TUGAS AKHIR - MO184804

DESAIN SISTEM POMPA UNTUK MENGURANGI SEDIMENTASI PADA TERMINAL DOMESTIK PT TPS

AMMARA TANDHIARCHITA

NRP. 04311640000005

Dosen Pembimbing

Haryo D. Armono, S.T., M.Eng., Ph.D

Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

TUGAS AKHIR – MO 184804

DESAIN SISTEM POMPA UNTUK MENGURANGI SEDIMENTASI PADA TERMINAL DOMESTIK PT TPS

AMMARA TANDHIARCHITA

NRP. 04311640000005

Dosen Pembimbing :

Haryo D. Armono, S.T., M.Eng., Ph.D

Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2020

FINAL PROJECT – MO 184804

PUMP SYSTEM DESIGN TO REDUCE SEDIMENTATION AT DOMESTIC TERMINAL OF PT TPS

AMMARA TANDHIARCHITA

NRP. 04311640000005

Supervisors :

Haryo D. Armono, S.T., M.Eng., Ph.D

Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.

OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2020

DESAIN SISTEM POMPA UNTUK MENGURANGI SEDIMENTASI PADA TERMINAL DOMESTIK PT TPS

LEMBAR PENGESAHAN

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

Oleh:

AMMARA TANDHIARCHITA
NRP. 04311640000005

Disetujui oleh :

1. Haryo Dwito Armono S.T., M.Eng., Ph.D .....(Pembimbing I)

---

2. Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng ..... (Pembimbing II)

---

3. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.....(Penguji I)

---

4. Dr. Ir. Wahyudi, M,Sc. ..... (Penguji II)

SURABAYA, AGUSTUS 2020

DESAIN SISTEM POMPA UNTUK MENGURANGI SEDIMENTASI PADA TERMINAL DOMESTIK PT TPS

Nama	**:**	**Ammara Tandhiarchita**
NRP	**:**	**04311640000005**
Jurusan	**:**	**Teknik Kelautan FTK - ITS**
Dosen Pembimbing	**:**	**Haryo Dwito Armono S.T., M.Eng., Ph.D**
		Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.

ABSTRAK

Padatnya lalu lintas kapal dan *layout* dermaga yang tegak lurus terhadap arah datang arus dianggap kurang menguntungkan bagi dermaga aktif seperti dermaga domestik PT TPS karena sedimen selalu tertinggal di area tersebut. Sedimentasi yang cukup tinggi yaitu 100.217,08 m^3/tahun menyebabkan terganggunya kapal yang akan berlabuh di dermaga domestik PT TPS. Sistem pompa menggunakan tipe *submersible slurry pump* dengan menerapkan konsep *sand bypassing mobile system* dirancang untuk mengurangi sedimentasi pada terminal domestik PT TPS. Pembuangan sedimen menggunakan *floating pipe* dengan lokasi dumping terletak di darat. Dari ke-enam pilihan sistem pompa, didapatkan sistem yang paling efektif sesuai aspek teknis dan biaya adalah *slurry pump* 4 (DPF-75BH) dengan kapasitas 192 m^3/jam dapat menyelesaikan pengerukan selama 10 minggu sesuai opsi desain keruk 1 yaitu kedalaman -5 meter pada kade 45-120 meter, kedalaman -6 meter pada kade 120-250 meter, kedalaman -8 meter pada kade 250-450 meter, dan slope 1:10. Biaya untuk pengerukan ini sebesar Rp. 5.381.240.235,00.

Keyword : pompa, *sand bypassing*, sedimen, sistem, *submersible*

PUMP SYSTEM DESIGN TO REDUCE SEDIMENTATION AT DOMESTIC TERMINAL OF PT TPS

Name of Student	**:**	**Ammara Tandhiarchita**
Reg. Number	**:**	**04311640000005**
Department	**:**	**Ocean Engineering of MARTECH Faculty ITS**
Supervisors	**:**	**Haryo Dwito Armono S.T., M.Eng., Ph.D**
		Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.

ABSTRACT

The heavy traffic of ships and the piers structure layout that are perpendicular to the incoming current flow direction are considered less favorable for active piers like PT TPS's domestic pier because sediment is always left in those area. High sedimentation reached 100,217.08 m^3 per year causing disruption to ships that would berth at PT TPS's domestic pier. The system uses a submersible slurry pump type by applying the concept of a sand bypassing mobile is proposed to reduce sedimentation in the domestic terminal of PT TPS. Sediment disposal using floating pipes with dumping location located on land. From the six pump system options, the most effective system according to technical and cost aspects is the slurry pump 4 (DPF-75BH) with a capacity 192 m^3/hour can complete dredging for 10 weeks according to design option 1 that is -5 meters depth in kade 45-120 meters, -6 meters depth in kade 120-250 meters, -8 meters depth in kade 250-450 meters, and slope 1:10. The required cost for this option is Rp. 5.381.240.235,00.

Keyword : pump, sand bypassing, sediment, system, submersible

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Segala puji dan syukur alhamdulillah penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas berkat dan rahmat yang diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan judul "Desain Sistem Pompa Untuk Mengurangi Sedimentasi Pada Terminal Domestik PT TPS" dengan baik dan tepat waktu.

Adapun tugas akhir ini merupakan mata kuliah wajib yang disusun sebagai salah satu syarat guna mendapatkan gelar sarjana Strata I (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam tugas akhir ini dibahas mengenai desain sistem pompa yang tepat, efektif, dan ekonomis menggunakan konsep *sand bypassing* sebagai upaya untuk mengurangi sedimentasi yang terjadi pada terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya.

Penyusunan tugas akhir ini dilakukan penulis dengan sebaik-baiknya dengan harapan agar laporan ini dapat memberikan manfaat kepada penulis sendiri maupun pembaca sekalian. Penulis menyadari bahwa ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan dan akan sangat terbuka menerima kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Wassalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Surabaya, Agustus 2020

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam menyelesaikan pengerjaan dan penyusunan tugas akhir berjudul “Desain Sistem Pompa Untuk Mengurangi Sedimentasi Pada Terminal Domestik PT TPS”, penulis sangat membutuhkan dukungan dan bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberi bimbingan, dan dukungan, dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung. Adapun pihak tersebut antara lain :

1. Allah SWT yang selalu memberikan limpahan rahmat dan perlindungan sehingga penulis tetap dalam keadaan sehat dan dapat menyelesaikan tugas akhir ini di tengah pandemi Covid-19,
2. Orang tua dan keluarga besar penulis yang selalu mendoakan dan mendukung penulis dari segi mental maupun finansial,
3. Bapak Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr.Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini,
4. Bapak-bapak dosen penguji Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc., Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D yang telah memberi kritik, saran, dan masukan kepada penulis demi kesempurnaan tugas akhir ini,
5. Bapak Ir. Imam Rochani, M.Sc. selaku dosen wali dan Ibu Almh. Dirta Marina Chamelia S.T., M.T. selaku mantan dosen wali yang selalu membimbing penulis dalam pengambilan mata kuliah selama menjalani studi di Departemen Teknik Kelautan FTK ITS,
6. Seluruh dosen, tata usaha, dan karyawan Departemen Teknik Kelautan FTK ITS yang turut membantu penulis selama menjalani studi di Departemen Teknik Kelautan FTK ITS,
7. Bapak Suluh Tjahjono, Manager PT Terminal Petikemas Surabaya yang telah mengizinkan fasilitasnya dijadikan sebagai obyek penelitian dan Bapak Andi Kurniawan PT Rekabhumi Segarayasa Bestari yang telah membantu dalam pengumpulan data yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini,
8. Cut Putri Andriani dan Asih Astari sebagai sahabat penulis yang selalu ada dan memberi motivasi kepada penulis serta “Gerbong Squad” dan teman-teman

Adhiwamastya yang selalu menghibur dan menemani penulis selama menjalani proses perkuliahan 4 tahun di Departemen Teknik Kelautan tercinta,

9. Laboratorium Pantai dan Lingkungan Laut (LPLL) yang menjadi rumah kedua penulis beserta teknisi laboratorium dan para gradernya yang memberi banyak ilmu serta pengalaman kepada penulis,
10. Serta pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang turut membantu dalam menyelesaikan pengerjaan Tugas Akhir ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
KATA PENGANTAR vi
UCAPAN TERIMA KASIH vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR LAMPIRAN xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 4
1.4 Manfaat 4
1.5 Batasan Masalah 4
1.6 Sistematika Penulisan 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI 7
2.1 Tinjauan Pustaka 7
2.2 Dasar Teori 8
2.2.1 Sedimentasi 8
2.2.2 Konsep Penanggulangan Sedimentasi 12
2.2.3 Perhitungan Volume Sedimentasi 13
2.2.4 Pengerukan 16
2.2.5 *Sand Bypassing* 17
2.2.6 Klasifikasi Sistem *Sand Bypassing* 18
2.2.7 Pertimbangan Desain *Sand Bypassing* 21
2.2.8 Pompa Sentrifugal 25
2.2.9 Perhitungan Head Pompa 26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 35
3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian 35
3.2 Uraian Prosedur Penelitian 36

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN 39
4.1 Lokasi Obyek Studi 39
4.1.1 Kondisi Area Pengerukan 39
4.2 Perancangan Pengerukan 41
4.2.1 Desain Rencana Pengerukan 41
4.2.2 Lokasi Pembuangan Material Keruk (*Dumping Area*) 45
4.3 Perhitungan Laju dan Analisis Sedimentasi 46
4.3.1 Data Batimetri 46
4.3.2 Laju Sedimentasi 47
4.3.3 Pola Sedimentasi 48
4.4 Perhitungan Volume Sedimen 51
4.4.1 Perhitungan Menggunakan *Software Autocad Civil 3D 2018* 51
4.4.2 Perhitungan Manual 54
4.5 Perencanaan Tahapan Pengerukan 57
4.6 Data dan Spesifikasi Sistem Pompa 59
4.7 Analisis Kinerja Pompa 62
4.7.1 Head Statis 63
4.7.2 Head Tekanan 64
4.7.3 Head Kecepatan 64
4.7.4 Head *Loss Mayor* 66
4.7.5 Head *Loss Minor* 71
4.7.6 Head Loss Total 72
4.7.7 Head Sistem Pompa 73
4.7.8 Pengecekan Head 74
4.8 Perhitungan Durasi Kerja dan Biaya 75
4.8.1 Perhitungan Durasi Kerja 75
4.8.2 Perhitungan Penggunaan Bahan Bakar 77
4.8.3 Perhitungan Estimasi Biaya 78
4.8.4 Rencana Pemeliharaan Kedalaman 81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 85
5.1 Kesimpulan 85
5.2 Saran 85
DAFTAR PUSTAKA 87

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Lokasi dermaga domestik PT TPS 3
Gambar II.1 *Soil Texture Triangle* 10
Gambar II.2 Ilustrasi volume keruk 13
Gambar II.3 Contoh irisan melintang *section* 14
Gambar II.4 Aturan Simpson I 15
Gambar II.5 Aturan Simpson II 15
Gambar II.6 Skema metode *sand bypassing* 18
Gambar II.7 *Fixed bypassing plant* 22
Gambar II.8 *Jet pump enclosed nozzle* 23
Gambar II.9 *Submersible pump* 24
Gambar II.10 Diagram Moody 32
Gambar II.11 Grafik faktor gesekan untuk fluida non-Newtonian 32
Gambar III.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian 36
Gambar IV.1 Terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya 39
Gambar IV.2 Titik pengambilan sampel sedimen terminal domestik PT. TPS 40
Gambar IV.3 *Grain Size Analysis* sampel sedimen terminal domestik PT. TPS 40
Gambar IV.4 Desain rencana keruk terminal domestik PT TPS tampak atas 43
Gambar IV.5 Desain rencana pengerukan terminal domestik PT TPS tampak memanjang 43
Gambar IV.6 Lokasi *dumping area* 45
Gambar IV.7 Kontur batimetri terminal domestik PT. TPS bulan September 2019 46
Gambar IV.8 Perhitungan volume sedimen pada *Autocad Civil 3D 2018* 47
Gambar IV.9 Grafik volume dan laju sedimentasi pada terminal domestik PT TPS per periode 48
Gambar IV.10 Pembagian *long* dan *cross section* pada terminal domestik PT TPS 49
Gambar IV.11 *Long section* B 50
Gambar IV.12 *Cross section* 0+200 50
Gambar IV.13 Proses input batimetri ke Autocad Civil 3D 2018 52
Gambar IV.14 Pembuatan surface kontur eksisting 52
Gambar IV.15 Pembuatan desain rencana area keruk 53
Gambar IV.16 Hasil pembuatan *grading* 53
Gambar IV.17 Hasil perhitungan volume *cut and fill* pada *Autocad Civil 3D 2018* 54

Gambar IV.18 Pembagian station pada area keruk 55
Gambar IV.19 *Cross Section Area* pada *station* 0+200 meter 56
Gambar IV.20 *Layout* penempatan sistem pompa 58
Gambar IV.21 *Layout* sistem pembuangan material keruk 58
Gambar IV.22 Ilustrasi sistem pompa *submersible* 63
Gambar IV.23 Mencari harga *friction factor Fanning* 70

DAFTAR TABEL

Tabel IV.1 Data kapal terbesar di dermaga domestik PT TPS 41
Tabel IV.2 Koordinat Area Pengerukan 42
Tabel IV.3 Daftar *slope* dan *siltation rate* 44
Tabel IV.4 Kemiringan lereng standar 44
Tabel IV.5 Perhitungan laju sedimentasi pada terminal domestik PT. TPS per periode 47
Tabel IV.6 Perubahan kedalaman (m) per periode pada *long section* B 50
Tabel IV.7 Perbandingan hasil perhitungan volume keruk menggunakan dua metode 57
Tabel IV.8 Data *Slurry Pump* 60
Tabel IV.9 Data komponen pendukung sistem 61
Tabel IV.10 Data pipa pembuangan 62
Tabel IV.11 Pengecekan Head Sistem dengan Head Pompa 74
Tabel IV.12 Jadwal sandar kapal bulan Mei 2020 75
Tabel IV.13 Durasi Kerja Masing-masing Pompa 76
Tabel IV.14 Konsumsi BBM Masing-masing Pompa 77
Tabel IV.15 Estimasi Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 1 Opsi Desain Keruk 1 78
Tabel IV.16 Estimasi Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 2 Opsi Desain Keruk 1 79
Tabel IV.17 Estimasi Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 4 Opsi Desain Keruk 1 79
Tabel IV.18 Estimasi Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 1 Opsi Desain Keruk 2 80
Tabel IV.19 Estimasi Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 2 Opsi Desain Keruk 2 80
Tabel IV.20 Estimasi Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 4 Opsi Desain Keruk 2 81
Tabel IV.21 Rata-rata pendangkalan per bulan 82
Tabel IV.22 Waktu yang dibutuhkan untuk *maintenance dredging* 83
Tabel IV.23 Biaya *Maintenance Dredging* per bulan menggunakan *Slurry Pump* 4..... 83

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DATA *GRAIN SIZE ANALYSIS* .....
LAMPIRAN B DATA BATIMETRI.....
LAMPIRAN C *LONG* DAN *CROSS SECTION* .....
LAMPIRAN D PERUBAHAN KEDALAMAN PER PERIODE .....
LAMPIRAN E *CROSS SECTION AREA*.....
LAMPIRAN F PERHITUNGAN MANUAL VOLUME KERUK .....
LAMPIRAN G JADWAL SANDAR KAPAL BULAN MEI 2020 .....
LAMPIRAN H PERHITUNGAN BIAYA .....

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia disebut sebagai negara maritim dimana pelayaran merupakan sektor penting yang dapat menunjang kelancaran kegiatan di bidang lain. Kelancaran tersebut tentunya didukung oleh adanya alur pelayaran yang berfungsi memberi informasi jalan kepada kapal untuk memasuki wilayah pelabuhan dengan aman dan mudah. Salah satu alur pelayaran penting di Indonesia yaitu Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS). Alur pelayaran ini dibuka untuk mempermudah manuver kapal-kapal besar dari Laut Utara Jawa yang akan melakukan kegiatan bongkar muat maupun naik turun penumpang di beberapa terminal Pelabuhan Tanjung Perak. Pada kawasan Tanjung Perak terdapat dermaga khusus yang melayani kegiatan bongkar muat petikemas. Dermaga tersebut dikelola oleh PT Terminal Petikemas Surabaya (TPS) sebagai operator terminal petikemas dan tergabung dalam Pelindo III Group. Dermaga PT TPS dibagi menjadi dua yaitu terminal domestik dan terminal internasional. Terminal Petikemas Surabaya (TPS) sendiri menjadi gerbang utama kegiatan ekspor-impor di wilayah Indonesia Timur yang terletak di bagian utara Kota Surabaya.

Padatnya aktivitas lalu lalang kapal-kapal besar yang akan melakukan kegiatan di suatu pelabuhan sering menyebabkan banyak permasalahan. Masalah yang sering terjadi pada hampir semua pelabuhan adalah adanya pengendapan sedimen yang menyebabkan pendangkalan alur pelayaran. Permasalahan ini dapat menghambat kegiatan operasional dan kenyamanan sektor usaha pelayaran termasuk pelaku usaha perdagangan. Begitupun yang terjadi pada dermaga domestik PT TPS, dimana terjadi sedimentasi yang cukup besar. Laju pendangkalan pada Agustus 2016 di terminal domestik PT TPS adalah 0,01372 m/hari (Iskandar, 2018). Tingkat sedimentasi yang cukup tinggi di terminal domestik PT TPS disebabkan oleh struktur dermaga yang dibangun tegak lurus terhadap arah datang arus. Selain itu, kondisi lingkungan sekitar TPS yang kurang menguntungkan, dimana berdekatan dengan muara Kali Mas dan Kali Lamong yang menjadi sumber utama masukan sedimen ke lingkungan dermaga TPS (Fahrudin, 2018). Untuk itu perlu dilakukan perawatan intensif agar produktivitas dermaga tetap terjaga. Hal tersebut dapat dicapai dengan pemeliharaan kedalaman dengan kegiatan pengurangan sedimentasi. Secara sederhana, pengurangan sedimentasi dapat dilakukan dengan melakukan pengerukan.

Penelitian terkait pengerukan telah banyak dilakukan di berbagai lokasi yang mengalami masalah pendangkalan. Pada tugas akhir Purmitasari (2014) membahas mengenai metode pengerukan yang tepat diaplikasikan pada Alur Pelayaran Barat Surabaya sebagai upaya untuk memelihara kedalaman alur pelayaran. Kemudian didapatkan hasil bahwa kapal TSHD kapasitas 9.535 m^3 yang cocok digunakan melakukan pengerukan di APBS. Sebagai upaya *maintenance dredging*, Fauziansyah (2018) membahas pemilihan metode pengerukan yang tepat pada kolam labuh Tanjung Priok dan didapatkan hasil bahwa kapal keruk TSHD juga yang dirasa paling tepat digunakan. Sedangkan Febriyanti (2019) mengambil lokasi di Pelabuhan PLTU 2 Jateng Adipala sebagai objek tempat yang akan dianalisis dan Susanti (2019) mengambil lokasi di area PLTU Suralaya. Hasil yang didapatkan adalah sama yaitu kapal keruk jenis TSHD. Adapula armada keruk yang terpilih untuk diterapkan pada Alur Pelayaran menuju Jetty PT. Pertamina RU III, Plaju adalah tipe CSD (Ginting, 2019). Adlin (2017) memperkirakan terdapat 2 metode yang mungkin dapat diterapkan pada PLTU Banten 3 Lontar yaitu *sand pump* dan *cutter suction dredger* (CSD), dan didapatkan hasil bahwa *sand pump* dinilai paling efektif dan ekonomis.

Selain pengerukan menggunakan kapal keruk, metode *sand bypassing* juga dapat dijadikan solusi untuk menyelesaikan masalah pendangkalan. Metode *sand bypassing* dijadikan alternatif penyelesaian untuk permasalahan tertutupnya alur pelayaran akibat sedimentasi muara di desa Kramat, Kabupaten Tegal melalui kegiatan survei lapangan (Zikra, 2009). Adapula kajian tentang teknologi *sand bypassing* untuk menanggulangi sedimentasi dan erosi Pantai Bengkulu atau Pelabuhan Pulau Baai dengan analisis laboratorium teknik dilakukan untuk mendapatkan besarnya angkutan sedimen (*litoral transport*) sepanjang pantai pelabuhan (Hamdani, 2013). Penelitian tersebut menawarkan metode *tower crane* sebagai salah satu teknologi *sand bypassing* untuk menangani permasalahan yang ada. Penelitian serupa juga dilakukan untuk pemeliharaan alur pelayaran pada Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu dengan metode *sand bypassing* menggunakan pompa (Nasution & Kartohardjono, 2019). Sedangkan untuk menanggulangi sedimentasi pada terminal domestik PT TPS sudah dilakukan kajian menggunakan metode *sand bypassing water based mobile system* yaitu kapal keruk *cutter suction dredger* 450, namun biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan sistem tersebut cukup besar yaitu dua kali lipat biaya pengerukan tradisional (Iskandar, 2018).

