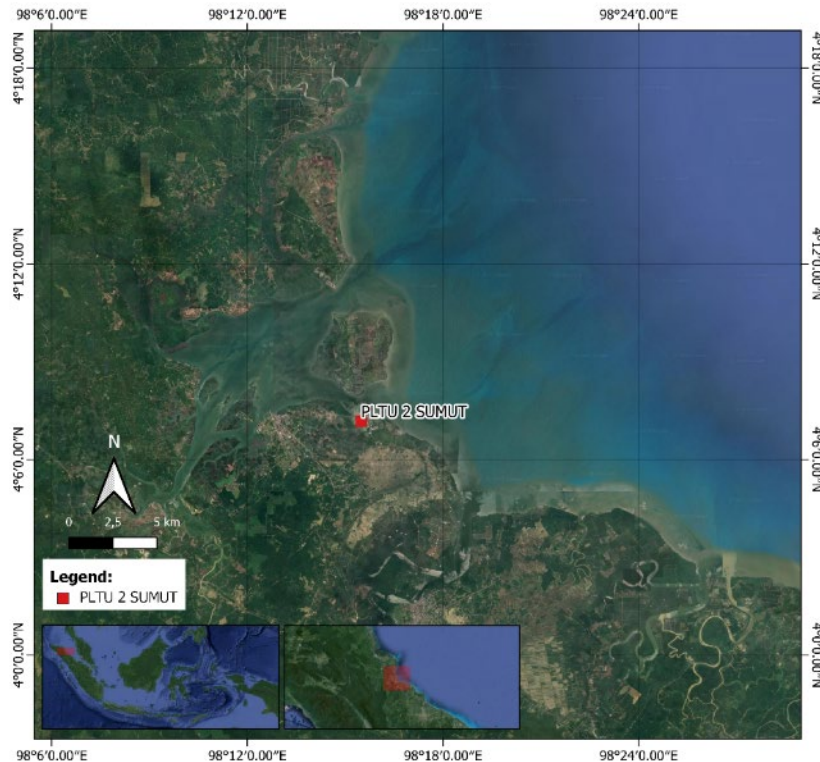
2. Metodologi

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi rencana kegiatan pengerukan alur pelayaran kapal batubara menuju Pembangkit Listrik Tenaga Uap 2 Sumatera Utara (PLTU 2 Sumut) adalah di Perairan Selat Malaka yaitu di Alur Pelayaran Sembilan yang terletak di

Kecamatan Pangkalan Susu Kabupaten Langkat Provinsi Sumatera Utara (Gambar 1). Adapun letak lokasi rencana kegiatan pada arah Barat berbatasan dengan alur pelayaran menuju Pelabuhan Pangkalan Susu. Pada daerah ini terdapat kegiatan nelayan berupa pemasangan jaring apung dan keramba terutama di sekitar Pesisir Pulau Sembilan. Bagian Selatan

berbatasan dengan Pulau Sumatera yaitu Kecamatan Pangkalan Susu. Pada daerah ini ditemukan adanya tumbuhan mangrove sebagai vegetasi tutupan lahan di sepanjang garis pantai dan di lokasi ini adalah lokasi PLTU 2 Sumut sebagai tujuan pengapalan batubara. Sedangkan pada arah Utara berbatasan dengan Pulau Sembilan.



Gambar 1. Lokasi penelitian.

2.2. Data Angin

Data angin yang digunakan untuk meramalkan gelombang berasal dari pengukuran di permukaan laut di lokasi yang bersangkutan. Informasi ini dapat diperoleh melalui pengukuran langsung di atas permukaan laut atau melalui pengukuran darat yang dilakukan dekat dengan lokasi peramalan, yang kemudian diubah menjadi data angin di laut. Kecepatan angin diukur dengan *anemometer* dan umumnya dinyatakan dalam satuan knot. Satu knot setara dengan panjang satu menit garis bujur yang ditempuh melalui katulistiwa dalam satu jam, atau dapat dijelaskan sebagai $1 \text{ knot} = 1,852 \text{ km/jam} = 0,5 \text{ m/d}$. Data angin disajikan seperti yang terlihat dalam Tabel 1. Jumlah data angin seperti yang

ditunjukkan dalam Tabel 1 tersebut untuk setahun pengamatan.

