TUGAS AKHIR – MO.184804

ANALISA METODE PENGERUKAN KOLAM LABUH PELABUHAN BELAWAN

RAFAEL RULIANTO MARPAUNG
NRP. 04311440000090

Dosen Pembimbing:
Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.
R. Haryo Dwito A., S.T., M.Eng., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

FINAL PROJECT – MO.184804

ANALYSIS OF DREDGING METHOD IN PORT BASIN OF PORT BELAWAN

RAFAEL RULIANTO MARPAUNG
NRP. 04311440000090

Supervisor:
Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.
R. Haryo Dwito A., S.T., M.Eng., Ph.D.

OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2020

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA METODE PENGERUKAN KOLAM LABUH PELABUHAN BELAWAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

Rafael Rulianto Marpaung
NRP. 04311440000090

Disetujui Oleh:

1. Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng. ..... (Pembimbing 1)
2. R. Haryo Dwito A., S.T., M.Eng., Ph.D. .....(Pembimbing 2)
3. Prof.Ir. Widi Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D. .....(Penguji 1)
4. Dr.Eng. M. Zikra, S.T., M.Sc .....(Penguji 2)
5. Sujantoko, S.T., M.T. .....(Penguji 3)
6. Drs. M. Musta'in, M.Sc., Ph.D. .....(Penguji 4)

Surabaya, Agustus 2020

(*Halaman ini sengaja dikosongkan)*

ANALISIS METODE PENGERUKAN KOLAM LABUH PELABUHAN BELAWAN

Nama	: Rafael Rulianto Marpaung
NRP	: 04311440000090
Departemen	: Teknik Kelautan – FTK ITS
Dosen Pembimbing	: Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.
	R. Haryo Dwito A., S.T., M.Eng., Ph.D.

ABSTRAK

Pelabuhan Belawan merupakan pelabuhan umum yang terletak di Pantai Timur Laut Sumatera Utara dan berada di bawah manajemen PT. Pelabuhan Indonesia I (Persero). Di dalam pelabuhan, terjadi berbagai kegiatan meliputi berlabuhnya kapal, perpindahan penumpang, serta bongkar muat kargo dan peti kemas. Masalah yang sering terjadi pada pelabuhan ini adalah penumpukan sedimentasi yang menyebabkan pendangkalan pada kolam labuh. Hal ini dapat mengakibatkan kapal kandas dan membahayakan keselamatan pelayaran. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengerukan untuk mendapatkan kedalaman yang sesuai. Dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan analisa mengenai metode yang paling efektif dan efisien berdasarkan durasi dan biaya. Pelaksanaan pekerjaan pengerukan akan dilaksanakan dengan panjang sebesar 250 m, lebar 30 m, dan kedalaman 4 m dari *Low Water Spring (LWS)* dan diperoleh volume material keruk sebesar 33.557,91 m^3. Metode pengerukan yang dapat dilaksanakan pada kolam labuh pelabuhan Belawan ini adalah *Backhoe Dredger*, *Grab Dredger* dan *Cutter Suction Dredger*. Dari hasil analisa dan perhitungan durasi dan biaya maka diperoleh metode pengerukan yang paling efektif dan efisien adalah *Backhoe Dredger* 2 dengan durasi kerja selama 12 hari dan total biaya sebesar Rp 1.526.543.790,18.

Kata kunci: ***Biaya, Durasi, Kolam Labuh, Pengerukan, Sedimentasi***

(*Halaman ini sengaja dikosongkan)*

ANALYSIS OF DREDGING METHOD IN PORT BASIN OF PORT BELAWAN

Name of Student	: Rafael Rulianto Marpaung
Reg. Number	: 04311440000090
Department	: Teknik Kelautan – FTK ITS
Supervisors	: Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.
	R. Haryo Dwito A., S.T., M.Eng., Ph.D.

ABSTRACT

Port Belawan is a public port located on the Northeast Coast of North Sumatra and is under the management of PT. Pelabuhan Indonesia I (Persero). Inside the port, various activities take place including the anchoring of ships, the movement of passengers, and the loading and unloading of cargo and containers. The problem that often occurs at this port is the trapped sedimentation that causes siltation in the port basin. This can cause the ship to run aground and endanger the safety of the voyage. Therefore, dredging needed to get the appropriate depth. In this Final Project, an analysis of the most effective and efficient methods based on duration and cost will be carried out. The dredging work will be carried out with a length of 250 m, width 30 m, and a depth of 4 m from the Low Water Spring (LWS), and a dredging material volume of 33,557.91 m3 is obtained. Dredging methods that can be implemented in this port are Backhoe Dredger, Grab Dredger and Cutter Suction Dredger. From the results of the analysis and calculation of duration and cost, the most effective and efficient dredging method is Backhoe Dredger 2 with a working duration of 12 days and a total cost of Rp 1,526,543,790.18.

Key Word: ***Cost, Duration, Port Basin, Dredging, Sedimentation***

(*Halaman ini sengaja dikosongkan)*

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "**Analisa Metode Pengerukan Kolam Labuh Pelabuhan Belawan**" dengan baik dan lancar.

Tugas Akhir ini merupakan mata kuliah wajib untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi sarjana (S1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Tugas akhir ini melakukan analisa tentang metode pengerukan di kolam labuh pelabuhan Belawan, mulai dari perhitungan volume pengerukan, perancangan pengerukan, serta pemilihan metode pengerukan yang paling efektif digunakan dengan meninjau aspek durasi dan biaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari kekurangan dan kesalahan karena keterbatasan dari penulis itu sendiri. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran sebagai bahan evaluasi penulis. Penulis juga berharap laporan Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Terima kasih.

Surabaya, Agustus 2020

Rafael Rulianto Marpaung

(*Halaman ini sengaja dikosongkan)*

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pengerjaan dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis tentu tidak lepas dari bantuan beberapa pihak sehingga tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis, yaitu:

1. Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga penulis yakni Papa, Alm. Mama, adik Revalyn Marpaung dan seluruh keluarga besar yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, yang tak henti-hentinya mendoakan dan memberikan dukungan, baik dukungan moril dan material.
3. Bapak Sholihin, S.T., M.T. selaku dosen wali penulis atas bimbingan dan arahan yang Bapak berikan selama penulis melakukan perkuliahan.
4. Bapak Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng. dan Bapak R. Haryo Dwito A., S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing pertama dan kedua penulis atas segala bimbingan dan masukannya terhadap penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
5. Tulang Hutasoit, Bang Trisco Panjaitan, serta seluruh staff Bagian Fasilitas PT. Pelabuhan Indonesia I yang telah mengijinkan saya belajar dan memperoleh data untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Staf Pengajar dan Karyawan Departemen Teknik Kelautan FTK ITS atas bimbingan, arahan, ilmu dan bantuan selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman kontrakan Pingky House dan Rumah Yudas yang sudah memberikan dukungan dan doa kepada penulis. Kalian Luar Biasa.
8. Teman-teman GSM dan NHKBP Manyar atas doa dan dukungannya.
9. Teman-teman Straiter-XXII Yasop atas doa dan dukungannya.
10. Teman-teman Maelstrom L32-P54 atas doa dan dukungannya.
11. Pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Semoga kalian mendapat balasan yang lebih baik dari Tuhan Yang Maha Esa.

(*Halaman ini sengaja dikosongkan)*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN iii
ABSTRAK v
KATA PENGANTAR ix
UCAPAN TERIMA KASIH xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xvii
DAFTAR TABEL xix
DAFTAR LAMPIRAN xxi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan 2
1.4 Manfaat 3
1.5 Batasan Masalah 3
1.6 Sistematika Penulisan 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI 5
2.1 Tinjauan Pustaka 5
2.2 Dasar Teori 5
2.2.1 Pelabuhan 5
2.2.2 Pelabuhan Belawan PT. Pelindo I 6
2.2.3 Kolam Labuh Pelabuhan Belawan 6
2.2.4 Sedimentasi 6
2.2.4.1 *Overlay* Peta Kontur 7
2.2.4.2 Metode *Cross Section* 7
2.2.5 Pengerukan 8
2.2.5.1 Tujuan Pengerukan 8
2.2.5.2 Tipe-Tipe Pengerukan 8
2.2.5.3 Proses Pengerukan 9
2.2.6 Material Keruk 10

2.2.7 Metode Keruk 10
2.2.7.1 *Trailing Suction Hopper Dredger* 11
2.2.7.2 *Suction Dredger/Sand Pump* 11
2.2.7.3 *Cutter Suction Dredger* 12
2.2.7.4 *Grab Dredger/Clamshell* 13
2.2.7.5 *Backhoe Dredger* 13
2.2.7.6 *Bucket Ladder Dredger* 14
2.2.8 Pertimbangan Umum 15
2.2.9 Perhitungan Head Pompa 16
2.2.9.1 Head Statis 16
2.2.9.2 Head *Pressure* 16
2.2.9.3 Head *Velocity* 17
2.2.9.4 Viskositas *Slurry* 17
2.2.9.5 *Reynold Numbers* 18
2.2.9.6 Head *Mayor Losses* 19
2.2.9.7 Head *Minor Losses* 20
2.2.9.8 Head *Loss* Total 21
2.2.9.9 Head Total 21
2.2.10 Perhitungan Durasi Pengerjaan 21
2.2.10.1 Durasi Pengisian 21
2.2.10.2 Durasi Pembuangan 21
2.2.10.3 Durasi Total Kerja 22
2.2.11 Perhitungan Biaya 22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 23
3.1 Diagram Alir Penelitian 23
3.2 Prosedur Penelitian 24
3.3 Perkiraan Waktu Penelitian 25
BAB IV DATA DAN PERHITUNGAN 27
4.1 Penentuan Volume Sedimen 27
4.1.1 Data Bathimetri 27
4.1.2 Penentuan Area Keruk 27
4.1.3 Pembagian Station 28

4.1.4 Perhitungan Voume Sedimen 29
4.2 Penentuan Metode Pengerukan yang Dapat Diterapkan 30
4.2.1 Data Tanah 30
4.2.2 Kondisi Area Pengerukan..... 32
4.2.3 Pemilihan Metode Pengerukan Sesuai Data Tanah dan Kondisi Area Keruk 32
4.2.4 Analisa Metode Pengerukan yang Dapat Diterapkan 33
4.2.4.1 *Backhoe Dredger* 33
4.2.4.2 *Grab Dredger* 36
4.2.4.3 *Cutter Dredger*..... 38
4.2.4.3.1 Head Statis 39
4.2.4.3.2 Head Pressure..... 40
4.2.4.3.3 Head Velocity 40
4.2.4.3.4 Viskositas Slurry..... 40
4.2.4.3.5 Head Mayor Losses..... 42
4.2.4.3.6 Head Minor Losses 44
4.2.4.3.7 Head Loss Total 45
4.2.4.3.8 Head Total..... 45
4.3 Perhitungan Durasi dan Biaya..... 46
4.3.1 Perhitungan Durasi 46
4.3.1.1 Durasi Pengisian Barge..... 46
4.3.1.2 Durasi Pembuangan Material Keruk..... 47
4.3.2 Perhitungan Biaya..... 48
4.3.2.1 *Backhoe Dredger 1* 48
4.3.2.2 *Backhoe Dredger 2* 51
4.3.2.3 *Cutter Suction Dredger*..... 55
4.4 Pemilihan Metode Pengerukan..... 58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 61
DAFTAR PUSTAKA..... 63
LAMPIRAN

(*Halaman ini sengaja dikosongkan)*

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pelabuhan Belawan, Medan 6
Gambar 2.2 Metode *Cross Section*..... 7
Gambar 2.3 *Trailing Suction Hopper Dredger* 11
Gambar 2.4 *Suction Dredger* 12
Gambar 2.5 *Cutter Suction Dredger* 12
Gambar 2.6 *Grab Dredger*..... 13
Gambar 2.7 *Backhoe Dredger*..... 14
Gambar 2.8 *Bucket Ladder Dredger* 15
Gambar 2.9 Diagram *Moody*..... 20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 24
Gambar 4.1 *Layout* Kolam Pelabuhan Belawan 27
Gambar 4.2 Area Keruk 28
Gambar 4.3 Pembagian *Station* Area Keruk 29
Gambar 4.4 Contoh *Cross Section Area* pada *Station* 0 29
Gambar 4.5 *Specific Gravity Test* pada Data Tanah 31
Gambar 4.6 *Grain Size Analysis* pada Data Tanah 31
Gambar 4.7 Perhitungan Nilai *f* dengan Diagram *Moody*..... 43
Gambar 4.8 Tabel Koefisien Gesek Head *Loss Minor* 44

(*Halaman ini sengaja dikosongkan)*

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 *Timeline* Pengerjaan Tugas Akhir..... 25
Tabel 4.1 Tabel Perhitungan Volume Area Keruk 30
Tabel 4.2 Kriteria Metode Pengerukan..... 32
Tabel 4.3 Spesifikasi *Backhoe Dredger Goliath* dan *Razende Bol* 34
Tabel 4.4 Spesifikasi *Barge TK.RKD 1000-1* 34
Tabel 4.5 Spesifikasi *Tug Boat* 34
Tabel 4.6 Faktor Pengisian *Bucket*..... 35
Tabel 4.7 Faktor kondisi kerja 36
Tabel 4.8 Spesifikasi *Grab Dredger Tona 1*..... 37
Tabel 4.9 Spesifikasi *Cutter Dredger Tona 2* 38
Tabel 4.10 Tabel Perhitungan Durasi Pengisian Barge 46
Tabel 4.11 Tabel Durasi Pengerjaan Masing-Masing Metode Pengerukan..... 47
Tabel 4.12 Perhitungan Biaya Metode *Backhoe Dredger* 1 51
Tabel 4.13 Perhitungan Biaya Metode *Backhoe Dredger* 2 54
Tabel 4.14 Perhitungan Biaya Metode *Cutter Suction Dredger*..... 58
Tabel 4.15 Perbandingan Durasi dan Biaya Masing-Masing Metode Pengerukan..... 58

(*Halaman ini sengaja dikosongkan)*

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Data Bathimetri Kolam Labuh Pelabuhan Belawan

Lampiran B *Specific Gravity Test* dan *Grain Size Analysis*

Lampiran C Perhitungan Biaya

(*Halaman ini sengaja dikosongkan)*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara terbesar yang dua pertiga wilayahnya adalah laut. Selain itu, Indonesia juga merupakan negara kepulauan, tersusun atas ribuan pulau yang terbentang dari Sabang sampai Merauke. Tercatat Indonesia memiliki 16.056 pulau yang sudah terdaftar dan berkoordinat (BIG, 2018). Kondisi Indonesia ini menyimpan kekayaan laut yang besar, seperti perikanan yang melimpah, keberagaman spesies laut dan terumbu karang, serta garis pantai yang panjang untuk mendukung pariwisata. Di sisi lain, kondisi Indonesia dengan banyaknya daratan yang terpisah oleh laut dan selat, menimbulkan masalah dalam distribusi logistik dan pemerataan pembangunan. Hal ini tentunya dapat menimbulkan kesenjangan ekonomi dan sosial untuk beberapa daerah yang tidak terjangkau. Salah satu cara untuk mengatasi kesenjangan ini adalah dengan menyediakan sarana transportasi laut yang memadai. Disinilah peran dan fungsi dermaga pelabuhan menjadi sangat penting sebagai sarana penghubung transportasi laut antar pulau.

Pelabuhan merupakan penghubung sarana transportasi laut dan darat. Di dalam pelabuhan, terjadi berbagai kegiatan meliputi berlabuhnya kapal, perpindahan penumpang, serta bongkar muat kargo dan peti kemas. Fasilitas penunjang perlu diperhatikan untuk kelancaran aktivitas pelabuhan, seperti kondisi dermaga, *mobile crane* untuk bongkar muat, terminal penumpang dan area penyimpanan kargo dan peti kemas. Sebagai contoh dalam hal ini adalah pelabuhan Belawan. Pelabuhan Belawan adalah pelabuhan umum yang terletak di Pantai Timur Laut Sumatera Utara yang merupakan salah satu pelabuhan yang diusahakan di bawah manajemen PT. Pelabuhan Indonesia I (Persero). Pelabuhan Belawan merupakan pelabuhan terbesar di Sumatera Utara dan pelabuhan terbesar ketiga di Indonesia setelah pelabuhan Tanjung Priok dan pelabuhan Tanjung Perak. Pelabuhan Belawan berada di daratan semenanjung diantara sungai Belawan dan sungai Deli.

Seiring peningkatan muatan barang yang dapat dibongkar di Pelabuhan Belawan, perlu diperhatikan kondisi kolam labuh untuk bersandarnya kapal dengan ukuran yang lebih besar. Semakin besar kapal yang akan berlabuh, kolam labuh harus semakin dalam. Pada lokasi ini, terdapat pula masalah pendangkalan yang kerap terjadi, mengingat kondisi alamnya yang berada diantara dua muara sungai terbuka. Kedalaman kolam kolam labuh yang tidak sesuai dengan *draft* kapal dapat mengakibatkan kapal kandas dan membahayakan keselamatan pelayaran. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengerukan kolam labuh untuk mendapatkan kedalaman yang sesuai. Hal tersebut perlu dilakukan secara berkelanjutan demi kelancaran kegiatan di pelabuhan.

Ada beberapa metode pengerukan yang dapat digunakan untuk mengatasi pendangkalan yang terjadi pada kolam labuh pelabuhan Belawan. Dari uraian di atas, maka dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan analisa mengenai metode-metode yang dapat digunakan dalam pengerukan kolam labuh ini. Kemudian akan dilakukan pemilihan metode yang paling efektif dan ekonomis berdasarkan durasi dan biaya masing-masing metode.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan masalah tersebut, rumusan masalah yang diambil dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa volume area keruk pada kolam labuh pelabuhan Belawan?
2. Metode pengerukan apa saja yang dapat digunakan pada kolam labuh pelabuhan Belawan?
3. Berapa durasi yang digunakan dan biaya yang dikeluarkan masing-masing metode pengerukan pada kolam labuh pelabuhan Belawan?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Menghitung volume area keruk pada kolam labuh pelabuhan Belawan.
2. Mengetahui metode-metode pengerukan yang dapat digunakan pada kolam labuh pelabuhan Belawan.

3. Menghitung durasi yang digunakan dan biaya yang dikeluarkan masing-masing metode pengerukan pada kolam labuh pelabuhan Belawan.

1.4. Manfaat

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui volume area yang akan dikeruk serta metode pengerukan yang dapat digunakan pada kolam labuh pelabuhan Belawan. Setelah itu akan dilakukan analisa durasi serta biaya yang digunakan guna mengetahui metode pengerukan yang paling efektif dan ekonomis yang dapat digunakan. Tugas Akhir ini juga diharapkan dapat menjadi acuan bagi perusahaan terkait dan dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya.

1.5. Batasan Masalah

Berikut adalah beberapa batasan masalah yang menjadi bahan kajian dalam Tugas Akhir ini, antara lain adalah:

1. Objek yang ditinjau adalah kolam labuh pelabuhan Belawan.
2. Perhitungan durasi dan biaya hanya dilakukan pada metode pengerukan yang dapat digunakan pada kolam labuh pelabuhan Belawan.
3. Aspek yang dipertimbangkan adalah aspek durasi dan biaya.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan masalah dan mempermudah pembaca dalam memahami isi Tugas Akhir ini, maka sistematika penulisan akan dibuat sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat dan batasan masalah yang megarahkan penulisan kepada tujuan, serta sistematika penulisan yang menjelaskan garis besar isi dari Tugas Akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Berisi tentang penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya serta dasar teori yang berhubungan dengan topik Tugas Akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang tahapan pengerjaan Tugas Akhir ini yang dimulai dari studi literatur, pengumpulan data serta analisis yang dilakukan.

BAB IV DATA DAN PERHITUNGAN

Berisi tentang data serta perhitungan yang dilakukan.