Permasalahan sedimentasi yang cukup besar di dermaga domestik PT TPS mengharuskan adanya upaya pemeliharaan kedalaman. Selama ini upaya tersebut dilakukan dengan cara tradisional, yaitu pengerukan menggunakan kapal keruk Clamshell atau TSHD. Namun metode pengerukan dengan kapal keruk memiliki beberapa kelemahan, yaitu terganggunya kegiatan operasional pelabuhan akibat kapal yang bekerja, anggaran biaya besar, dan alat kerja bersifat sewa (Nasution & Kartohardjono, 2019). Oleh karena itu, dicari metode alternatif yang lebih efisien dan efektif untuk mengatasi kelemahan tersebut. Dalam penelitian ini dibahas mengenai pemilihan desain sistem pompa menggunakan konsep *sand bypassing*, meliputi penempatan, lokasi buang, dan model pompa yang tepat sehingga diharapkan mampu mengurangi sedimentasi yang tinggi di dermaga domestik PT TPS. Lokasi dermaga domestik PT Terminal Petikemas Surabaya terlihat pada Gambar I.1.

Gambar I.1 Lokasi dermaga domestik PT TPS
(Sumber : *Google Earth*, 2020)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis merumuskan masalah yang akan menjadi fokusan bahasan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa laju sedimentasi yang terjadi pada terminal domestik PT TPS?
2. Bagaimana desain sistem pompa yang tepat untuk mengurangi sedimentasi pada terminal domestik PT TPS?
3. Berapa biaya yang dibutuhkan untuk pengadaan sistem pompa untuk mengurangi sedimentasi pada terminal domestik PT TPS?

1.3 Tujuan

Dari rumusan masalah yang ingin dianalisis, tujuan yang ingin dicapai antara lain :

1. Menghitung laju sedimentasi yang terjadi pada terminal domestik PT TPS
2. Merancang desain sistem pompa yang tepat untuk mengurangi sedimentasi pada terminal domestik PT TPS
3. Menghitung biaya yang dibutuhkan untuk pengadaan sistem pompa untuk mengurangi sedimentasi pada terminal domestik PT TPS

1.4 Manfaat

Manfaat utama dari penyusunan penelitian ini adalah dapat merancang desain sistem pompa yang tepat menggunakan konsep *sand bypassing* untuk mengatasi sedimentasi pada terminal domestik PT TPS dengan mengetahui laju sedimentasi di daerah tersebut. Selanjutnya, keberadaan penelitian ini juga diharapkan dapat dijadikan referensi bagi perusahaan yang bergerak di bidang pengerukan atau pengelola pelabuhan, khususnya PT TPS serta para pembaca yang berminat agar dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya. Manfaat lainnya dari penyusunan penelitian ini adalah dapat mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan bidang yang dipelajari dengan harapan agar hal tersebut dapat berguna bagi masyarakat dan lingkungan sekitar.

1.5 Batasan Masalah

Berikut ini adalah beberapa batasan masalah yang menjadi bahan kajian dalam penelitian ini agar lebih difokuskan pada topik permasalahan yang ingin dibahas.

1. Lokasi yang ditinjau hanya pada terminal domestik PT TPS.
2. Data yang digunakan adalah data sekunder yang didapatkan dari PT Rekabhumi Segarayasa Bestari dan PT Terminal Petikemas Surabaya meliputi data batimetri secara berkala dan data tanah.
3. Desain sistem pompa menggunakan konsep metode *sand bypassing* tipe *mobile system.*
4. Perlakuan aliran *slurry* diasumsikan sama seperti aliran air.
5. Aspek yang dipertimbangkan adalah aspek biaya dan teknis.
6. Perancangan desain sistem pompa tidak memperhitungkan dampak sosial.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir dilakukan secara sistematis dengan tujuan untuk mempermudah pembaca memahami masalah yang dibahas pada tugas akhir ini. Oleh karena itu, sistematika penulisan tugas akhir disusun sebagaimana berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab pertama ini berisi tentang pendahuluan yang meliputi beberapa hal, antara lain latar belakang, rumusan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan yang menjabarkan garis besar dari tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Dalam bab kedua ini berisi tentang penelitian-penelitian terkait dengan topik tugas akhir yang sudah pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang kemudian dijadikan referensi tugas akhir, serta berisi tentang dasar teori yang digunakan untuk memecahkan masalah yang dibahas pada tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ketiga ini berisi mengenai uraian tahapan pengerjaan tugas akhir dimulai dari mencari referensi terkait, pengumpulan data, hingga pemecahan rumusan masalah dan menjawab tujuan melalui analisis yang dilakukan.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam bab keempat ini berisi tentang analisis dan pembahasan terhadap pengolahan data dan perhitungan dari data yang ada menggunakan rumus-rumus perhitungan yang sudah dijelaskan pada dasar teori.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab terakhir ini berisi hasil dan kesimpulan setelah melakukan analisis pada tugas akhir ini serta saran yang diberikan oleh penulis kepada peneliti selanjutnya maupun pembaca sekalian.

(halaman sengaja dikosongkan)

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Secara alami, erosi dan sedimentasi pada suatu lokasi tidak akan terjadi kecuali terdapat hambatan pada sekitar lokasi tersebut seperti bangunan pelindung pantai. Hambatan tersebut yang menjadikan sistem tidak seimbang sehingga terjadi sedimentasi dimana kapasitas sedimen yang masuk lebih besar dari kapasitas sedimen seimbang dalam satuan waktu. Keadaan seimbang dapat dicapai apabila kapasitas sedimen yang masuk pada suatu lokasi atau titik sama dengan kapasitas sedimen yang keluar dalam satuan waktu tertentu (Saud, 2008). Transpor sedimen memiliki peran penting dalam menyelesaikan masalah tersebut. Pengetahuan mengenai sedimen transpor ini berguna untuk memperkirakan kecepatan dan laju sedimentasi sehingga dapat digunakan untuk memperkirakan metode yang tepat dalam penanganan masalah sedimentasi.

Sand bypassing merupakan salah satu metode untuk mengurangi sedimentasi. Metode ini banyak dibangun di pantai-pantai Amerika Serikat dan Australia sejak 1950. Menurut Boswood (2001), terdapat tiga macam sistem *sand bypassing* yaitu *water based mobile system, land based mobile system*, dan *fixed system*. Pada dasarnya sistem *mobile* mencakup seluruh cara yang dapat dipindahkan dengan mudah untuk mencapai berbagai lokasi di area *bypassing*. *Water based mobile system* dapat menggunakan kapal keruk untuk mengambil dan menyimpan pasir, sedangkan *land based mobile system* dapat menggunakan pompa yang dipasang di atas trailer. *Fixed system* merupakan sistem yang membutuhkan penentuan lokasi *bypassing* atau bisa juga dibangun sebuah struktur untuk menompang pipa dan pompa.

Metode *sand bypassing* menggunakan *fixed system* telah dibangun di Sungai Nerang, Queensland, Australia sejak tahun 1986. *Sand bypassing* ini dibangun dengan tujuan untuk mencegah erosi pada Pulau Stradbroke bagian selatan dan pembentukan bar baru di inlet Sungai Nerang. *Sand bypassing* yang dibangun pada Sungai Nerang, Australia menggunakan pompa jet yang dipasang terendam sekitar 33 *feet* di bawah permukaan laut rata-rata. Pengoperasian digunakan 4-7 pompa jet, namun menurut pengalaman operasional menunjukkan penggunaan 3-5 pompa jet lebih efektif. Pompa jet dipasang dengan jarak 100 *feet* pada *trestle* sepanjang 1.600 *feet* yang terletak di

selatan dermaga. Pasir bergerak dari selatan menuju perangkap dan dipompa melalui pipa di bawah pintu masuk ke sebelah utara. Sistem ini dikendalikan oleh komputer dan memiliki kapasitas untuk memompa pasir dengan kapasitas nominal sekitar 335 hingga 580 m^3 per jam dan kinerja pengoperasian 3,15 kWh/m^3 (USACE, 1991).

Pada penelitian sebelumnya, Hamdani (2013) mengkaji teknologi *sand bypassing* menggunakan *tower crane* untuk menanggulangi sedimentasi dan erosi di Pelabuhan Pulau Baai dengan analisis laboratorium teknik dilakukan untuk mendapatkan besarnya angkutan sedimen (*litoral transport*) sepanjang pantai pelabuhan. Penelitian serupa dilakukan juga oleh Nasution & Kartohardjono (2019), membahas tentang *sand bypassing* menggunakan pompa untuk pemeliharaan alur pelayaran pada Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu. Sistem ini menggunakan pompa jenis *sandpump* 200 c/w *inlet* 10" sepanjang 490 meter dengan kapasitas 230 m^3/jam untuk material air-pasir 70%-30%.

Iskandar (2018) membahas mengenai metode *sand bypassing water based mobile system* untuk menanggulangi sedimentasi pada terminal domestik PT TPS. Sistem *sand bypassing* menggunakan kapal keruk damen *cutter suction dredger* 450 yang diletakkan pada terminal domestik pada 0 meter sepanjang 100 meter melintang kearah laut. Sedimen langsung dikirim dari kapal menuju tempat penampungan sementara melalui pipa sepanjang 850 meter. Biaya yang dibutuhkan jika menggunakan sistem tersebut adalah Rp. 310.830,00/m^3.

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai desain sistem pompa menggunakan konsep *sand bypassing mobile system* yang akan diaplikasikan pada terminal domestik PT TPS. Pemilihan *sand bypassing* tipe *mobile system* adalah karena lokasi yang ditinjau merupakan dermaga aktif. Sehingga dibutuhkan sistem yang tidak mengganggu kegiatan bongkar muat kapal. Sedangkan penggunaan *sand bypassing fixed system* dinilai tidak cukup efektif untuk mengurangi sedimentasi di daerah tersebut karena kesulitan dalam penempatan pompa. Hal ini diharapkan menjadi solusi yang lebih efektif, efisien, dan ekonomis untuk mengatasi kelemahan metode *sand bypassing* lainnya.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sedimentasi

Sedimentasi adalah peristiwa pengendapan material batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin (Khatib, et al., 2013). Sedimentasi dan erosi merupakan hubungan sebab akibat, karena ada kalanya terjadinya erosi pada suatu tempat tidak

dapat mengembalikan tempat tersebut pada bentuk semula karena material pembentuknya terbawa arus ke tempat lain. Material tersebut kemudian mengendap pada daerah yang lebih tenang seperti muara sungai, teluk, pelabuhan, dan sebagainya. Pengendapan disebabkan oleh berkurangnya kekuatan pengangkutan sehingga sedimen tidak dapat berpindah secara keseluruhan dan sempurna. Sedimen yang terendap mempunyai beberapa manfaat namun jika terlalu banyak dapat mengakibatkan kerugian. Salah satunya apabila terjadi pengendapan di sekitar kolam pelabuhan maka akan menghambat kegiatan operasional kapal (Susanti, 2019).

2.2.1.1 Distribusi Ukuran Sedimen

Distribusi ukuran butir sedimen merupakan salah satu sifat sedimen yang penting untuk diperhatikan. Distribusi ukuran butir biasanya dianalisis dengan saringan dan dipresentasikan dalam bentuk kurva persentase berat kumulatif. Ukuran sedimen dapat mempengaruhi proses transpor sedimen sehingga akan mempengaruhi besar kecilnya kemungkinan terjadinya erosi atau abrasi. Ukuran butir median D_{50} adalah paling banyak digunakan untuk ukuran butir pasir. Untuk mengukur derajat penyebaran ukuran butiran terhadap nilai rerata sering digunakan koefisien S_0 yang didefinisikan sebagai rumus berikut ini :

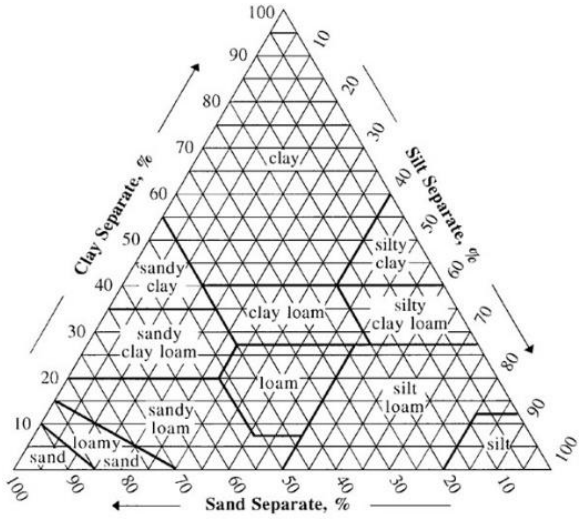
$$S_0 = \sqrt{D_{75}/D_{25}} \qquad (2.\ 1)$$

Apabila $1{,}0<S_0<1{,}5$ ukuran butir pasir seragam, untuk $1{,}5<S_0<2{,}0$ penyebaran ukuraan pasir sedang, sementara untuk $2{,}0<S_0$ berarti gradasi ukuran pasir bervariasi. Material sangat halus seperti lumpur dan lempung yang merupakan sedimen kohesif (Triatmodjo, 1999).

Klasifikasi sedimen menurut USDA dibagi menjadi 12 jenis, yaitu *sand, loamy sand, sandy loam, loam, silt loam, silt, sandy clay loam, clay loam, silty clay loam, sandy clay, silty clay, dan clay*. Klasifikasi tersebut didasarkan atas persentase kandungan *sand, silt,* atau *clay* dalam sedimen. Gambar 2.1 merupakan *soil texture triangle* yang berfungsi untuk menentukan jenis sedimen.

Menurut Ginting (2019), jenis sedimen memengaruhi nilai *slope* pengerukan, dimana *slope* merupakan kemiringan tanah. *Slope* merupakan parameter penting untuk penentuan penampang kolam pelabuhan yang mempengaruhi volume pengerukan. Semakin landai *slope* maka akan semakin stabil karena kelongsoran material tanah keruk pada lereng dapat diminimalisir, namun mengakibatkan penambahan volume pengerukan (Febriyanti, 2019). Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis kestabilan

kemiringan tanah menggunakan data dari hasil survei geoteknik untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor.



Gambar II.1 *Soil Texture Triangle*
(Sumber : nrcs.usda.gov)

2.2.1.2 Kecepatan Endap Sedimen

Kecepatan endap merupakan kecepatan yang diperlukan oleh partikel sedimen untuk dapat terdeposisi di dasar sungai atau laut. Untuk sedimen non kohesif, kecepatan endap dihitung dengan rumus Stokes yang tergantung pada rapat massa sedimen, viskositas air, dimensi dan bentuk partikel sedimen. Sedangkan untuk sedimen kohesif, kecepatan endap dipengaruhi oleh banyak faktor seperti konsentrasi sedimen suspensi, salinitas, dan diameter partikel. Kecepatan endap meningkat cepat dengan salinitas sampai pada $2^{o}/_{oo}$ kemudian konstan. Diameter butir sedimen berpengaruh terhadap proses flokulasi, yaitu fenomena dimana resultan gaya permukaan yang bekerja pada partikel sedimen adalah dominan gaya tarik, maka partikel akan berkumpul dan membentuk kumpulan sedimen yang disebut flokon dengan dimensi yang lebih besar dari pada partikel sedimen individu. Semakin kecil diameter butir sedimen maka semakin besar flokulasi (Triatmodjo, 1999).

Analisis hidrometer selain bertujuan untuk menentukan ukuran butir sedimen suspensi juga bermaksud untuk menentukan kecepatan mengendap butir-butir tanah di dalam air dengan menggunakan hukum Stoke. Kecepatan mengendap dari butir-butir tanah akan berbeda-beda, tergantung dari ukuran butir tanah tersebut. Ukuran butir yang lebih besar dan lebih berat akan mengalami sedimentasi (mengendap) terlebih dahulu dengan kecepatan mengendap lebih besar dari butiran yang lebih kecil dan

ringan (Khatib, et al., 2013). Apabila butir tanah dianggap berbentuk bulat, kecepatan endap dapat dihitung menggunakan rumus (SNI 3423:2008) :

$$V = \frac{1}{18}\frac{Dg}{\eta}(\gamma_s - \gamma_w) \quad (2.\ 2)$$

Dimana :

D = diameter butir (mm)

g = gravitasi

V = kecepatan mengendap butir-butir tanah (cm/detik)

γ_s = berat isi butir (gram/cm^3)

γ_w = berat isi air (gram/cm^3)

η = kekentalan air (gram-detik/cm^2)

2.2.1.3 Transpor Sedimen

Transpor sedimen pantai adalah gerak sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya (Triatmodjo, 1999). Daerah yang dipengaruhi oleh transpor sedimen adalah antara garis pantai hingga diluar daerah gelombang pecah. Menurut Triatmodjo (1999), transpor sedimen pantai dapat dibedakan menjadi dua, yaitu transpor sedimen menuju dan meninggalkan pantai (*onshore-offshore transport*) yang posisi alirannya cenderung tegak lurus dengan garis pantai dan transpor sedimen sepanjang pantai *(longshore transport)* yang posisi alirannya cenderung mengikuti kontur garis pantai. Transpor sedimen dapat dipengaruhi oleh interaksi antara pasang surut, angin, arus, gelombang, jenis dan ukuran sedimen, serta adanya bangunan di daerah pantai.

Pergerakan sedimen melalui beberapa tahapan dengan diawali teraduknya material sedimen dari dasar hingga tersuspensi, atau terangkutnya material sedimen non-kohesif dari dasar laut. Selanjutnya material tersebut berpindah secara horizontal hingga jatuh dan mengendap lagi di dasar. Masing-masing tahapan tergantung pada gerakan air dan karakteristik sedimen yang terangkut. Pada daerah pesisir, transpor sedimen terjadi akibat kombinasi energi gelombang dan arus. Gelombang bersifat mengangkat material dan mengaduknya, sedangkan arus bersifat memindahkan material ke tempat lain (Pratikto, Armono, & Suntoyo, 1996).

2.2.1.4 Laju Sedimentasi

Menurut Hambali dan Apriyanti (2016), pada praktik di lapangan, muatan sedimen, debit sedimen, dan laju transpor sedimen sering dikatakan sebagai suatu hal

yang sama. Hal itu dikarenakan prediksi transpor sedimen berhubungan dengan perkiraan laju transpor sedimen dalam kondisi aliran seimbang. Laju sedimentasi adalah jumlah hasil sedimen per satuan luas daerah tangkapan air (DTA) atau daerah aliran sungai (DAS) per satuan waktu (dalam satuan ton/ha/tahun atau mm/th) (Supangat, 2014). Sedangkan debit sedimen adalah perkalian antara debit (m^3/s) dengan konsentrasi sedimen (mg/l). Konsentrasi sedimen merupakan banyaknya sedimen yang tersuspensi dalam satuan volume air tertentu.