2.3. Hidroceanografi

Secara umum pantai sekitar Alur Pelayaran Sembilan memperlihatkan kondisi yang mendukung pertukaran massa air, dari sebaran mangrove yang umumnya terdapat hampir di semua sisi pantai pulau. Pada daerah dengan keberadaan mangrove dalam bentuk *spot – spot* (kepadatan rendah) menunjukkan bahwa energi yang berkembang pada sisi Timur lebih besar dibandingkan sisi Baratnya. Informasi lain menunjukkan bahwa perambatan gelombang relatif kecil pada sisi Barat akibat topografi yang landai, dibandingkan pada sisi Timur.

2.4. Survei Batimetri

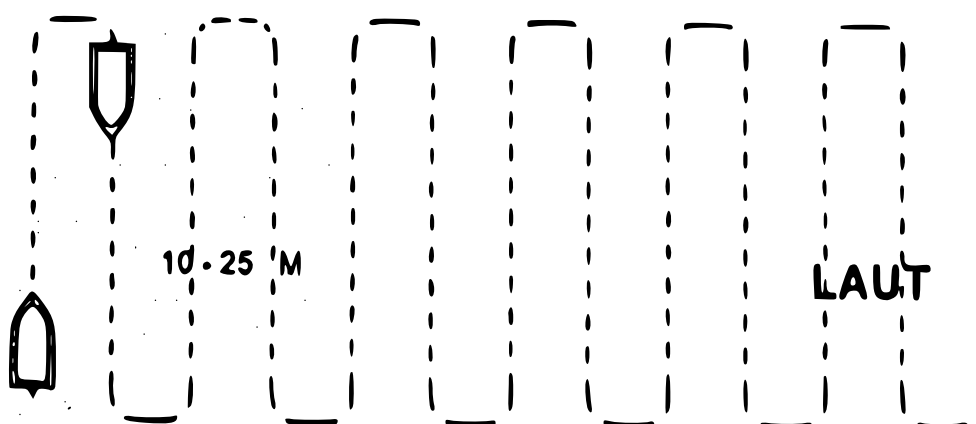
Survei batimetri atau sering disebut dengan pemeruman (*sounding*), dimaksudkan untuk mengetahui keadaan topografi laut sehingga kedalaman dasar laut dapat dihitung dan selanjutnya volume material kerukan dapat diketahui dengan pasti. Cara yang dipakai dalam pengukuran ini adalah dengan menentukan posisi-posisi kedalaman laut pada jalur memanjang dan jalur melintang untuk *cross check*. Penentuan posisi-posisi kedalaman ditentukan dengan menggunakan *Differential Global Positioning System* (DGPS).

Survei batimetri (*bathymetry*) diperlukan untuk mengetahui kondisi topografi dasar perairan di sepanjang alur pelayaran yang akan dikeruk yaitu mencakup sepanjang Alur pelayaran Sembilan, dan sebagai dasar dalam menentukan volume material kerukan yang akan dikeruk. Survei batimetri dilakukan dengan cara pengukuran *Echosounding*. Kawasan yang disurvei adalah di sepanjang Alur Pelayaran Sembilan dengan panjang 17,26 km dengan menggunakan alat *Echosounder Raytheon DE-719C* dan *Global Positioning System* (GPS) untuk mencatat kedalaman (koordinat z) dan lokasi titik pengukuran (koordinat x,y). Referensi koordinat adalah koordinat

Universal Transverse Mercator (UTM) dan koordinat lokal. *Benchmark* (BM) terdekat untuk pengikatan adalah BM Perusahaan Listrik Negara (PLN) 2 yang sudah ada di lokasi. Secara umum kegiatan survei batimetri terdiri dari:

- Menentukan/mendirikan stasiun pasang surut.
- Pengukuran kedalaman menggunakan *Echosounder* dan pengukuran posisi horizontal pada perairan dengan menggunakan DGPS.
- Pengukuran pemantauan.
- Penggambaran.

Jalur *sounding* merujuk pada rute kapal yang melakukan *sounding* dari titik awal hingga titik akhir di suatu kawasan survei. Jarak antara jalur *sounding* disesuaikan dengan tingkat resolusi yang diinginkan, umumnya berkisar antara 20 hingga 50 meter. Setiap jalur *sounding* melibatkan pengambilan data kedalaman perairan setiap 5 hingga 10 meter. Titik awal dan akhir dari setiap jalur *sounding* dicatat, dan data tersebut diinput ke dalam perangkat pengukur yang dilengkapi dengan *Echosounder Raytheon* tipe DE-719C. Perangkat ini digunakan sebagai referensi perjalanan *motorboat* sepanjang jalur *sounding*. Gambaran contoh dari jalur *sounding* di kawasan survei dapat ditemukan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi pergerakan perahu menyusuri jalur *sounding*.