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang analisa dan pembahasan berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan pada bab sebelumnya.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan dari hasil analisa dan pembahasan pada bab sebelumnya dan saran yang diberikan oleh penulis.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian tentang analisis metode pengerukan telah dilakukan oleh berbagai pihak peneliti. Fauziansyah (2019) telah melakukan analisis metode pengerukan di Pelabuhan Tanjung Priok Jakarta yang mengalami pendangkalan akibat sedimentasi, guna meningkatkan pelayanan kepelabuhanannya. Firdaus, Saputro dan Satriadi (2013) juga telah melakukan studi alur pelayaran pada Pelabuhan Tanjung Emas Semarang guna memperlancar arus pelayaran pada Pelabuhan Tanjung Emas. Penelitian ini dilakukan dengan membuat perhitungan durasi dan biaya yang dikeluarkan dalam beberapa metode pengerukan, sehingga diperoleh metode yang paling efektif dan dapat diterapkan pada pelabuhan masing-masing. Penelitian tentang *Trailing Suction Dredge*r juga telah dilakukan oleh Fadhli, Santoso dan Amiadji (2013) sebagai metode pengerukan di pelabuhan.

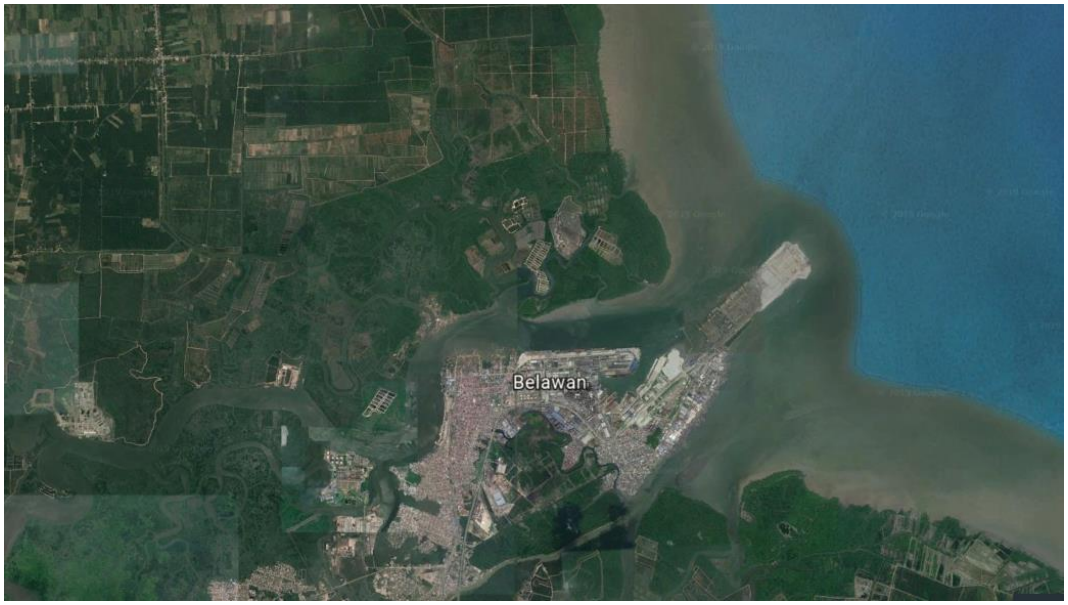
2.2. Dasar Teori

2.2.1. Pelabuhan

Menurut Tri Mulyono (2016), pelabuhan adalah sebuah fasilitas di ujung samudera, sungai, atau danau untuk menerima kapal dan memindahkan barang kargo maupun penumpang ke dalamnya. Sedangkan menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2009 Tentang Kepelabuhanan, pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra-dan antarmoda transportasi.

2.2.2. Pelabuhan Belawan PT. Pelindo I

Pelabuhan Belawan adalah pelabuhan umum yang terletak di Pantai Timur Laut Sumatera Utara yang merupakan salah satu pelabuhan yang diusahakan di bawah manajemen PT. Pelabuhan Indonesia I (Persero). Pelabuhan Belawan merupakan pelabuhan terbesar di Sumatera Utara dan pelabuhan terbesar ketiga di Indonesia setelah pelabuhan Tanjung Priok dan pelabuhan Tanjung Perak. Pelabuhan Belawan berada di daratan semenanjung diantara sungai Belawan dan sungai Deli.



Gambar 2.1 Pelabuhan Belawan, Medan

(Sumber: Google Earth, 2019)

2.2.3. Kolam Pelabuhan

Kolam pelabuhan adalah kolam yang direncanakan untuk menjamin daerah perairan pelabuhan yang tenang dengan lebar dan kedalaman yang cukup sehingga kapal dapat melakukan berbagai kegiatan dengan mudah dan aman, seperti manuver, bertambat, membongkar hasil tangkapan ikan dan mengisi perbekalan (Triatmodjo 2009).

2.2.4. Sedimentasi

Sedimentasi adalah peristiwa pengendapan material batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin. Pada saat pengikisan terjadi, air membawa

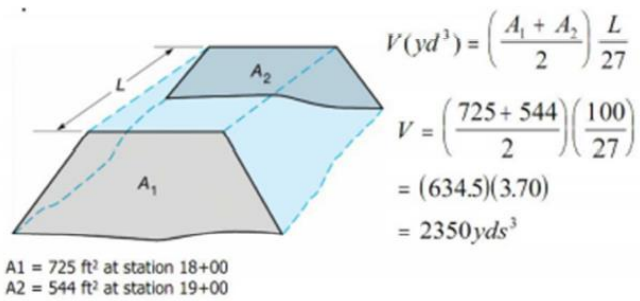
batuan mengalir ke sungai, danau dan akhirnya sampai di laut. Pada saat kekuatan pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan di daerah aliran air (Anwas 1994). Sedangkan menurut Ponce (1989), sedimen adalah produk disintegrasi dan dekomposisi batuan. Disintegrasi mencakup seluruh proses dimana batuan yang rusak/pecah menjadi butiran-butiran kecil tanpa perubahan substansi kimiawi.

2.2.4.1. *Overlay* Peta Kontur

Untuk mengetahui volume sedimen yang akan dikeruk, maka perlu dilakukan *overlay* peta kontur. *Overlay* dilakukan dengan menyatukan peta kontur terbaru dengan peta kontur sebelumnya untuk mengetahui besarnya volume *cut* atau *fill* serta lokasi terjadinya sedimentasi (Wahyuni, Armono, dan Sujantoko 2013).

2.2.4.2. Metode Cross Section

Menurut Rauf (1998), *Cross Section* merupakan suatu metode untuk menentukan volume galian atau timbunan tanah pada suatu tempat. Juga dapat digunakan untuk menghitung material yang sifatnya padat. Prinsip hitungan volume adalah satu luasan dikalikan satu wakil tinggi. Apabila ada beberapa luasan atau beberapa tinggi maka dibuat wakilnya, misalnya dengan merata-ratakan luasan ataupun merataratakan tingginya.



Gambar 2.2 Metode *Cross Section*

(Sumber: Rauf, 1998)

Metode section menghitung volume berdasarkan luas penampang rata-rata pada elevasi tertentu dikalikan dengan interval sectionnya. Hasil akhir adalah jumlah hitungan volume di setiap *section.*

2.2.5. Pengerukan

Definisi sederhana dari pengerukan adalah penggalian tanah dan batu pada daerah perairan atau bawah air (Bray dan Cohen 2010). Proses ini terdiri dari penggalian, transpor vertikal, transpor horizontal dan pembuangan atau penggunaan material keruk. Sedangkan menurut Kramadibrata (2002), pengerukan adalah suatu proses pelaksanaan penggalian dan penimbunan tanah baik di dalam air atau di darat.

2.2.5.1. Tujuan Pengerukan

Menurut Bray dan Cohen (2010), pengerukan bertujuan untuk:

- Pelayaran: Untuk membuat atau memperpanjang alur pelayaran dan sarana pelabuhan untuk pelayaran
- Konstruksi dan Reklamasi: Untuk mendapatkan material baru seperti pasir, kerikil dan tanah liat, atau sebagai bahan dasar reklamasi untuk pembangunan sarana baru seperti daerah industri, pariwisata, dan lain-lain.
- Peremajaan Pantai: Untuk menyediakan bahan pengisi untuk perlindungan dan pengisian kembali pantai.
- Kontrol Banjir: Untuk meningkatkan atau mempertahankan kemampuan debit atau aliran sungai dengan mempertahankan atau meningkatkan penampang melintang atau dengan penataan kembali aliran air atau pembangunan struktur kontrol seperti bendungan dan tanggul.
- Pertambangan: Untuk memperoleh bahan-bahan tambang seperti mineral dan lainnya.

2.2.5.2. Tipe-Tipe Pengerukan

Menurut Kramadibrata (2002), secara garis besar pengerukan dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

- Pengerukan Awal (*Capital Dredging*)

Pengerukan dilakukan pada saat pembangunan pelabuhan (*capital dredging*) yaitu pada saat pembuatan kolam pelabuhan, peralatan dasar (alas) suatu pemecah gelombang dan lain sebagainya. Pekerjaan ini meliputi pula pembuatan alur-alur pelayaran dan kanal.

- Pengerukan Perawatan (*Maintenance Dredging*)

Pengerukan digunakan pula untuk memelihara kedalaman suatu kolam atau alur pelayaran (*maintenance dredging*) yang dikarenakan karena adanya proses sedimentasi.

2.2.5.3. Proses Pengerukan

Menurut Lutfie (2014), proses pengerukan terdiri dari 3 tahap yaitu:

- Memisahkan dan mengambil material dari dasar laut dengan menggunakan pengikisan (*erosion*), memancarkan air tekanan tinggi (*jetting*), memotong (*cutting*), memecah (*breaking*) dan mengambil dengan menggunakan *bucket* (*grabbing*).
- Mengangkut material dengan menggunakan tongkang (*barge*), tongkang atau kapal yang didesain secara khusus memiliki wadah penumpang (*hoppers*), pipa terapung (*floating pipeline*), *conveyor belt*, dan lain-lain.
- Peletakan material sedimen dapat dilakukan di darat dan di laut. Pembuangan material tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan *excavator*, pembuangan pipa (*pipeline discharge*), alat angkat seperti crane dan membuka pintu di bawah pada beberapa kapal atau tongkang yang didesain secara khusus (hopper barges).

Sedangkan menurut Bray dan Cohen (2010), umumnya proses pengerukan terdiri dalam 4 tahapan yakni:

- Penggalian (*Excavation*)
- Transpor Vertikal (*Vertical Transport*)
- Transpor Horizontal (*Horizontal Transport*)
- Pembuangan material keruk

2.2.6. Material Keruk

Menurut Bray dan Cohen (2010), lihat juga pada Laporan Komisi Internasional untuk Klasifikasi Tanah dan Batuan yang Akan Dikeruk (Belgia, PIANC 2017), jenis material yang akan dikeruk sangat bervariasi. Kategori utama yang umumnya dikaitkan dengan pengerukan adalah tanah gambut dan organik (*peat and organic soils*), bebatuan (*cobbles*), tanah liat (*clay*), batu besar (*boulders*), lumpur (*silts*), batu pecah (*broken rocks*), pasir (*sands*), batu dan kerikil (*rock and gravel*), dan karang (*corals*).

Sedangkan menurut *American Society for Testing and Materials* (ASTM) dalam ASTM D 2487-06 tentang Acuan Dasar tentang Klasifikasi Tanah untuk Tujuan Keteknikan (USA, ASTM 2006), jenis material berdasarkan klasifikasi tanahnya adalah sebagai berikut:

- Batu besar (*boulders*)
  Ukuran partikel > 300 mm
- Batu (*cobbles*)
  Ukuran partikel 75-300 mm
- Kerikil (*gravels*)
  Kasar : Ukuran partikel 19-75 mm
  Halus : Ukuran partikel 5-19 mm
- Pasir (*sands*)
  Kasar : Ukuran partikel 2-5 mm
  Medium : Ukuran partikel 0,425-2 mm
  Halus : Ukuran partikel 0,075 -0,425 mm
- Lumpur dan tanah liat (*silts and clays*)
  Ukuran partikel < 0,075 mm

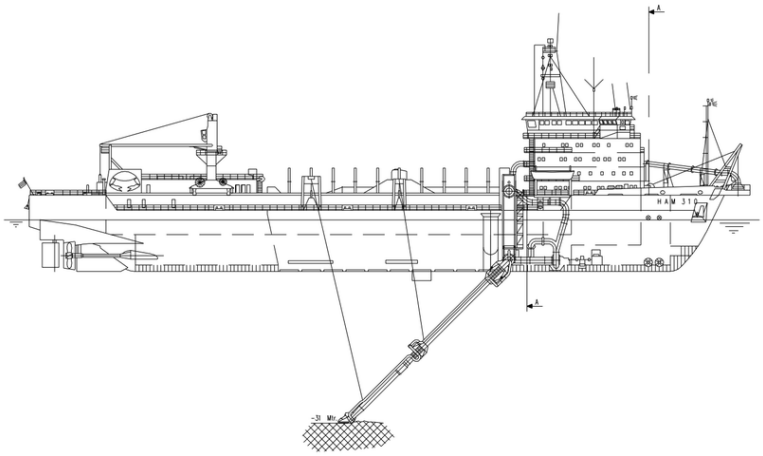
2.2.7. Metode Keruk

Menurut Pullar dan Struart (2009), dan Vlasblom (2003) lihat juga dalam Adlin (2017), secara umum pemilihan peralatan pengerukan ditentukan oleh kontraktor yang ditunjuk berdasarkan ketersediaan peralatan saat perencanaan dan keuangan. Berikut ini adalah daftar peralatan yang dapat digunakan dalam pengerjaan pengerukan:

- *Trailing Suction Hopper Dredger* (TSHD)
- *Suction Dredger* (SD)/*Sandpump*
- *Cutter Suction Dredger* (CSD)
- *Grab Dredger* (GD)/*Clamshell*
- *Backhoe Dredger* (BHD)
- *Bucket Ladder Dredger* (BLD)

2.2.7.1. *Trailing Suction Hopper Dredger*

Trailing Suction Hopper Dredger adalah metode yang paling popular dan produktif saat ini. Kapal keruk ini adalah kapal yang memiliki peralatan khusus yang digunakan untuk proses pengerukan. *Pada trailing suction hopper dredger* ini, hasil dari penggalian tersebut akan dihisap oleh pompa dan didistribusikan ke daratan ataupun bak ponton. Karakteristik dari trailing suction dredger ship ini adalah sebuah kapal laut yang mempunyai sistem penggerak sendiri.

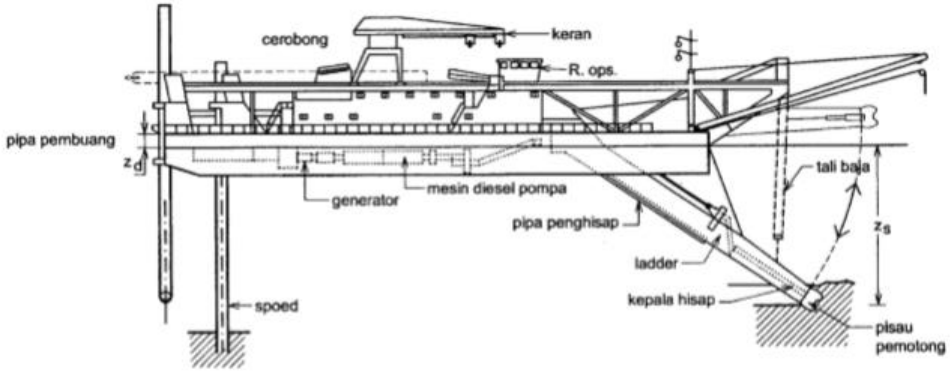


Gambar 2.3 *Trailing Suction Hopper Dredger*

(Sumber: Fadhli, Agoes, Amiadji, 2013)

2.2.7.2. *Suction Dredger*/*Sand Pump*

Suction Dredger atau kapal keruk hisap merupakan kapal keruk yang cocok untuk menghisap bahan yang relatif longgar dan menyimpannya langsung ke tongkang atau dipompa langsung ke pantai.



Gambar 2.4 *Suction Dredger*

(Sumber: Kramadibrata, 2002)

2.2.7.3. *Cutter Suction Dredger*

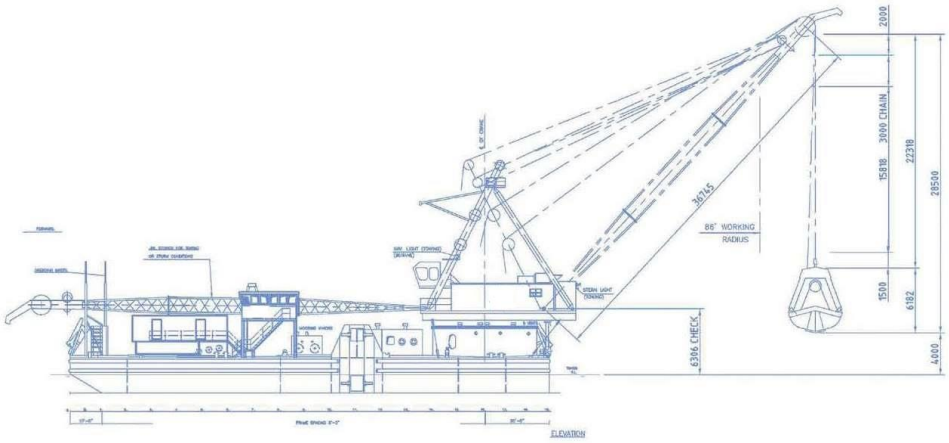
Cutter Suction Dredger ini adalah sebuah kapal laut yang mempunyai sistem penggerak sendiri yang dilengkapi dengan peralatan untuk melakukan proses pengerukan. *Cutter Suction Dredger* dilengkapi dengan satu pipa hisap dengan mulut hisap (*dragheads*) yang didorong oleh kapal pada saat pengerukan, pompa hisap untuk menyedot tanah yang melewati *dragheads*, *ladder winch* atau alat angkat untuk mengangkat pipa hisap di dek kapal, sistem pengerak sendiri di sisi kanan dan kiri kapal, dan area aplikasi yang luas karena bergerak bebas. Material yang bisa dihisap adalah lumpur, pasir dan kerikil. Pada prinsipnya, dilengkapi dengan *Cutter* atau alat penghancur di ujung pipa hisap sehingga dapat mengeruk tanah galian yang agak keras. Material yang dikeruk biasanya dihisap oleh pompa pengisap sentrifugal dan dikeluarkan melalui pipa atau ke tongkang.

Gambar 2.5 *Cutter Suction Dredger*

(Sumber: Prasetyo, Agoes, Musriyadi, 2014)

2.2.7.4. *Grab Dredger/Clamshell*

Grab Dredger biasanya terdiri dari *clamshell grab* yang tersambung ke *crane* dengan kawat baja. *Crane* ini dinaikkan di atas ponton atau kapal. Bahan hasil kerukan akan diangkat dan diletekkan di dalam tongkang yang tertambat disampingnya.

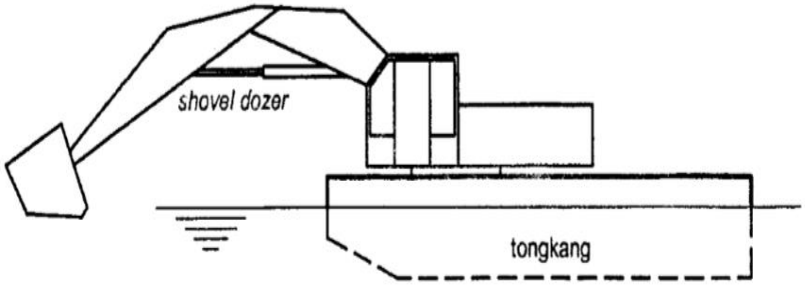


Gambar 2.6 *Grab Dredger*

(Sumber: VL Maritime, 2019)

2.2.7.5. *Backhoe Dredger*

Backhoe Dredger merupakan salah satu alat dredging berbentuk timba dengan penggali hidrolis tunggal yang terletak di ujung lengan yang berbeda (depan atau belakang). Istilah *backhoe* bukanlah menunjukkan bahwa lokasinya terletak di belakang, akan tetapi ditinjau dari cara pengerukan yang dilakukan membelakangi material keruk. *Backhoe Dredger* sangat cocok digunakan untuk wilayah perairan yang dangkal. Selain itu, kapal keruk jenis ini cocok jika dioperasikan untuk wilayah yang memiliki karakteristik material keruk yang berpasir, berbatu, atau campuran antara keduanya. Cara kerja Backhoe Dredger adalah sama seperti fungsi excavator pada umumnya.