2.2.2 Konsep Penanggulangan Sedimentasi

Upaya penanggulangan sedimentasi harus memperkirakan arah datang dam laju sedimen terlebih dahulu. Prediksi sedimentasi untuk area pelabuhan melibatkan 2 hal yaitu aliran transpor sedimen yang mendekati kolam labuh tergantung pada aliran, gelombang, properti sedimen dan efisiensi perangkap sedimen yang bergantung pada ukuran, karakteristik sedimen (Van Rijn, 1993). Bentuk penanggulangan sedimentasi menyesuaikan dengan kondisi lingkungan, kondisi arus, dan tipe sedimen. Upaya penanggulangan sedimentasi dapat dibagi menjadi 3 kategori yaitu (Al Hakim, et al., 2009) :

a. Metode dengan Menahan Aliran Sedimen

Metode ini digunakan untuk mencegah agar sedimen tidak dapat mengalir dengan beberapa cara, yaitu menstabilkan sumber sedimen, membelokkan arah aliran sedimentasi, memasang perangkap sedimen (*sediment trapper*). Pembelokan arah aliran sedimentasi dilakukan dengan cara membuat struktur rekayasa penahan sedimen dengan posisi struktur hampir tegak lurus terhadap arah aliran transpor sedimen di daerah pantai. Pada salah satu sisi struktur penahan akan menjadi titik konsentrasi pengendapan sedimen dan di sisi lain akan terjadi erosi. Perangkap sedimen merupakan cekungan yang sengaja dibuat untuk menangkap sedimen karena melambatnya kecepatan aliran air sehingga tidak mampu memindahkan sedimen dan mengendap. *Sediment trapper* biasanya ditempatkan di luar area pelabuhan pada titik yang berpotensi terjadinya sedimentasi. Sedangkan pada pelabuhan yang mempunyai *sediment trapper*, *maintenance dredging* hanya dilakukan pada lokasi *sediment trapper* saja, tidak menyeluruh pada alur pelayaran atau terminal pelabuhan.

b. Metode dengan Menjaga Sedimen Tetap Mengalir

Metode ini menjaga sedimen tetap bergerak di dalam aliran air ketika melewati sebuah pelabuhan atau muara sungai dengan beberapa cara, yaitu membuat struktur yang dapat menjaga kecepatan aliran arus, membuat struktur yang mampu

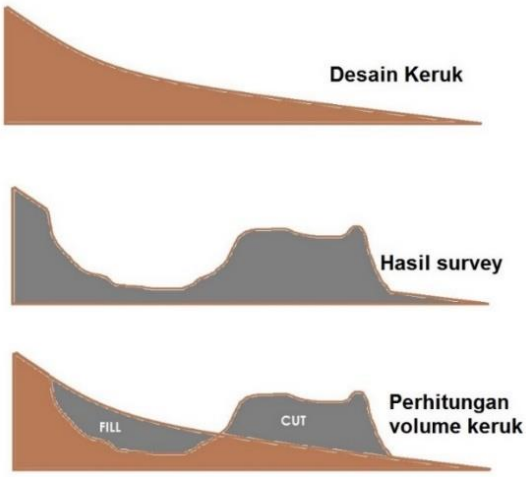
meningkatkan gaya geser aliran air untuk menggerakkan material kasar yang berada di dasar, dan mendesain peralatan yang dapat menjaga pergerakan sedimen agar tetap mengendap.

c. Metode Pembersihan Endapan Sedimen

Metode ini dilakukan dengan cara mengeruk (d*redging*) sedimen atau dengan melakukan pengadukan sedimen (*agitation*), sehingga sedimen yang mengendap dapat bercampur kembali dan terangkut oleh aliran air. Metode pengerukan termasuk metode yang banyak digunakan karena dianggap efektif, namun hanya bertahan pada periode tertentu. Sedangkan metode pengadukan sedimen hanya cocok diterapkan pada kondisi daerah yang mempunyai aliran cepat dan butiran sedimen halus. Dampak yang ditimbulkan oleh metode pengadukan yaitu mempengaruhi kekeruhan air (*turbidity*) sehingga penerapan metode ini hendaknya lebih dipertimbangkan.

2.2.3 Perhitungan Volume Sedimentasi

Perhitungan volume sedimen dapat menggunakan cara *overlay* batimetri eksisting (*upper surface*) dan batimetri rencana pengerukan (*lower surface*) sehingga didapatkan hasil positif volume dan negatif volume (Purmitasari, 2014). Hasil yang didapat berupa volume *cut* dan volume *fill*. Volume *cut* merupakan volume area yang berada di atas rencana pengerukan, sedangkan volume *fill* adalah volume area kosong yang ada dibawah rencana pengerukan. Sehingga volume sedimen yang akan dikeruk ditunjukkan oleh volume *cut*. Pada berbagai *software* yang dapat membantu menghitung volume keruk juga menggunakan istilah volume *cut* dan *fill*. Untuk mempermudah pemahaman mengenai volume *cut* dan *fill*, dapat dilihat ilustrasi volume keruk pada Gambar II.2.

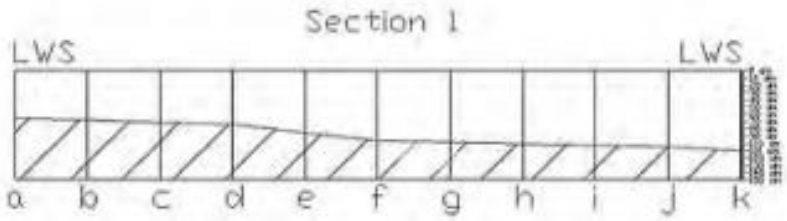


Gambar II.2 Ilustrasi volume keruk

Terdapat banyak metode untuk menghitung volume sedimentasi, seperti metode *cross section area*, metode *grid*, metode *trapezoid*, metode *borrow pit*, dan lain sebagainya. Metode-metode tersebut yang kemudian menjadi dasar dari cara kerja beberapa perangkat lunak atau *software* untuk dapat menghitung volume keruk. Beberapa *software* yang dapat membantu menyelesaikan perhitungan volume keruk antara lain Autocad Civil 3D, Surfer, Hypack, dan lain-lain. Berikut ini penjelasan *metode cross section area* dan *software Autocad Civil 3D* :

2.2.3.1 Metode *cross section area*

Perhitungan volume sedimen menggunakan metode *cross section area* dilakukan dengan cara membuat irisan melintang yang diambil tegak lurus terhadap sumbu proyek dengan interval jarak tertentu dan sama untuk tiap irisannya. Pada Gambar II.3 terlihat contoh irisan melintang yang selanjutnya dihitung luasan setiap penampang untuk mengetahui volume tanah antara dua penampang (Febriyanti, 2019). *Section* merupakan ruang antara 2 *station*. Untuk mengetahui luasan penampang dapat dilakukan menggunakan bantuan *tools hatch* pada *software* Autocad.



Gambar II.3 Contoh irisan melintang *section*
(Sumber : Adlin, 2017)

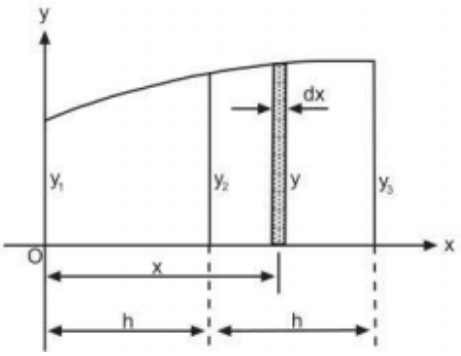
Setiap penampang pada *cross section area* tidak selalu memiliki luas dan volume yang beraturan, sehingga digunakan aturan Simpson untuk mempermudah perhitungan. Semakin rapat interval jarak antar pias maka semakin akurat hasil yang didapatkan.

- Aturan Simpson I

Pada aturan ini diasumsikan bahwa kurva merupakan parabola orde ke dua yang persamaannya berdasarkan koordinat sumbu $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$, dimana a_0, a_1, a_2 adalah konstan. Pada Gambar II.4 ditunjukkan gambar dari parabola orde dua yang mana y_1, y_2, dan y_3 merupakan 3 ordinat dengan jarak h yang sama.

Luas dari area yang diarsir adalah ydx, sedangkan luas daerah yang dibatasi oleh kurva dan sumbu adalah sebagai berikut.

$$A = h/3\ (y_1 + 4y_2 + y_3) \qquad (2.\ 3)$$



Gambar II.4 Aturan Simpson I
(Sumber : Adlin, 2017)

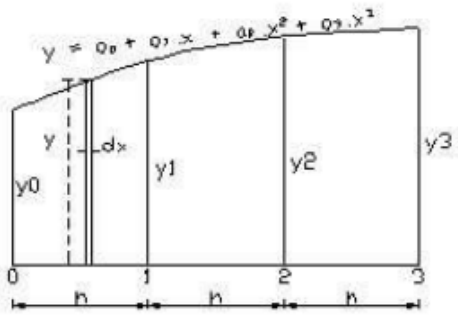
Persamaan diatas juga dapat digunakan untuk mencari volume dengan luasan tak tentu yaitu dengan cara mengganti y dengan a yang merupakan area untuk mencari volume sebagaimana persamaan 2.4 berikut.

$$V = h/3\ (a_1 + 4a_2 + a_3) \qquad (2.\ 4)$$

Dimana : h = jarak tiap potongan (m), a = luas tiap potongan (m^2)

- Aturan Simpson II

Rumus pendekatan luas bidang lengkung dengan aturan Simpson II adalah rumus luas untuk 4 (empat) ordinat yaitu: y_0, y_1, y_2 dan y_3 atau jika jumlah ordinat lebih banyak dapat dikatakan, rumus pendekatan ini digunakan untuk menghitung luas bidang lengkung pada setiap jarak ordinat (h) kelipatan 3 seperti yang tertera pada Gambar II.5.



Gambar II.5 Aturan Simpson II
(Sumber : Adlin, 2017)

Dari hasil penurunan diatas, didapatkan persamaan mencari luas yaitu :

$$A = 3/8\ h\ (y_1 + 3y_2 + 3y_3 + y_4) \qquad (2.\ 5)$$

Persamaan diatas juga dapat digunakan untuk mencari volume dengan luasan tak tentu yaitu dengan cara mengganti y dengan a yang merupakan area untuk mencari volume sebagaimana persamaan 2.6 berikut.

$$V = 3/8\ h\ (a_1 + 3a_2 + 3a_3 + a_4) \quad (2.\ 6)$$

Dimana :

h = jarak tiap potongan (m)

a = luas tiap potongan (m^2)

2.2.3.2 *Software Autocad Civil 3D*

AutoCAD adalah perangkat lunak komputer CAD (*Computer Aided Design*) untuk menggambar 2D dan 3D yang dikembangkan oleh Autodesk. Autocad Civil 3D merupakan contoh software khusus untuk pemodelan atau desain konstruksi struktur bangunan. Tidak hanya konstruksi bangunan saja, *software* ini juga dapat digunakan dalam pembuatan kontur perpetaaan wilayah yang ingin dibuat peta dari hasil survei lapangan. Dari kontur tersebut dapat ditampilkan bentuk tiga dimensinya berupa permukaan (*surface*) kemudian dihitung volumenya.

Software Autocad Civil 3D yang digunakan adalah versi Autocad Civil 3D 2018 dengan lisensi menggunakan *student version* yang dapat diakses secara gratis melalui website resmi Autodesk (https://www.autodesk.com/education/edu-software/). Software ini di unduh dari web resmi Autodesk di atas pada 20 Januari 2020. *Surface* adalah representasi geometris tiga dimensi dari suatu area, sedangkan volume adalah perbedaan komposit antara dua *surface* (Autodesk, 2019). *Surface* terdiri dari segitiga atau kisi yang dibuat dengan menghubungkan titik-titik yang membentuk data tersebut. Dalam *surface* terdapat batas yang mendefinisikan area permukaan yang terlihat maupun yang dimasukkan dalam perhitungan volume. Dalam Autocad Civil 3D, proses pembuatan permukaan bersifat inkremental, dimana setiap penambahan atau perbaikan data maka permukaan akan diperbarui.

2.2.4 Pengerukan

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 52 Tahun 2011 Bab 1 Pasal 1 tentang pengerukan dan reklamasi, pengerukan adalah pekerjaan mengubah bentuk dasar perairan untuk mencapai kedalaman dan lebar yang dikehendaki atau untuk mengambil material dasar perairan yang digunakan untuk keperluan tertentu.

Secara teknis, pengerukan adalah kegiatan merelokasi sedimen bawah air untuk pembangunan dan pemeliharaan saluran air, tanggul, dan prasarana transportasi laut, serta untuk perbaikan tanah atau reklamasi sehingga pengerukan menjadi penopang pembangunan dan pengembangan sosial, ekonomi, dan restorasi lingkungan (Adlin, 2017).

Pengerukan sendiri memiliki beberapa tujuan menurut Bray (1979) yaitu :

- Untuk mengambil material dari bawah air dengan tujuan membuat kedalaman yang lebih pada sungai, danau, atau laut;
- Mengisi kekosongan baik di dalam air atau di darat, dengan material yang diambil dari bawah air;
- Mengganti material bawah air; mendapatkan material untuk konstruksi;
- Mengembangkan lingkungan.

Menurut Bray dan Cohen (2010), tahap-tahap proses pengerukan adalah sebagai berikut :

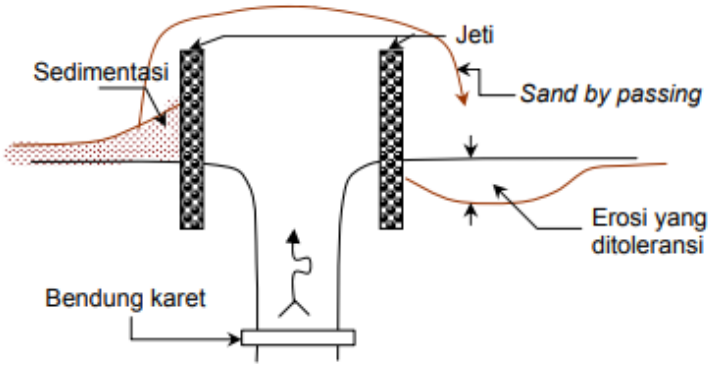
- Penggalian (*excavation*);
- Transport vertikal (*vertical transport*);
- Transport horizontal (*horizontal transport*);
- Pembangunan atau penggunaan material kerukan.

Metode pengerukan merupakan prosedur atau cara yang dilakukan untuk melakukan proses pengerukan. Metode pengerukan dapat dilakukan melalui beberapa cara, seperti menggunakan sistem hidrolis, pengerukan dengan cangkram, pengerukan dengan timba, dan dengan sistem *sand bypassing*, atau sistem lainnya. Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan metode pengerukan, antara lain material yang dikeruk, lokasi yang akan dikeruk, volume pengerukan, dan lain sebagainya. Untuk material keruk yang keras seperti karang, pengerukan dapat dilaksanakan dengan penggalian karang, peledakan karang, atau pemecahan karang, kemudian dilakukan pemindahan material keruk secara normal. Namun metode peledakan karang tidak direkomendasikan untuk dilakukan dan apabila dilakukan harus mendapat rekomendasi dari institusi yang berwenang karena dampak yang ditimbulkan cukup berbahaya bagi ekosistem di sekitarnya.

2.2.5 *Sand Bypassing*

Sand bypassing merupakan metode untuk memperbaiki kerusakan pantai dengan memindahkan material dasar pantai atau sedimen dari daerah yang terakresi ke daerah yang tererosi yang ditimbulkan akibat pengaruh bangunan pelindung pantai menggunakan cara tertentu (Departemen Pekerjaan Umum, 2004). Ilustrasi sederhana skema metode *sand bypassing* yang dibangun pada jetty dapat dilihat pada Gambar II.6, dimana pasir di*bypass* dari daerah yang terjadi sedimentasi ke daerah yang terjadi erosi. Menurut Pratikto dkk. (2013) dalam buku Stuktur Pelindung Pantai, *sand*

bypassing dapat digunakan untuk stabilisasi bagian pantai sepanjang inlet dengan ataupun tanpa jetty untuk menambah kekurangan *supply* sedimen yang diambil dari bagian hulu (*updrift*). Jika transportasi sedimen sejajar pantai (*longshore sediment transport*) dominan dalam satu arah, maka adanya penghalang atau bangunan perlindung pantai dapat menyebabkan akresi pada *updrift* dan erosi pada *downdrift*. Sistem *sand bypassing* adalah salah satu jenis proses pemeliharaan pasir buatan, yang dapat digunakan untuk mengurangi efek erosi negatif yang diakibatkan oleh konstruksi pemecah gelombang dan mencoba mereproduksi gerakan alami sedimen yang sebelumnya (Coelho, et al., 2010).



Gambar II.6 Skema metode *sand bypassing*
(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2004)

Sistem *sand bypassing* beroperasi dengan prinsip sederhana yang terdiri dari pengerukan, pengangkutan, dan penyimpanan pasir. *Sand bypassing* dapat ditempatkan di tempat dimana sedimen selalu bergerak dan terkonsentrasi disitu, serta dirancang untuk beroperasi pada tempat dimana *litoral drift* akan bergerak ke sana. Sistem tersebut dapat diposisikan melewati dermaga pelabuhan dan pemecah gelombang di area konsentrasi sedimen. Sistem *sand bypassing* dapat beroperasi secara kontinu atau secara berkala (Loza, 2008). Operasi secara kontinu bertujuan untuk menggantikan pergerakan sedimen alami di sepanjang pantai. Sedangkan sistem operasi berkala biasanya hanya beroperasi jika akan perlu digunakan atau apabila titik kritis tercapai. Contoh dari operasi secara berkala adalah dengan menggunakan kapal keruk dimana kapasitas area penyimpanan sangat mempengaruhi jadwal operasi.

2.2.6 Klasifikasi Sistem *Sand Bypassing*

Menurut Loza (2008), sistem *sand bypassing* dapat dikelompokkan berdasarkan tujuan, mobilitas-fleksibilitas, mode operasi, jadwal operasi, dan kapasitas.

A. Tujuan

Tujuan perancangan sistem *sand bypassing* adalah untuk mengurangi erosi pada downdrift atau akresi pada updrift dan menstabilkan alur pelayaran. Mengurangi erosi lebih mudah dilakukan dengan *sand bypassing* daripada mengurangi biaya perawatan saluran navigasi (USACE, 1991).

B. Mobilitas-Fleksibilitas

Mobilitas didefinisikan sebagai kemudahan sistem dapat menjangkau berbagai area di lokasi proyek. Mobilitas juga mencerminkan fleksibilitas sistem dalam bereaksi terhadap perubahan kondisi, baik operasional maupun fisik (USACE, 1991). Berdasarkan mobilitas-fleksibilitas, *sand bypassing* dibagi menjadi dua, yaitu :

- *Fixed system,* dimana sistem ini menempatkan *plant* fisik secara tetap pada suatu lokasi. Contohnya adalah sistem pompa keruk yang ditempatkan pada suatu struktur.
- *Mobile system,* sistem ini memungkinkan *plant* fisik dapat dipindahkan dengan mudah untuk menjangkau berbagai area yang ditinjau. Contohnya adalah kapal keruk apung.

C. Mode operasi

Mode operasi sistem sand bypassing dibagi menjadi dua yaitu interception mode dan storage area mode (USACE, 1991).

- *Interception mode*

  Mode intersepsi beroperasi dengan prinsip bahwa *litoral drift* akan bergerak ke tempat yang telah ditentukan dan biasanya ditempatkan pada tempat dimana sedimen paling banyak terkonsentrasi pada titik itu. Agar dapat berfungsi dengan baik, sistem mode intersepsi harus mampu beroperasi pada laju transpor sedimen jangka pendek di lokasi proyek. Sistem mode intersepsi paling cocok untuk lokasi di mana volume *drift* dan jalur transportasi dapat diprediksi dengan tingkat akurasi yang tinggi. Desain tergantung pada perkiraan volume material litoral yang berpindah ke sistem.

- *Storage area mode*

  Mode ini membutuhkan tempat untuk digunakan sebagai tempat penyimpanan. Tempat tersebut biasanya berupa *trap* yang dibuat agar litoral drift yang melewati trap dengan laju drift dibawah rata-rata dapat

terakumulasi pada trap tersebut. Dengan kapasitas penyimpanan yang memadai, sistem tersebut dapat dirancang untuk operasi berkala jangka panjang. Sistem ini membutuhkan lokasi dengan iklim gelombang yang ringan dan dapat dioperasikan pada beberapa lokasi seperti fillet akresi, alur/saluran masuk, di belakang *breakwater* atau *jetty*.

D. Jadwal operasi

Menurut USACE (1991), sistem *sand bypassing* menurut jadwal operasi dapat dikelompokkan menjadi dua cara, yaitu secara kontinu dan berkala.

- Kontinu

  Sistem *sand bypassing* secara kontinu dapat digunakan pada mode intersepsi maupun mode area penyimpanan. Pada mode intersepsi, jenis operasi ini cocok dilakukan di daerah dengan tingkat drift relatif konstan. Sedangkan pada mode area penyimpanan, jenis operasi ini lebih disarankan karena mode area penyimpanan dinilai lebih fleksibel dan kurang dipengaruhi oleh *litoral drift* jangka pendek.

- Berkala

  Sistem *sand bypassing* menggunakan jenis operasi ini apabila sistem memiliki kapasitas penyimpanan yang cukup besar. Biasanya sistem hanya beroperasi ketika diperlukan, misalnya dengan menggunakan kapal keruk untuk menghilangkan sedimentasi di suatu lokasi.

E. Kapasitas

Ketika menghitung kapasitas sistem *bypass*, yang paling penting diketahui adalah bahwa volume sedimen keruk tidak sama dengan volume yang dikeluarkan karena faktor bulkage (Loza, 2008). Pasir yang dikeruk biasanya memiliki tingkat pemadatan dengan hanya sedikit rongga. Namun, karena sedimen dicampur dengan air untuk transportasi, volume yang dikeluarkan akan lebih besar daripada yang dikeruk. Dalam sistem intersepsi, volume *bypass* secara konstan diukur di fasilitas pemompaan. Volume-volume ini kemudian diperiksa topografis/batimetri secara berkala di area pembuangan untuk memverifikasi efisiensi sistem. Ketika area pengerukan ditentukan dan *bypass* dilakukan oleh sistem bergerak (kapal keruk atau lainnya), survei batimetri dilakukan sebelum dan setelah operasi di kedua area pengerukan dan pembuangan untuk memverifikasi volume sedimen yang sebenarnya.