2.4.1. Peralatan Survei

Alat survei yang digunakan dalam pengukuran batimetri meliputi:

- Echosounder Raytheon* tipe DE-719C dilengkapi dengan teknologi penentuan

posisi GPS, yang memungkinkan alat ini mendapatkan posisi pada kerangka horizontal dengan bantuan satelit. Keberadaan fasilitas ini menghilangkan kebutuhan untuk melakukan kontrol posisi dari suatu titik tetap di darat dalam kerangka horizontal.

- b. *Notebook* adalah sebuah komputer portabel yang diperlukan untuk menyimpan data yang diunduh dari alat penerima GPS.
- c. Perahu digunakan untuk membawa *surveyor* dan peralatan pengukuran menjelajahi jalur-jalur *sounding* yang telah ditentukan.
- d. Papan duga digunakan dalam kegiatan pengamatan fluktuasi muka air laut, khususnya dengan memanfaatkan *Automatic Water Level Recorder*.
- e. Peralatan keselamatan yang diperlukan selama kegiatan survei dilakukan antara lain *Life Jacket*.
- f. Formulir pencatatan data pasang surut.

2.4.2. Koreksi Kedalaman

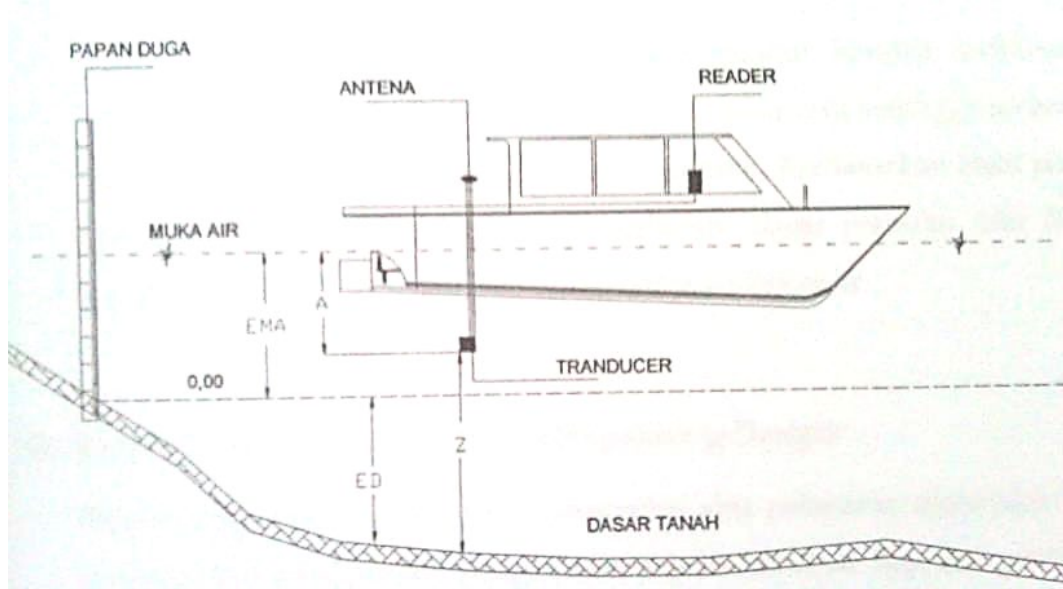
Data yang direkam oleh alat GPS *Receiver* mencakup jarak antara *transducer* alat dan dasar perairan. *Transducer* ini diposisikan di tengah bagian samping kapal, berada di bawah permukaan air yang tidak

terpengaruh oleh pasang surut. Oleh karena itu, diperlukan koreksi kedalaman terhadap perubahan pasang surut. Gambar 3 menyajikan sketsa definisi berbagai panjang yang terlibat dalam proses koreksi ini. Elevasi dasar saluran dihitung dari nol papan duga, disebut sebagai (ED), sebagaimana dijelaskan dalam persamaan berikut.

$$ED = Z + A - EMA \quad (1)$$

dengan Z adalah kedalaman air hasil *sounding* [m], A adalah jarak *transducer* ke muka air [m], dan EMA adalah elevasi muka air diukur dari nol papan duga [m].