Gambar 2.7 *Backhoe Dredger*

(Sumber: Kramadibrata, 2002)

Menurut Rochmanhadi (1992), analisa produktivitas *Backhoe Dredger* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$Q = Kb\ x\ Fk\ xFF\ x\ FK\ x\ \frac{3600}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}$$

dimana:

Q = Produktivitas

Kb = Kapasitas Bucket (m^3)

Fk = *Swell Factor*

FF = *Fill Factor*

FK = Faktor koreksi

t_1 = Waktu pengisian bucket (detik)

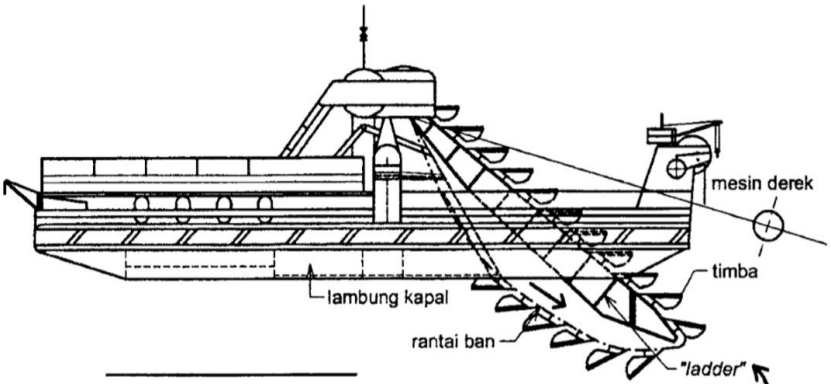
t_2 = Waktu pengangkatan dan ayunan bucket (detik)

t_3 = Waktu pembuangan (detik)

t_4 = Waktu ayunan kembali (detik)

2.2.7.6. *Bucket Ladder Dredger*

Bucket Ladder Dredger merupakan kapal keruk dengan sistem kerja berupa rantai ember yang mengeruk dasar laut secara terus menerus kemudian menuangkannya ke tongkang yang tertambat pada kapal. Kapal ini bergerak sistematis di atas area pengerukan dengan menggunakan sistem mooring lines dan derek.



Gambar 2.8 ***Bucket Ladder Dredger***

(Sumber: Kramadibrata, 2002)

2.2.8. Pertimbangan Umum

Pertimbangan ini bertujuan untuk menentukan metode pengerukan yang akan digunakan dalam suatu pekerjaan proyek pengerukan. Adapun pertimbangan tersebut meliputi:

- Kondisi Area Keruk

Kondisi area keruk sangat mempengaruhi jenis kapal yang akan digunakan. Hal ini dapat dipengaruhi oleh luas area daerah keruk, kedalaman pengerukan, kondisi pelabuhan, akses masuk dan lain-lain.

- Jenis Sedimen Dasar

Jenis sedimen dasar dapat mempengaruhi pula terhadap pemilihan alat keruk yang sesuai dengan material yang akan dikeruk. Hal ini terjadi karena tidak semua kapal keruk dapat digunakan untuk segala jenis material keruk.

- Produktivitas Alat Keruk

Tingkat produktivitas alat keruk sangat berpengaruh pada durasi pengerjaan yang dibutuhkan dalam proses pengerukan. Hal ini nantinya juga akan berpengaruh pada biaya yang dikeluarkan.

- Biaya

Pertimbangan yang paling penting dalam pengerjaan pengerukan adalah biaya yang dikeluarkan. Biaya-biaya yang dapat dikeluarkan meliputi mobilisasi alat, biaya keruk per kubik, biaya sewa alat, gaji pekerja dan lain-lain.

2.2.9. Perhitungan Head Pompa

Menurut Fadhli, Santoso, Amiadji (2013) Head adalah energi mekanik yang terkandung dalam satu satuan berat zat cair yang mengalir. Secara umum head dirumuskan sebagai berikut:

$$H = \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + Z$$

(Sumber; Fadhli, Santoso, Amiadji, 2013)

dimana:

P = Tekanan zat cair (kgf/m)

V = Rata-rata kecepatan aliran zat cair (m/s)

γ = Berat zat cair persatuan volume (kgf/m^3)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

Z = Ketinggian (m)

2.2.9.1. Head *Statis*

Head *statis* adalah head karena adanya perbedaan ketinggian antar muka air pada sisi hisap dan sisi keluar (Fadhli, Santoso, Amiadji, 2013). Dirumuskan sebagai berikut:

$$Hs = Z_2 - Z_1$$

(Sumber: Fadhli, Santoso, Amiadji, 2013)

dimana:

Z_1 = tinggi permukaan cairan pada posisi masuk (m)

Z_2 = tinggi permukaan cairan pada posisi keluar (m)

2.2.9.2. Head *Pressure*

Head *Pressure* adalah head yang diperlukan untuk mengatasi suatu tekanan di dalam aliran fluida dari sistem pada suatu pompa (Fadhli, Santoso, Amiadji, 2013). Dirumuskan sebagai berikut:

$$Hp = \frac{P_2 - P_1}{\rho g}$$

(Sumber: Fadhli, Santoso, Amiadji, 2013)

dimana:

$P_2 - P_1$ = beda tekanan pada kedua permukaan sisi masuk dan keluar (kg/ms^2)

ρ = berat jenis cairan (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

2.2.9.3. Head *Velocity*

Head *velocity* adalah head karena adanya perbedaan kecepatan pada sisi keluar dan masuk. Dirumuskan sebagai berikut:

$$Hv = \frac{{V_2}^2 - {V_1}^2}{2g}$$

(Sumber: Fadhli, Santoso, Amiadji, 2013)

dimana:

V_1 = kecepatan rata-rata pada posisi masuk (m/s)

V_2 = kecepatan rata-rata pada posisi keluar (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

2.2.9.4. Viskositas *Slurry*

Viskositas merupakan pengukuran dari ketahanan fluida yang diubah baik dengan tekanan maupun tegangan yang menjelaskan ketahanan internal fluida untuk mengalir dan mungkin dapat diartikan sebagai pengukuran dari pergeseran fluida. *Slurry* yang merupakan campuran antara partikel solid dan air juga memiliki viskositas karena termasuk fluida. Menurut Burgess dkk (2002) terlebih dahulu dicari *specific gravity* dari *slurry* itu sendiri dengan persamaan berikut:

$$Sm = \frac{Sw}{1 - Cw(1 - \frac{Sw}{S})}$$

(Sumber: Burgess dkk, 2002)

dimana:

Sw = *Specific gravity* air

S = *Specific gravity* solid

Cw = konsentrasi air dalam fluida (%)

Setelah diketahui *specific gravity* dari *slurry*, selanjutnya akan dicari konsentrasi solid berdasarkan volume dengan persamaan berikut ini:

$$Cv = \frac{Sm - Sw}{S - Sw}$$

(Sumber: Burgess dkk, 2002)

dimana:

Sm = *Specific gravity slurry*

Sw = *Specific gravity* air

S = *Specific gravity* solid

Selanjutnya dicari massa jenis dari slurry itu sendiri dengan persamaan berikut:

$$\rho m = Sm\ x\ \rho w$$

(Sumber: Burgess dkk, 2002)

dimana:

Sm = *Specific gravity slurry*

ρw = massa jenis air (kg/m^3)

Kemudian akan dicari viskositas dinamis *slurry* dengan persamaan sebagai berikut:

$$\mu m = \mu w(1 + 2{,}5Cv + 10{,}05Cv^2 + 0{,}00273e^{16{,}6Cv}$$

(Sumber: Nayyar, 2000)

dimana:

μw = viskositas dinamis air

Cv = konsentrasi solid berdasarkan volume (%)

Selanjutnya akan dicari viskositas kinematis *slurry* dengan persamaan sebagai berikut:

$$vm = \frac{\mu m}{\rho m}$$

(Sumber: Nayyar, 2000)

dimana:

μm = viskositas dinamis *slurry*

ρm = massa jenis *slurry* (kg/m^3)

2.2.9.5. *Reynold Number*

Reynold Number adalah angka tanpa dimensi yang didefinisikan sebagai rasio kekuatan dinamis dari aliran massa terhadap tegangan geser karena viskositas. Reynold Number dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$Re = \frac{DV\rho}{\mu m}$$

(Sumber: Nayyar, 2000)

dimana:

D = diameter pipa (m)

V = kecepatan aliran fluida (m/s)

ρ = kerapatan massa (kg/m^3)

µm = viskositas dinamis fluida (Ns/m^2)

Adapun jenis-jenis aliran berdasarkan bilangan *Reynold* adalah sebagai berikut:

- Aliran Laminer (Re < 2000)

  Aliran teratur, dimana fluida bergerak sepanjang lintasan lurus sejajar.
- Aliran Turbulen (Re > 4000)

  Aliran tidak teratur, dan mengakibatkan pertukaran momentum dari fluida ke fluida lain.
- Aliran Transisi (Re = 2000 - 4000)

  Aliran yang dapat bersifat laminer dan turbulen tergantung pada kondisi pipa.

2.2.9.6. Head *Mayor Losses*

Head *Mayor Losses* adalah kerugian yang disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh aliran fluida (Sagala, 2008). *Mayor losses* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$H_{Lmayor} = fx\left(\frac{L}{Di}\right)x\left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

(Sumber: Sagala, 2008)

dimana:

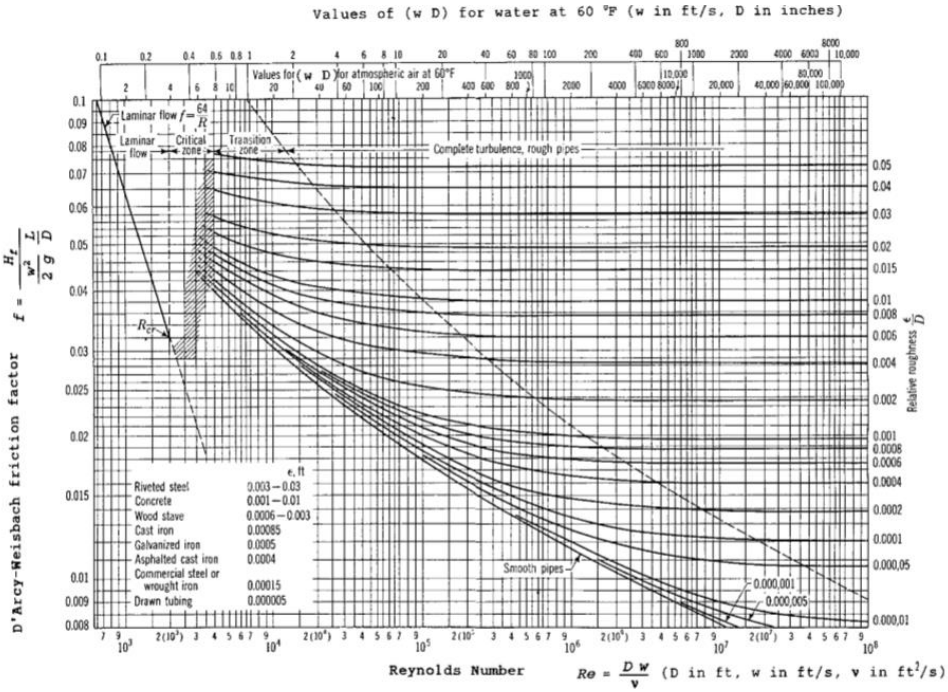
f = *friction factor*

L = panjang pipa (m)

Di = diameter dalam pipa (m)

V = kecepatan fluida (m/s)

Nilai *friction factor* dapat dicari dengan menggunakan Diagram *Moody*. Terlebih dahulu harus dicari nilai Re dan ε/D (kekerasan relatif pipa) yang sudah diketahui. Kemudian menarik garis horizontal dari perpotongan keduanya sehingga didapatkan nilai *friction factor (f).*



Gambar 2.9 Diagram *Moody*

(Sumber: Narray, 2000)

2.2.9.7. Head *Minor Losses*

Head *Minor Losses* adalah kerugian yang disebabkan oleh kelengkapan pipa seperti belokan, siku, sambungan, katup dan sebagainya (Sagala, 2008). *Minor losses* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$H_{Lminor} = \sum n \frac{kV^2}{2g}$$

(Sumber: Sagala, 2008)

dimana:

n = jumlah variasi

k = koefisien gesekan

V = kecepatan fluida (m/s)

2.2.9.8. Head Loss Total

Head *Loss Total* merupakan besarnya head yang dibutuhkan untuk mengatasi kerugian yang disebabkan oleh mayor losses dan minor losses. Head *loss total* dapat dihitung dengan mengunakan persamaan sebagai berikut:

$$H_L = H_{Lmayor} + H_{Lminor}$$

(Sumber: Sagala, 2008)

dimana:

H_{Lmayor} = Head *loss mayor* (m)

H_{Lminor} = Head *loss minor* (m)

2.2.9.9. Head Total

Head *Total* adalah gabungan antara head *statis*, head *pressure*, Head *velocity* dan head *total losses*. Head *total* dihitung dengan persamaan berikut:

$$H_T = Hs + Hp + Hv + H_L$$

(Sumber: Fadhli, Santoso, Amiadji, 2013)

dimana:

Hs = Head *statis* (m)

Hp = Head *pressure* (m)

Hv = Head *velocity* (m)

H_L = Head *total loss* (m)

2.2.10. Perhitungan Durasi Pengerjaan

2.2.10.1. Durasi Pengisian

Untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengisian *barge* hingga penuh, maka perlu dilakukan perhitungan dengan cara membagi volume *barge* dengan kapasitas pompa.

$$T_{keruk} = \frac{Volume\ Barge}{Produktivitas\ Alat\ Keruk}$$

2.2.10.2. Durasi Pembuangan

Perhitungan waktu pembuangan dilakukan dengan cara membagi jarak pembuangan dengan kecepatan dinas *Tug Boat*. Karena proses pembuangan dan

proses kembali ke lokasi pengerukan memiliki jarak yang sama, maka total waktu yang dibutuhkan adalah 2 kali jarak pembuangan dibagi dengan kecepatan dinas.

$$T_{buang} = 2\ x\ \frac{Jarak\ Pembuangan}{Vs\ Tug\ Boat}$$

2.2.10.3. Durasi Total Kerja

Untuk melakukan perhitungan durasi total kerja perlu dipertimbangkan beberapa aspek penting seperti waktu yang dibutuhkan untuk pengisian barge, waktu yang dibutuhkan untuk pembuangan, jam kerja efektif per harinya, dan juga hari kerja efektif per bulannya. Untuk jam kerja efektif per hari ditetapkan selama 8 jam/hari, dan untuk hari efektif perbulan ditetapkan selama 25 hari/bulan dengan mempertimbangkan libur dan kondisi lingkungan.

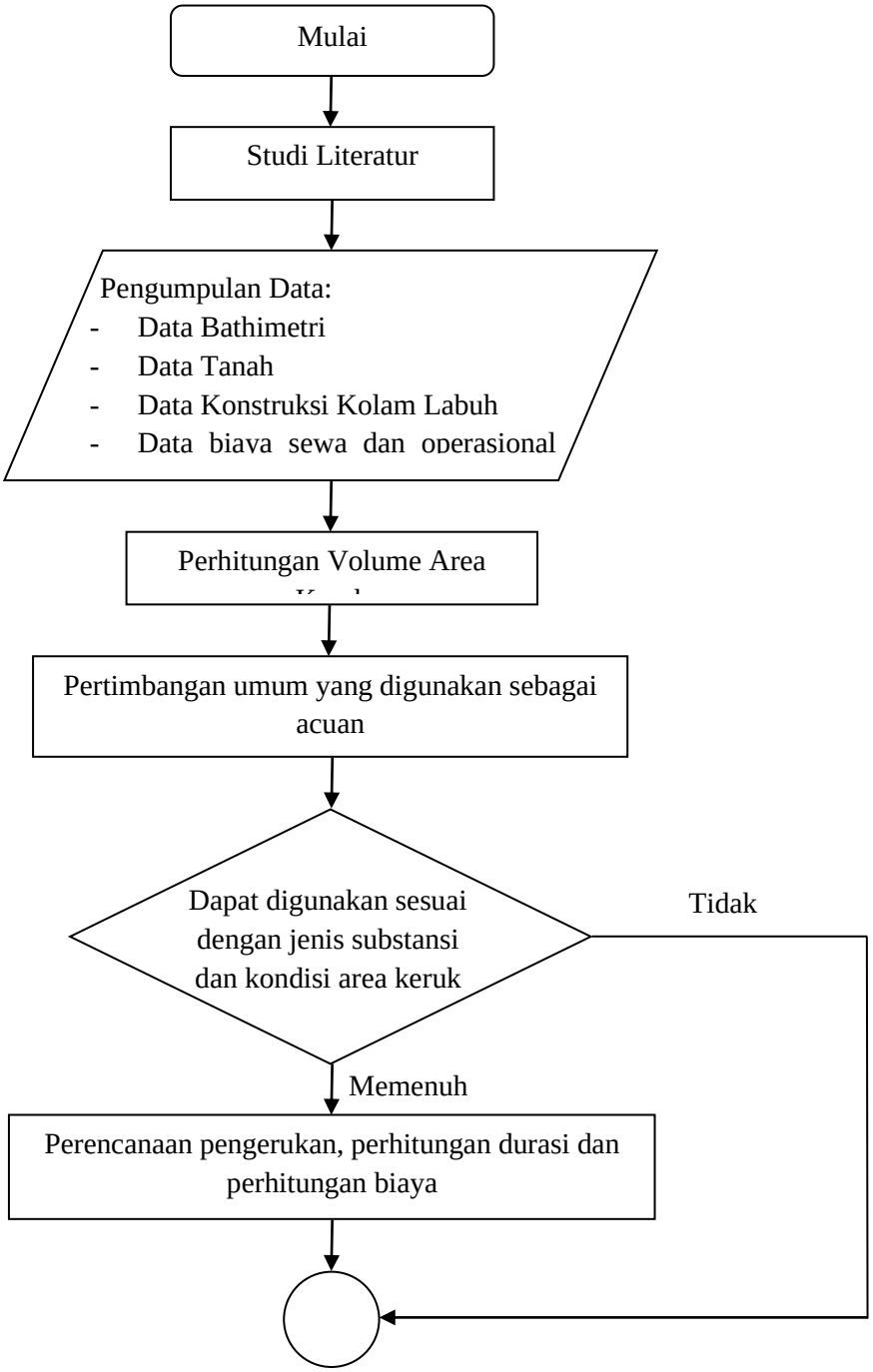
2.2.11. Perhitungan Biaya

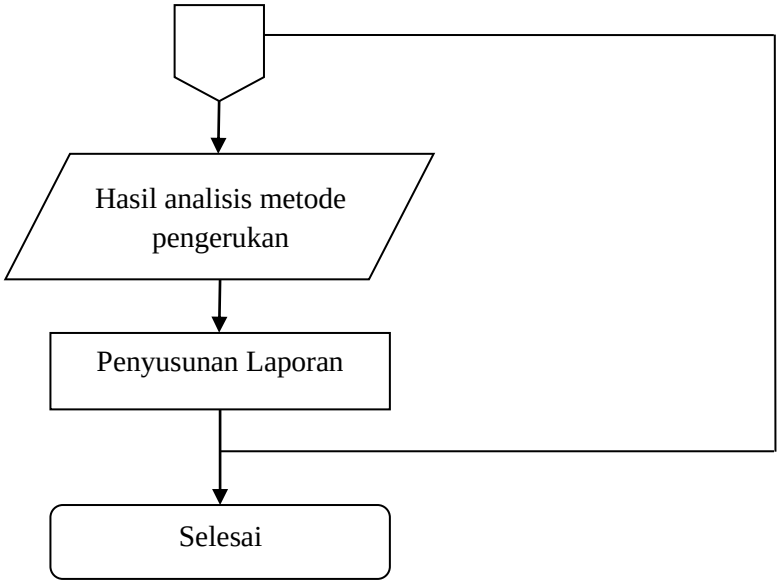
Perhitungan biaya diperlukan untuk memperoleh metode pengerukan yang paling efektif dan efisien pada pekerjaan pengerukan kali ini. Perhitungan biaya ini didasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No.78 Tahun 2014 tentang Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan dan beberapa referensi yang diperoleh penulis.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Pada Tugas Akhir ini diperlukan diagram alir pengerjaan untuk mempermudah tahapan pengerjaan dan memudahkan pembaca dalam memahami isi Tugas Akhir ini. Secara garis besar, pengerjaan Tugas Akhir ini dapat dijelaskan dalam diagram alir sebagai berikut:





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Prosedur Penelitian

Diagram alir pada Gambar 3.1 menunjukkan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini. Adapun uraian diagram alir dijelaskan seperti di bawah ini:

1. Studi Literatur

   Dalam tahapan ini, penulis mengumpulkan dan melakukan studi literatur dan buku ilmiah untuk memahami lebih dalam mengenai analisa metode pengerukan yang akan dilakukan pada Tugas Akhir ini.