2.2.7 Pertimbangan Desain *Sand Bypassing*

Hal terpenting yang harus diperhatikan dalam merencanakan sistem sand bypassing adalah jumlah sedimen yang melintasi inlet atau pelabuhan. Selain itu, analisis sumber sedimen yang tersedia dan pergeseran litoral sangat penting untuk perkiraan parameter desain. Pasang surut, gelombang dan badai juga mempengaruhi secara signifikan jumlah pasir yang mencapai lokasi yang ditinjau dan mempengaruhi mudah tidaknya penangkapan sedimen oleh sistem. Pilihan mode operasi sistem dan mobilitas juga sangat penting diperhitungkan untuk mencapai efisiensi maksimum (Loza, 2008).

Tidak hanya dari segi teknis, pendekatan terhadap perbandingan manfaat yang diharapkan dengan biaya yang dikeluarkan juga harus diperhitungkan (USACE, 1991). Manfaat didefinisikan sebagai tercapainya tujuan dari dibangunnya sistem sand bypassing yaitu untuk mengurangi sedimen. Selanjutnya, faktor ekonomi menjadi kekuatan pendorong dibalik optimasi teknik. Kemampuan untuk menentukan sistem yang paling hemat biaya sangat tergantung pada kemampuan untuk memprediksi kinerja efektif berbagai sistem dalam situasi tertentu. Pengalaman masa lalu dan kinerja sistem yang serupa harus dipelajari untuk memberikan dasar untuk pemilihan dan evaluasi sistem.

Analisis biaya untuk desain *sand bypassing* meliputi perkiraan biaya konstruksi, perkiraan biaya operasi tahunan, dan perkiraan biaya perbaikan tahunan. Dalam menentukan kapasitas bypass tahunan dan memperkirakan biaya per meter kubik setiap opsi yang sudah ditentukan hendaknya memperhitungkan Effective Operating Time/EOT (Melton & Clausner, 2004). *Effective Operating Time* (EOT) adalah ukuran dari waktu aktual yang dihabiskan untuk memompa pasir, berlawanan dengan waktu kalender yang tersedia untuk *bypass*. Faktor-faktor yang berkontribusi pada waktu termasuk perbaikan, membersihkan puing-puing dari lokasi pemompaan, membersihkan penyumbatan dari jalur masuk dan memindahkan atau menyesuaikan titik pembuangan. EOT dapat dicari menggunakan persamaan berikut ini (Richardson & McNair, 1981).

$$EOT = (NOD \times HD)\,[1-CF] \qquad (2.\ 7)$$

Dimana NOD adalah jumlah hari operasi per tahun, HD adalah jumlah jam kerja pada hari operasi dan CF adalah faktor koreksi untuk *downtime*. Faktor koreksi (CF)

merupakan penjumlahan dari empat faktor koreksi, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$CF = RR + PB + ALM + RMP \quad (2.\ 8)$$

Dimana :

RR = faktor koreksi untuk perbaikan dan penggantian (÷100)

PB = faktor koreksi untuk penyumbatan pompa (÷100)

ALM = faktor koreksi untuk material yang hilang (÷100)

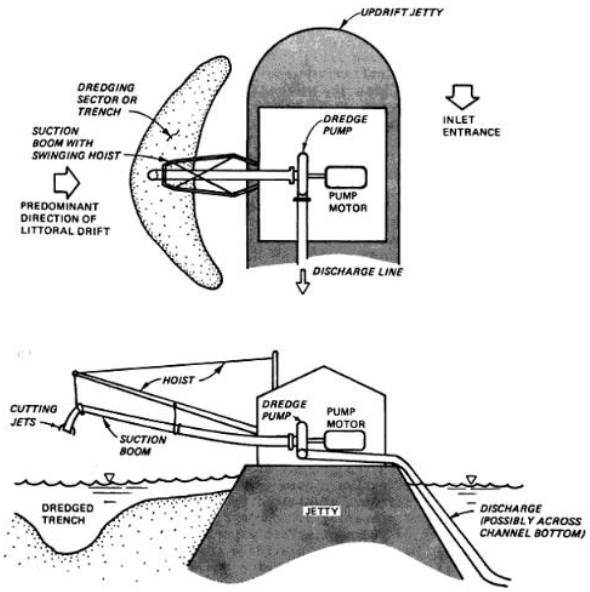
RMP = faktor koreksi untuk relokasi pompa mobile (÷100)

2.2.7.1 Desain Struktural *Sand Bypassing*

Berikut penjelasan berbagai peralatan dan pertimbangan desain struktural untuk *sand bypassing* dengan *fixed system* dan *mobile system* (USACE, 1991).

A. Fixed system

Sistem tetap pada dasarnya adalah sistem pengerukan stasioner yang dirancang, dibangun, dan dioperasikan untuk lokasi tertentu tanpa mobilitas. Pengoperasian sistem yang ditempatkan secara permanen cukup sederhana dibandingkan dengan sistem *bypass* lainnya. Pada Gambar II.7 menunjukkan gambaran sederhana *sand bypassing fuxed system*. Perkiraan biaya untuk sistem ini yang lebih akurat dapat ditentukan setelah desain hidraulik awal diselesaikan.

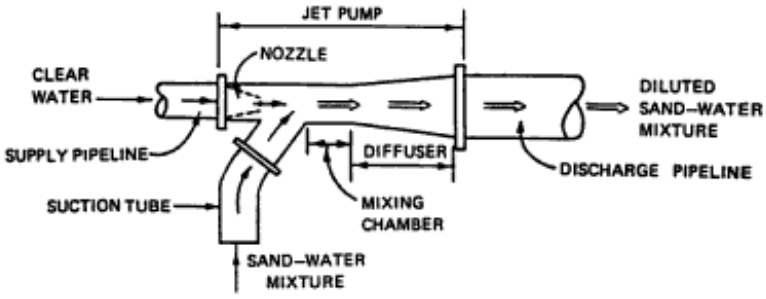


Gambar II.7 *Fixed bypassing plant*
(Sumber : USACE, 1991)

Komponen dari sistem *bypassing* dirancang sesuai dengan kondisi lokasi dan faktor-faktor lain seperti estetika dan ekonomi, namun berikut ini penjelasan peralatan dan struktur yang umum digunakan untuk *fixed system*.

Suction boom merupakan komponen pertama yang bersentuhan dengan bahan lumpur dan umumnya dibangun dari kombinasi pipa baja kaku dan selang fleksibel. Bagian yang fleksibel dalam moncong isap menyediakan gerakan vertikal dan lateral yang diperlukan untuk pengerukan sektor tertentu. Jet pemotong (jika digunakan) dapat dipasang pada moncong isap. Suction boom didukung oleh *swing hoist* dengan derek yang mampu menggerakkan boom di atas area pengerukan yang diinginkan. Boom hisap tidak berlaku untuk sistem pompa jet tetap.

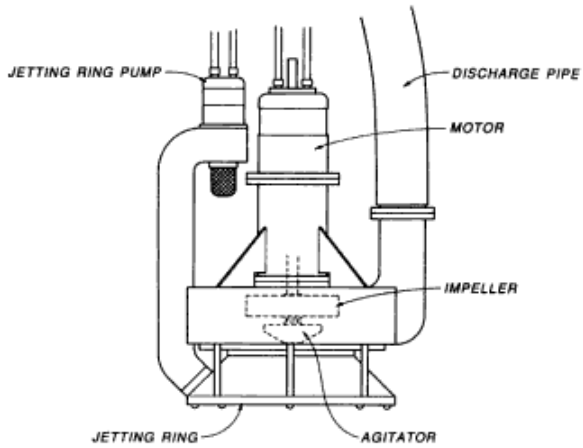
Pompa keruk biasanya berukuran sesuai dengan persyaratan desain produksi. Pompa *booster* dari jenis yang sama mungkin diperlukan, tergantung pada panjang garis debit. Terdapat dua jenis pompa, yaitu *jet pump* dan *submersible pump*. *Jet pump* adalah pompa bertenaga hidrolik tanpa bagian yang bergerak, menggunakan prinsip pertukaran momentum untuk bekerja. Pompa jet sederhana terdiri dari nosel pereduksi di bagian pipa yang diikuti oleh ruang pencampur dengan lubang isap dan diffuser. Bagian-bagian jet pump dapat dilihat pada Gambar II.8.



Gambar II.8 *Jet pump enclosed nozzle*
(Sumber : USACE, 1991)

Sedangkan *submersible pump* menjadi alternatif *jet pump* untuk sistem *bypassing* dalam situasi tertentu. Pompa bertenaga listrik atau hidrolik ini langsung diturunkan ke material yang akan dipompa. Gambar II.9 menunjukkan bagian-bagian submersible pump, yaitu *jetting ring pump, jetting ring, motor, discharge pipe, impeller*, dan *agitator*. Selain tindakan agitasi impeller, pompa *submersible* dapat dilengkapi dengan *jetting ring pump* untuk meningkatkan aliran pasir pada material yang dipadatkan dan cutterhead untuk membantu menghisap material kasar. Ukuran pompa ini tergolong kecil sekitar diameter 3 *feet* dengan panjang 3 *feet* dan beratnya

hingga 2.000 *pound*. Kecepatan transfer bisa mencapai 50-200 m^3 per jam dalam pasir halus hingga sedang. Pompa *submersible* sering membutuhkan pompa pendorong untuk jarak pembuangan lebih dari sekitar 2.000 *feet*.



Gambar II.9 *Submersible pump*
(Sumber : USACE, 1991)

Discharge line merupakan saluran yang digunakan untuk pembuangan dari pompa. Pada umumnya terbuat dari baja kaku atau pipa polietilen densitas tinggi sebagai alternatif. Pompa motor digunakan untuk instalasi stasioner menggunakan tenaga diesel atau listrik.

Housing structure adalah komponen yang diperlukan sebagai pelindung komponen lainnya dalam instalasi stasioner karena lokasi operasi yang tidak memungkinkan untuk dipindah. Pompa, motor, dan peralatan terkait lainnya yang terletak di ujung dermaga, misalnya, harus dilindungi dari gelombang tinggi dan gelombang badai.

B. Mobile system

Mobile system banyak menggunakan kapal keruk. Jenis kapal keruk yang dipilih untuk suatu proyek adalah fungsi dari kondisi dan persyaratan proyek. Pendekatan terkait pemilihan kapal keruk dapat berupa mengontrak pekerjaan pengerukan dan membeli kapal keruk. Kontrak adalah pendekatan paling sederhana dalam suatu proyek. Pemilihan kapal keruk untuk operasi bypass yang dikontrak terkadang diserahkan kepada kontraktor, meliputi volume spesifik kontrak, kedalaman, batasan waktu, daerah pembuangan, dan lain sebagainya. Sedangkan membeli kapal keruk merupakan langkah yang membutuhkan biaya cukup besar. Langkah ini dinilai efektif apabila memang suatu pengelola pelabuhan benar-benar membutuhkan untuk melakukan pendekatan jenis ini.

2.2.8 Pompa Sentrifugal

Pompa merupakan salah satu jenis mesin yang berfungsi untuk memindahkan zat cair dari tempat satu ke tempat lain, dimana mesin ini bekerja karena adanya perbedaan tekanan pada sisi masuk dan sisi keluar dari elemen yang bergerak (Saidah, 2017). Mesin ini juga mengubah tenaga mekanis dari tenaga penggerak menjadi tenaga kinetis/kecepatan. Dalam sistem *sand bypassing*, zat cair yang dipompa adalah *slurry*/lumpur encer sehingga jenis pompa yang cocok diaplikasikan adalah pompa sentrifugal tipe *submersible*.

Pompa sentrifugal menggunakan satu *impeller* atau lebih (dengan sudu-sudu) yang dipasang pada ujung poros yang berputar, sedangkan ujung yang lain dipasang kopling untuk meneruskan daya dari penggerak, serta diselubungi oleh sebuah *casing* (Adlin, 2017). Menurut Saidah (2017), pompa sentrifugal bekerja akibat adanya gaya sentrifugal yang disebabkan oleh daya yang diberikan ke poros pompa untuk memutar *impeller*. Gaya tersebut kemudian menyebabkan perbedaan tekanan antara sisi dalam dan luar *impeller* sehingga cairan akan bergerak. Sedangkan pompa *submersible* termasuk pompa sentrifugal dengan sumbu vertikal dan motor penggeraknya dipasang tercelup dalam air dan digantung pada pipa penyalur. Prinsip kerja pompa tersebut adalah mengubah energi mekanis menjadi energi hidrolis dengan cara memberikan gaya sentrifugal pada fluida yang akan dipindah.

Pemilihan suatu pompa berdasarkan beberapa pertimbangan, antara lain :

- Kapasitas maksimal dan kapasitas minimal
- Kondisi hisap dan keluar (tinggi hisap dari permukaan hisap ke level pompa, tinggi fluktuasi permukaan air hisap, tekanan yang bekerja pada permukaan air hisap)
- Head total pompa
- Jenis fluida kerja atau material
- Jumlah pompa (bergantung kebutuhan dengan pertimbangan ekonomi dan batas kapasitas pompa)
- Kondisi operasi
- Putaran pompa yang berkaitan dengan penggerak yang digunakan (motor listrik, turbin uap, dll)
- Tempat instalasi

Karakteristik sedimen mempengaruhi karakteristik pemompaan untuk sistem *sand bypassing* secara hidrolik. Ketika ukuran butir meningkat, kerugian gesekan dalam pipa juga ikut meningkat, sehingga dapat mengakibatkan pada peningkatan jumlah daya yang dibutuhkan untuk memompa material pada jarak tertentu. Untuk jarak pembuangan yang jauh, mungkin diperlukan lebih dari satu pompa pendorong sehingga meningkatkan biaya modal dan operasi serta membuat operasi sistem lebih kompleks (USACE, 1991).

Dalam menentukan kebutuhan diamater pipa hisap/*suction pipe* menggunakan rumus :

$$Q = V \; x \; A \qquad (2.\ 9)$$

$$A = \pi/4 \text{ x } D^2 \qquad (2.\ 10)$$

$$D^2 = (4 \; x \; Q) \; / \; (\pi \; x \; V) \qquad (2.\ 11)$$

Dimana :

D : Diameter (m)

Q : Debit (m^3/s)

v : Kecepatan aliran rata-rata (m/s)

2.2.9 Perhitungan Head Pompa

Setiap pompa memiliki perbedaan karakteristik dengan pompa lainnya yang digambarkan dalam kurva karakteristik. Kurva karakteristik menyatakan hubungan antara besarnya head pompa, daya pompa, dan efisiensi pompa terhadap kapasitas pompa. Kurva tersebut biasanya disediakan oleh produsen pompa untuk menunjukkan kinerja pompa pada berbagai kondisi pemakaian. Dalam memilih suatu pompa, terlebih dahulu harus diketahui kapasitas aliran serta head yang diperlukan untuk mengalirkan fluida atau material yang akan dipompa. BEP (*Best Efficiency Point*) suatu pompa berada diantara 80%-85% dari maksimum head, sehingga untuk memaksimalkan usia pompa diperlukan pengoperasian sedekat mungkin dengan BEP (Sulaksono, 2010).

Head merupakan energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai dengan kondisi instalasi pompa dan umumnya dinyatakan dalam satuan panjang (Prasetyo, 2014). Secara umum, head dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{H} = \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z \qquad (2.\ 12)$$

Dimana :

P = Tekanan zat cair (kgf/m)

v = Rata-rata kecepatan aliran (m/s)

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

Z = Ketinggian (m)

g = gravitasi bumi (m/s^2)

Menurut Fadhli dkk. (2013), perhitungan head lainnya meliputi head statis pompa, head *pressure*, head *velocity*, viskositas slurry, *head mayor losses*, *head minor losses*, head loss total, dan head total akan dijelaskan dalam sub bab dibawah ini.

2.2.9.1 Head Statis Pompa

Head statis pompa adalah perbedaan tinggi antara permukaan zat cair pada sisi keluar dengan permukaan zat cair pada sisi hisap (Fadhli, et al., 2013). Head statis pompa dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Hs = Z_2 \pm Z_1 \quad (2.\ 13)$$

Dimana :

Z_2 = Head statis sisi discharge (keluar) (m)

Z_1 = Head statis sisi suction (hisap) (m)

Tanda + : Jika permukaan zat cair pada sisi isap lebih rendah dari sumbu pompa (*Suction lift*).

Tanda - : Jika permukaan zat cair pada sisi isap lebih tinggi dari sumbu pompa (*Suction head*).

2.2.9.2 Head *Pressure*

Head *pressure* adalah head yang disebabkan oleh perbedaan tekanan antara titik dipermukaan sisi hisap dengan permukaan pada sisi buang (Saidah, 2017). Hubungan antara tekanan udara dengan ketinggian (diukur dari permukaan air laut) ditunjukkan sebagai berikut :

$$Pa = 10{,}33\left[1 - \frac{0{,}0065.h}{288}\right]^{5{,}256} \quad (2.\ 14)$$

Dimana :

Pa = Tekanan atmosfer standar (mH_2O)

h = Ketinggian di atas muka air laut (m)

Kemudian persamaan berikut digunakan untuk menghitung *head pressure*.

$$Hp = \frac{P2-P1}{\gamma} \quad (2.\ 15)$$

Dimana :

P_2 - P_1 = Beda tekanan pada kedua permukaan sisi masuk dan keluar

γ = Massa jenis udara (kg/m^3)

Apabila sistem pompa bekerja pada kondisi alam terbuka, maka tekanan pada saat masuk dan keluar nilainya sama, sehingga Hp=0.

2.2.9.3 Head *Velocity*

Head *velocity* adalah perbedaan antar head kecepatan zat cair pada sisi keluar dengan head kecepatan zat cair pada sisi hisap.

$$Hv = \frac{V2^2 - V1^2}{2g} \qquad (2.\ 16)$$

Dimana :

V_1 = Kecepatan rata-rata pada posisi hisap (m/s)

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

g = gravitasi bumi (m/s^2)

2.2.9.4 Viskositas *Slurry*

Viskositas merupakan pengukuran dari ketahanan fluida yang diubah baik dengan tekanan maupun tegangan (Adlin, 2017). Viskositas menjelaskan ketahanan internal fluida untuk mengalir dan mungkin dapat diartikan sebagai pengukuran dari pergeseran fluida. Viskositas dapat dipengaruhi oleh temperatur, tekanan, kohesi, dan laju perpindahan momentum.

Menurut Olson (1993), fluida dapat dikelompokkan berdasarkan tegangan geser yang dihasilkan menjadi dua, yaitu fluida Newtonian dan fluida *Non-Newtonian*. Fluida *Newtonian* mengalami hubungan yang linier antara tegangan geser dan gradien kecepatannya yang berarti fluida akan terus mengalir sekalipun terdapat gaya yang bekerja pada fluida tersebut. Hal ini dapat diartikan bahwa viskositas fluida (μ) konstan (sesuai dengan hukum viskositas Newton). Sedangkan fluida *Non-Newtonian* adalah fluida yang tidak tahan terhadap tegangan geser (*shear stress*), gradien kecepatan (*shear rate*), dan temperatur. Atau dapat dikatakan bahwa viskositas merupakan fungsi daripada waktu. Sebagai contoh fluida Non-Newtonian, yaitu cat, minyak pelumas, lumpur, darah, bubur kertas, dsb.