Hasil dari koreksi awal menghasilkan elevasi dasar perairan terhadap nol papan duga. Elevasi ini selanjutnya dihubungkan dengan elevasi *Lowest Low Water Level* (LLWL) yang dihitung pada awal data pasang surut.



Gambar 3. Penempatan peralatan *Echosounder* dan GPS *Receiver*.

Tabel 1. Catatan kondisi angin di Pelabuhan Pangkalan Susu.

| Month | Beaufort scale (wind force) | Calm | | N | | NE | | E | | SE | | S | | SW | | W | | NW | |
|--------|-----------------------------|-------|---------|------|--------|------|---------|------|--------|------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | h | (%) | h | (%) | h | (%) | h | (%) | H | (%) | h | (%) | h | (%) | h | (%) | h | (%) |
| Jan | <1 | 11.23 | (46.79) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 01-Mar | | | 0.80 | (3.33) | 1.36 | (5.67) | 0.13 | (0.54) | 0.22 | (0.92) | 0.03 | (0.13) | 0.51 | (2.13) | 0.45 | (1.88) | 2.39 | (9.96) |
| | 03-May | | | 1.39 | (5.79) | 2.87 | (11.96) | 0.19 | (0.79) | 0.06 | (0.25) | 0.03 | (0.13) | 0.06 | (0.25) | 0.03 | (0.13) | 0.91 | (3.79) |
| | >5 | | | | | 0.10 | (0.42) | | | | | | 0.03 | (0.13) | 0.03 | (0.13) | 0.03 | (0.13) | |
| Feb | <1 | 11.96 | (49.83) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 01-Mar | | | 0.35 | (1.46) | 1.53 | (6.38) | 0.11 | (0.46) | 0.39 | (1.63) | 0.18 | (0.75) | 0.54 | (2.25) | 0.50 | (2.08) | 1.39 | (5.79) |
| | 03-May | | | 0.32 | (1.33) | 4.75 | (19.79) | 0.14 | (0.58) | 1.07 | (4.46) | 0.04 | (0.17) | 0.14 | (0.58) | 0.11 | (0.46) | 0.60 | (2.50) |
| | >5 | | | 0.04 | (0.17) | | | | | 0.07 | (0.29) | | | | | | | | |
| March | <1 | 14.48 | (60.33) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 01-Mar | | | 0.25 | (1.04) | 2.00 | (8.33) | 0.19 | (0.79) | 0.22 | (0.92) | | | 0.45 | (1.88) | 0.03 | (0.13) | 1.00 | (4.17) |
| | 03-May | | | 0.48 | (2.00) | 3.74 | (15.58) | 0.10 | (0.42) | 0.29 | (1.21) | 0.09 | (0.38) | 0.16 | (0.67) | 0.06 | (0.25) | 0.39 | (1.63) |
| | >5 | | | 0.03 | (0.13) | 0.13 | (0.54) | | | | | | | | | | | 0.06 | (0.25) |
| April | <1 | 13.63 | (56.79) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 01-Mar | | | 0.36 | (1.50) | 1.80 | (7.50) | 0.20 | (0.83) | 0.43 | (1.79) | | | 0.40 | (1.67) | 0.10 | (0.42) | 0.66 | (2.75) |
| | 03-May | | | 0.54 | (2.25) | 3.54 | (14.75) | 0.43 | (1.79) | 0.16 | (0.67) | | | 0.34 | (1.42) | 0.03 | (0.13) | 0.40 | (1.67) |
| | >5 | | | | | 0.03 | (0.13) | 0.07 | (0.29) | 0.03 | (0.13) | | | | | | | 0.07 | (0.29) |
| May | <1 | 14.00 | (58.33) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 01-Mar | | | 0.29 | (1.21) | 1.23 | (5.13) | 0.42 | (1.75) | 0.97 | (4.04) | 0.03 | (0.13) | 0.42 | (1.75) | 0.29 | (1.21) | 0.77 | (3.21) |
| | 03-May | | | 0.13 | (0.54) | 1.39 | (5.79) | 1.00 | (4.17) | 0.87 | (3.63) | 0.03 | (0.13) | 0.16 | (0.67) | 0.29 | (1.21) | 0.29 | (1.21) |
| | >5 | | | | | 0.03 | (0.13) | 0.03 | (0.13) | 0.03 | (0.13) | 0.03 | (0.13) | 0.06 | (0.25) | | | 0.06 | (0.25) |
| June | <1 | 15.18 | (63.25) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 01-Mar | | | | | 2.32 | (9.67) | 0.22 | (0.92) | 1.24 | (5.17) | | | 0.89 | (3.71) | 0.14 | (0.58) | 0.74 | (3.13) |