2. Pengumpulan Data

   Dalam tahapan ini, penulis menggunakan data sekunder yang diperoleh dari hasil pengukuran serta penelitian pihak terkait. Data-data yang digunakan antara lain:

   - Data Bathimetri
   - Data Tanah
   - Data Konstruksi Kolam Labuh
   - Data biaya sewa dan operasional alat keruk

3. Perhitungan Volume Area Keruk

   Dalam tahapan ini, penulis melakukan perhitungan volume area keruk berdasarkan peta bathimetri yang sudah diperoleh dengan menggunakan metode *cross section area.*

4. Pemilihan Pertimbangan Umum

   Dalam tahapan ini, penulis menentukan beberapa pertimbangan yang digunakan dalam analisa metode pengerukan ini.

5. Pemilihan Metode Pengerukan

   Dalam tahapan ini, penulis melakukan pemilihan terhadap metode yang dapat digunakan sesuai dengan pertimbangan yang sudah diberikan.

6. Perhitungan Durasi dan Perhitungan Biaya

   Dalam tahapan ini, penulis melakukan perhitungan durasi dan biaya yang dikeluarkan.

7. Hasil Analisis

   Dalam tahapan ini, penulis akan menentukan alternatif pilihan metode pengerukan berdasarkan perhitungan durasi dan biaya.

8. Penyusunan Laporan

   Dalam tahapan ini, penulis melakukan penyusunan laporan hasil penelitian yang sudah dilakukan.

3.3. Perkiraan Waktu Penelitian

Berikut adalah waktu perkiraan pengerjaan Tugas Akhir ini:

Tabel 3.1 *Timeline* Pengerjaan Tugas Akhir

No.	Kegiatan	Minggu Mulai	Minggu Selesai	Minggu															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Studi literatur dan pengumpulan data	1	6																
2	Perhitungan volume area keruk	5	5																
3	Pertimbangan umum metode pengerukan	6	9																
4	Perhitungan durasi dan biaya	10	13																
5	Analisa dan Pembahasan	14	15																
6	Pembuatan Laporan	14	16																

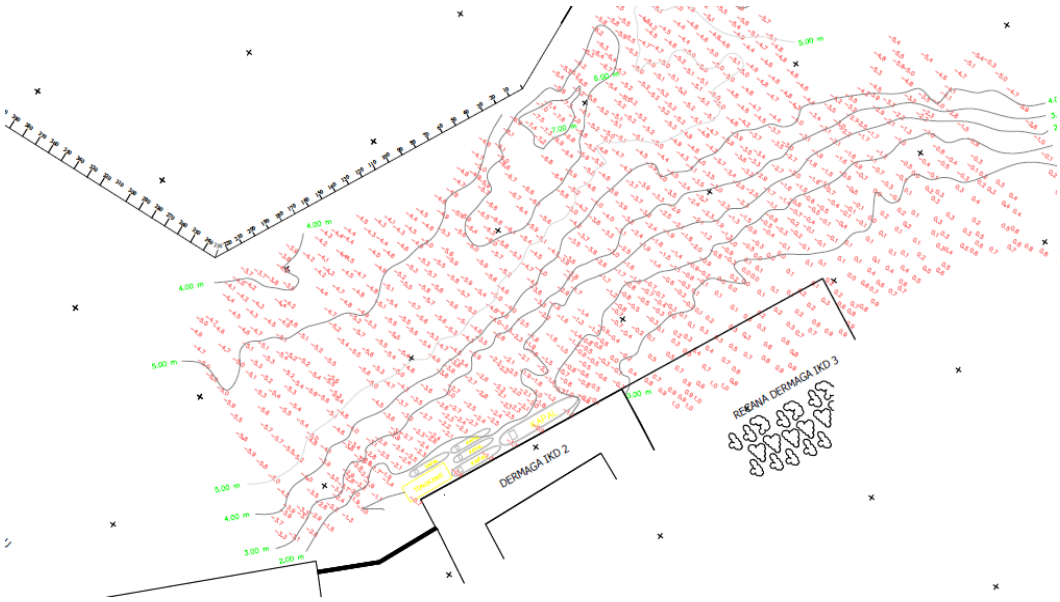
(*Halaman ini sengaja dikosongkan)*

BAB IV
DATA DAN PERHITUNGAN

4.1. Perhitungan Volume Sedimen

4.1.1. Data Bathimetri

Data bathimetri diperlukan untuk menhitung jumlah volume sedimen yang terdapat di Kolam Pelabuhan Belawan. Berikut adalah layout kolam pelabuhan Belawan yang akan digunakan dalam mencari volume sedimen keruk.

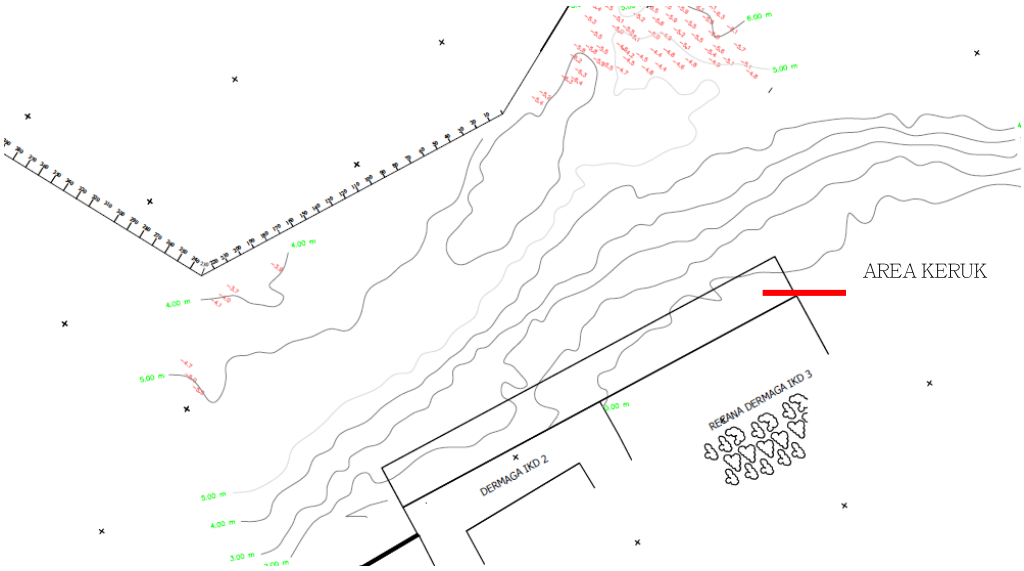


Gambar 4.1 *Layout* Kolam Pelabuhan Belawan

(Sumber: PT. Pelabuhan Indonesia I, 2016)

4.1.2. Penentuan Area Keruk

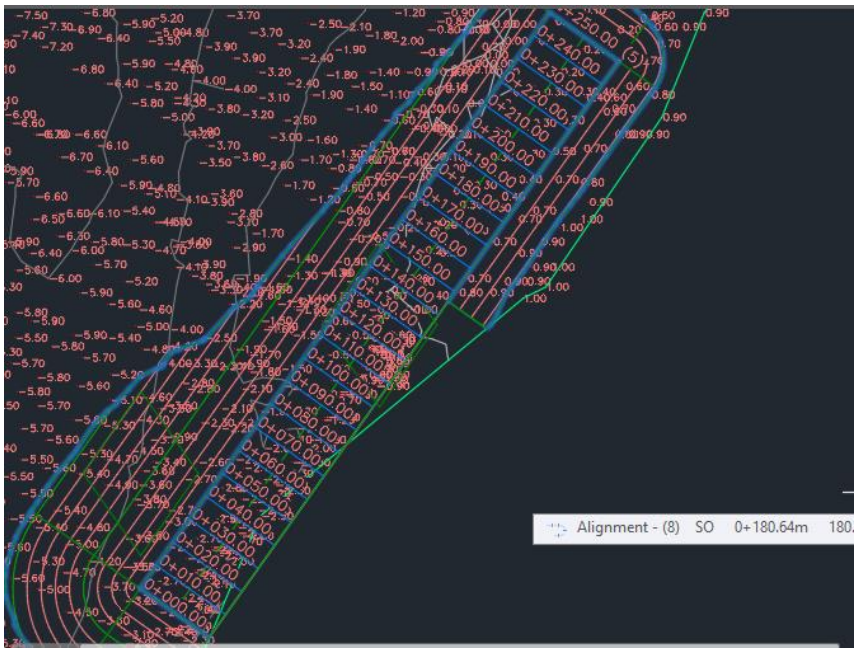
Pelaksanaan pekerjaan pengerukan akan dilaksanakan sepanjang dermaga kolam Belawan yaitu 250 m, dengan lebar pengerjaan sebesar 30 m, dan kedalaman 4 m dari *Low Water Spring (LWS)* atau muka air laut surut terendah. Berikut adalah *layout* area keruk pada kolam pelabuhan Belawan.

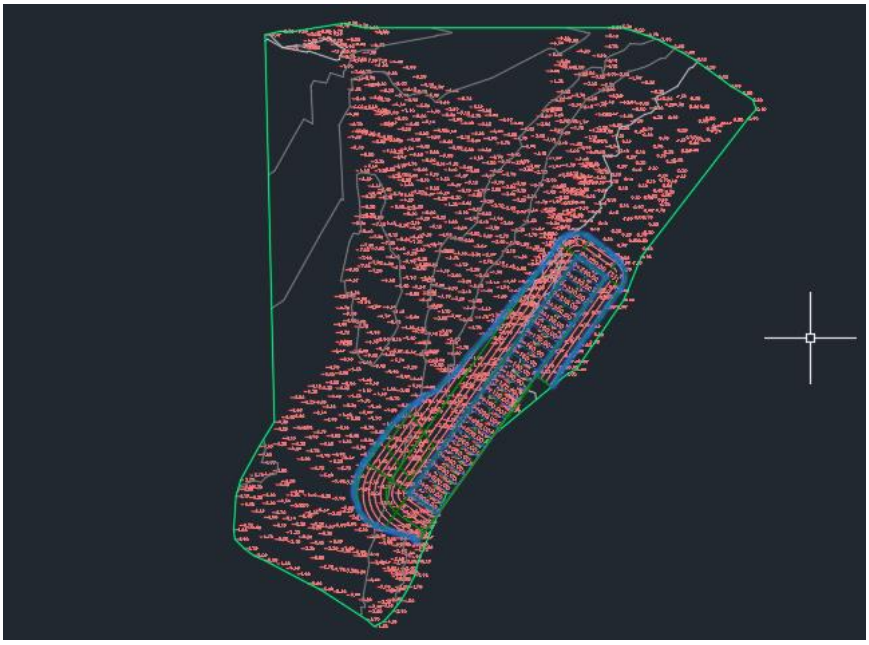


Gambar 4.2 Area Keruk

4.1.3. Pembagian Station

Pada perhitungan volume sedimen area keruk, harus terlebih dahulu dilakukan pembagian *station* terhadap *layout* area keruk. *Station-station* ini nantinya akan menjadi penampang melintang yang menjadi dasar perhitungan sedimen volume area keruk. Pada tugas akhir ini, area keruk akan dibagi menjadi 26 *station* dengan jarak tiap *station* sebesar 10 m.

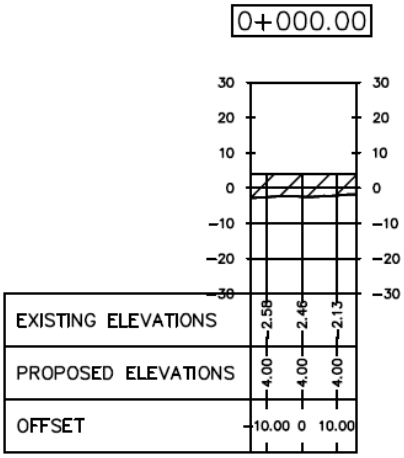




Gambar 4.3 Pembagian *Station* Area Keruk

4.1.4. Perhitungan Volume Sedimen

Dalam tugas akhir ini pembuatan *station* akan dibantu dengan menggunakan *software AutoCAD Civil 3D 2018* dan akan menghasilkan *Cross Section Area*. Kemudian luas masing-masing *Cross Section Area* akan dikalikan dengan jarak antar *station* sehingga diperoleh volume sedimen keruk. Melalui cara ini diperoleh volume area keruk sebesar 33.557,91 m^3. Berikut adalah salah satu *Cross Section Area* dan total volume sedimen.



Gambar 4.4 Contoh *Cross Section Area* pada *Station 0*

Tabel 4.1 Tabel Perhitungan Volume Area Keruk

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	190.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	179.87	0.00	1852.59	0.00	1852.59	0.00
0+020.00	165.13	0.00	1724.98	0.00	3577.57	0.00
0+030.00	154.93	0.00	1600.30	0.00	5177.86	0.00
0+040.00	139.38	0.00	1471.55	0.00	6649.42	0.00
0+050.00	137.46	0.00	1384.18	0.00	8033.60	0.00
0+060.00	148.51	0.00	1429.82	0.00	9463.42	0.00
0+070.00	160.88	0.00	1546.93	0.00	11010.35	0.00
0+080.00	169.50	0.00	1651.91	0.00	12662.26	0.00
0+090.00	161.97	0.00	1657.34	0.00	14319.60	0.00
0+100.00	146.80	0.00	1543.83	0.00	15863.44	0.00
0+110.00	140.95	0.00	1438.76	0.00	17302.19	0.00
0+120.00	134.78	0.00	1378.64	0.00	18680.83	0.00
0+130.00	126.59	0.00	1306.86	0.00	19987.69	0.00
0+140.00	119.35	0.00	1229.72	0.00	21217.41	0.00
0+150.00	112.92	0.00	1161.32	0.00	22378.73	0.00
0+160.00	109.63	0.00	1112.75	0.00	23491.48	0.00
0+170.00	109.38	0.00	1095.06	0.00	24586.53	0.00
0+180.00	109.91	0.00	1096.44	0.00	25682.97	0.00
0+190.00	111.30	0.00	1106.05	0.00	26789.02	0.00
0+200.00	112.02	0.00	1116.58	0.00	27905.60	0.00
0+210.00	112.22	0.00	1121.19	0.00	29026.79	0.00
0+220.00	113.29	0.00	1127.55	0.00	30154.33	0.00
0+230.00	112.92	0.00	1131.02	0.00	31285.35	0.00
0+240.00	113.56	0.00	1132.39	0.00	32417.74	0.00
0+250.00	114.47	0.00	1140.16	0.00	33557.91	0.00

4.2. Penentuan Metode Pengerukan yang Dapat Diterapkan

Untuk menentukan metode pengerukan yang dapat diterapkan pada kolam pelabuhan Belawan, maka terdapat faktor pertimbangan dalam pengerukan ini yaitu data tanah dan kondisi area pengerukan. Keduanya merupakan faktor lingkungan yang sangat menentukan dalam pelaksanaan pengerukan terkait dengan operasional kerja alat keruk.

4.2.1. Data Tanah

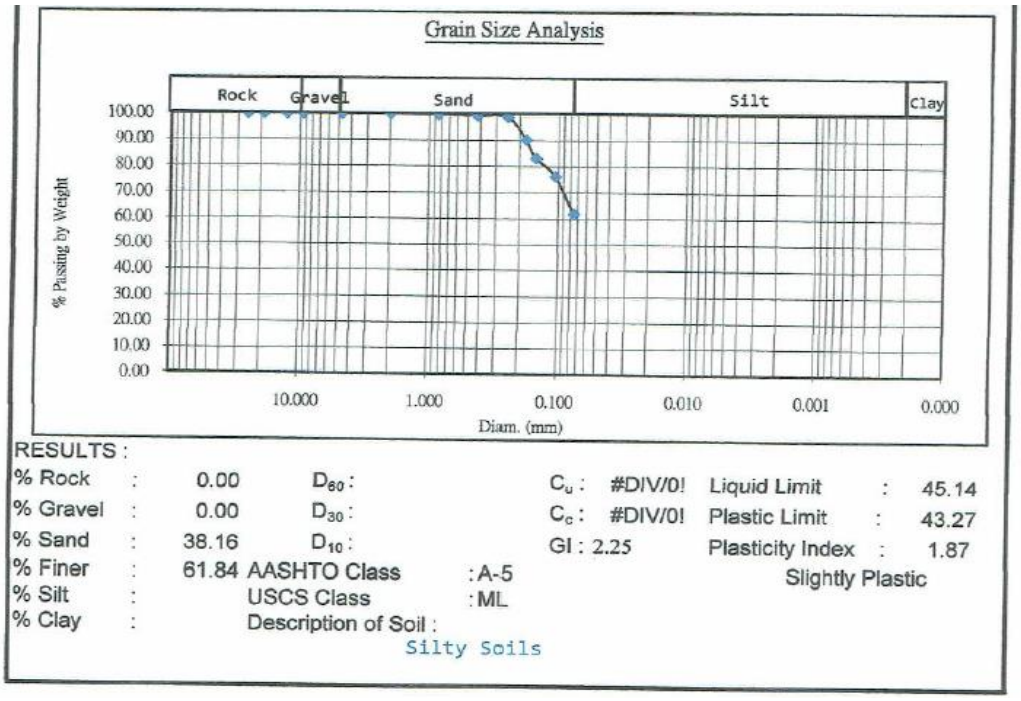
Data tanah yang digunakan pada tugas akhir ini diperoleh dari data terakhir pengujian tanah yang dimiliki oleh PT. Pelabuhan Indonesia I pada area

kolam labuh Pelabuhan Belawan. Pengujian ini dilaksanakan oleh *Geotechnical and Structure Engineering Center Medan*.

No.		1	2
1	Wt. Flask + soil (W2)-gr	77.12	
2	Wt. Flask (W1)-gr	43.75	
3	Wt. Of soil (W2-W1)-gr	33.37	
4	Temperature (T)-°C	30.00	
5	Wt. Flask + water at temp. T (W4)-gr	145.04	
6	W2-W1+W4 - gr	178.41	
7	Wt. Of flask + soil + water at temp. T (W3)-gr	165.63	
8	Vol. Of soil : W2-W1+W4-W3 - cm^3	12.78	
9	Spesific Gravity (Gs)	2.61	
10	Avarage Spesific Gravity (Gs)	2.61	

Gambar 4.5 *Specific Gravity Test* pada Data Tanah

(Sumber: PT. Pelabuhan Indonesia I, Persero)



Gambar 4.6 *Grain Size Analysis* pada Data Tanah

(Sumber: PT. Pelabuhan Indonesia I, Persero)

Dari data tanah tersebut maka diperoleh *Specific Gravity* sebesar 2,61 dan *Water Content* sebesar 43,27%, Selain itu diperoleh juga komposisi sedimen yang terdapat pada kolam Pelabuhan Belawan yakni bebatuan sebesar 0%, kerikil sebesar 0%, pasir sebesar 38,16%, dan lumpur dan tanah liat sebesar 61,84%. Maka jenis sedimen yang terdapat pada area keruk pelabuhan Belawan adalah tanah halus berpasir.