Slurry atau lumpur yang merupakan campuran antara partikel solid dengan air yang tergolong dalam fluida *Non-Newtonian* juga sehingga juga memiliki viskositas. Pada fluida golongan ini, penentuan viskositas berupa *Apparent Viscosity* (kekentalan sesaat) karena umumnya fluida *Non-Newtonian* memiliki suatu sifat histerisis yang

menyebabkan harga viskositas asli sulit dicari. Berikut ini rumus umum *Apparent viscosity* dari fluida *Non-Newtonian* (Olson & Wright, 1993) :

$$\mu_{app} = \frac{\tau}{\gamma} = K\gamma^{n-1} \quad (2.\ 17)$$

Dengan :

$$\tau = K\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^{n} = K(\gamma)^{n} = \frac{D.\ \Delta P}{4L} \quad (2.\ 18)$$

$$\gamma = \frac{8v}{D} \quad (2.\ 19)$$

Dimana :

μ_{app} = *Apparent viscosity*

τ = Tegangan geser (*shear stress*)

$\gamma = \frac{\partial u}{\partial y}$ = Laju aliran

K = Indeks konsistensi

n = Indeks perilaku aliran (*Power Law Index*)

D = Diameter pipa

ΔP = *Pressure drop*

L = Panjang pipa

v = Kecepatan rata-rata aliran

Viskositas *slurry* dapat dicari setelah mengetahui *spesific gravity* dari slurry itu sendiri (Burgess, et al., 2002). Spesific gravity slurry dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$SG_{slurry} = \frac{S_w}{1 - C_w\left(1 - \frac{Sw}{S}\right)} \quad (2.\ 20)$$

Dimana :

S_w = *Spesific gravity* air

C_w = Konsentrasi air dalam fluida (%)

S = *Spesific gravity* solid

Setelah diketahui *spesific gravity slurry* selanjutnya konsentrasi solid dihitung berdasarkan volume dengan persamaan berikut :

$$Cv = \frac{Sm - Sw}{S - Sw} \quad (2.\ 21)$$

Dimana :

Cv = Konsentrasi solid berdasarkan volume (%)

S_w = *Spesific gravity* air

S_m = *Spesific gravity slurry*

S = *Spesific gravity* solid

Selanjutnya, massa jenis *slurry* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\rho_m = S_m \times \rho_w \quad (2.22)$$

Dimana :

ρ_m = massa jenis *slurry* (kg/m^3)

ρ_w = massa jenis air (kg/m^3)

S_m = *Spesific gravity slurry*

Menurut Nayyar (1999), viskositas dinamis *slurry* dapat dicari menggunakan persamaan berikut ini.

$$\mu_m = \mu_w (1+2{,}5C_v+10{,}05C_v^2 +0{,}00273e^{16{,}6Cv}) \quad (2.23)$$

Dimana :

μ_m = viskositas dinamis *slurry*

μ_w = viskositas dinamis air (0,001)

C_v = Konsentrasi solid berdasarkan volume (%)

Persamaan 2.24 berikut menunjukan hubungan antara viskositas dinamis dengan viskositas kinematis *slurry*.

$$\upsilon_m = \frac{\mu_m}{\rho_m} \quad (2.24)$$

Dimana :

υ_m = viskositas kinematis slurry

μ_m = viskositas dinamis *slurry*

ρ_m = massa jenis *slurry* (kg/m^3)

2.2.9.5 *Reynold Number*

Reynold number merupakan angka yang menyatakan jenis aliran suatu fluida. Terdapat tiga jenis aliran, yaitu aliran laminer, transisi, dan turbulen. Angka Reynold untuk fluida *Newtonian* dapat dicari menggunakan persamaan berikut (Sagala, 2008) :

$$Re = V\frac{d}{\upsilon} = \frac{\rho v d}{\mu} \quad (2.25)$$

Dimana :

Re = *Reynold number*

V = kecepatan aliran fluida (m/s)

d = diameter pipa yang digunakan (m)

υ = viskositas kinematis fluida (m^2/s)

Berbeda dengan fluida *Non-Newtonian*, angka Reynold dapat dicari menggunakan rumus modifikasi dengan memasukkan *apparent viscosity* yaitu menggabungkan persamaan 2.17, 2.18, dan 2.19 menjadi *Generalized Reynold Number* (Re') seperti berikut :

$$Re' = \frac{\rho m.v^{2-n}.d^{n}}{8^{n-1}.K} \qquad (2.\ 26)$$

Dimana :

Re' = *Generalized Reynold number*

v = kecepatan aliran fluida (m/s)

d = diameter pipa yang digunakan (m)

K = Indeks konsistensi

n = Indeks perilaku aliran (*Power Law Index*)

ρ_m = massa jenis *slurry* (kg/m^3)

Adapun jenis-jenis aliran berdasarkan angka reynold adalah sebagai berikut :

- Aliran laminer : diketahui apabila Re<2100, dimana alirannya teratur, partikel fluidanya bergerak di sepanjang lintasan lurus, sejajar dalam lapisan-lapisan dengan besar kecepatan fluida yang tidak sama.
- Aliran turbulen : diketahui apabila Re>4000, dimana partikel-partikel fluida bergerak pada lintasan yang tidak beraturan dan mengakibatkan pertukaran momentum dari suatu bagian fluida ke bagian fluida lainnya.
- Aliran transisi : diketahui apabila Re < 2100-4000, dimana aliran ini dapat bersifat turbulen ataupun laminer tergantung pada kondisi aliran dan pipa yang digunakan

2.2.9.6 Head *Mayor Losses*

Head *mayor losses* adalah kerugian yang disebabkan oleh panjang pipa yang digunakan.

$$Hl_{mayor} = f\ x \frac{L}{D}\ x\ \frac{v^2}{2g} \qquad (2.\ 27)$$

Dimana :

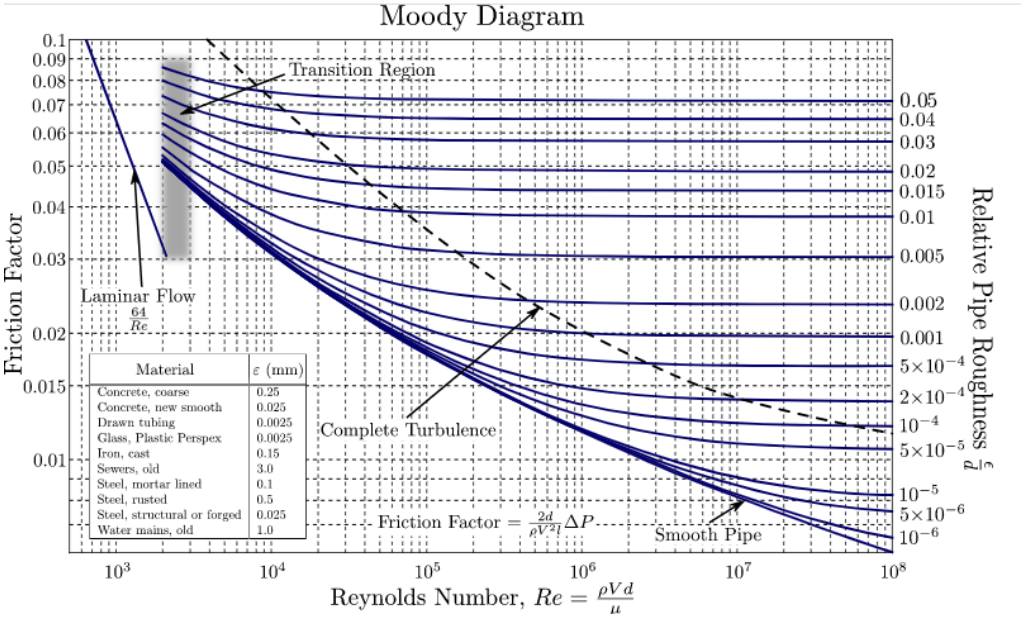
L = Panjang pipa (m)

D = Diameter pipa yang digunakan (m)

f = Faktor gesekan pipa

v = Rata-rata kecepatan aliran (m/s)

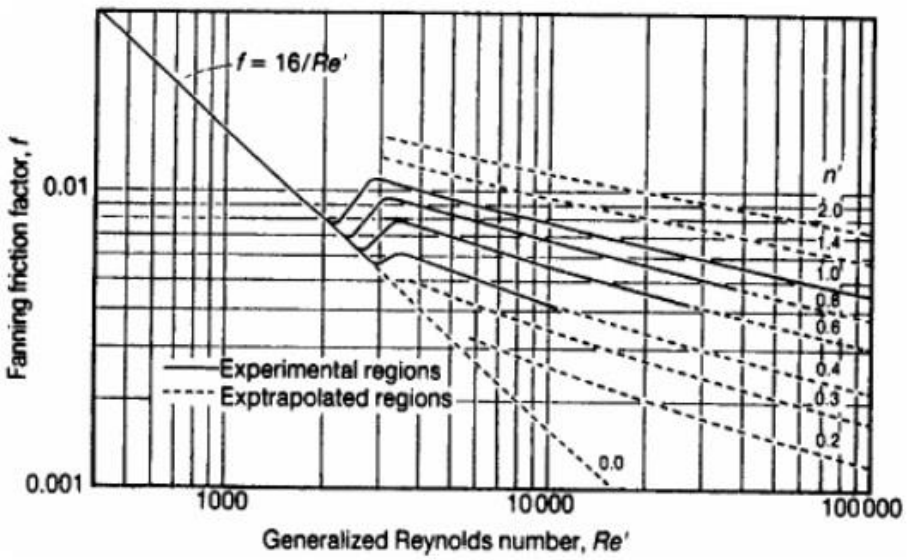
Untuk fluida *Newtonian*, harga koefisien gesek (f) sesuai persamaan Darcy dapat dicari menggunakan diagram moody seperti pada Gambar II.10, caranya dengan memasukkan harga Re dan e/D (kekerasan relatif) yang sudah diketahui. Kemudian menarik garis horizontal dari perpotongan keduanya hingga didapatkan nilai f nya, dimana e = kekerasan rata-rata pipa dan D = diameter pipa.



Material	ε (mm)
Concrete, coarse	0.25
Concrete, new smooth	0.025
Drawn tubing	0.0025
Glass, Plastic Perspex	0.0025
Iron, cast	0.15
Sewers, old	3.0
Steel, mortar lined	0.1
Steel, rusted	0.5
Steel, structural or forged	0.025
Water mains, old	1.0

Gambar II.10 Diagram Moody
(Sumber : Nayyar, 1999)

Sedangkan untuk fluida *Non-Newtonian*, harga koefisien gesek (f) dicari menggunakan grafik yang sudah dimodifikasi seperti pada Gambar II.11:



Gambar II.11 Grafik faktor gesekan untuk fluida non-Newtonian
(Sumber : Dodge & Metzner, 1959)

Dengan memasukkan harga Re' dan n (indeks perilaku aliran) yang sudah diketahui, kemudian menarik garis horizontal dari perpotongan keduanya, bisa didapatkan nilai *fanning friction factor* (f). Koefisien gesek Fanning dengan koefisien gesek Darcy memiliki korelasi, dimana faktor gesekan fanning adalah seperempat dari faktor gesekan Darcy (Cengel & Ghajar, 2014).

2.2.9.7 Head Minor Losses

Head minor losses adalah kerugian head yang disebabkan oleh adanya variasi seperti *fitting*, *elbow* dan *valve* yang terdapat sepanjang sistem perpipaan.

$$Hl_{minor} = n \times k \times \frac{v^2}{2g} \quad (2.\ 28)$$

Dimana :

n = jumlah variasi

k = koefisien gesekan

g = gravitasi bumi (m/s^2)

v = Rata-rata kecepatan aliran (m/s)

Untuk *elbow*, nilai k didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$k = \left[0{,}131 + 1{,}847 \left(\frac{D}{2R}\right)^{3.5}\right]\left(\frac{\theta}{90}\right)^{0.5} \quad (2.\ 29)$$

Dimana :

d = diameter pipa (m)

R = jari-jari pipa (1.5 x D)

θ = sudut elbow (^{0})

2.2.9.8 Head *Losses* Total

Head loss total adalah besarnya head yang dibutuhkan untuk mengatasi kerugian-kerugian yang diakibatkan oleh *mayor loss* dan *minor loss*.

$$Hl = Hlmayor + Hlminor \quad (2.\ 30)$$

2.2.9.9 Head Total

Head total adalah penjumlahan antara *static head* (Hs), *pressure head* (Hp), *velocity head* (Hv) dan ditambah *head losses* (Hl) pada *suction* dan *discharge pump.* Berikut ini persamaan untuk menghitung head total pompa (Fadhli, et al., 2013).

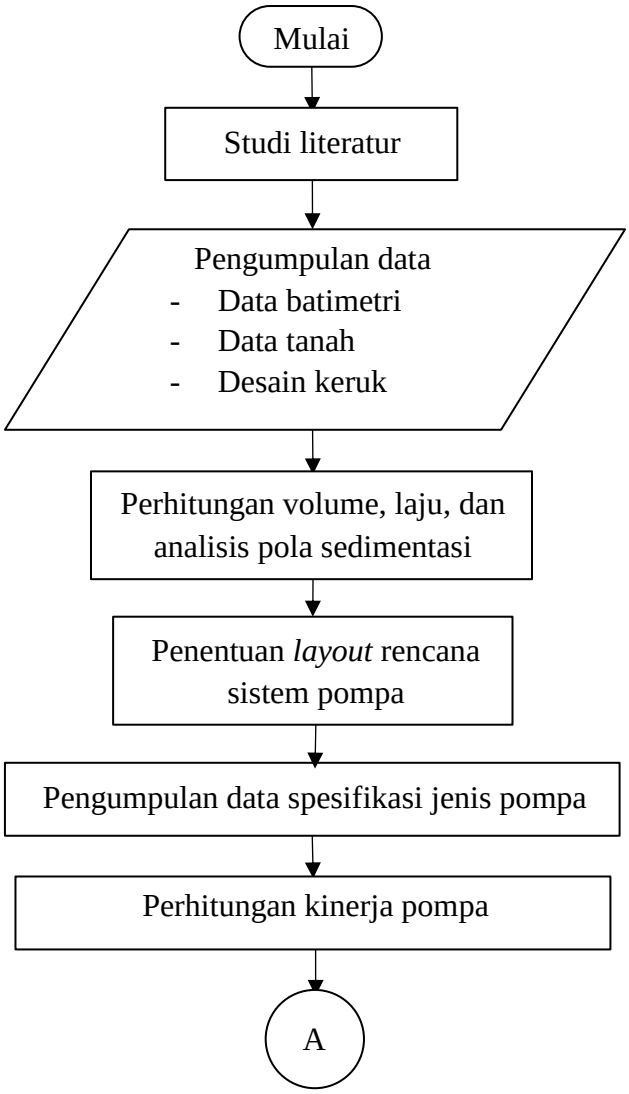
$$Ht = Hs + Hp + Hv + Hl \quad (2.\ 31)$$

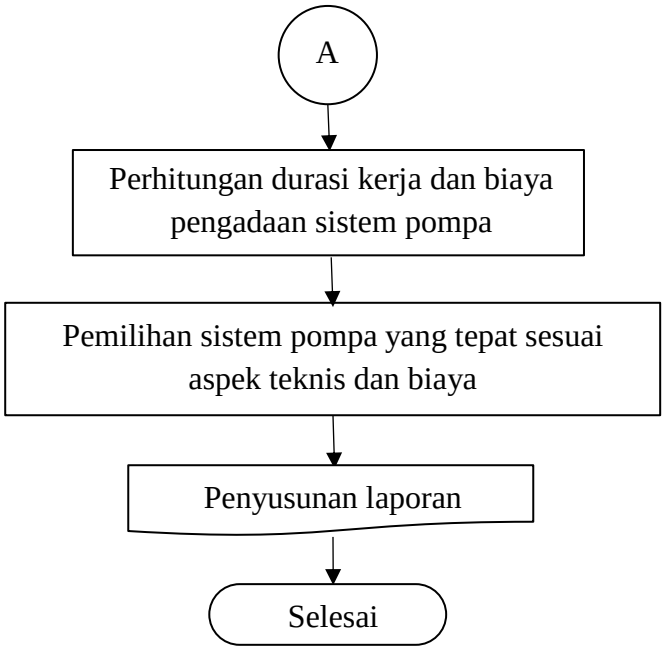
(halaman sengaja dikosongkan)

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

Dalam pengerjaan penelitian ini, diperlukan diagram alir pengerjaan untuk mempermudah penulis dalam pengerjaannya dan memudahkan dalam mengevaluasi perkembangan pengerjaan. Secara garis besar langkah-langkah pengerjaan dijelaskan dalam Gambar III.1 dibawah ini.





Gambar III.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.2 Uraian Prosedur Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan dari setiap langkah-langkah prosedur melakukan penelitian seperti yang telah tergambar diagram alir pada Gambar III.1 :

1. Studi Literatur

Studi literatur yaitu mencari referensi terkait yang mendukung penelitian ini setelah menentukan permasalahan yang akan dianalisis. Referensi terkait berupa buku, jurnal, prosiding, dan peraturan yang berhubungan dengan pemilihan metode *sand bypassing* yang tepat dan sistem pompa meliputi cara kerja pompa, perhitungan kapasitas pompa, dan proses instalasi serta operasi.

2. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian yaitu data tanah, data batimetri secara periodik selama 1 tahun. Data tersebut merupakan data sekunder didapatkan dari PT Rekabhumi Segarayasa Bestari dan PT Terminal Petikemas Surabaya. Dalam tugas akhir ini dibahas dua opsi desain rencana keruk untuk tiga tambatan kapal pada dermaga domestik PT TPS. Kedua opsi desain dirancang menggunakan lebar yang sama yaitu 90 meter tegak lurus terhadap bibir dermaga dengan slope berbeda.

3. Perhitungan Volume, Laju, dan Pola Sedimentasi

Perhitungan volume sedimentasi dihitung menggunakan metode *cross section area* dengan aturan Simpson I dan II. Selanjutnya membagi menjadi

beberapa profil potongan untuk kemudian dicari luasan setiap penampang dan volume keseluruhan. Selain itu, volume sedimentasi juga dicari menggunakan bantuan *software* Autocad Civil 3D untuk menentukan volume *cut and fill*. Perhitungan volume sedimentasi dihitung berdasarkan data batimetri bulan terbaru. Laju sedimentasi dihitung dengan membandingkan dua data batimetri kemudian dicari pertambahan volumenya dan dibagi dengan rentang waktu pengambilan dua data batimetri tersebut. Sedangkan pola sedimentasi dapat dianalisis dengan meng*overlay*kan beberapa data batimetri untuk mengetahui kearah mana sedimen bergerak dan daerah mana yang paling banyak mengalami sedimentasi.

4. Penentuan Layout Rencana Sistem Pompa

Tahap ini merupakan tahap paling penting yang harus dilakukan. *Layout* rencana sistem ini menggunakan metode *sand bypassing* dan mempertimbangkan beberapa hal, seperti penempatan pompa, kemudahan instalasi dan operasi, aman atau tidaknya sehingga tidak menggangu aktivitas kapal, maupun lokasi buang material keruk. Dalam menentukan *layout* rencana dimana sistem pompa ini akan dipasang, terlebih dahulu harus memperhitungkan laju sedimentasi dan arah pergerakan sedimentasi, komposisi material yang dikeruk dan debit air. Selain itu, ditentukan juga tipe operasi sistem yaitu secara berkala (terdapat jam operasional) atau secara kontinu.

5. Pengumpulan Data Spesifikasi Jenis Pompa

Data teknis jenis-jenis pompa yang harus dikumpulkan meliputi spesifikasi pompa dan komponen peralatan yang mendukung sistem *sand bypassing* ini.

6. Perhitungan Kinerja Pompa

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan terhadap kinerja pompa meliputi diameter *suction bore* yang dibutuhkan dan *head loss* total pompa. Perhitungan tersebut mempertimbangkan laju sedimentasi dan volume yang harus dikeruk di lokasi tersebut agar dapat menyelesaikan permasalahan yang telah dijabarkan sebelumnya. Selanjutnya dari data spesifikasi jenis pompa yang sudah dicari pada langkah sebelumnya, maka dipilih pompa dengan kinerja yang memenuhi beberapa syarat yang sudah ditentukan.

7. Perhitungan Durasi Kerja dan Biaya Pengadaan Sistem Pompa

Pada tahap ini dilakukan perhitungan durasi kerja sistem pompa untuk mencapai desain rencana keruk yang ditentukan. Hal ini tentunya akan

berpengaruh terhadap biaya pengadaan, operasional, dan perawatan yang dibutuhkan dalam pengadaan sistem pompa menggunakan konsep *sand bypassing* ini. Perhitungan ini dilakukan untuk sistem pompa yang sudah memenuhi untuk diaplikasikan pada 2 opsi desain keruk yang telah ditentukan.

8. Pemilihan Sistem Pompa

Dari perhitungan durasi kerja dan biaya pengadaan sistem pompa kemudian dipilih sistem pompa yang paling efektif dan ekonomis berdasarkan aspek teknis dan biaya. Aspek teknis meliputi kinerja dan efektifitas pompa serta tidak mengganggu kegiatan operasional kapal. Sedangkan dari aspek biaya akan dipilih biaya yang paling sedikit untuk pengadaan sistem pompa. Dari sistem pompa yang terpilih untuk diaplikasikan di terminal domestik PT TPS, maka dibuat jadwal rutin untuk *monitoring* sedimentasi di daerah tersebut.