| | 03-May | | | 0.22 | (0.92) | 1.57 | (6.56) | | | 0.37 | (1.54) | 0.07 | (0.29) | 0.07 | (0.29) | | | 0.52 | (2.17) |
| | >5 | | | 0.21 | (0.29) | | | 0.07 | (0.29) | | | | | | | | | 0.07 | (0.29) |
| July | <1 | 12.14 | (50.58) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 01-Mar | | | 0.22 | (0.92) | 1.31 | (5.46) | 0.28 | (1.17) | 0.78 | (3.25) | 0.14 | (0.58) | 1.12 | (4.67) | 0.18 | (0.75) | 0.95 | (3.96) |
| | 03-May | | | 0.21 | (0.88) | 2.60 | (10.83) | 0.35 | (1.46) | 1.44 | (6.00) | 0.18 | (0.75) | 0.28 | (1.17) | 0.04 | (0.17) | 0.57 | (2.38) |
| | >5 | | | | | | | | | | | | 0.08 | (0.33) | 0.04 | (0.17) | 0.18 | (0.75) | |
| August | <1 | 13.33 | (55.54) | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Month | Beaufort scale (wind force) | Calm | | N | | NE | | E | | SE | | S | | SW | | W | | NW | |
|-----------|-----------------------------|-------|---------|------|--------|------|---------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|
| | | h | (%) | h | (%) | h | (%) | h | (%) | H | (%) | h | (%) | h | (%) | h | (%) | h | (%) |
| September | 01-Mar | | | 0.26 | (1.08) | 1.56 | (6.50) | 0.46 | (1.92) | 0.96 | (4.00) | 0.07 | (0.29) | 0.82 | (3.42) | 0.17 | (0.71) | 0.75 | (3.13) |
| | 03-May | | | 0.39 | (1.63) | 1.77 | (7.38) | 0.43 | (1.79) | 0.95 | (3.96) | | | 0.16 | (0.67) | 0.19 | (0.79) | 0.39 | (1.63) |
| | >5 | | | | | | | | | | | 0.03 | (0.13) | 0.06 | (0.25) | | | 0.13 | (0.54) |
| | <1 | 13.23 | (55.13) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| October | 01-Mar | | | 0.23 | (0.96) | 1.93 | (8.04) | 0.33 | (1.38) | 0.80 | (3.33) | 0.07 | (0.29) | 0.60 | (2.50) | 0.20 | (0.83) | 0.47 | (1.96) |
| | 03-May | | | 0.30 | (1.25) | 2.54 | (10.58) | 1.00 | (4.17) | 0.66 | (2.75) | 0.03 | (0.13) | 0.14 | (0.58) | 0.06 | (0.25) | 0.36 | (1.50) |
| | >5 | | | 0.03 | (0.13) | | | | | | | | | 0.03 | (0.13) | | | 0.06 | (0.25) |
| | <1 | 13.74 | (57.25) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| November | 01-Mar | | | 0.83 | (3.46) | 1.81 | (7.54) | 0.25 | (1.04) | 0.39 | (1.63) | 0.16 | (0.67) | 0.65 | (2.71) | 0.35 | (1.46) | 1.48 | (6.17) |
| | 03-May | | | 0.84 | (3.50) | 1.84 | (7.67) | 0.13 | (0.54) | 0.29 | (1.21) | 0.06 | (0.25) | 0.25 | (1.04) | 0.16 | (0.67) | 0.48 | (2.00) |
| | >5 | | | | | 0.03 | (0.13) | | | | | | | 0.03 | (0.13) | | | 0.03 | (0.13) |
| | <1 | 11.98 | (49.92) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| December | 01-Mar | | | 1.75 | (7.29) | 1.50 | (6.25) | 0.11 | (0.46) | 0.11 | (0.46) | 0.04 | (0.17) | 0.15 | (0.63) | 0.77 | (3.21) | 1.41 | (5.88) |
| | 03-May | | | 1.64 | (6.83) | 1.42 | (5.92) | 0.11 | (0.46) | 0.07 | (0.29) | | | 0.22 | (0.92) | 0.07 | (0.29) | 1.06 | (4.42) |
| | >5 | | | 0.11 | (0.46) | | | | | | | | | | | | | 0.04 | (0.17) |
| | <1 | 11.75 | (48.96) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| December | 01-Mar | | | 0.78 | (3.25) | 1.10 | (4.58) | 0.04 | (0.17) | 0.04 | (0.17) | 0.12 | (0.50) | 0.90 | (3.75) | 0.51 | (2.13) | 1.49 | (6.21) |
| | 03-May | | | 1.53 | (6.38) | 2.47 | (10.29) | 0.24 | (1.00) | 0.47 | (1.96) | 0.04 | (0.17) | 0.39 | (1.63) | 0.16 | (0.67) | 1.88 | (7.83) |
| | >5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Tata Letak Rencana Pengerukan