4.2.2. Kondisi Area Pengerukan

Secara umum, lokasi pengerukan yang dilakukan di Pelabuhan Belawan kali ini tidak memiliki masalah yang cukup berarti. Akses menuju lokasi pengerukan sangat mudah untuk dicapai. Hanya saja saat terjadi surut muka air laut terendah, kedalaman yang tersisa sangat minim sekali. Hal ini terlihat dari data bathimetri yang diperoleh dari PT. Pelabuhan Indonesia I. Oleh karena itu, dibutuhkan alat keruk yang dapat bekerja dengan kedalaman yang cukup minim.

4.2.3. Pemilihan Metode Pengerukan Sesuai Data Tanah dan Kondisi Area Keruk

Setelah mengetahui komposisi sedimen area keruk melalui data tanah yang sudah diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah menentukan metode yang dapat digunakan pada pekerjaan pengerukan ini. Analisa dilakukan dengan mengacu pada kesimpulan yang disampaikan oleh Vlasblom (2003) dalam bukunya dengan kesimpulan berupa tabel sebagai berikut.

Tabel 4.2 Kriteria Metode Pengerukan

(Sumber: Vlasblom, 2003)

	Bucket Dredger	Grab Dredger	Backhoe Dredger	Suction Dredger	Cutter Dredger	Trailer Dredger	Hopper Dredger
Dredging sandy materials	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Dredging clayey materials	yes	yes	yes	no	yes	yes	no
Dredging rocky materials	yes	no	yes	no	yes	no	no
anchoring wires	yes	yes	no	yes	yes	no	yes
Maximum dredging depth [m]	30	> 100	20	70	25	100	50
accurated dredging possible	yes	no	yes	no	yes	no	no
working under offshore conditions possible	no	yes	no	yes	no	yes	yes
Transport via pipeline	no	no	no	yes	yes	no	no
Dredging in situ densities possible	yes	yes	yes	no	limited	no	no

Dari tabel 4.2 diatas, maka dapat kita peroleh metode pengerukan yang dapat diaplikasikan pada pekerjaan pengerukan ini yaitu *Bucket Dredger, Grab Dredger, Backhoe Dredger, Cutter Suction Dredger* dan *Trailer Dredger*. Namun pada sumber yang sama, Vlasblom (2003) juga mengatakan bahwa pada umumnya *Bucket Dredger* membutuhkan kriteria kedalaman minimal 8 m. Selain itu, Pullar dan Stuart (2009) mengatakan bahwa *Trailer Dredger* membutuhkan kedalaman yang cukup untuk menjalankan operasionalnya. Sehingga pada pekerjaan proyek kali ini *Bucket Dredger* dan *Trailer Dredger* tidak disertakan.

4.2.4. Analisa Metode Pengerukan yang Dapat Diterapkan

Dari analisa metode di atas, maka kita mengetahui bahwa metode yang dapat digunakan pada pengerjaan proyek kali ini adalah *Grad Dredger, Backhoe Dredger* dan *Cutter Suction Dredger*. Setelah mengetahui metode yang dapat kita gunakan, maka selanjutnya dilakukan analisa terhadap masing-masing metode pengerukan. Data spesifikasi alat keruk yang digunakan dihimpun dari berbagai sumber dari perusahaan penyedia jasa sewa kapal keruk yang beroperasi di Indonesia yaitu perusahaan A, B, C dan seterusnya.

4.2.4.1. *Backhoe Dredger*

Untuk data *Backhoe Dredger* diperoleh dari perusahaan A yang memiliki 2 *Backhoe Dredger* yaitu *Goliath* dan *Razende Bol*. Selain itu, diperlukan *Hopper Barge* TK.RKD 1000-1 dengan kapasitas 1.000 m^3 milik perusahaan B untuk menampung material keruk dan akan ditarik oleh *Tug Boat* menuju area pembuangan yang berjarak 12 mil laut dari lokasi pengerukan. Menurut Pullar dan Stuart (2009), *Backhoe Dredger* memiliki kelebihan yaitu dapat bergerak maju pada saat pekerjaan pengerukan untuk mempermudah pergerakan pada lokasi dangkal. Hal ini dapat diterapkan pada area kolam labuh pelabuhan Belawan yang memiliki kedalaman yang sangat minim. *Backhoe Dredger* akan masuk dari bagian samping area keruk, dimana kedalaman yang dimiliki masih cukup dengan *draught* kapal, dan bergerak maju sepanjang area pengerukan. Berikut adalah data spesifikasi dari *Goliath* dan *Razende Bol* tersebut.

Tabel 4.3 Spesifikasi *Backhoe Dredger Goliath* dan *Razende Bol*

(Sumber: *Leaflet* Perusahaan A)

Data	*Goliath*	*Razende Bol*
Year of Construction	2013	1998
Length Overall	68,35 m	51,75 m
Breadth Overall	23,04 m	15,04 m
Moulded Depth	4,25 m	3,00 m
Draught	3,19 m	2,06 m
Tonnage	1.676 GT – 502 NT	665 GT – 199 NT
Grab Capacity	10 m^3	8,1 m^3
Maximum Dredging Depth	30 m (*stick* 15,5 m)	18 m (*stick* 8 m)
Total Power Installed	4,336 kW	1.636 kW

Tabel 4.4 Spesifikasi *Barge TK.RKD 1000-1*

(Sumber: *Leaflet* Perusahaan B)

Data	Spesifikasi
LOA	54 m
Breadth	12,5 m
Depth	4 m
Draught	2,5 m
Capacity	1.000 m^3

Tabel 4.5 Spesifikasi *Tug Boat*

(Sumber: *Leaflet* Perusahaan B)

Data	Spesifikasi
LOA	19,2 m
Breadth	6,1 m
Depth	2,8 m
Draught	2,4 m
Gross Tonnage	80 ton
Main Engine	Cummin NTC400x2

Setelah mendapatkan spesifikasi alat, dilanjutkan dengan perhitungan produktivitas alat keruk. Menurut Rochmanhadi (1992), analisa produktivitas *Backhoe Dredger* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$Q = Kb\ x\ Fk\ xFF\ x\ FK\ x\ \frac{3600}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}$$

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

dimana:

Q = Produktivitas

Kb = Kapasitas Bucket (m^3)

Fk = *Swell Factor*

FF = *Fill Factor*

FK = Faktor koreksi

t_1 = Waktu pengisian bucket (detik)

t_2 = Waktu pengangkatan dan ayunan bucket (detik)

t_3 = Waktu pembuangan (detik)

t_4 = Waktu ayunan kembali (detik)

Swell Factor adalah perubahan (penambahan atau pengurangan) volume material apabila material tersebut diganggu dari bentuk aslinya (digali, dipindahkan, diangkut atau dipadatkan). Untuk pengerjaan pengerukan ini dengan jenis tanah halus berpasir, maka memiliki nilai *swell factor* sebesar 0,90. Menurut Rochmanhadi (1992), Fill Factor untuk jenis tanah liat basah adalah sebesar 0,60.

Tabel 4.6 Faktor Pengisian *Bucket*

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

Material	Faktor Pengisian
Pasir dan kerikil	0,9 – 1
Tanah biasa	0,8 – 0,9
Tanah liat keras	0,65 – 0,75
Tanah liat basah	0,50 – 0,60
Batu pecahan baik	0,6 – 0,75
Batu pecahan kurang baik	0,4 – 0,50

Untuk faktor koreksi merupakan hasil perkalian effisiensi kerja dengan factor kondisi kerja. Untuk effisiensi kerja diperoleh dengan estimasi efektif kerja 50 menit/jam dengan hasil 0,84. Untuk faktor kondisi kerja akan dianggap baik dengan nilai sebesar 0,75. Nilai faktor kondisi kerja dapat dilihat pada tabel yang diberikan oleh Rochmanhadi (1992) berikut ini.

Tabel 4.7 Faktor kondisi kerja

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

Kondisi Pekerjaan	Kondisi Tata Laksana			
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk
Baik Sekali	0,84	0,81	0,75	0,70
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52

Untuk waktu yang diberikan akan menggunakan siklus waktu rata-rata penggunaan *Backhoe Dredger* sesuai dengan Rochmanhadi (1992) yaitu 31 detik dengan rincian sebagai berikut.

- Pengisian bucket : 8 detik
- Mengangkat beban dan ayunan : 11 detik
- Pembuangan : 6 detik
- Ayunan kembali : 6 detik

Sehingga diperoleh produktivitas untuk *Backhoe Dredger Goliath* (Q_1) *dan Razende Bol* (Q_2) adalah sebagai berikut:

$$Q_1 = 10\ x\ 0{,}90\ x\ 0{,}60\ x\ 0{,}84\ x\ 0{,}75\ x\ \frac{3600}{31} = 395{,}07\ m^3/jam$$

$$Q_2 = 8{,}1\ x\ 0{,}90\ x\ 0{,}60\ x\ 0{,}84\ x\ 0{,}75\ x\ \frac{3600}{31} = 320{,}01\ m^3/jam$$

4.2.4.2. *Grab Dredger*

Untuk *Grab Dredger* diperoleh dari perusahaan C yaitu *Tona 1*. Menurut Pullar dan Stuart (2009), *Grab Dredger* memiliki kelebihan yang sama dengan *Backhoe Dredger* yaitu dapat bergerak maju pada saat pekerjaan pengerukan untuk mempermudah pergerakan pada lokasi dangkal. Hal ini dapat diterapkan

pada area kolam labuh pelabuhan Belawan yang memiliki kedalaman yang sangat minim. *Grab Dredger* akan masuk dari bagian samping area keruk, dimana kedalaman yang dimiliki masih cukup dengan *draught* kapal, dan bergerak maju sepanjang area pengerukan. Berikut adalah spesifikasi alat keruk *Tona 1*.

Tabel 4.8 Spesifikasi *Grab Dredger Tona 1*

(Sumber: *Leaflet* Perusahaan C)

Data	Spesifikasi	Data	Spesifikasi
Name	Tona 1	*Tonnage*	1282 GT – 385 NT
Year of Built	2006	*Main Engine*	2x1000HP Hansin 6LH26 735 kW
LOA	52,30 m	*Auxiliary Engine*	2x200HP Yanmar 6LHDTN 1200 RPM
LWL	50 m	*Boom Length*	40 m
Breadth	19 m	*Lifting Capacity*	200 tons
Depth	5,20 m	*Power*	556 HP
Draught	3,40 m	*Dredge Bucket*	8 m^3

Selain itu, diperlukan *Hopper Barge* TK.RKD 1000-1 dengan kapasitas 1.000 m^3 milik perusahaan B untuk menampung material keruk dan akan ditarik oleh *Tug Boat* menuju area pembuangan yang berjarak 12 mil laut dari lokasi pengerukan.

Setelah mendapatkan spesifikasi alat, dilanjutkan dengan perhitungan produktivitas alat keruk. Menurut Rochmanhadi (1992), analisa produktivitas pada *Grab Dredger* sama dengan *Backhoe Dredger* dikarenakan metode pengerjaannya yang kurang lebih sama. Sehingga produktivitas *Grab Dredger* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$Q = Kb\ x\ Fk\ xFF\ x\ FK\ x\ \frac{3600}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}$$

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

dimana:

Q = Produktivitas

Kb = Kapasitas Bucket (m^3)

Fk = *Swell Factor*

FF = *Fill Factor*

FK = Faktor koreksi

t_1 = Waktu pengisian bucket (detik)

t_2 = Waktu pengangkatan dan ayunan bucket (detik)

t_3 = Waktu pembuangan (detik)

t_4 = Waktu ayunan kembali (detik)

Untuk nilai faktor pada perhitungan produktivitas *Grab Dredger* sama dengan perhitungan produktivitas *Backhoe* Dredger dengan nilai *swell factor* sebesar 0,90, fill factor untuk jenis tanah liat basah sebesar 0,60, effisiensi kerja dengan hasil 0,84, dan nilai faktor kondisi kerja sebesar 0,75.

Untuk waktu yang diberikan akan menggunakan siklus waktu rata-rata penggunaan *Grab Dredger* sesuai dengan Rochmanhadi (1992) yaitu 90 detik. Sehingga diperoleh produktivitas untuk *Grab Dredger Tona 1* (Q_3) adalah sebagai berikut:

$$Q_3 = 8\ x\ 0{,}90\ x\ 0{,}60\ x\ 0{,}84\ x\ 0{,}75\ x\ \frac{3600}{60} = 108{,}86\ m^3/jam$$

4.2.4.3. Cutter Suction Dredger

Untuk data *Cutter Suctin Dredger* diperoleh dari perusahaan C yaitu *Tona 2*. Menurut Pullar dan Stuart (2009), *Cutter Suction Dredger* memiliki kelebihan dapat bergerak maju pada saat pekerjaan pengerukan untuk mempermudah pergerakan pada lokasi dangkal. *Cutter Suction Dredger* akan masuk dari bagian samping area keruk, dimana kedalaman yang dimiliki masih cukup dengan *draught* kapal, dan bergerak maju sepanjang area pengerukan.Berikut adalah data spesifikasi dari *Tona 2.*

Tabel 4.9 Spesifikasi *Cutter Suction Dredger Tona 2*

(Sumber: *Leaflet* Perusahaan C)

Data	Spesifikasi	Data	Spesifikasi
Name	Tona 2	Cutter Standed	400 kW
Year of Built	2009	Max. Depth	20 m
Length	34,98 m	Max. Distance	1000 m

Width	10,10 m	Dredge Width	50 m
Depth	1,8 m	Head	45 m
Height	11 m	Size	1,2 m
Weight	330 Ton	Suction	600 mm
Main Engine	Niigata 6L26H 2040 HP	Discharge	500 mm
Pump	Yanmar 6MAL 355 HP	Tonnage	194 GT – 59 NT
Capacity	350 m^3/hr		

Untuk metode *Cutter Suction Dredger* ini diperlukan *Hopper Barge* TK.RKD 1000-1 dengan kapasitas 1.000 m^3 milik perusahaan B yang dihubungkan dengan menggunakan pipa sejauh 100 m untuk menampung material keruk dan akan ditarik oleh *Tug Boat* menuju area pembuangan yang berjarak 12 mil laut dari lokasi pengerukan.

Metode ini menggunakan prinsip kerja memotong sedimen dengan menggunakan *cutter* dan menghisapnya dengan menggunakan pompa yang terdapat pada kapal keruk. Untuk mengetahui kinerja dari pompa tersebut, maka perlu dilakukan analisa head pompa.

4.2.4.3.1. Head *Statis*

Head *statis* adalah head karena adanya perbedaan ketinggian antar muka air pada sisi hisap dan sisi keluar (Fadhli, Santoso, Amiadji, 2013). Dirumuskan sebagai berikut:

$$Hs = Z_2 - Z_1$$

dimana:

Z_1 = tinggi permukaan cairan pada posisi masuk (m)

Z_2 = tinggi permukaan cairan pada posisi keluar (m)

$Hs = Z_2 – Z_1$

$Hs = 4 – (-4)$

$Hs = 8$ m

4.2.4.3.2. Head *Pressure*

Head *Pressure* adalah head yang diperlukan untuk mengatasi suatu tekanan di dalam aliran fluida dari sistem pada suatu pompa. Karena pelabuhan dalam keadaan alam terbuka, maka tekanan pada saat masuk dan keluar nilainya sama, sehingga nilai Hp adalah 0.

4.2.4.3.3. Head *Velocity*

Head *velocity* adalah head karena adanya perbedaan kecepatan pada sisi keluar dan masuk. Dirumuskan sebagai berikut:

$$Hv = \frac{{V_2}^2 - {V_1}^2}{2g}$$

dimana:

V_1 = kecepatan rata-rata pada posisi masuk (m/s)

V_2 = kecepatan rata-rata pada posisi keluar (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

$$V_2 = \frac{Q}{A_{discharge}} = \frac{0{,}097\ m^3/s}{0{,}196\ m^2} = 0{,}494\ m/s$$

$$V_1 = \frac{Q}{A_{suction}} = \frac{0{,}097 m^3/s}{0{,}282\ m^2} = 0{,}343\ m/s$$

$$Hv = \frac{{V_2}^2 - {V_1}^2}{2g} = \frac{0{,}494^2 - 0{,}343^2}{2\ x\ 9{,}8} = \frac{0{,}126}{19{,}6} = 0{,}0064 \text{ m}$$

4.2.4.3.4. Viskositas *Slurry*

Viskositas merupakan pengukuran dari ketahanan fluida yang diubah baik dengan tekanan maupun tegangan. Viskositas menjelaskan ketahanan internal fluida untuk mengalir dan mungkin dapat diartikan sebagai pengukuran dari pergeseran fluida. *Slurry* yang merupakan campuran antara partikel solid dan air juga memiliki viskositas karena termasuk fluida. Menurut Burgess, dkk (2002) untuk mencari viskositas *slurry* terlebih dahulu dicari *specific gravity* dari *slurry* itu sendiri dengan persamaan berikut:

$$Sm = \frac{Sw}{1 - Cw(1 - \frac{Sw}{S})}$$

dimana:

Sw = *Specific gravity* air

S = *Specific gravity* solid

Cw = konsentrasi air dalam fluida (%)

$$Sm = \frac{Sw}{1 - Cw(1 - \frac{Sw}{S})} = \frac{1{,}02}{1 - 0{,}4327(1 - \frac{1{,}02}{2{,}61})} = 1{,}3851$$

Setelah diketahui *specific gravity* dari *slurry*, selanjutnya akan dicari konsentrasi solid berdasarkan volume dengan persamaan berikut ini:

$$Cv = \frac{Sm - Sw}{S - Sw}$$

dimana:

Sm = *Specific gravity slurry*

Sw = *Specific gravity* air

S = *Specific gravity* solid

$$Cv = \frac{Sm - Sw}{S - Sw} = \frac{1{,}3853 - 1{,}02}{2{,}61 - 1{,}02} = 0{,}2296 = 22{,}96\%$$

Selanjutnya dicari massa jenis dari slurry itu sendiri dengan persamaan berikut:

$$\rho m = Sm\ x\ \rho w$$

dimana:

Sm = *Specific gravity slurry*

ρw = massa jenis air (kg/m^3)

$$\rho m = Sm\ x\ \rho w = 1{,}3853\ x\ 1025 = 1.419{,}742\ \text{kg/m3}$$

Kemudian akan dicari viskositas dinamis *slurry* dengan persamaan sebagai berikut:

$$\mu m = \mu w(1 + 2{,}5Cv + 10{,}05Cv^2 + 0{,}00273e^{16{,}6Cv}$$

dimana:

μw = viskositas dinamis air

Cv = konsentrasi solid berdasarkan volume (%)

$\mu m = \mu w(1 + 2{,}5Cv + 10{,}05Cv^2 + 0{,}00273e^{16{,}6Cv}$

$\mu m = 0{,}001(1 + 2{,}5\ x\ 0{,}2296 + 10{,}05\ x\ 0{,}2296^2 + 0{,}00273e^{16{,}6x0{,}2296}$

$\mu m = 0{,}002228$

Selanjutnya akan dicari viskositas kinematis *slurry* dengan persamaan sebagai berikut:

$$vm = \frac{\mu m}{\rho m}$$

dimana:

µm = viskositas dinamis *slurry*

ρm = massa jenis *slurry* (kg/m^3)

$$vm = \frac{\mu m}{\rho m} = \frac{0{,}002228}{1.419{,}742} = 1{,}5692E - 6$$

Selanjutnya dapat dihitung pula bilangan *Reynold*-nya. Bilangan *Reynold* adalah angka tanpa dimensi yang didefinisikan sebagai rasio kekuatan dinamis dari aliran massa terhadap tegangan geser karena viskositas. Reynold Number dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$Re = \frac{DV\rho}{\mu m}$$

dimana:

D = diameter pipa (m)

V = kecepatan aliran fluida (m/s)

ρ = kerapatan massa (kg/m^3)

µm = viskositas dinamis fluida (Ns/m^2)