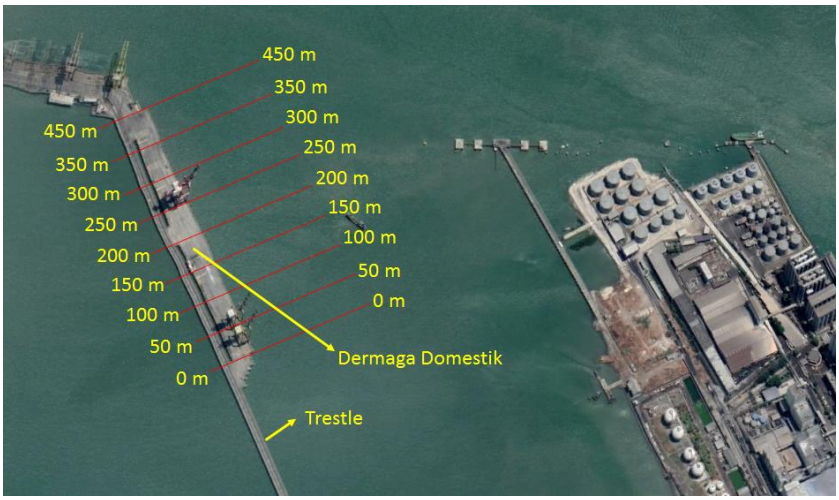
9. Penyusunan Laporan

Pada tahap terakhir penulis membuat kesimpulan dari hasil penelitian ini, kemudian penulis menyusun laporan hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Obyek Studi

Lokasi yang akan dijadikan sebagai obyek studi dalam tugas akhir ini berada dalam kawasan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dan dikelola oleh PT Terminal Petikemas Surabaya (TPS) sebagai operator terminal petikemas yang tergabung dalam Pelindo III Group. PT Terminal Petikemas Surabaya mempunyai 2 dermaga, yaitu dermaga internasional dan dermaga domestik. Pada penelitian ini hanya membahas tentang cara menanggulangi sedimentasi yang terjadi di terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya menggunakan metode *sand bypassing*. Secara geografis, dermaga domestik PT Terminal Petikemas Surabaya terletak pada koordinat 7°11'58.86"LS-112°42'40.49"BT. Dermaga domestik PT Terminal Petikemas Surabaya mempunyai panjang 450 meter, lebar 45 meter, dan kedalaman ideal -8 meter. Dermaga domestik ini terletak di belakang (sebelah utara) kantor utama PT Terminal Petikemas Surabaya. Akses dari kantor utama menuju ke dermaga domestik dihubungkan oleh jembatan/*trestle* sepanjang kurang lebih 1 kilometer. Berikut pada Gambar IV.1 adalah lokasi terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya.



Gambar IV.1 Terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya
(Sumber : *Google Earth*, 2020)

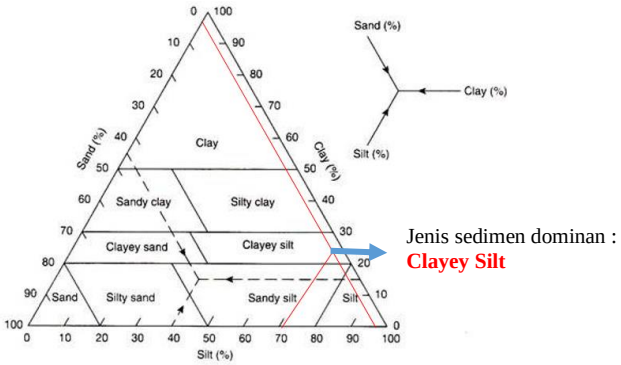
4.1.1 Kondisi Area Pengerukan

Sebelum melakukan pekerjaan pengerukan, pelaksana harus mengetahui terlebih dahulu kondisi area yang akan dikeruk. Kondisi area pengerukan merupakan faktor utama yang sangat menentukan metode pengerukan yang tepat untuk diterapkan di

daerah tersebut. Hal ini dapat ditentukan dengan mengetahui jenis sedimen pada area tersebut. Data jenis sedimen didapat dari pengambilan sampel sedimen pada beberapa titik di area yang akan dikeruk untuk kemudian diuji di laboratorium.

Data jenis sedimen yang digunakan pada tugas akhir ini diperoleh dari hasil uji laboratorium sampel sedimen terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya oleh petugas Laboratorium Pantai dan Lingkungan Laut Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Sampel sedimen diambil di terminal domestik pada 6 titik seperti yang tergambar pada Gambar IV.2. Hasil uji laboratorium sampel sedimen dapat dilihat pada Gambar IV.3 (untuk data lebih lengkap dapat dilihat pada **LAMPIRAN** A).

Gambar IV.2 Titik pengambilan sampel sedimen terminal domestik PT. TPS
(Sumber : PT Rekabhumi Segarayasa Bestari, 2019)



D50 (mm)	Gravel	Clay	Silt	Fine	Medium	Coarse
				Sand		
0.009	0.00%	24.995%	73.86%	3.145%		

Gambar IV.3 *Grain Size Analysis* sampel sedimen terminal domestik PT. TPS
(Sumber : PT Rekabhumi Segarayasa Bestari, 2019)

Dari hasil *Grain Size Analysis* sampel sedimen terminal domestik PT. TPS seperti yang ditunjukkan pada Gambar IV.3, dapat diketahui komposisi dari sedimen tersebut adalah *gravel* 0,00%, *clay* 24,995%, *silt* 71,86%, dan *sand* 3,145%. Hasil tersebut merupakan rata-rata dari masing-masing komposisi yang terkandung pada 6 sampel sedimen. Jadi, dapat disimpulkan berdasarkan klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*) bahwa sedimen pada terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya termasuk jenis tanah lanau berlempung (*clayey silt*) karena komposisi *silt* paling dominan yaitu 71,86% dan *clay* menjadi komposisi dominan kedua yaitu 24,995%.

Selain itu, perlu diketahui juga kemudahan akses pada area pengerukan untuk menentukan metode pengerukan yang tepat. Akses pada terminal domestik PT. Terminal Petikemas Surabaya tergolong mudah karena cukup lebar untuk digunakan lalu lalang kapal bongkat muat. Pada dermaga domestik hampir setiap hari terdapat aktivitas kapal bongkat muat. Sedangkan lama waktu rata-rata kapal sandar di dermaga domestik PT Terminal Petikemas Surabaya adalah kurang dari 1 hari. Hal tersebut dapat dijadikan faktor pertimbangan pemilihan metode pengerukan yang efektif pada area tersebut karena dapat memengaruhi durasi pengerjaan proyek yang berakibat pada biaya proyek, serta sebaiknya tidak mengganggu aktivitas di pelabuhan.

4.2 Perancangan Pengerukan

4.2.1 Desain Rencana Pengerukan

Perhitungan desain rencana pengerukan di terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya berdasarkan pada data kapal terbesar yang berlabuh di dermaga domestik PT Terminal Petikemas Surabaya. Data ini diambil dari jadwal kapal sandar *online* yang tertera pada web PT Terminal Petikemas Surabaya.

Tabel IV.1 Data kapal terbesar di dermaga domestik PT TPS
(Sumber : https://www.tps.co.id/layanan-online-dan-jadwal/)

Nama Kapal	:	MV. Oriental Jade	
IMO	:	8902137	
Gross Tonnage	:	18000	
Summer Deadweight	:	26288	ton
Kapasitas	:	1743	TEU
LOA	:	176,57	m
B	:	27,5	m
T	:	7,1	m

Berdasarkan Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan Direktorat Jenderal Perhubungan Laut Departemen Perhubungan tahun 2006, kedalaman alur ditentukan berdasarkan draft kapal dengan memperhatikan gerakan goncangan kapal akibat kondisi alam seperti gelombang, angin, pasang surut, olengan kapal, dan kondisi material dasar laut. Untuk kedalaman alur di dalam pelabuhan dapat ditentukan dengan rumus seperti pada Persamaan 4.1.

$$d \geq 1{,}1\ D \qquad (4.1)$$

Dimana :

d = kedalaman alur

D = full draft kapal

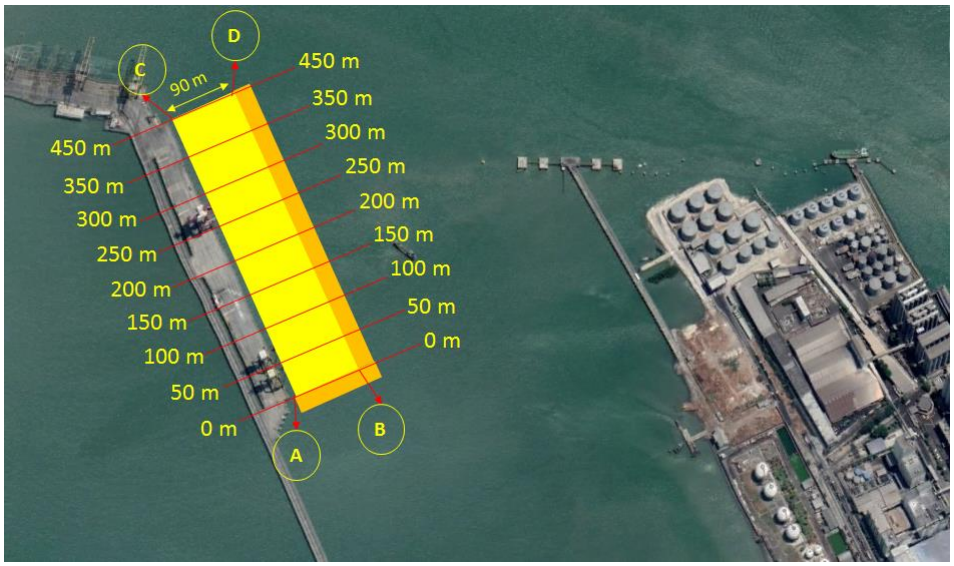
Dari Tabel IV.1 telah disebutkan draft kapal terbesar yang berlabuh di dermaga domestik PT TPS adalah 7,1 meter, sehingga sesuai Persamaan 4.1 kedalaman alur harus lebih dari 7,81 meter. Oleh karena itu, kedalaman rencana maksimum dibuat -8 meter dan sesuai dengan kedalaman ideal terminal domestik PT. TPS. Pengerukan pada terminal domestik PT TPS ini direncanakan selebar 90 meter tegak lurus terhadap bibir dermaga.

Dalam tugas akhir ini dibahas dua opsi desain rencana pengerukan untuk tiga tambatan kapal pada terminal domestik PT TPS, yaitu opsi 1 dan opsi 2. Desain rencana opsi 1 adalah kedalaman -5 meter pada kade 45-120 meter, kedalaman -6 meter pada kade 120-250 meter, dan kedalaman -8 meter pada kade 250-450 meter dengan slope 1:10. Sedangkan desain rencana opsi 2 adalah kedalaman -3 meter pada kade 0 meter dan kedalaman -8 meter pada kade 200-450 meter dengan slope 1:40. Desain rencana pengerukan dapat dilihat lebih jelas pada Gambar IV.4 untuk tampak atas dan pada Gambar IV.5 untuk tampak memanjang.

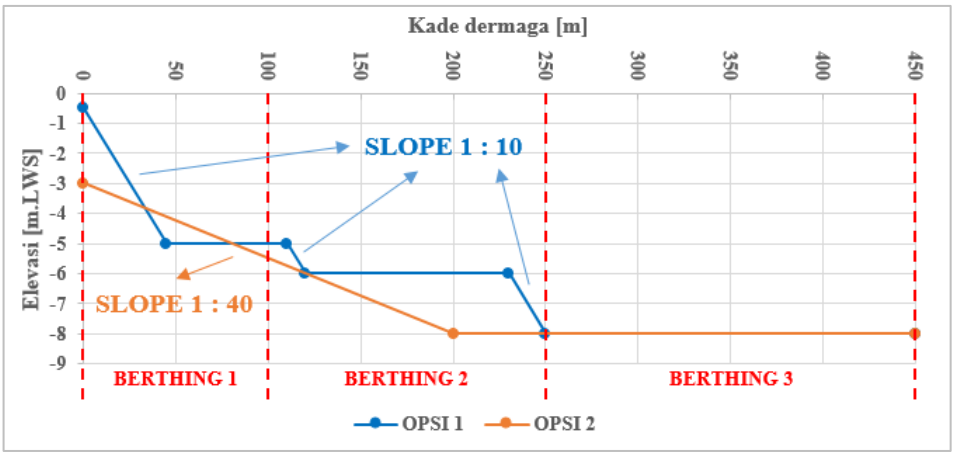
Area pengerukan dapat dilihat pada Gambar IV.4 dimana area tersebut dibatasi oleh poin A, B, C, dan D dengan koordinat masing-masing poin ditunjukkan pada Tabel IV.2.

Tabel IV.2 Koordinat Area Pengerukan

No	Poin	Koordinat	
		Easting	Northing
1	A	689090.6136	9203614.0064
2	B	689172.4188	9203651.8557
3	C	689006.6508	9203795.5266
4	D	689088.4376	9203833.3674



Gambar IV.4 Desain rencana keruk terminal domestik PT TPS tampak atas



Gambar IV.5 Desain rencana pengerukan terminal domestik PT TPS tampak memanjang

Di Indonesia, penentuan *slope* dan *siltation rate* sudah tercantum dalam Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi tahun 2006 yang ditetapkan oleh Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan; Direktorat Jenderal Perhubungan Laut; Departemen Perhubungan. Sehingga *slope* dan *siltation rate* desain rencana keruk pada tugas akhir ini diambil berdasarkan pedoman tersebut seperti yang tertera pada Tabel IV.3. Dari tabel tersebut, karena lokasi penelitian yaitu terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya lebih berdekatan dengan Pasuruan, maka menggunakan *slope* yaitu 1:10 dan *siltation rate* pada kolam adalah 10%. Sedangkan untuk opsi 2 desain rencana keruk menggunakan slope 1:40 berdasarkan riwayat batimetri eksisting di area tersebut.

Tabel IV.3 Daftar *slope* dan *siltation rate*
(Sumber : Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi, 2016)

No	Lokasi Alur Pengerukan	*Slope*	*Siltation Rate*	
			Alur (%)	Kolam (%)
16	Probolinggo	1:10	5	5
17	Pangkal Balam	1:8	5	-
18	Tegal	1:6/1:10	10	5
19	Pasuruan	1:10	20	10
20	Kuala Cenaku	1:6	10	-

Lereng kolam dermaga dibuat dengan kemiringan tertentu untuk memperkecil kelongsoran lereng kolam tersebut. Kemiringan lereng kolam bervariasi bergantung pada kekerasan tanah atau jenis sedimennya. Semakin lunak jenis sedimennya maka kemiringan dibuat semakin landai dan sebaliknya semakin keras jenis sedimen maka kemiringan dibuat semakin tajam karena tidak mudah longsor. Penentuan kemiringan lereng standar juga tercantum pada Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi tahun 2006 yang ditetapkan berdasarkan nilai N yang biasanya didapat dari data *boring log* seperti yang tertera pada Tabel IV.4. Dari *Grain Size Analysis* sampel sedimen di laboratorium didapatkan bahwa sedimen termasuk jenis tanah lanau berlempung, maka kemiringan yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah kemiringan paling landai yaitu 1:5 karena keterbatasan data (tidak ada data *boring log*).

Tabel IV.4 Kemiringan lereng standar
(Sumber : Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi, 2016)

Klasifikasi	Nilai N	Jenis Tanah	Kemiringan
Tanah lempung	<4	Lumpur	1:3-5
	4-8	Lunak	1:2-3
	8-20	Sedang	1:1,5-2
	20-40	Keras	1:1-1,5
Pasir	<10	Lunak	1:2-3
	10-30	Sedang	1:1,5-2
Kerikil			1:1-1,5
Batu			1:1

4.2.2 Lokasi Pembuangan Material Keruk (*Dumping Area*)

Lokasi yang dipilih sebagai tempat pembuangan material keruk atau biasa disebut *dumping area* berada pada kawasan PT Terminal Petikemas Surabaya. Pembuangan material keruk ini termasuk dalam tipe pembuangan darat karena lokasi lebih tepatnya berada di sisi utara lapangan penumpukan antar pulau pada koordinat (dapat dilihat pada Gambar IV.6) :

- Titik A : 7°12’31.32”LS - 112°43’11.28”BT
- Titik B : 7°12’25.2”LS - 112°43’8.4”BT
- Titik C : 7°12’30.32”LS - 112°42’57.24”BT
- Titik D : 7°12’36.72”LS - 112°42’59.4”BT

Gambar IV.6 Lokasi *dumping area*
(Sumber : PT Rekabhumi Segarayasa Bestari, 2019)

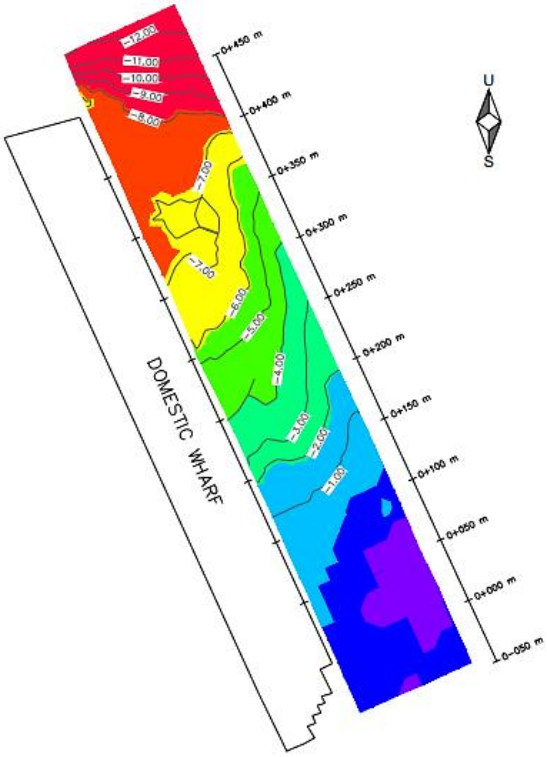
Daerah ini berbatasan langsung dengan laut sehingga terdapat kemungkinan sedimen yang dibuang di daerah tersebut dapat mengalir kembali ke laut. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dibuat tanggul dan dinding penahan di sisi utara, barat, dan timur lahan tersebut. Model kontruksi pembatas pada daerah tersebut menggunakan *concrete sheet pile* yang dibuat disisi barat dan timur sepanjang ±300 meter dan pada bagian utara menggunakan *geobag* sepanjang ±400 meter. Metode pelaksanaan pembuangan material keruk menggunakan system cell (kotak-kotak) dengan ukuran 40 m x 40 m, dimana terdapat pembagian menjadi 3 area seperti yang ditunjukkan pada Gambar IV.6. Pada masing-masing area terdapat filter/penyaring sehingga sedimen hasil keruk yang mengalir dari pipa buang dapat tertinggal di area tersebut sedangkan air yang terbawa dapat mengalir kembali ke laut. Selain itu untuk mengatasi dampak negatif yang ditimbulkan akibat bau timbunan material keruk, maka

di setiap *cell* diberi lapisan *geotextail* dan dibuatkan kolam pengolahan lindi di sepanjang lokasi dumping area yang dekat laut.

4.3 Perhitungan Laju dan Analisis Sedimentasi

4.3.1 Data Batimetri

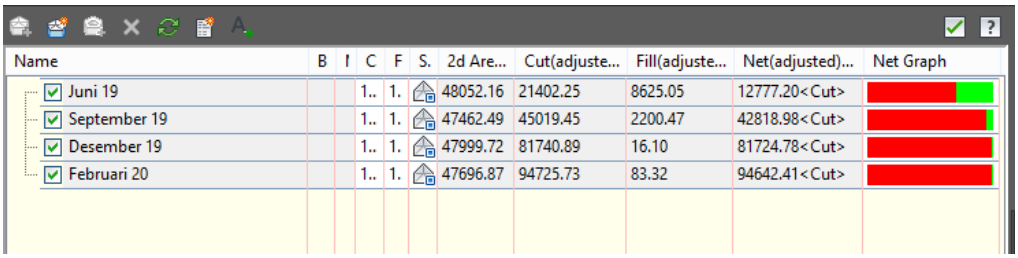
Dalam perhitungan laju dan pola sedimentasi ini, penulis menggunakan 5 data batimetri terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya yang diambil pada waktu yang berbeda. Data batimetri tersebut didapat dari hasil *sounding* secara berkala yang diambil pada 12 Maret 2019, 10 Juni 2019, 2 September 2019, 12 Desember 2019, dan 20 Februari 2020. Data batimetri ini menunjukkan kedalaman di area yang akan dikeruk. Data batimetri ini diproyeksikan pada koordinat UTM (Zone 49S) dengan referensi kedalaman pada elevasi dock dermaga domestik PT Terminal Petikemas Surabaya (+4,8 meter). Data batimetri ini memiliki acuan *horizontal datum* pada WGS 84 dan *vertical datum* pada LWS. Kedalaman yang tertera pada data batimetri tersebut dalam satuan meter dan disurutkan sampai rata-rata air rendah terendah 14 dm (1,4 meter) dibawah Duduk Tengah. Berikut ini pada adalah contoh kontur batimetri terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya bulan September 2019. (data batimetri lengkap terlampir pada LAMPIRAN B).



Gambar IV.7 Kontur batimetri terminal domestik PT. TPS bulan September 2019
(Sumber : PT Rekabhumi Segarayasa Bestari, 2019)

4.3.2 Laju Sedimentasi

Laju sedimentasi dihitung dengan membandingkan dua data batimetri kemudian dicari pertambahan volumenya dan dibagi dengan rentang waktu pengambilan dua data batimetri tersebut. Perhitungan laju sedimentasi ini menggunakan kelima data batimetri sehingga didapatkan 4 laju sedimentasi di terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya pada periode berbeda. Berikut merupakan hasil dari perhitungan laju sedimentasi yang dibantu dengan *software* Autocad Civil 3D 2018.