Lokasi kegiatan pengerukan adalah di Alur Pelayaran Sembilan. Panjang Alur Pelayaran Sembilan adalah $\pm 17,26$ km yang memiliki kedalaman bervariasi yaitu 3,0 s.d 14,0 m LWS. Untuk bisa digunakan sebagai alur pelayaran *Barges* batubara dengan bobot 8.000 DWT dan lebar *Barges*

20 m, maka dibutuhkan kedalaman alur pelayaran yang aman lebih dari 7,0 m LWS dan lebar alur 100 m. Oleh karena itu, diperlukan langkah untuk menambah kedalaman alur pelayaran dengan cara pengerukan (*capital dredging*) sehingga diperoleh kedalaman alur yang diinginkan. Tata letak rencana kegiatan pengerukan adalah sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tata letak rencana pengerukan.

3.2. Hubungan Arus Pasang Surut dengan Jalur Peredaran Air

Pengaruh pasang surut terhadap mekanisme sedimentasi di perairan pelabuhan yang terletak di muara sungai adalah sangat dominan, di mana pada waktu air pasang bahan-bahan endapan yang bersumber dari laut akan terbawa masuk ke dalam *basin* (kolam pelabuhan), alur laut, dan ke lokasi-lokasi lainnya. Demikian pula pada saat air surut bahan-bahan endapan dari sumber-sumber muara sungai, rawa-rawa dan sekitarnya akan terbawa masuk pula ke daerah pelabuhan.

Perilaku aliran-aliran arus pasang surut lepas pantai dipantau dengan sistem "*float tracks* (jejak apungan/pelampung)", dari situasi yang berlaku selama pasang surut musim hujan dan pasang surut penuh di Pangkalan Susu. Perilaku aliran dipantau

pada kedalaman 1 m, 2 m, 2,5 m, 3 m, dan 5 m di bawah permukaan air.

3.3. Proses Pengerukan

Pengerukan dikenal dalam teknik pembangunan pelabuhan sebagai metode yang mendukung proses penggalian dan penimbunan tanah (*excavating and dumping, cut and fill*) baik di dalam air/laut maupun di darat. Proses pengerukan umumnya terjadi pada tahap pembangunan pelabuhan (*capital dredging*), ketika kolam pelabuhan dibuat, dasar pelabuhan dipersiapkan sebagai fondasi pemecah gelombang, dan kebutuhan lainnya. Tindakan ini melibatkan pembuatan alur-alur pelayaran dan kanal agar dapat dilalui oleh kapal-kapal. Pemilihan jenis pengerukan, baik itu untuk jenis kapal tertentu, bagian pelabuhan tertentu, atau menggunakan berbagai jenis alat/kapal keruk (*dredger*), bergantung pada kebutuhan dan spesifikasi proyek.

Oleh karena itu, kapal keruk berperan sebagai kapal kerja yang penting, baik dalam pelaksanaan investasi maupun pemeliharaan pelabuhan. Selain itu, pengerukan juga dilakukan untuk menjaga dan memelihara alur pelayaran, kolam, atau sungai (*maintenance dredging*) sebagai respons terhadap proses pergerakan dan pengendapan lumpur (*sediment transport*). Dalam operasionalnya pengerukan dapat dibedakan atas:

- a. Pengerukan awal (*capital dredging*) merujuk pada kegiatan pengerukan yang dilakukan dalam rangka pengembangan pelabuhan. Contohnya termasuk pembuatan atau pelebaran kolam pelabuhan, serta pemeliharaan atau perdalam alur laut (*sea channel*) dan sejenisnya.
- b. Pengerukan pemeliharaan (*maintenance dredging*) adalah tindakan pengerukan yang dilakukan untuk menjaga kedalaman kolam atau alur pelayaran, yang mungkin terpengaruh oleh pergerakan dan pengendapan sedimen.