$Re = \frac{DV\rho}{\mu m} = 157.715{,}4$ (turbulen)

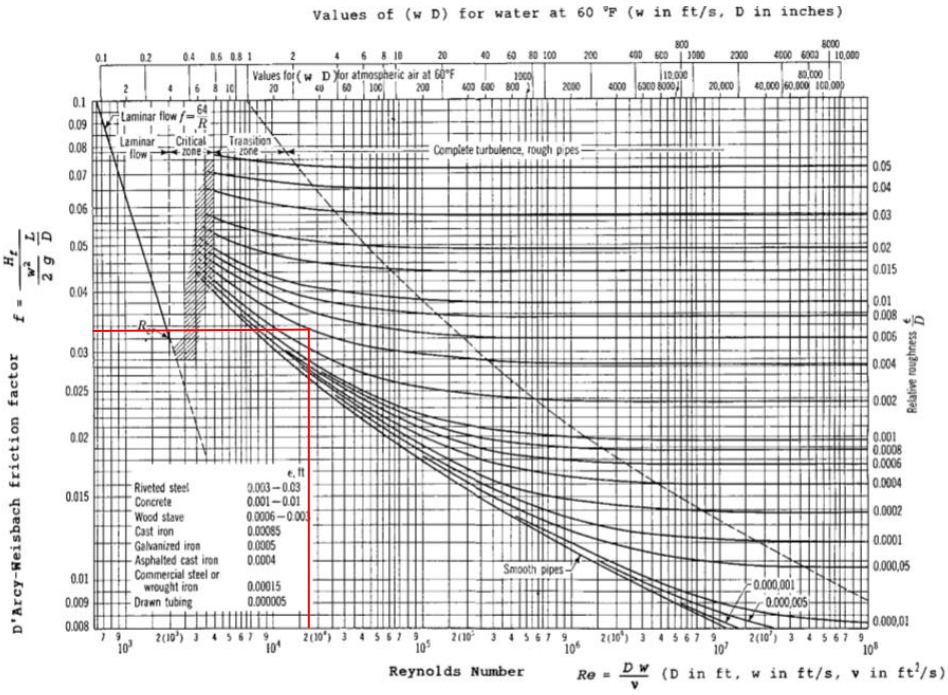
4.2.4.3.5. Head *Mayor Losses*

Head *Mayor Losses* adalah kerugian yang disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami

oleh aliran fluida (Sagala, 2008). Sebelum mencari nilai head *loss mayor*, terlebih dahulu dicari nilai *friction factor* menggunakan Diagram *Moody*. Untuk itu, terlebih dahulu harus dicari nilai Re dan ε/D (kekerasan 43elative pipa) yang sudah diketahui.

$$\varepsilon/D = 0{,}0018/0{,}5 = 0{,}0036$$

Kemudian menarik garis horizontal dari perpotongan keduanya sehingga didapatkan nilai *friction factor (f).*



Gambar 4.7 Perhitungan Nilai *f* dengan Diagram *Moody*

Dari diagram tersebut didapatkan nilai *friction factor* sebesar 0,0335. Setelah didapatkan nilai *friction factor*, maka head *loss mayor* dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$H_{Lmayor} = fx\left(\frac{L}{Di}\right)x\left(\frac{{V_2}^2}{2g}\right)$$

dimana:

f = *friction factor*

L = panjang pipa (m)

Di = diameter dalam pipa (m)

V = kecepatan fluida (m/s)

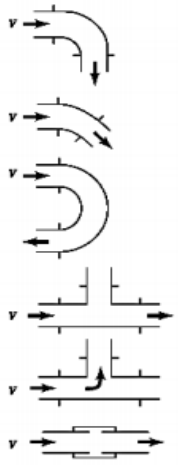
$$H_{Lmayor} = fx\left(\frac{L}{Di}\right)x\left(\frac{{V_2}^2}{2g}\right) = 0{,}0335\ x\ \left(\frac{100}{0{,}5}\right)x\ \left(\frac{0{,}494^2}{2\ x\ 9{,}81}\right) = 0{,}083\ m$$

4.2.4.3.6. Head *Minor Losses*

Head *Minor Losses* adalah kerugian yang disebabkan oleh kelengkapan pipa seperti belokan, siku, sambungan, katup dan sebagainya (Sagala, 2008). Dalam metode ini menggunakan 2 buah *elbow* yang diasumsikan memiliki sudut sebesar 45°.

Loss Coefficients for Pipe Components $\left(h_L = K_L \frac{V^2}{2g}\right)$

Component	K_L
a. Elbows	
Regular 90°, flanged	0.3
Regular 90°, threaded	1.5
Long radius 90°, flanged	0.2
Long radius 90°, threaded	0.7
Long radius 45°, flanged	0.2
Regular 45°, threaded	0.4
b. 180° return bends	
180° return bend, flanged	0.2
180° return bend, threaded	1.5
c. Tees	
Line flow, flanged	0.2
Line flow, threaded	0.9
Branch flow, flanged	1.0
Branch flow, threaded	2.0
d. Union, threaded	0.08
***e. Valves**	
Globe, fully open	10
Angle, fully open	2
Gate, fully open	0.15
Gate, $\frac{1}{4}$ closed	0.26
Gate, $\frac{1}{2}$ closed	2.1
Gate, $\frac{3}{4}$ closed	17
Swing check, forward flow	2
Swing check, backward flow	∞
Ball valve, fully open	0.05
Ball valve, $\frac{1}{3}$ closed	5.5
Ball valve, $\frac{2}{3}$ closed	210



Gambar 4.8 Tabel Koefisien Gesek Head *Loss Minor*

Dari gambar diatas, maka koefisien yang digunakan adalah 0,2. Setelah itu, *Minor losses* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$H_{Lminor} = \sum n\frac{k{V_2}^2}{2g}$$

dimana:

n = jumlah variasi

k = koefisien gesekan

V = kecepatan fluida (m/s)

$$H_{Lminor} = \sum n \frac{kV_2{}^2}{2g} = 2\ x \frac{0{,}2\ x\ 0{,}494^2}{2\ x\ 9{,}81} = 0{,}005\ m$$

4.2.4.3.7. Head Loss Total

Head *Loss Total* merupakan besarnya head yang dibutuhkan untuk mengatasi kerugian yang disebabkan oleh mayor losses dan minor losses. Head *loss total* dapat dihitung dengan mengunakan persamaan sebagai berikut:

$$H_L = H_{Lmayor} + H_{Lminor}$$

dimana:

H_{Lmayor} = Head *loss mayor* (m)

H_{Lminor} = Head *loss minor* (m)

$$H_L = H_{Lmayor} + H_{Lminor} = 0{,}083 + 0{,}005 = 0{,}088\ m$$

4.2.4.3.8. Head Total

Head *Total* adalah gabungan antara head *statis*, head *pressure*, Head *velocity* dan head *total losses*. Head *total* dihitung dengan persamaan berikut:

$$H_T = Hs + Hp + Hv + H_L$$

dimana:

Hs = Head *statis* (m)

Hp = Head *pressure* (m)

Hv = Head *velocity* (m)

H_L = Head *total loss* (m)

$$H_T = Hs + Hp + Hv + H_L = 8 + 0 + 0{,}0064 + 0{,}088 = 8{,}0944\ m$$

Dengan perhitungan diatas, maka dapat dilihat bahwa head standar pipa lebih tinggi daripada head *total* dan dapat disimpulkan bahwa pompa tersebut dapat digunakan dalam pengerjaan pengerukan ini.

4.3. Perhitungan Durasi dan Biaya

Setelah diperoleh data alat keruk dan dilakukan analisa, maka selanjutnya adalah melakukan perhitungan durasi pengerjaan dan kemudian dilanjutkan dengan menghitung perkiraan biaya masing-masing metode untuk membandingkan dan memperoleh metode yang paling efektif dan efisien pada pekerjaan pengerukan kali ini.

4.3.1. Perhitungan Durasi

Sebelum masuk ke tahap perhitungan biaya, terlebih dahulu dilakukan perhitungan durasi masing-masing metode pengerjaan dengan memperhitungkan durasi pengisian *barge* dan durasi pembuangan material keruk, sehingga dapat disesuaikan dengan jumlah *barge* yang disewa dalam pekerjaan proyek ini.

4.3.1.1. Durasi Pengisian *Barge*

Untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengisian *barge*, maka perlu dilakukan perhitungan dengan cara membagi volume *barge* dengan produktivitas pompa dengan persamaan sebagai berikut:

$$T_{keruk}(jam) = \frac{Volume\ Barge\ (m^3)}{Produktivitas\ alat\ keruk\ \left(\frac{m^3}{jam}\right)}$$

Dari perhitungan ini diperoleh masing-masing durasi pengisian *barge* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 Tabel Perhitungan Durasi Pengisian Barge

Metode Keruk	Durasi Pengisian *Barge* (jam)	Jumlah Trip per Hari
Backhoe Dredger 1	2,53	3
Backhoe Dredger 2	3,12	3
Grab Dredger	9,19	1
Cutter Suction Dredger	2,86	3

Setelah diperoleh jumlah trip per hari yang dapat dikerjakan masing-masing metode, maka dapat diperoleh jumlah *barge* yang akan disewa pada masing-masing metode tersebut. Penyewaan *barge* disesuaikan dengan jumlah

trip per hari bertujuan agar pekerjaan keruk dapat tetap berjalan ketika *barge* yang lain dibawa untuk melakukan pembuangan material keruk. Dari tabel 4.10 diatas, selanjutnya dapat diperoleh durasi total yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan pengerukan ini. Durasi total tersebut disesuaikan dengan jam kerja efektif per hari yaitu selama 8 jam per hari, sehingga diperoleh total durasi pengerjaan masing-masing metode adalah sebagai berikut.

Tabel 4.11 Tabel Durasi Pengerjaan Masing-Masing Metode Pengerukan

Metode Keruk	Durasi Total (hari)
Backhoe Dredger 1	12
Backhoe Dredger 2	12
Grab Dredger	34
Cutter Suction Dredger	12

Dari tabel 4.11 dapat dilihat bahwa waktu yang dibutuhkan oleh *Backhoe Dredger* dan *Cutter Suction Dredger* jauh lebih cepat dibandingkan dengan *Grab Dredger*. Hal ini disebabkan karena produktivitas *Backhoe Dredger* dan *Cutter Suction Dredger* jauh lebih besar dibandingkan dengan *Grab Dredger*. Karena perbedaan durasi yang sangat signifikan ini, maka perhitungan biaya hanya dilakukan pada *Backhoe Dredger* dan *Cutter Suction Dredger* karena dianggap lebih efisien pada pekerjaan pengerukan kali ini.

4.3.1.2. Durasi Pembuangan Material Keruk

Untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pembuangan material keruk, maka perlu dilakukan perhitungan dengan cara membagi jarak lokasi pembuangan dengan kecepatan dinas *Tug Boat*. Dalam tugas akhir kali ini, area pembuangan material keruk berjarak 12 mil laut dari lokasi pengerukan dan untuk kecepatan dinas kapal adalah 4 knot.

$$T_{buang}(jam) = 2\ x \left(\frac{jarak\ pembuangan\ (km)}{Vs\ (km/jam)}\right)$$

Sehingga diperoleh durasi pembuangan material keruk adalah 6 jam.

4.3.2 Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya pada *Backhoe Dredger* dan *Cutter Suction Dredger* diperlukan untuk memperoleh estimasi biaya yang dibutuhkan, sehingga dapat diperoleh metode yang paling efektif dan efisien pada pekerjaan pengerukan kali ini. Seperti sudah dibahas pada bagian 4.3.1.1, perhitungan biaya hanya dilakukan pada *Backhoe Dredger* dan *Cutter Suction Dredger* karena *Grab Dredger* dianggap tidak lebih efisien disbanding kedua metode lainnya. Rencana Anggaran dan Biaya ini didasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No.78 Tahun 2014 tentang Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan dan beberapa referensi yang diperoleh penulis.

4.3.2.1. *Backhoe Dredger* 1

Berikut adalah perhitungan biaya pekerjaan pengerukan dengan metode *Backhoe Dredger* 1.

1. Biaya Sewa

   Biaya sewa *Backhoe Dedger* 1 menggunakan referensi yang diperoleh penulis dengan biaya sebesar Rp216.000.000 per bulan. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya sewa menjadi Rp108.000.000.

   Biaya sewa *Hopper Barge* & *Tug Boat* menggunakan referensi yang diperoleh penulis dengan biaya sebesar Rp225.000.000 per bulan. Dengan total durasi kerja selama 12 hari dan jumlah unit yang disewa adalah 3 unit, maka besarnya biaya sewa menjadi Rp337.500.000.

2. BBM dan pelumas *Backhoe Dredger*

   BBM dan pelumas yang digunakan oleh *Backhoe Dredger* ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp55.643.933 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya BBM dan pelumas menjadi Rp667.727.196.

3. Pemeruman

   Pemeruman yang dilakukan menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp742.600 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya pemeruman menjadi Rp8.911.200.

4. Air Tawar

Biaya air Tawar yang digunakan menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp393.600 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya air tawar menjadi Rp 4.723.200.

5. Insentif Keruk

Insentif keruk yang digunakan menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp4.803.750 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya insentif keruk menjadi Rp57.645.000.

6. Makan ABK

Biaya makan ABK (Anak Buah Kapal) yang digunakan ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp2.040.000 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya makan ABK menjadi Rp24.480.000.

7. Gaji ABK

Biaya gaji ABK yang digunakan ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp5.950.000 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya gaji ABK menjadi Rp71.400.000.

8. Asuransi P&I Club

Asuransi P&I (*Protection and Indemnity*) adalah asuransi yang memberikan proteksi kepada pemilik kapal, operator atau penyewa atas tanggung jawab hukum terhadap pihak ketiga (Musjab, 2016). Hal-hal yang dijamin dalam asuransi ini berupa jaminan kerusakan kargo, cidera dan kematian awak kapal, resiko tabrakan dan kerusakan lingkungan akibat pencemaran. Biaya asuransi P&I *Backhoe Dredger* menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp1.098.630,14 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya asuransi P&I *Backhoe Dredger* menjadi Rp13.183.561,68.

Biaya asuransi P&I *Hopper Barge* menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp112.328.77 per hari. Dengan total

durasi kerja selama 12 hari dan total unit sebesar 3 unit, maka besarnya biaya asuransi P&I *Hopper Barge* menjadi Rp4.043.835,72.

9. Asuransi H&M

Asuransi H&M merupakan asurasi yang memberikan jaminan kerusakan atau kerugian terhadap kapal, mesin dan perlengkapannya dari bahaya laut dan resiko pelayaran (Musjab, 2010). Hal-hal yang dijamin dalam asuransi ini berupa kebakaran, bencana alam, perompakan, pencurian, kelalaian nahkoda, dan lain lain. Biaya asuransi H&M *Backhoe Dredger* menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp246.575,34 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya asuransi H&M *Backhoe Dredger* menjadi Rp2.958.904,08.

Biaya asuransi H&M *Hopper Barge* menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp164,383,56 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari dan total unit sebesar 3 unit, maka besarnya biaya asuransi H&M *Hopper Barge* menjadi Rp5.917.808,16.

10. Perawatan/*Docking*

Biaya perawatan/*docking* hanya dihitung sebanyak 1 kali pada pekerjaan pengerukan. Biaya ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp6.849.315,07 untuk *Backhoe Dredger* dan Rp12.328.767,12 untuk 3 unit *Hopper Barge*.

11. Depresiasi

Biaya depresiasi hanya dihitung sebanyak 1 kali pada pekerjaan pengerukan. Biaya ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp3.452.054,79 untuk *Backhoe Dredger* dan Rp5.424.657,54 untuk 3 unit *Hopper Barge*.

12. Mobilisasi dan Demobilisasi *Backhoe Dredger*

Mobilisasi dan demobilisasi adalah kegiatan mendatangkan dan mengembalikan kapal keruk. Biaya dan durasi ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp1.352.800 per hari, kecepatan rata-rata berlayar 8 knot dan jarak yang ditempuh per hari adalah 192 mil. Lokasi galangan yang berada di Jakarta dan lokasi pengerukan di Medan memiliki jarak sejauh 878 mil, sehingga durasi berlayar yang dipakai adalah

selama 5 hari. Dengan total durasi berlayar ini maka diperoleh biaya mobilisasi dan demobilisasi *Backhoe Dredger* adalah sebesar Rp13.528.000.

Berikut adalah rincian perhitungan biaya pada *Backhoe Dredger* 1 yaitu sebesar 1.536.803.790,18.

Tabel 4.12 Perhitungan Biaya Metode *Backhoe Dredger 1*

No.	Uraian	Jumlah Harga
1	Sewa *Backhoe Dredger*	Rp 108.000.000,00
2	Sewa *Hopper Barge* & *Tug Boat*	Rp 337.500.000,00
3	BBM *Backhoe Dredger*	Rp 667.727.196,00
4	Pemeruman	Rp 8.911.200,00
5	Air Tawar	Rp 4.723.200,00
6	Insentif Keruk	Rp 57.645.000,00
7	Makan ABK	Rp 24.480.000,00
8	Gaji ABK	Rp 71.400.000,00
9	Asuransi P&I Club *Backhoe Dredger*	Rp 13.183.561,68
10	Asuransi P&I Club *Barge*	Rp 4.043.835,72
11	Asuransi H&M *Backhoe Dredger*	Rp 2.958.904,08
12	Asuransi H&M *Barge*	Rp 5.917.808,16
13	Perawatan/*Docking Backhoe Dredger*	Rp 6.849.315,07
14	Perawatan/*Docking Barge*	Rp 12.328.767,12
15	Depresiasi *Backhoe Dredger*	Rp 3.452.054,79
16	Depresiasi *Barge*	Rp 5.424.657,54
17	Mobilisasi & Demobolisasi *Backhoe Dredger*	Rp 13.528.000,00
	Sub Total	Rp 1.348.073.500,16
18	PPH 4%	Rp 53.922.940,01
19	PPN 10%	Rp 134.807.350,02
	Total	Rp 1.536.803.790,18

4.3.2.2. *Backhoe Dredger* 2

Berikut adalah perhitungan biaya pekerjaan pengerukan dengan metode *Backhoe Dredger* 2.

1. Biaya Sewa

   Biaya sewa *Backhoe Dedger* 2 menggunakan referensi yang diperoleh penulis dengan biaya sebesar Rp198.000.000 per bulan. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya sewa menjadi Rp99.000.000.

Biaya sewa *Hopper Barge* & *Tug Boat* menggunakan referensi yang diperoleh penulis dengan biaya sebesar Rp225.000.000 per bulan. Dengan total durasi kerja selama 12 hari dan jumlah unit yang disewa adalah 3 unit, maka besarnya biaya sewa menjadi Rp337.500.000.

2. BBM dan pelumas *Backhoe Dredger*

   BBM dan pelumas yang digunakan oleh *Backhoe Dredger* ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp55.643.933 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya BBM dan pelumas menjadi Rp667.727.196.

3. Pemeruman

   Pemeruman yang dilakukan menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp742.600 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya pemeruman menjadi Rp8.911.200.

4. Air Tawar

   Biaya air Tawar yang digunakan menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp393.600 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya air tawar menjadi Rp 4.723.200.

5. Insentif Keruk

   Insentif keruk yang digunakan menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp4.803.750 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya insentif keruk menjadi Rp57.645.000.

6. Makan ABK

   Biaya makan ABK (Anak Buah Kapal) yang digunakan ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp2.040.000 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya makan ABK menjadi Rp24.480.000.

7. Gaji ABK

   Biaya gaji ABK yang digunakan ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp5.950.000 per hari. Dengan total

durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya gaji ABK menjadi Rp71.400.000.

8. Asuransi P&I Club

Asuransi P&I (*Protection and Indemnity*) adalah asuransi yang memberikan proteksi kepada pemilik kapal, operator atau penyewa atas tanggung jawab hukum terhadap pihak ketiga (Musjab, 2016). Hal-hal yang dijamin dalam asuransi ini berupa jaminan kerusakan kargo, cidera dan kematian awak kapal, resiko tabrakan dan kerusakan lingkungan akibat pencemaran. Biaya asuransi P&I *Backhoe Dredger* menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp1.098.630,14 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya asuransi P&I *Backhoe Dredger* menjadi Rp13.183.561,68.