Name	B	I	C	F	S.	2d Are...	Cut(adjuste...	Fill(adjuste...	Net(adjusted)...	Net Graph
Juni 19			1..	1.		48052.16	21402.25	8625.05	12777.20<Cut>	
September 19			1..	1.		47462.49	45019.45	2200.47	42818.98<Cut>	
Desember 19			1..	1.		47999.72	81740.89	16.10	81724.78<Cut>	
Februari 20			1..	1.		47696.87	94725.73	83.32	94642.41<Cut>	

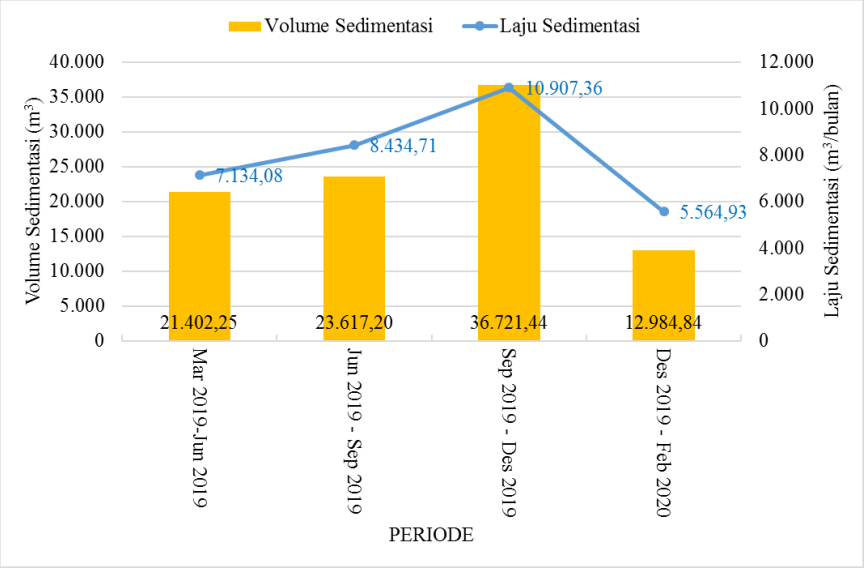
Gambar IV.8 Perhitungan volume sedimen pada *Autocad Civil 3D 2018*

Volume sedimentasi ditunjukkan oleh volume cut dalam satuan m^3 seperti ditunjukkan pada Gambar IV.8. Perhitungan volume menggunakan *base surface* adalah bulan ke-n sedangkan *comparison surface* menggunakan acuan bulan yang sama yaitu bulan Maret 2019. Sedangkan dalam perhitungan laju sedimentasi, yang digunakan adalah volume sedimen untuk setiap periode. Sehingga volume pada setiap periode dapat dihitung dengan mengurangi volume sedimen pada bulan ke-n dengan volume sedimen bulan sebelumnya.

Tabel IV.5 Perhitungan laju sedimentasi pada terminal domestik PT. TPS per periode

Periode	**Jumlah Hari**	**Volume Sedimentasi (m^3)**	**Laju Sedimentasi (m^3/hari)**	**Area (m^2)**	**Pendangkalan (m/hari)**
[a]	[b]	[c]	[d] = [c]/[b]	[e]	[f] = [d]/[e]
MAR 2019 - JUN 2019	90	21.402,25	237,80	48.052,16	0.005
JUN 2019- SEP 2019	84	23.617,20	281,16	47.462,49	0.006
SEP 2019- DES 2019	101	36.721,44	363,58	47.999,72	0.008
DES 2019 - FEB 2020	70	12.984,84	185,50	47.696,87	0.004
Rata-rata			**274,57**	**47.802,81**	**0.006**

Dari Tabel IV.5 diatas telah diketahui rata-rata laju sedimentasi di terminal domestik PT TPS adalah 274,57 m^3/hari atau setara 100.217,08 m^3/tahun. Laju sedimentasi yang cukup tinggi menyebabkan terjadinya pendangkalan pada terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya. Pendangkalan di daerah tersebut dapat mencapai 0,008 meter/hari atau 0,8 cm/hari terjadi pada periode September 2019-Desember 2019. Sedangkan apabila pendangkalan dihitung dari bulan Maret 2019 sampai Februari 2020 dengan merata-ratakan keempat pendangkalan tiap periode, didapatkan tinggi pendangkalan rata-rata sebesar 0,6 cm/hari di terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya. Jika volume sedimentasi dan laju sedimentasi untuk setiap periode dibuat grafik seperti ditunjukkan pada Gambar IV.9, maka dapat disimpulkan bahwa keduanya memiliki *trend* yang sama, dimana volume sedimentasi dan laju sedimentasi semakin meningkat dari Maret 2019 sampai Desember 2019, dan mengalami penurunan pada periode Desember 2019-Februari 2020.



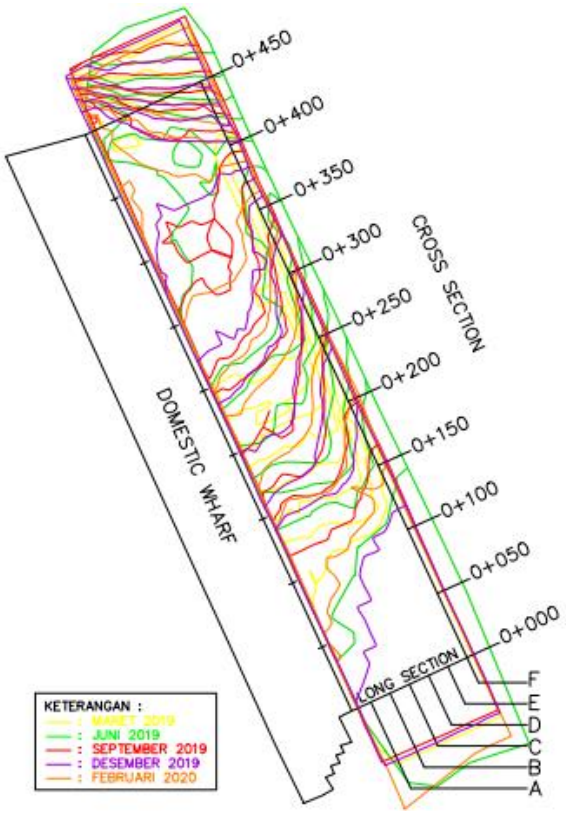
Gambar IV.9 Grafik volume dan laju sedimentasi pada terminal domestik PT TPS per periode

4.3.3 Pola Sedimentasi

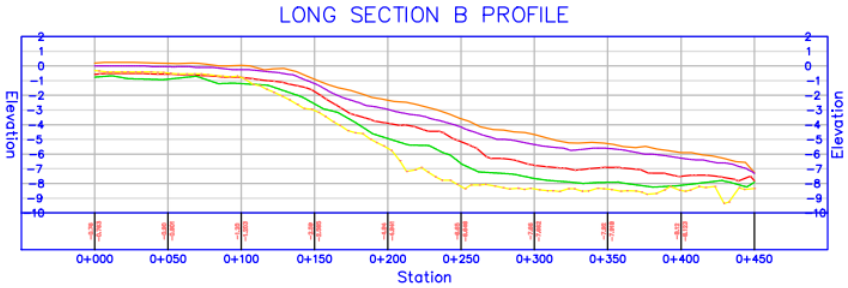
Pola sedimentasi dianalisis dengan meng*overlay*kan beberapa data batimetri untuk mengetahui kearah mana sedimen bergerak dan daerah mana yang paling banyak mengalami sedimentasi. Dalam analisis pola sedimentasi ini kelima batimetri di*overlay* kemudian dicari potongan memanjang (*long section*) dan potongan melintang (*cross section*). Pada desain keruk selebar 90 meter dibuat sebanyak 6 potongan dengan jarak antar potongan adalah 15 meter tegak lurus terhadap bibir dermaga. Sedangkan pada dermaga sepanjang 450 meter dibuat sebanyak 10 potongan

dengan jarak antar potongan 50 meter. Dari kedua potongan ini dapat melihat bagaimana pertambahan sedimentasi pada setiap kade dermaga domestik PT Terminal Petikemas Surabaya.

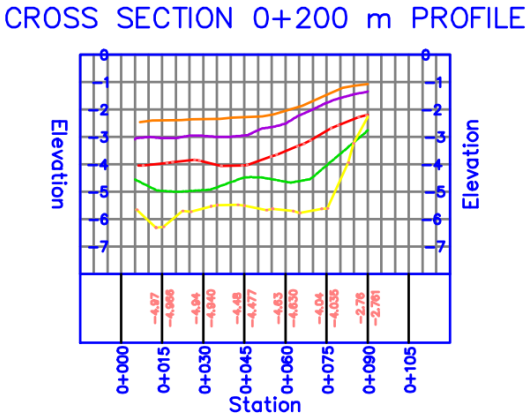
Potongan memanjang dibuat sebanyak 6 potongan yaitu Long Section A, *Long Section* B, *Long Section* C, *Long Section* D, *Long Section* E, *Long Section* F seperti yang tergambar pada Gambar IV.10. Dimana jarak masing-masing *section* dengan bibir dermaga adalah berturut-turut 15 meter, 30 meter, 45 meter, 60 meter, 75 meter, dan 90 meter. Profil tampak memanjang terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya pada jarak 30 meter (*long section* B) ditunjukkan pada Gambar IV.11. Sedangkan potongan melintang dibuat sebanyak 10 potongan sesuai kade dermaga domestik yaitu *Cross Section* 0+000 m, *Cross Section* 0+050 m, *Cross Section* 0+100 m, *Cross Section* 0+150 m, *Cross Section* 0+200 m, *Cross Section* 0+250 m, *Cross Section* 0+300 m, *Cross Section* 0+350 m, *Cross Section* 0+400 m, *Cross Section* 0+450 m seperti yang ditunjukkan pada Gambar IV.10. Profil tampak melintang kade 200 meter terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya ditunjukkan pada Gambar IV.12. Gambar potongan memanjang dan melintang lebih lengkap dapat dilihat pada LAMPIRAN C.



Gambar IV.10 Pembagian *long* dan *cross section* pada terminal domestik PT TPS



Gambar IV.11 *Long section* B



Gambar IV.12 *Cross section* 0+200

Dari gambar profil potongan memanjang dan potongan melintang diatas, dapat dilihat daerah mana yang paling rawan terjadi sedimentasi. Tabel IV.6 dibawah ini menjelaskan perubahan kedalaman (dalam satuan meter) sepanjang terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya untuk setiap periode dari bulan Maret 2019 hingga bulan Februari 2020 pada jarak melintang 30 meter dari dermaga (*long section* B). Tanda positif menandakan terjadinya sedimentasi, sebaliknya tanda negatif menandakan terjadi erosi pada daerah tersebut.

Tabel IV.6 Perubahan kedalaman (m) per periode pada *long section* B

Periode		MAR 19	JUN 19	SEP 19	DES 19
Long | Cross		JUN 19	SEP 19	DES 19	FEB 20
B	0+000	-0,44	0,18	0,57	0,19
	0+050	-0,42	0,34	0,49	0,22
	0+100	-0,4	0,42	0,53	0,28
	0+150	0,45	0,83	0,55	0,29
	0+200	0,66	1,03	0,94	0,61
	0+250	1,56	1,48	1,01	0,56
	0+300	0,7	0,89	1,41	0,68
	0+350	0,47	1,01	1,28	0,32
	0+400	0,35	0,61	1,23	0,37
	0+450	0,41	0,11	0,5	0,04

Berdasarkan tabel perubahan kedalaman per periode yang dilihat dari potongan memanjang dan potongan melintang (dapat dilihat pada LAMPIRAN D), dapat disimpulkan bahwa pada bulan Juni 2019-Februari 2020 terjadi sedimentasi di seluruh area rencana keruk terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya. Daerah yang paling tinggi pendangkalannya adalah pada kade 150 meter sampai kade 350 meter. Sedangkan pada periode Maret 2019-Juni 2019 secara keseluruhan terdapat pendangkalan di area tersebut, namun terdapat daerah yang tererosi yaitu pada kade 0-100 meter pada jarak melintang 0-75 meter dari bibir dermaga dan di sepanjang area keruk pada jarak melintang 90 meter dari bibir dermaga.

4.4 Perhitungan Volume Sedimen

Perhitungan volume sedimen yang akan dikeruk menggunakan data batimetri bulan terbaru yaitu bulan Februari 2020. Volume sedimen dihitung menggunakan 2 cara, yaitu menggunakan *software Autocad Civil 3D 2018* dan menggunakan cara manual dengan metode *cross section area*. Volume sedimen yang akan dikeruk ini dihitung untuk dua opsi desain rencana keruk.

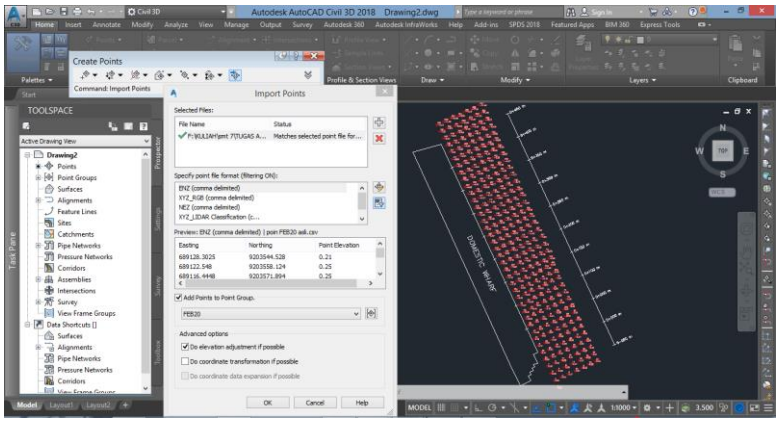
4.4.1 Perhitungan Menggunakan *Software Autocad Civil 3D 2018*

Software yang digunakan untuk menghitung volume pengerukan adalah *software Autocad Land Civil 3D* 2018. Software *Autocad Land Civil 3D* 2018 ini dapat dengan mudah diakses menggunakan *student license version*. Software ini berfungsi untuk pembuatan peta kontur, membuat desain keruk dan menghitung volume *cut and fill.*

Langkah-langkah perhitungan menggunakan *software* Autocad Civil 3D 2018 adalah sebagai berikut :

1. **Input Data Batimetri**

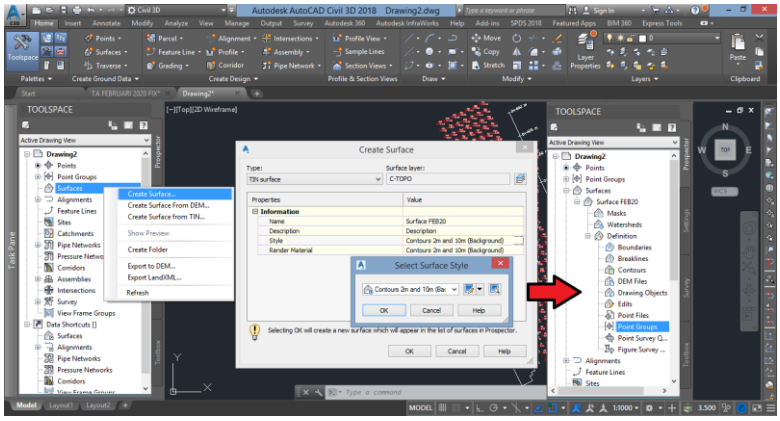
   Menginput data batimetri ke *Autocad Land Civil 3D* 2018 dengan menggunakan *tools import point* hasil digitasi dalam format .csv atau .xyz. Point hasil digitasi tersebut harus terdiri dari koordinat x, y, dan z, dimana koordinat x ditunjukkan oleh koordinat *easting*, koordinat y ditunjukkan oleh koordinat *northing*, dan koordinat z menyatakan kedalaman laut yang ditunjukkan dengan tanda negatif. Point-point tersebut kemudian dijadikan dalam satu point grup agar lebih mudah saat akan memberikan *command* selanjutnya ke point-point tersebut.



Gambar IV.13 Proses input batimetri ke Autocad Civil 3D 2018

2. Pembuatan *Surface*

Langkah selanjutnya setelah *import point* batimetri hasil digitasi adalah membuat *surface* kontur batimetri eksisting pada *Autocad Land Civil 3D* 2018. Tools yang digunakan dalam langkah ini adalah klik kanan pada menu *surface* dan pilih *create surface*. Tampilan *surface* dapat diubah sesuai keinginan pada kolom *style*, meliputi interval kontur, smoothness kontur, dan warna kontur. Setelah *surface* dibuat maka *surface* tersebut didefinisikan dengan cara klik *surface definition* pada pilihan *prospector*. Untuk memunculkan *surface* tersebut klik kanan pada pilihan point grup kemudian tambahkan point grup yang sudah dibuat pada langkah pertama.

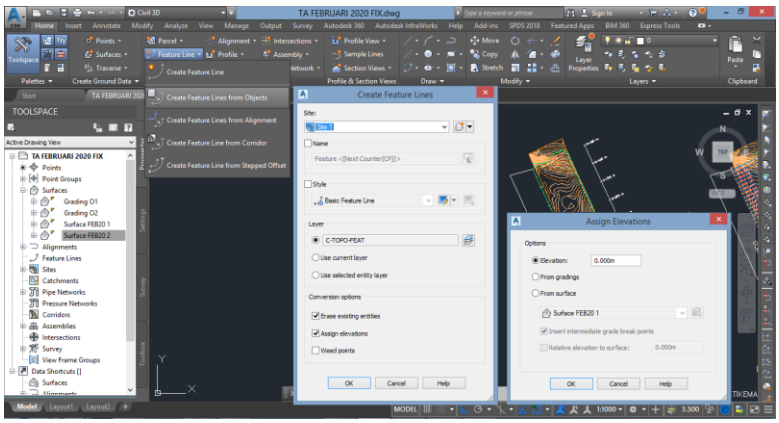


Gambar IV.14 Pembuatan surface kontur eksisting

3. Pembuatan Desain Rencana Keruk

Langkah ketiga adalah membuat desain rencana keruk. Pada dasarnya pembuatan desain rencana keruk sama dengan pembuatan *surface* kontur batimetri yaitu memanfaatkan kumpulan point untuk pembuatan *surface*. Pembuatan desain keruk ini menggunakan *tools feature line*. *Tools* tersebut berfungsi menghubungkan beberapa point hingga membentuk suatu area tertutup sekaligus

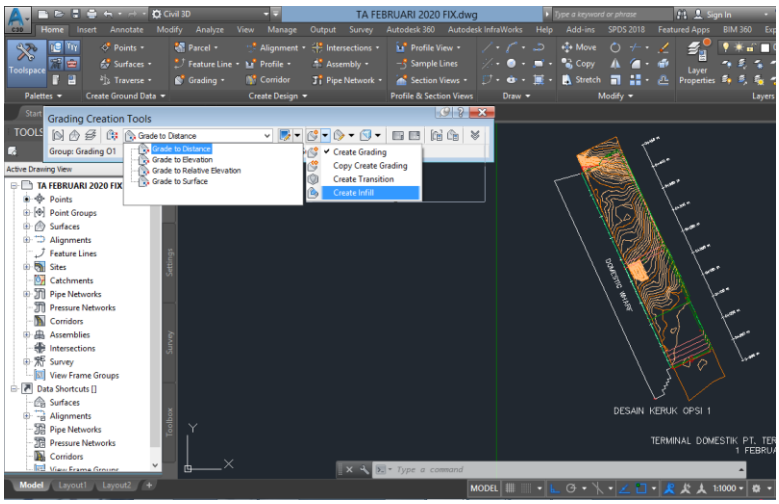
sebagai pembatas area keruk. Elevasi *feature line* diatur sesuai kedalaman desain rencana keruk yang telah ditentukan sebelumnya.