3.3.1. Pengerukan Alur

Setelah kapal keruk sampai di lokasi kegiatan maka selanjutnya dilakukan

pengerukan yang dimulai dari area-1 hingga area-3. Jenis kapal keruk ini memiliki lengan keruk penghisap di kedua sisi lambungnya. Pada operasionalnya pipa penghisap diturunkan sampai ke dasar perairan dan berfungsi menghisap material dasar perairan melalui kepala keruk yang kemudian dialirkan/dipompakan ke dalam penampung di lambung kapal (*Barge*). Jika *Barge* telah penuh, maka kapal berlayar menuju ke lokasi penempatan material kerukan.

3.3.2. Penempatan Material Pengerukan

Penempatan material kerukan direncanakan adalah di laut. Lokasi penempatan lumpur material kerukan di laut ditetapkan oleh instansi yang berwenang. Setelah sampai di lokasi penempatan material kerukan maka seluruh material keruk dikeluarkan melalui pintu khusus di dasar lambung. Lokasi yang memungkinkan menjadi area penempatan material kerukan adalah di laut kedalaman lebih dari 20 m. Lokasi penempatan material kerukan di laut adalah sebagaimana tertera pada Gambar 5. Setelah *Barge* kosong, maka kapal kembali ke lokasi pengerukan untuk melakukan pengerukan kembali.



Gambar 5. Lokasi penempatan material kerukan di laut.

3.4. Jenis Kapal Keruk

Perairan Pangkalan Susu sebagai alur pelayaran kapal batubara menuju PLTU 2 Sumut adalah berupa tanah lempung berpasir sehingga kapal keruk yang cocok digunakan adalah jenis kapal keruk tipe *Trailing Hopper Suction Dredger* (THSD) berkapasitas 2.000 m³ dengan *draft* penuh 3 m. Kapal ini termasuk kapal keruk yang ramah lingkungan, karena menggunakan alat keruk hisap tank (*Hopper Dredger*).

Kapal keruk dianggap sebagai salah satu varian kapal kerja yang memiliki peran penting, baik dalam konteks investasi maupun pemeliharaan pelabuhan. Sebagai contoh, dalam menjaga kedalaman alur pelayaran untuk navigasi kapal batubara dari pelabuhan Pangkalan Susu menuju PLTU 2 Sumut, jenis kapal keruk tertentu digunakan, sebagaimana tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Jenis kapal keruk pada pelabuhan Pangkalan Susu.

| No. | Jenis Kapal Keruk | Kapasitas (m ³) | Keterangan |
|-----|---|-----------------------------|------------------------|
| 1. | <i>Trailing Hopper Suction Dredger</i> (THSD) | 2000 | <i>Draft</i> penuh 3 m |
| 2. | <i>Clamshell/Grapple Dredger</i> | 2900 | |

3.5. Jenis Kapal Bongkar Muat

Beberapa jenis kapal yang melakukan kegiatan bongkar muat di pelabuhan Pangkalan Susu dapat dilihat pada Tabel 3. Untuk memenuhi persyaratan alur pelayaran dengan kedalaman minimal 7,0 m LWS dan dengan lebar 100 m di Alur Pelayaran Sembilan sepanjang 17,26 km maka dibutuhkan pengerukan pada tiga lokasi (Tabel 4). Dengan demikian total volume material kerukan yang akan

dihasilkan dari proses pengerukan Alur Pelayaran Sembilan adalah ± 700.000 m³.

Tabel 3. Jenis kapal yang bongkar muat di pelabuhan Pangkalan Susu.

| No | Jenis Kapal | Tonnase (DWT) |
|----|-------------------|---------------|
| 1. | Kapal Tongkang | 8.000 |
| 2. | (<i>Barges</i>) | 6.500 |
| 3. | Kapal Tanker | 3.500 |
| | Kapal Tanker | |

Tabel 4. Pembagian area dan volume pengerukan.

| Lokasi | Lebar (m) | Panjang Alur (m) | Kedalaman (m) | Volume (m ³) |
|------------------|-----------|------------------|---------------|--------------------------|
| km ± 2,70–3,20 | 100 | 500 | 2 | 100.000 |
| km ± 6,60–7,10 | 100 | 500 | 4 | 200.000 |
| km ± 11,80–15,80 | 100 | 4000 | 1 | 400.000 |
| | | | Total | 700.000 |