Biaya asuransi P&I *Hopper Barge* menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp112.328.77 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari dan total unit sebesar 3 unit, maka besarnya biaya asuransi P&I *Hopper Barge* menjadi Rp4.043.835,72.

9. Asuransi H&M

Asuransi H&M merupakan asurasi yang memberikan jaminan kerusakan atau kerugian terhadap kapal, mesin dan perlengkapannya dari bahaya laut dan resiko pelayaran (Musjab, 2010). Hal-hal yang dijamin dalam asuransi ini berupa kebakaran, bencana alam, perompakan, pencurian, kelalaian nahkoda, dan lain lain. Biaya asuransi H&M *Backhoe Dredger* menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp246.575,34 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya asuransi H&M *Backhoe Dredger* menjadi Rp2.958.904,08.

Biaya asuransi H&M *Hopper Barge* menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp164,383,56 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari dan total unit sebesar 3 unit, maka besarnya biaya asuransi H&M *Hopper Barge* menjadi Rp5.917.808,16.

10. Perawatan/*Docking*

Biaya perawatan/*docking* hanya dihitung sebanyak 1 kali pada pekerjaan pengerukan. Biaya ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78

Tahun 2014 yaitu Rp6.849.315,07 untuk *Backhoe Dredger* dan Rp12.328.767,12 untuk 3 unit *Hopper Barge*.

11. Depresiasi

    Biaya depresiasi hanya dihitung sebanyak 1 kali pada pekerjaan pengerukan. Biaya ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp3.452.054,79 untuk *Backhoe Dredger* dan Rp5.424.657,54 untuk 3 unit *Hopper Barge*.

12. Mobilisasi dan Demobilisasi *Backhoe Dredger*

    Mobilisasi dan demobilisasi adalah kegiatan mendatangkan dan mengembalikan kapal keruk. Biaya dan durasi ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp1.352.800 per hari, kecepatan rata-rata berlayar 8 knot dan jarak yang ditempuh per hari adalah 192 mil. Lokasi galangan yang berada di Jakarta dan lokasi pengerukan di Medan memiliki jarak sejauh 878 mil, sehingga durasi berlayar yang dipakai adalah selama 5 hari. Dengan total durasi berlayar ini maka diperoleh biaya mobilisasi dan demobilisasi *Backhoe Dredger* adalah sebesar Rp13.528.000.

Berikut adalah rincian perhitungan biaya pada *Backhoe Dredger* 2 yaitu sebesar 1.526.543.790,18.

Tabel 4.13 Perhitungan Biaya Metode *Backhoe Dredger 2*

No.	Uraian	Jumlah Harga	
1	Sewa *Backhoe Dredger*	Rp	99.000.000,00
2	Sewa *Hopper Barge* & *Tug Boat*	Rp	337.500.000,00
3	BBM *Backhoe Dredger*	Rp	667.727.196,00
4	Pemeruman	Rp	8.911.200,00
5	Air Tawar	Rp	4.723.200,00
6	Insentif Keruk	Rp	57.645.000,00
7	Makan ABK	Rp	24.480.000,00
8	Gaji ABK	Rp	71.400.000,00
9	Asuransi P&I Club *Backhoe Dredger*	Rp	13.183.561,68
10	Asuransi P&I Club *Barge*	Rp	4.043.835,72
11	Asuransi H&M *Backhoe Dredger*	Rp	2.958.904,08
12	Asuransi H&M *Barge*	Rp	5.917.808,16
13	Perawatan/*Docking Backhoe Dredger*	Rp	6.849.315,07
14	Perawatan/*Docking Barge*	Rp	12.328.767,12

15	Depresiasi *Backhoe Dredger*	Rp	3.452.054,79
16	Depresiasi *Barge*	Rp	5.424.657,54
17	Mobilisasi & Demobolisasi *Backhoe Dredger*	Rp	13.528.000,00
	Sub Total	Rp	1.339.073.500,16
18	PPH 4%	Rp	53.562.940,01
19	PPN 10%	Rp	133.907.350,02
	Total	Rp	1.526.543.790,18

4.3.2.3. *Cutter Suction Dredger*

Berikut adalah perhitungan biaya pekerjaan pengerukan dengan metode *Cutter Suction Dredger*.

1. Biaya Sewa

   Biaya sewa *Cutter Suction Dedger* menggunakan referensi yang diperoleh penulis dengan biaya sebesar Rp450.000.000 per bulan. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya sewa menjadi Rp225.000.000.

   Biaya sewa *Hopper Barge* & *Tug Boat* menggunakan referensi yang diperoleh penulis dengan biaya sebesar Rp225.000.000 per bulan. Dengan total durasi kerja selama 12 hari dan jumlah unit yang disewa adalah 3 unit, maka besarnya biaya sewa menjadi Rp337.500.000.

2. BBM dan pelumas *Cutter Suction Dredger*

   BBM dan pelumas yang digunakan oleh *Cutter Suction Dredger* ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp127.860.570 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya BBM dan pelumas menjadi Rp1.534.326.840.

3. Pemeruman

   Pemeruman yang dilakukan menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp1.236.000 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya pemeruman menjadi Rp14.832.000.

4. Air Tawar

   Biaya air Tawar yang digunakan menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp751.200 per hari. Dengan total

durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya air tawar menjadi Rp9.014.400.

5. Insentif Keruk

Insentif keruk yang digunakan menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp4.839.000 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya insentif keruk menjadi Rp58.068.000.

6. Makan ABK

Biaya makan ABK (Anak Buah Kapal) yang digunakan ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp2.100.000 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya makan ABK menjadi Rp25.200.000.

7. Gaji ABK

Biaya gaji ABK yang digunakan ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp6.585.833,33 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya gaji ABK menjadi Rp79.029.999,96.

8. Asuransi P&I Club

Asuransi P&I (*Protection and Indemnity*) adalah asuransi yang memberikan proteksi kepada pemilik kapal, operator atau penyewa atas tanggung jawab hukum terhadap pihak ketiga (Musjab, 2016). Hal-hal yang dijamin dalam asuransi ini berupa jaminan kerusakan kargo, cidera dan kematian awak kapal, resiko tabrakan dan kerusakan lingkungan akibat pencemaran. Biaya asuransi P&I *Cutter Suction Dredger* menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp1.008.219,18 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya asuransi P&I *Cutter Suction Dredger* menjadi Rp12.098.630,16.

Biaya asuransi P&I *Hopper Barge* menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp112.328.77 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari dan total unit sebesar 3 unit, maka besarnya biaya asuransi P&I *Hopper Barge* menjadi Rp4.043.835,72.

9. Asuransi H&M

Asuransi H&M merupakan asurasi yang memberikan jaminan kerusakan atau kerugian terhadap kapal, mesin dan perlengkapannya dari bahaya laut dan resiko pelayaran (Musjab, 2010). Hal-hal yang dijamin dalam asuransi ini berupa kebakaran, bencana alam, perompakan, pencurian, kelalaian nahkoda, dan lain lain. Biaya asuransi H&M *Cutter Suction Dredger* menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp768.493,15 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari, maka besarnya biaya asuransi H&M *Cutter Suction Dredger* menjadi Rp9.221.917,80.

Biaya asuransi H&M *Hopper Barge* menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp164,383,56 per hari. Dengan total durasi kerja selama 12 hari dan total unit sebesar 3 unit, maka besarnya biaya asuransi H&M *Hopper Barge* menjadi Rp5.917.808,16.

10. Perawatan/*Docking*

Biaya perawatan/*docking* hanya dihitung sebanyak 1 kali pada pekerjaan pengerukan. Biaya ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp35.780.821,92 untuk *Cutter Suction Dredger* dan Rp12.328.767,12 untuk 3 unit *Hopper Barge*.

11. Depresiasi

Biaya depresiasi hanya dihitung sebanyak 1 kali pada pekerjaan pengerukan. Biaya ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp30.136.986,30 untuk *Cutter Suction Dredger* dan Rp5.424.657,54 untuk 3 unit *Hopper Barge*.

12. Mobilisasi dan Demobilisasi *Backhoe Dredger*

Mobilisasi dan demobilisasi adalah kegiatan mendatangkan dan mengembalikan kapal keruk. Biaya dan durasi ini menggunakan referensi dari PM. Perhubungan No. 78 Tahun 2014 yaitu Rp1.015.500 per hari, kecepatan rata-rata berlayar 8 knot dan jarak yang ditempuh per hari adalah 192 mil. Lokasi galangan yang berada di Jakarta dan lokasi pengerukan di Medan memiliki jarak sejauh 878 mil, sehingga durasi berlayar yang dipakai adalah selama 5 hari. Dengan total durasi berlayar ini maka diperoleh biaya mobilisasi dan demobilisasi *Backhoe Dredger* adalah sebesar Rp10.155.000.

Berikut adalah rincian perhitungan biaya pada *Cutter Suction Dredger* yaitu sebesar Rp2.745.210.817,74.

Tabel 4.14 Perhitungan Biaya Metode *Cutter Suction Dredger*

No.	Uraian	Jumlah Harga
1	Sewa *Cutter Suction Dredger*	Rp 225.000.000,00
2	Sewa *Hopper Barge* & *Tug Boat*	Rp 337.500.000,00
3	BBM *Cutter Suction Dredger*	Rp 1.534.326.840,00
4	Pemeruman	Rp 14.832.000,00
5	Air Tawar	Rp 9.014.400,00
6	Insentif Keruk	Rp 58.068.000,00
7	Makan ABK	Rp 25.200.000,00
8	Gaji ABK	Rp 79.029.999,96
9	Asuransi P&I Club *Cutter Suction Dredger*	Rp 12.098.630,16
10	Asuransi P&I Club *Barge*	Rp 4.043.835,72
11	Asuransi H&M *Cutter Suction Dredger*	Rp 9.221.917,80
12	Asuransi H&M Barge	Rp 5.917.808,16
13	Perawatan/*Docking Cutter Suction Dredger*	Rp 35.780.821,92
14	Perawatan/*Docking Barge*	Rp 12.328.767,12
15	Depresiasi *Cutter Suction Dredger*	Rp 30.136.986,30
16	Depresiasi *Barge*	Rp 5.424.657,54
17	Mobilisasi & Demobolisasi *Cutter Suction*	Rp 10.155.000,00
	Sub Total	Rp 2.408.079.664,68
18	PPH 4%	Rp 96.323.186,59
19	PPN 10%	Rp 240.807.966,47
	Total	Rp 2.745.210.817,74

4.4. Pemilihan Metode Pengerukan

Setelah melakukan perhitungan durasi dan biaya masing-masing metode pengerukan, diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 4.15 Perbandingan Durasi dan Biaya Masing-Masing Metode Pengerukan

Metode Keruk	Durasi (hari)	Biaya Total	Biaya per m^3
Backhoe Dredger 1	12	Rp 1.536.803.790,18	Rp 45.795
Backhoe Dredger 2	12	Rp 1.526.543.790,18	Rp 45.489
Cutter Suction Dredger	12	Rp 2.745.210.817,74	Rp 81.805
Grab Dredger	34	-	-

Berdasarkan Tabel 4.15 dapat disimpulkan bahwa metode keruk *Backhoe Dredger 2* adalah metode yang paling efektif dan efisien dalam pekerjaan pengerukan kali ini. Hal ini disebabkan karena metode ini memiliki durasi kerja dan biaya yang paling sedikit disbanding metode lainnya.

(*Halaman ini sengaja dikosongkan)*

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisis yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pelaksanaan pekerjaan pengerukan akan dilaksanakan sepanjang dermaga kolam Belawan yaitu 250 m, dengan lebar pengerjaan sebesar 30 m, dan kedalaman 4 m dari *Low Water Spring (LWS)* atau muka air laut surut terendah., dan diperoleh volume material keruk adalah sebesar 33.557,91 m^3.
2. Metode pengerukan yang dapat dilaksanakan pada pekerjaan pengerukan kolam labuh pelabuhan Belawan ini adalah *Backhoe Dredger*, *Grab Dredger/Clamshell* dan *Cutter Suction Dredger*.
3. Metode pengerukan yang paling efektif dan efisien untuk dilakukan pada pekerjaan pengerukan kolam labuh pelabuhan Belawan ini adalah *Backhoe Dredger* 2 dari perusahaan A dengan durasi kerja selama 12 hari dan total biaya sebesar Rp 1.526.543.790,18.

5.2 Saran

Berikut ini adalah saran-saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya:

1. Melakukan analisis stabilitas lereng dan menghitung *slope* lereng sehingga diperoleh nilai volume area keruk yang lebih akurat.
2. Memperbanyak referensi biaya yang digunakan selama pekerjaan pengerukan.
3. Pada penelitian berikutnya, ada baiknya apabila dilakukan analisis mengenai metode lain untuk mengurangi biaya pengerukan rutin tiap tahunnya.

(*Halaman ini sengaja dikosongkan)*

DAFTAR PUSTAKA

Adlin, Ilham. 2017. "Analisa Pemilihan Metode Pengerukan di Area Tertutup Canal Water Intake PLTU Banten 3 Lontar". **Tugas Akhir Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**. Tidak Dipublikasikan.

Andinuari, Fajar, dan Hesty Anita Kurniawati. 2018. "Desain Konsep Self-Propelled Backhoe Dredger untuk Operasi Wilayah Sungai Kalimas Surabaya". **Jurnal Teknik ITS 7**: G31-G35.

Anwas, Oos. M. 1994. **Bentuk Muka Bumi**. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Barrass, Bryan, dan Captain D. R. Derrett. 1999. **Ship Stability of Masters and Mates. 5th Edition**. Oxford: Elsevier Ltd.

Bray, Nick, dan Marsha Cohen. 2010. **Dredging for Development. 6th Edition**. Netherland: International Association of Dredging Companies (IADC).

Burgess, K. E., Anthony Grina, dan Aleks Roudnev. 2002. **Slurry Pumping Manual. 1st Edition**. Great Britain: Warman International Ltd.

Direktorat Kepelabuhanan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Kementerian Perhubungan. 2017. **Pedoman Teknis Pengerukan Alur Pelayaran dan/atau Kolam Pelabuhan**. Jakarta: Direktorat Kepelabuhanan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Kementerian Perhubungan.

Fadhli, Alfan, Agoes Santoso, dan Amiadji M.M. 2013. "Perancangan Sistem Permesinan Pada Trailing Suction Dredger (TSD) Sebagai Metode Pengerukan Di Pelabuhan". **Jurnal Teknik Sistem Perkapalan 1**: 1-7.

Fauziansyah, Rezki. 2019. "Analisis Pengerukan Kolam Labuh Tanjung Priok". **Jurnal Teknik Kelautan 1**: 53-57.

Fikri, Z.A., Budi Rahmawati, Ninik Paryati. 2014. "Analisis Kapasitas Produksi Excavator pada Proyek Perumahan Pertamina Cibubur". **Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Bekasi**: 57-67.

Firdaus, S.R., Siddhi Saputro, dan Alfi Satriadi. 2013. "Studi Pengerukan Alur Pelayaran Pelabuhan Tanjung Emas Semarang". **Jurnal Oseanografi 2**: 274-279.

Hambali, Yayuk. 2016. "Studi Karakteristik dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng-Kabupaten Bangka Barat". **Jurnal Fropil 4**: 165-174.

Kramadibrata, Soedjono. 2002. **Perencanaan Pelabuhan**. Bandung:Penerbit ITB.

Lutfie, Thomasonan. 2014. "Dredging Pekerjaan untuk Mengubah Bentuk Dasar Laut, Menuju Transportasi Laut yang Aman". **Jurnal Teknik Sipil**: 1-14.

Majid, Aufa Dzulfikar, dan Hesty Anita Kurniawati. 2018. "Desain Amphibious Dredger untuk Pengerukan Sungai Porong di Sidoarjo di Daerah Buangan Lumpur Lapindo". **Jurnal Teknik ITS 7**: G127-G132.

Menteri Perhubungan Republik Indonesia. 2014. **Peraturan Menteri Perhubungan No.78 Tahun 2014 tentang Standar Biaya Di Lingkungan Kementerian Perhubungan**. Jakarta: Menteri Perhubungan

Mulyono, Tri. 2016. **Rekayasa Fasilitas Pelabuhan**. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.

Nayyar, L. M. 1999. **Piping Handbook. Seventh Edition**. New York: McGraw-Hill Book Company.

Ponce, V. M. 1989. **Engineering Hydrology, Principles and Practise**. New Jersey: Prentice-Hall Inc.

Prasetyo, Adri H. 2014. "Perancangan Sistem Permesinan dan Sistem Penggerak pada Auger Cutter Suction Dredger (ACSD) Sebagai Metode Pengerukan di Waduk". **Jurnal Teknik Pomits 3**: F-85 – F-88.

Pullar, Andy, dan Stuart Hughes. 2009. **Dredging Methodoloy and Disposal Alternatives**. New Zealand: Port Otago Ltd.

Rauf, Abdul. 1998. **Teknik Eksplorasi**. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta.

Rochmanhadi. 1992. **Alat-Alat Berat dan Penggunaaannya**. Jakarta: YBPPU.

Sagala, Anthonyster. 2008. "Perancangan Instalasi Pendistribusian Air Minum Pada Perumnas Taman Putri Deli, Namorambe – Kabupaten Deli Serdang". **Tugas Akhir Universitas Sumatera Utara Medan**: 1-20.

Triatmodjo, Bambang. 2009. **Perencanaan Pelabuhan**. Yogyakarta: Beta Offset.

Vlasblom, Wim. 2003. **Introduction to Dredging Equipment**. Netherland: Delft University of Technology.

Wahyuni, Nurul, Haryo Dwito Armono, dan Sujantoko. 2013. "Analisa Laju Volume Sedimentasi di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS)". **Jurnal Teknik Pomits**: 1-6.

LAMPIRAN A
DATA BATHIMETRI KOLAM LABUH PELABUHAN BELAWAN

LAMPIRAN B

SPECIFIC GRAVITY TEST* DAN *GRAIN SIZE ANALYSIS

Geotechnic & Structure Engineering Centre *Soil Investigation, Foundation Design &* *Consultant Structure and Engineering Architecture* Jl. Bunga Sedap Malam VII No.19-F, Medan Telp. 0853 7197 7120	**SPECIFIC GRAVITY TEST** ***(GS)***	Bore No : BH-02 Depth : 9.50 m - 10.00 m Date of test : February 18, 2016 Test By : Claudya/Joshua Checked by : Ir. Simon Dertha, MT

No.		1	2
1	Wt. Flask + soil (W2)-gr	77.12	
2	Wt. Flask (W1)-gr	43.75	
3	Wt. Of soil (W2-W1)-gr	33.37	
4	Temperature (T)-°C	30.00	
5	Wt. Flask + water at temp. T (W4)-gr	145.04	
6	W2-W1+W4 - gr	178.41	
7	Wt. Of flask + soil + water at temp. T (W3)-gr	165.63	
8	Vol. Of soil : W2-W1+W4-W3 - cm^3	12.78	
9	Spesific Gravity (Gs)	2.61	
10	Avarage Spesific Gravity (Gs)	2.61	

Project : **Penataan Terminal Multi Purpose Pelabuhan Belawan**	**Location :** **Belawan - Sumut**	**Page :**

Geotechnic & Structure Engineering Centre
Soil Investigation, Foundation Design & Consultant Structure and Engineering Architecture
Jl. Bunga Sedap Malam VII No.19-F. Medan
Telp. 0853 7197 7120

ATTERBERG LIMITS TEST (ASTM D4318)

Project : Penataan Terminal Multi Purpose Pelabuhan Belawan

Location : Belawan, Sumut

Date of tested : 18 February 2016

Boring No. : BH-02

Tested by. : Claudya/Joshua

Depth : 9.50 m - 10.00 m

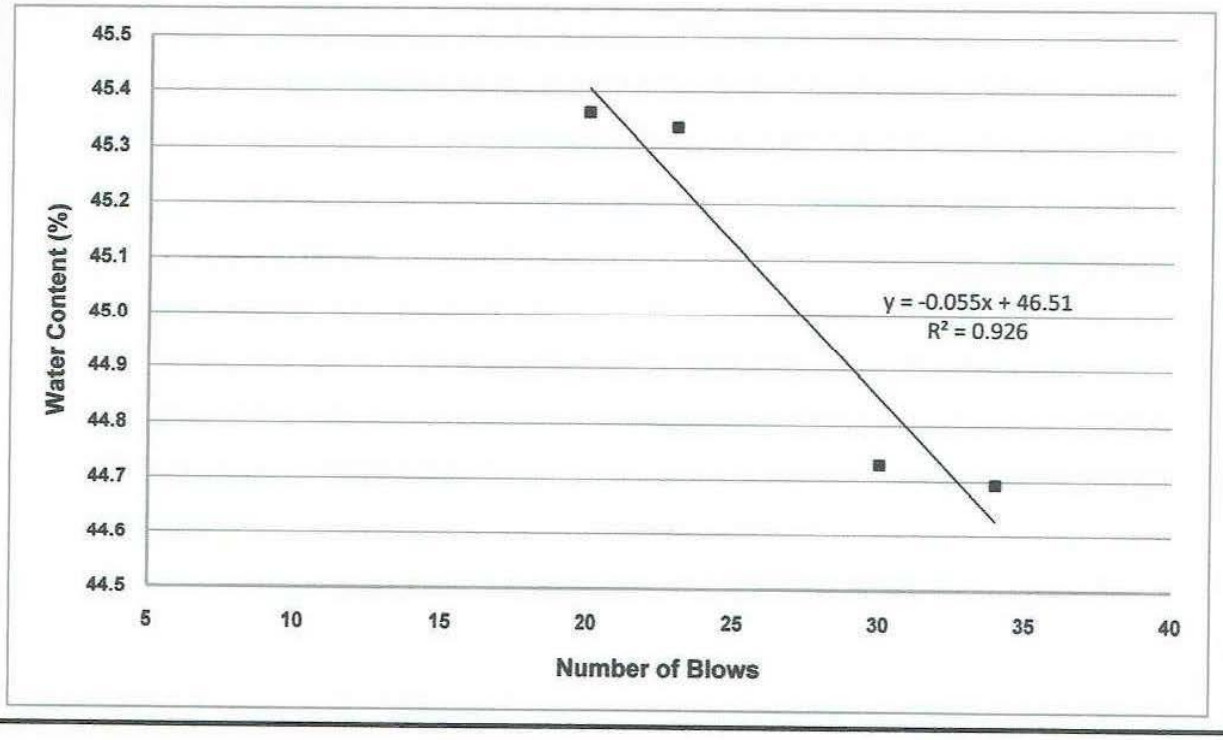
Check by. : Ir. Simon Dertha, MT

Water Content Determination	Liquid Limit, LL				Plastic Limit, PL	
Container Number	M1	M2	G1	C72	X1	C9
Number of Bows	20	23	30	34		
Wt. Wet Soil + Container, gr	54.81	48.90	41.69	39.95	7.93	8.31
Wt. Dry Soil + Container, gr	40.38	36.36	31.62	30.44	6.74	6.93
Wt. Water, gr	14.43	12.54	10.07	9.51	1.19	1.38
Wt. Container, gr	8.57	8.70	9.10	9.17	3.99	3.74
Wt. Dry Soil, gr	31.81	27.66	22.52	21.27	2.75	3.19
Water Content, %	45.36	45.34	44.73	44.69	43.27	43.26
Average, %					43.27	

Plasticity index, Ip = LL - PL

Liquid Limit = 45.135 %

Plasticity Index (Ip) = 1.87 %



Geotechnic & Structure Engineering Centre
Soil Investigation, Foundation Design &
Consultant Structure and Engineering Architecture
Jl. Dunga Sedap Malam VB No.19-F, Medan
Telp. 0853 7197 7128

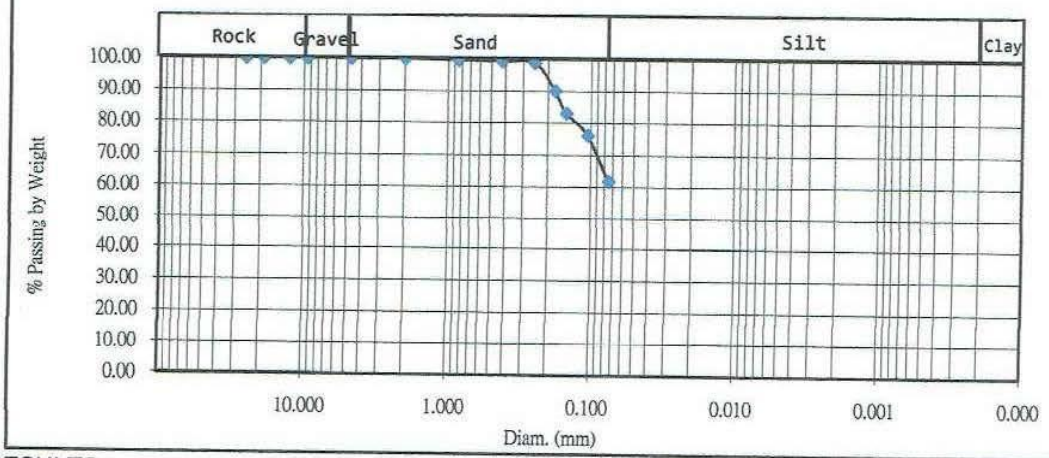
SIEVE ANALYSIS (ASTM D-422)

Project	: Penataan Terminal Multi Purpose Pelabuhan Belawan	Date of Tested	: 18 February 2016
Location	: Belawan, Sumut	Tested by	: Claudya/Joshua
Boring No	: BH-02	Checked by	: Ir. Simon Dertha, MT
Depth, m	: 9.50 m - 10.00 m		

Before Washing (Sieve No.200)	After Washed and Oven Dry	
Wt. Cont. + Soil, gr	Wt. Container + Dry Soil, gr	
Wt. Container, gr	Wt. Container, gr	
Wt. Soil, gr	Wt. Dry Soil, gr	375
	Washing Loss, gr	

Sieve Size	Sieve Opening mm	Wt. Soil Retained gr	Percent Retained %	Cum, Soil Retained %	Percent Finer %
1 in.	25.400		0.000	0.000	100.00
3/4 in.	19.050		0.000	0.000	100.00
1/2 in.	12.700		0.000	0.000	100.00
3/8 in.	9.525		0.000	0.000	100.00
#4	4.750	0.000	0.000	0.000	100.00
#10	2.000	0.000	0.000	0.000	100.00
#20	0.850	1.140	0.304	0.304	99.70
#40	0.425	1.310	0.350	0.654	99.35
#60	0.250	1.780	0.475	1.130	98.87
#80	0.180	32.720	8.740	9.869	90.13
#100	0.150	26.330	7.033	16.902	83.10
#140	0.106	25.550	6.824	23.727	76.27
#200	0.075	54.030	14.431	38.158	61.84
Pan		231.530	61.842	100.000	0.000
Total		374.390	100.000	Weight Error, %	0.16

Grain Size Analysis



RESULTS :

% Rock	: 0.00	D_{60} :		C_u : #DIV/0!	Liquid Limit	:	45.14
% Gravel	: 0.00	D_{30} :		C_c : #DIV/0!	Plastic Limit	:	43.27
% Sand	: 38.16	D_{10} :		GI : 2.25	Plasticity Index	:	1.87
% Finer	: 61.84	AASHTO Class	: A-5		Slightly Plastic		
% Silt	:	USCS Class	: ML				
% Clay	:	Description of Soil :					

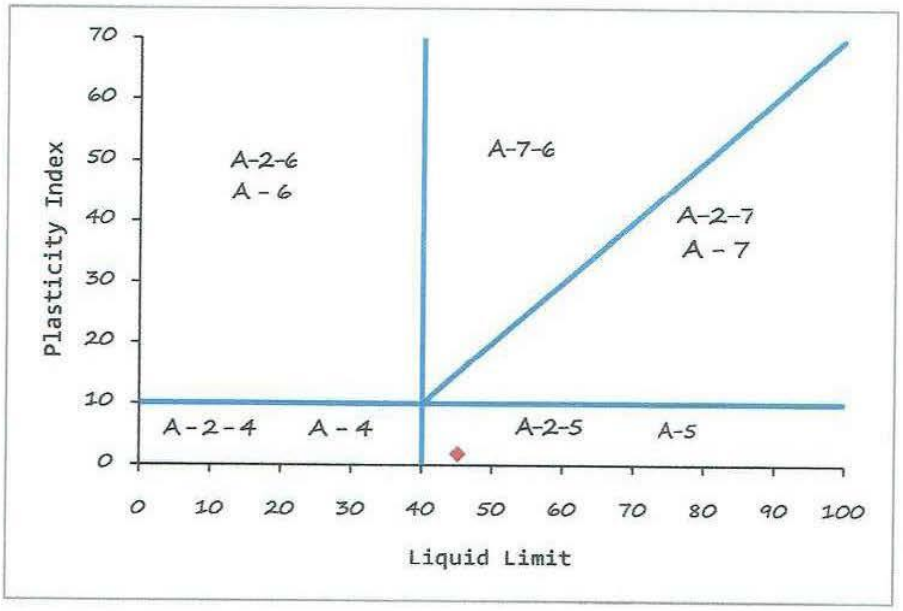
Silty Soils

Geotechnic & Structure Engineering Centre
Soil Investigation, Foundation Design &
Consultant Structure and Engineering Architecture
Jl. Dengo Sedap Malam VII No.15-F, Medan
Telp. 0852 7157 7126

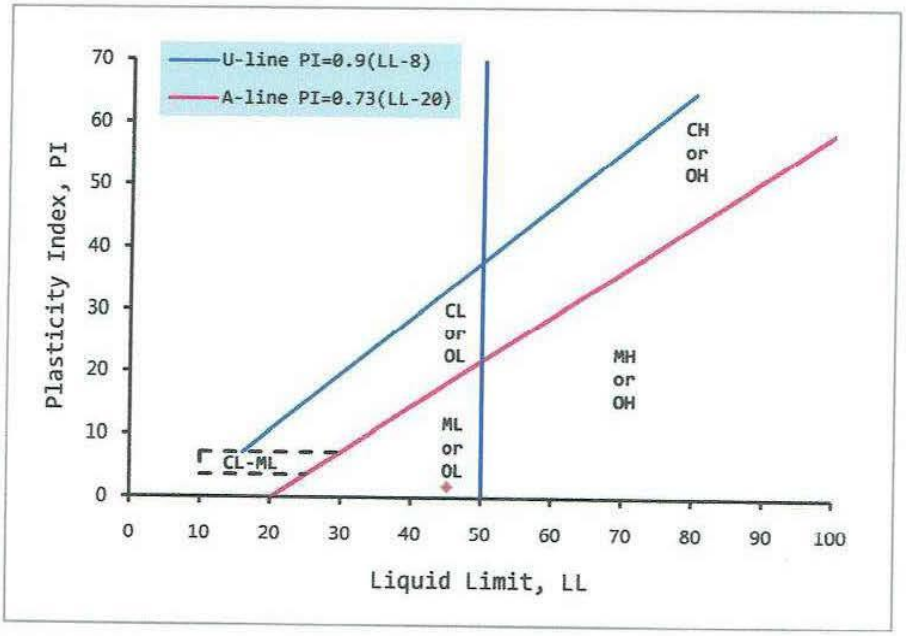
SIEVE ANALYSIS (ASTM D-422)

Project	: Penataan Terminal Multi Purpose Pelabuhan Belawan	Date of Tested	: 18 February 2016
Location	: Belawan, Sumut	Tested by	: Claudya/Joshua
Boring No	: BH-02	Checked by	: Ir. Simon Dertha, MT
Depth, m	: 9.50 m - 10.00 m		

Range of liquid limit and plasticity index for soils in groups A-2, A-4, A-5, A-6, and A-7 :



Plasticity chart of USCS :



LAMPIRAN C

PERHITUNGAN BIAYA

PERHITUNGAN BIAYA *BACKHOE DREDGER* 1

No.	Uraian	Unit	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Sewa Backhoe Dredger	1	0,5	bulan	Rp 216.000.000,00	Rp 108.000.000,00
2	Sewa Hopper Barge & Tug Boat	3	0,5	bulan	Rp 225.000.000,00	Rp 337.500.000,00
3	BBM Backhoe Dredger	1	12	hari	Rp 55.643.933,00	Rp 667.727.196,00
4	Pemeruman	1	12	hari	Rp 742.600,00	Rp 8.911.200,00
5	Air Tawar	1	12	hari	Rp 393.600,00	Rp 4.723.200,00
6	Insentif Keruk	1	12	hari	Rp 4.803.750,00	Rp 57.645.000,00
7	Makan ABK	1	12	hari	Rp 2.040.000,00	Rp 24.480.000,00
8	Gaji ABK	1	12	hari	Rp 5.950.000,00	Rp 71.400.000,00
9	Asuransi P&I Club Backhoe Dredger	1	12	hari	Rp 1.098.630,14	Rp 13.183.561,68
10	Asuransi P&I Club Barge	3	12	hari	Rp 112.328,77	Rp 4.043.835,72
11	Asuransi H&M Backhoe Dredger	1	12	hari	Rp 246.575,34	Rp 2.958.904,08
12	Asuransi H&M Barge	3	12	hari	Rp 164.383,56	Rp 5.917.808,16
13	Perawatan/Docking Backhoe Dredger	1	1	kali	Rp 6.849.315,07	Rp 6.849.315,07
14	Perawatan/Docking Barge	3	1	kali	Rp 4.109.589,04	Rp 12.328.767,12
15	Depresiasi Backhoe Dredger	1	1	kali	Rp 3.452.054,79	Rp 3.452.054,79
16	Depresiasi Barge	3	1	kali	Rp 1.808.219,18	Rp 5.424.657,54
17	Mobilisasi & Demobolisasi Backhoe Dredger	2	5	hari	Rp 1.352.800,00	Rp 13.528.000,00
					Sub Total	Rp 1.348.073.500,16
18	PPH	1	4	persen		Rp 53.922.940,01
19	PPN	1	10	persen		Rp 134.807.350,02
					Total	Rp 1.536.803.790,18

PERHITUNGAN BIAYA *BACKHOE DREDGER* 2

No.	Uraian	Unit	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Sewa Backhoe Dredger	1	0,5	bulan	Rp 198.000.000,00	Rp 99.000.000,00
2	Sewa Hopper Barge & Tug Boat	3	0,5	bulan	Rp 225.000.000,00	Rp 337.500.000,00
3	BBM Backhoe Dredger	1	12	hari	Rp 55.643.933,00	Rp 667.727.196,00
4	Pemeruman	1	12	hari	Rp 742.600,00	Rp 8.911.200,00
5	Air Tawar	1	12	hari	Rp 393.600,00	Rp 4.723.200,00
6	Insentif Keruk	1	12	hari	Rp 4.803.750,00	Rp 57.645.000,00
7	Makan ABK	1	12	hari	Rp 2.040.000,00	Rp 24.480.000,00
8	Gaji ABK	1	12	hari	Rp 5.950.000,00	Rp 71.400.000,00
9	Asuransi P&I Club Backhoe Dredger	1	12	hari	Rp 1.098.630,14	Rp 13.183.561,68
10	Asuransi P&I Club Barge	3	12	hari	Rp 112.328,77	Rp 4.043.835,72
11	Asuransi H&M Backhoe Dredger	1	12	hari	Rp 246.575,34	Rp 2.958.904,08
12	Asuransi H&M Barge	3	12	hari	Rp 164.383,56	Rp 5.917.808,16
13	Perawatan/Docking Backhoe Dredger	1	1	kali	Rp 6.849.315,07	Rp 6.849.315,07
14	Perawatan/Docking Barge	3	1	kali	Rp 4.109.589,04	Rp 12.328.767,12
15	Depresiasi Backhoe Dredger	1	1	kali	Rp 3.452.054,79	Rp 3.452.054,79
16	Depresiasi Barge	3	1	kali	Rp 1.808.219,18	Rp 5.424.657,54
17	Mobilisasi & Demobolisasi Backhoe Dredger	2	5	hari	Rp 1.352.800,00	Rp 13.528.000,00
					Sub Total	Rp 1.339.073.500,16
18	PPH	1	4	persen		Rp 53.562.940,01
19	PPN	1	10	persen		Rp 133.907.350,02
					Total	Rp 1.526.543.790,18

PERHITUNGAN BIAYA *CUTTER SUCTION DREDGER*

No.	Uraian	Unit	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Sewa Cutter Suction Dredger	1	0,5	bulan	Rp 450.000.000,00	Rp 225.000.000,00
2	Sewa Hopper Barge & Tug Boat	3	0,5	bulan	Rp 225.000.000,00	Rp 337.500.000,00
3	BBM Cutter Suction Dredger	1	12	hari	Rp 127.860.570,00	Rp 1.534.326.840,00
4	Pemeruman	1	12	hari	Rp 1.236.000,00	Rp 14.832.000,00
5	Air Tawar	1	12	hari	Rp 751.200,00	Rp 9.014.400,00
6	Insentif Keruk	1	12	hari	Rp 4.839.000,00	Rp 58.068.000,00
7	Makan ABK	1	12	hari	Rp 2.100.000,00	Rp 25.200.000,00
8	Gaji ABK	1	12	hari	Rp 6.585.833,33	Rp 79.029.999,96
9	Asuransi P&I Club Cutter Suction	1	12	hari	Rp 1.008.219,18	Rp 12.098.630,16
10	Asuransi P&I Club Barge	3	12	hari	Rp 112.328,77	Rp 4.043.835,72
11	Asuransi H&M Cutter Suction	1	12	hari	Rp 768.493,15	Rp 9.221.917,80
12	Asuransi H&M Barge	3	12	hari	Rp 164.383,56	Rp 5.917.808,16
13	Perawatan/Docking Cutter Suction	1	1	kali	Rp 35.780.821,92	Rp 35.780.821,92
14	Perawatan/Docking Barge	3	1	kali	Rp 4.109.589,04	Rp 12.328.767,12
15	Depresiasi Cutter Suction	1	1	kali	Rp 30.136.986,30	Rp 30.136.986,30
16	Depresiasi Barge	3	1	kali	Rp 180.821.918,00	Rp 5.424.657,54
17	Mobilisasi & Demobolisasi Cutter Suction	2	5	hari	Rp 1.015.500,00	Rp 10.155.000,00
					Sub Total	Rp 2.408.079.664,68
	PPH	1	4	persen		Rp 96.323.186,59
	PPN	1	10	persen		Rp 240.807.966,47
					Total	Rp 2.745.210.817,74

BIODATA PENULIS

Rafael Rulianto Marpaung lahir di kota Medan pada tanggal 14 Agustus 1997 yang merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis pernah menempuh pendidikan formal di TK Katolik Budi Murni 1 Medan, kemudian melanjutkan ke SDK St. Fransiskus Lawang, SMPS St. Paulus Sidikalang dan SMAN 2 Balige. Setelah lulus SMA, penulis diterima di Departemen Teknik Kelautan FTK ITS pada tahun 2014 melalui jalur SBMPTN. Di Departemen Teknik Kelautan ini penulis memilih bidang minat Teknik Pantai dan Pelabuhan.

Selama kuliah, penulis pernah menjadi staff Kajian Strategis Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FTK ITS 15/16. Selain itu, penulis juga aktif di organisasi kedaerahan di lingkup ITS yaitu menjadi Kepala Departemen Minat dan Bakat Mahasiswa Bona Pasogit (MBP) ITS 16/17. Pada tahun 2017, penulis juga berkesempatan mengikuti kerja praktik di bidang Fasilitas PT. Pelabuhan Indonesia I Persero selama 2 bulan.

Contact person: rafaelmarpaung1997@gmail.com