4. Kesimpulan

Dari hasil dan analisis yang telah disajikan, dapat disimpulkan bahwa rencana pengerukan di Alur Pelayaran Sembilan telah melibatkan pertimbangan yang cermat. Lokasi kegiatan pengerukan pada alur dengan panjang sekitar ±17,26 km dan kedalaman bervariasi antara 3,0 hingga 14,0 m LWS menuntut peningkatan kedalaman agar dapat digunakan sebagai alur pelayaran bagi *Barges* batubara. Pengaruh pasang surut terhadap mekanisme sedimentasi di pelabuhan,

khususnya yang terletak di muara sungai, menunjukkan dominansinya selama pasang surut, baik dari laut maupun dari muara sungai dan rawa sekitarnya. Proses pengerukan menjadi langkah krusial dalam pembangunan pelabuhan, dengan dua jenis utama: pengerukan mula untuk pembangunan pelabuhan dan pengerukan pemeliharaan untuk menjaga kedalaman alur pelayaran. Jenis kapal keruk yang dipilih, yaitu *Trailing Hopper Suction Dredger* (THSD), terbukti ramah lingkungan karena menggunakan alat keruk hisap *tank*. Berbagai jenis kapal,

seperti kapal tongkang dan kapal tanker, terlibat dalam kegiatan bongkar muat di Pelabuhan Pangkalan Susu. Rencana pengerukan ini melibatkan tiga lokasi dengan total volume material kerukan sekitar $\pm 700.000 \text{ m}^3$. Keseluruhan informasi ini memberikan gambaran menyeluruh tentang tata letak rencana pengerukan, pengaruh arus pasang surut, jenis kapal yang terlibat, dan pentingnya pengerukan untuk menjaga kedalaman alur pelayaran di pelabuhan tersebut.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Daftar Pustaka

- Ayu, S. M., Dwi Suryo P, A. A., Subardjo, P., Widada, S., & Purwanto, P. (2020). Pengukuran Batimetri Untuk Perencanaan Pengerukan Kolam Pelabuhan Peti Kemas Belawan Sumatera Utara. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(3), 210–224. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v2i3.8154>
- Firdaus, S. R., Saputro, S., & Satriadi, A. (2013). Studi Pengerukan Alur Pelayaran Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Oseanografi*, 2(3), 274–279.
- Josep, A. A. (2019). Analisis Manfaat dalam Proyek Pengerukan Studi Kasus: Alur Pelayaran Surabaya Timur. *Jurnal Penelitian Transportasi Laut*, 21(1), 35–40. <https://doi.org/10.25104/transla.v21i1.1168>
- Kementerian Perhubungan. (2008). Rencana Pembangunan Jangka Panjang Departemen Perhubungan 2005-2025. In *Efikasi Diri dan Pemahaman Konsep IPA dengan Hasil Belajar Ilmu Pengetahuan Alam Siswa Sekolah Dasar Negeri Kota Bengkulu*. Kementerian Perhubungan.
- Raga, P. (2015). Dampak Pengerukan dan Reklamasi Dalam Pembangunan Pengoperasian Pelabuhan di Indonesia. *Jurnal Penelitian Transportasi Laut*, 17(4), 188–198. <https://doi.org/10.25104/transla.v17i4.1405>
- Satriadi, A. (2013). Kajian Transpor Sedimen Tersuspensi Untuk Perencanaan Pembangunan Pelabuhan Bojonegara Banten. *Buletin Oseanografi Marina*, 2(2), 68–77.
- Sinaga, R. (2015). Kelayakan Pengoperasian Pelabuhan Pangkalan Susu Sebagai Pelabuhan Umum. *Jurnal Penelitian Transportasi Laut*, 17(3), 121–128. <https://doi.org/10.25104/transla.v17i3.1409>
- Siry, H. Y. (2011). Studi Sebaran Sedimen Dasar dan Pendangkalan Di Pelabuhan Minyak PT Caltex Pacific Indonesia Dumai, Riau Pasca Pengerukan 1990. *Jurnal Widyariset*, 14(3), 643–650.
- Sugianto, D. N. (2009). Simulasi Model Transpor Sedimen Tersuspensi Untuk Mendukung Perencanaan Pelabuhan Teluk Bayur, Sumatera Barat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 5(2), 46–54.
- Taredja, K. W., & Nugroho, E. O. (2018). Penanganan Sedimentasi di Pelabuhan Tanjung Api-Api pada Sungai Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 4(3), 117. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v4i3.117>