Gambar IV.15 Pembuatan desain rencana area keruk

4. Pembuatan *Grading*

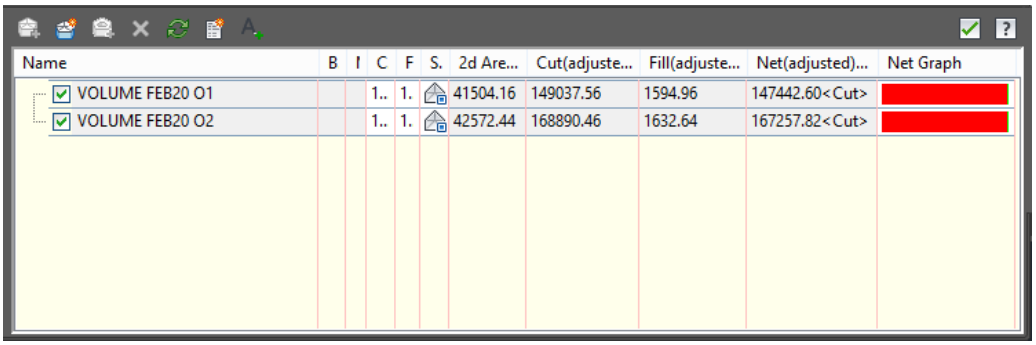
Pembuatan *grading* dilakukan setelah batas area keruk terbentuk, dimana langkah ini berfungsi untuk menentukan kemiringan lereng pada area rencana pengerukan. Pembuatan *grading* ini menyebabkan area pengerukan bertambah. *Grading* diaplikasikan pada *feature line* menggunakan *grading creation tool* kemudian pilih *grade to surface* dan *grade to distance*. Pada pengerjaan tugas akhir ini, penulis mengkombinasikan penggunaan *grade to surface* dan *grade to distance* karena keterbatasan data batimetri yang diperoleh. *Grading* dibuat sesuai dengan kemiringan lereng yang sudah ditetapkan yaitu 1:5. Selanjutnya pilih *create infill* pada *grading creation tool dan* klik pada area keruk yang sudah ditentukan. Langkah-langkah tersebut digunakan untuk membuat *surface grading* yang mendefinisikan *surface* desain rencana keruk.



Gambar IV.16 Hasil pembuatan *grading*

5. **Hasil Volume**

Pada dasarnya perhitungan volume keruk menggunakan software Autocad Civil 3D 2018 adalah membandingkan surface kontur eksisting dengan surface desain rencana yang diinginkan. Perhitungan volume dilakukan dengan membuat *surface* baru dengan tipe *TIN volume surface* dengan mendefinisikan *surface* kontur *eksisting* sebagai batas atas/*base surface* dan surface desain rencana keruk sebagai batas bawah/*comparison surface*. Hasil volume *cut and fill* dapat diketahui menggunakan *tools volume dashboard* pada *tabs analyze* dengan input *surface* volume yang sudah dibuat. Hasilnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Name	B	I	C	F	S.	2d Are...	Cut(adjuste...	Fill(adjuste...	Net(adjusted)...	Net Graph
VOLUME FEB20 O1			1..	1.		41504.16	149037.56	1594.96	147442.60<Cut>	
VOLUME FEB20 O2			1..	1.		42572.44	168890.46	1632.64	167257.82<Cut>	

Gambar IV.17 Hasil perhitungan volume *cut and fill* pada *Autocad Civil 3D 2018*

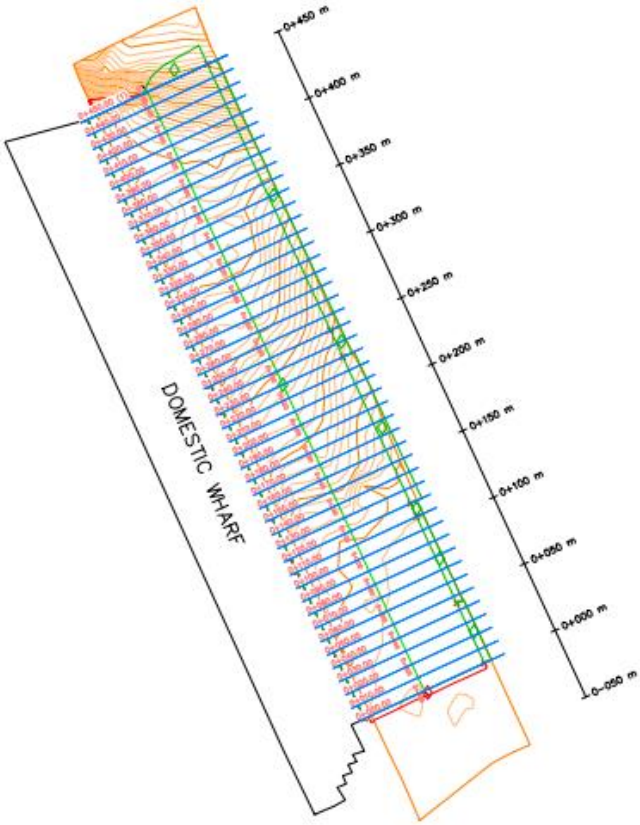
Berdasarkan Gambar IV.17, volume keruk ditunjukkan pada kolom *volume cut* yaitu sebesar 147.729,06 m^3 untuk desain keruk opsi 1 dan volume yang harus dikeruk sebesar 167.581,97 m^3 untuk desain keruk opsi 2.

4.4.2 Perhitungan Manual

Perhitungan volume secara manual menggunakan metode *cross section area*. Perhitungan ini dibantu oleh *Microsoft Excel* dan dilakukan sebagai validasi atas perhitungan menggunakan bantuan *software Autocad Civil 3D 2018*. Berikut ini langkah-langkah menghitung volume keruk secara manual menggunakan metode *cross section area* :

1. **Pembagian *Station***

Langkah pertama dalam perhitungan manual adalah membagi area keruk menjadi beberapa station. Apabila jarak antar station semakin rapat maka semakin akurat hasil hitungan volume karena dianggap semakin mewakili profil area keruk. Jumlah *station* berbeda-beda tergantung dari panjang area keruk. Dalam penelitian ini, panjang area keruk adalah 450 meter dan penulis menggunakan jarak antar *station* sebesar 10 meter sehingga terdapat 46 *station* di sepanjang area keruk. Pada Gambar IV.18, *station* ditunjukkan oleh garis berwana biru.

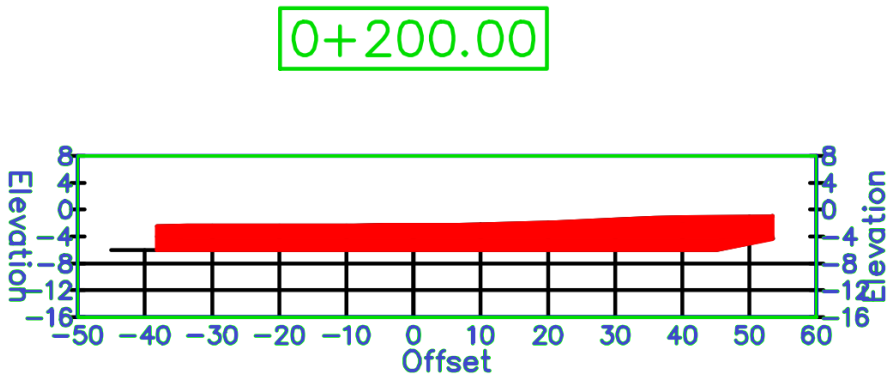


Gambar IV.18 Pembagian station pada area keruk

2. **Pembuatan *Cross Section Area***

Cross section area adalah luasan potongan melintang dari suatu obyek. *Cross section area* dibuat setelah membagi area keruk menjadi beberapa *station*, dimana setiap station dibuat tampak melintangnya. *Cross section area* menampilkan lebar area keruk dan kedalaman. Pada pembuatan *cross section area* dibutuhkan profil kedalaman kontur eksisting dan profil desain rencana. Pembuatan *cross section area* bertujuan untuk mengetahui luas area antara kontur eksisting (batas atas) dengan kontur desain keruk (batas bawah) pada masing-masing *station*.

Luasan dari *cross section* per *station* dicatat untuk kemudian dicari volumenya dengan menggunakan persamaan Simpson I dan II sesuai dengan pembagian stationnya. Luasan area dapat diketahui dengan bantuan software Autocad menggunakan *tools hatch* kemudian klik bagian luasan daerah antara profil eksisting dengan profil rencana. Setelah itu, melihat hasil luasan area yang dipilih pada tools *properties*. Pada Gambar IV.19, area berwarna merah merupakan luas pada *station* 0+200 meter yang harus dikeruk. (*Cross section area* untuk kedua opsi desain keruk dapat dilihat pada LAMPIRAN E).



Gambar IV.19 *Cross Section Area* pada *station* 0+200 meter

3. Perhitungan Volume Sedimen

Setelah mendapatkan luasan pada setiap *station* maka dapat dihitung volume keruk pada area tersebut. Volume dihitung berdasarkan luasan-luasan yang telah dicari dengan menggunakan persamaan *Simpson*. Dalam tugas akhir ini perhitungan volume dibantu dengan *software Microsoft Excel.* Persamaan *Simpson* yang dipakai adalah persamaan *Simpson* II karena penggunaan aturan ini bergantung pada berapa jumlah *station* dan *cross section area* yang telah dibuat. Berikut adalah persamaan *Simpson* II:

Simpson II $V = \frac{3}{8} h\,(1.a_0 + 3a_2 + 3a_3 + 1.a_4)$ (4.2)

Hasil perhitungan volume sedimen yang didapat dan harus dikeruk dapat dilihat dibawah ini (perhitungan detail dapat dilihat pada LAMPIRAN F).

1. Desain Keruk Opsi 1

Total (Σ_1)	=	39.287,11	
Volume	=	3/8 x jarak antar station x $\Sigma 1$	
	=	3/8 x 10 x 39.287,11	
Volume opsi 1	=	147.326,663	m^3

2. Desain Keruk Opsi 2

Total (Σ_2)	=	44.046,62	
Volume	=	3/8 x jarak antar station x Σ_1	
	=	3/8 x 10 x 44.046,62	
Volume opsi 2	=	165.174,825	m^3

Kedua hasil perhitungan volume sedimen diatas belum ditambah *dengan siltation rate* sebesar 10%. Berikut ini merupakan perbandingan hasil dari kedua perhitungan volume sedimen setelah ditambah *siltation rate* menggunakan software Autocad Civil 3D 2018 dan menggunakan hitungan manual.

Tabel IV.7 Perbandingan hasil perhitungan volume keruk menggunakan dua metode

METODE PERHITUNGAN		DESAIN KERUK	
		OPSI 1	**OPSI 2**
PERHITUNGAN MANUAL (CROSS SECTION AREA)	Volume Awal (m^3)	147.326,663	165.174,825
	Siltasi 10% (m^3)	14.732,666	16.517,483
	Volume Akhir (m^3)	**162.059,329**	**181.692,308**
PERHITUNGAN SOFTWARE(AUTOCAD CIVIL 3D 2018)	Volume Awal (m^3)	147.729,060	167.581,970
	Siltasi 10% (m^3)	14.772,906	16.758,197
	Volume Akhir (m^3)	**162.501,966**	**184.340,167**

Dari Tabel IV.7 diatas, terdapat perbedaan hasil volume keruk yang didapatkan menggunakan kedua metode perhitungan. Dari perbedaan hasil tersebut dicari errornya dan didapatkan *error* sebesar 0,273% pada desain keruk opsi 1 dan *error* sebesar 1,457% pada desain keruk opsi 2.

4.5 Perencanaan Tahapan Pengerukan

Tahapan pengerukan ini membahas tentang hal bersifat teknis yang akan dilakukan pada pengerukan di terminal domestik PT Terminal Petikemas Surabaya. Setelah menentukan perancangan pengerukan yang telah dibahas pada sub bab 4.2, maka selanjutnya yang perlu dilakukan adalah merencanakan tahapan pengerukan. Pada perencanaan tahapan pengerukan ini, *layout* rencana sistem harus diperhatikan dengan mempertimbangkan beberapa hal, seperti penempatan pompa, kemudahan instalasi dan operasi, aman dan tidak menggangu kegiatan operasional kapal, waktu pengoperasian, maupun lokasi buang material keruk. Selain itu, penentuan jalur pengerukan juga harus memperhitungkan laju sedimentasi, arah arus, dan pola pergerakan sedimentasi.

Adapun tahapan-tahapan pengerukan yang dibahas dalam tugas akhir ini yaitu sebagai berikut :

- Sistem pompa menggunakan tipe *submersible slurry pump* dengan konsep *sand bypassing* tipe *mobile system*.
- Alat keruk berupa *slurry pump* dan peralatan lainnya didatangkan ke lokasi melalui akses darat (melewati *trestle*/jembatan penghubung dermaga domestik dengan kawasan utama PT Terminal Petikemas Surabaya).
- *Slurry pump* yang sudah sampai di lokasi kemudian dirakit diatas *pontoon* kemudian diinstal di dermaga domestik.

- Pompa beserta *pontoon* ditempatkan di bibir dermaga pada jarak 50 meter di belakang kade 0 meter dermaga domestik PT Terminal Petikemas Surabaya agar tidak mengganggu kegiatan bongkar muat kapal.

Gambar IV.20 *Layout* penempatan sistem pompa

- Pontoon ditambatkan pada tiang-tiang penahan yang dipasang pada dermaga domestik menggunakan sling/tali baja untuk menjaga agar pontoon tidak bergerak terbawa arus.

Gambar IV.21 *Layout* sistem pembuangan material keruk

- Pontoon bergerak menghisap lumpur di area keruk dimulai dari kade 0 meter sampai kade 350 meter.
- Pengoperasian pompa dilakukan secara berkala (terdapat jam operasional) untuk menjaga agar kerja pompa tetap stabil.
- Pompa tersebut dihubungkan dengan pipa buang sepanjang 850-1200 meter yang dipasang mengapung (*floating pipe*) untuk menyalurkan sedimen untuk

selanjutnya dibuang menuju lokasi dumping. Sistem perpipaan dipasang di bawah *trestle*/jembatan penghubung dermaga domestik dengan kawasan utama PT Terminal Petikemas Surabaya.

- Material hasil pengerukan yang dibuang di lokasi dumping yang sudah ditentukan kemudian dapat dimanfaatkan untuk menimbun daerah yang butuh direklamasi.

4.6 Data dan Spesifikasi Sistem Pompa

Langkah selanjutnya setelah merencanakan tahapan pengerukan adalah menentukan spesifikasi pompa yang akan digunakan dalam sistem tersebut. Penentuan tersebut mempertimbangkan debit sedimen dan volume keruk agar dapat mengurangi sedimentasi pada terminal domestik PT TPS. Debit yang digunakan dalam perhitungan merupakan volume keruk yang telah ditambah *siltation rate* sebesar 10% dibagi dengan jumlah hari dari Maret 2019 hingga Februari 2020. Sedangkan persentase air dan sedimen menggunakan perbandingan 70% : 30%, sehingga berikut ini perhitungan debit total untuk kedua opsi desain keruk :

- Desain Keruk Opsi 1

$$Q_{1sedimen} = \frac{\text{Volume Keruk}}{\text{Waktu}} = \frac{162.501{,}966\ m^3}{326\ \text{hari}} = 498{,}47\ m^3/\text{hari} = 0{,}00577\ m^3/s$$

$$Q_{1air} = \frac{Q1sedimen\ \ x\ 70\%}{30\%} = \frac{0{,}00577\ m^3/s\ x\ 0{,}7}{0{,}3} = 0{,}01346\ m^3/s$$

$$Q_{1total} = Q_{1sedimen} + Q_{1air} = 0{,}00577\ m^3/s + 0{,}01346\ m^3/s = 0{,}01923\ m^3/s$$

- Desain Keruk Opsi 2

$$Q_{2sedimen} = \frac{\text{Volume Keruk}}{\text{Waktu}} = \frac{184.340{,}167\ m^3}{326\ \text{hari}} = 565{,}46\ m^3/\text{hari} = 0{,}00654\ m^3/s$$

$$Q_{2air} = \frac{Q2sedimen\ \ x\ 70\%}{30\%} = \frac{0{,}00654\ m^3/s\ x\ 0{,}7}{0{,}3} = 0{,}01527\ m^3/s$$

$$Q_{2total} = Q_{2sedimen} + Q_{2air} = 0{,}00654\ m^3/s + 0{,}01527\ m^3/s = 0{,}02182\ m^3/s$$

Perhitungan debit diatas digunakan untuk mencari diameter pipa yang akan digunakan. Dalam perhitungan diameter pipa menggunakan persamaan (2.11), sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

- Desain Keruk Opsi 1

$$D_1^2 = \frac{4\ x\ Q}{\pi\ x\ v} = \frac{4\ x\ 0{,}01923\ m^3/s}{3{,}14\ x\ 0{,}7} = 0{,}035\ m^2$$

$$D_1 = \sqrt{D_1^2} = \sqrt{0{,}035^2} = 0{,}18699\ m = 186{,}99\ mm$$

- Desain Keruk Opsi 2

$$D_2^2 = \frac{4 \times Q}{\pi \times v} = \frac{4 \times 0{,}02182\ m^3/s}{3{,}14 \times 0{,}7} = 0{,}0397\ m^2$$

$$D_2 = \sqrt{D_2^2} = \sqrt{0{,}0397^2} = 0{,}19916\ m = 199{,}16\ mm$$

Hasil perhitungan diameter pipa tersebut kemudian dijadikan acuan dalam pemilihan spesifikasi pompa. Dimana diameter pipa buang harus sama dengan diameter *discharge bore* dari pompa. Dalam penelitian ini, penulis mencari spesifikasi pompa dengan ukuran diameter *discharge bore* berkisar antara 150-200 mm. Perbedaan ukuran tersebut juga akan menyebabkan perbedaan pada spesifikasi pompa lainnya, misalnya kapasitas pompa, diameter *suction bore*, dan head pompa. Berikut ini pada Tabel IV.8 tertera data spesifikasi pompa dari perusahaan yang sudah lama bergerak di bidang pengerukan, khususnya memproduksi *slurry pump*.

Tabel IV.8 Data *Slurry Pump*

Keterangan	***Slurry Pump* 1**	***Slurry Pump* 2**	***Slurry Pump* 3**	***Slurry Pump* 4**	***Slurry Pump* 5**	***Slurry Pump* 6**
Tipe	DPFS-50H	DMS150-45-55	DMS200-30-45	DPF-75BH	DMS350-28-75	DPF-60B
Head (m)	50	60	30	40	35	22
Kapasitas (m^3/jam)	90	150	200	192	350	360
Diameter *Discharge Bore* (mm)	150	150	150	200	200	200
Diameter *Suction Bore* (mm)	515	560	590	660	635	560
Solid size (mm)	15	21	25	40	29	60
Power Output (kW)	37	55	45	55	75	45
Berat (kg)	710	910	1.070	1.120	1.180	1.000

Pompa yang digunakan adalah tipe *submersible* dimana badan pompa dipasang tercelup ke dalam air saat proses penghisapan sedimen dan digantung pada pipa pembuangan. Agar dapat bekerja dengan baik, sistem pompa membutuhkan komponen pendukung sebagai sumber listrik. Sumber listrik untuk pompa didapatkan dari *genset* dengan kebutuhan daya yang berbeda-beda untuk masing-masing tipe *slurry pump*.

Oleh karena itu, daya yang disediakan genset harus lebih tinggi dari daya yang dibutuhkan oleh pompa.

Selain itu, dalam tahap pengerukan pada sub bab 4.5 telah dijelaskan bahwa *slurry pump* dipasang diatas *pontoon* kemudian *pontoon* bergerak untuk mengarahkan *slurry pump* pada area keruk. Perbedaan spesifikasi pompa akan berpengaruh pada ukuran, dimana idealnya semakin besar kapasitas pompa maka ukuran pompa juga semakin besar. Hal itu menyebabkan perbedaan ukuran *pontoon* yang akan digunakan agar *pontoon* dapat menahan beban pompa dan komponen pendukungnya dengan baik. Berikut ini pada Tabel IV.9 merupakan data komponen pendukung sistem pompa berupa spesifikasi *genset* dan ukuran *pontoon* yang digunakan pada masing-masing *slurry pump*.

Tabel IV.9 Data komponen pendukung sistem

1. Data *Genset*						
Keterangan	***Slurry Pump* 1**	***Slurry Pump* 2**	***Slurry Pump* 3**	***Slurry Pump* 4**	***Slurry Pump* 5**	***Slurry Pump* 6**
Tipe	4BTA3.9-G250	6BT5.9-G285	6BT5.9-G272	6BT5.9-G285	6BT5.9-G200	6BT5.9-G272
Power (kVA/kW)	50kVA/ 40kW	85kVA/ 68kW	72kVA/ 58kW	85kVA/ 68kW	100kVA/ 80kW	72kVA/ 58kW
Panjang (m)	2,396	3,146	3,146	3,146	3,146	3,146
Lebar (m)	1,056	1,056	1,056	1,056	1,056	1,056
Tinggi (m)	1,723	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Berat (kg)	1.270	1.789	1.749	1.789	1,824	1.749
2. Data *Pontoon*						
Keterangan	***Slurry Pump* 1**	***Slurry Pump* 2**	***Slurry Pump* 3**	***Slurry Pump* 4**	***Slurry Pump* 5**	***Slurry Pump* 6**
Tipe	CP-4086					
LOA	12,19 m					
Breadth	2,436 m					
Draft max.	1,5 m					
Depth	1,8 m					
Kapasitas beban maks.	33 ton					
Berat	10.100 kg					

Setelah dilakukan pengerukan, maka material yang dikeruk akan dibuang menuju lokasi dumping. Dalam sub bab 4.5 telah dijelaskan pula, sistem pembuangan yang digunakan adalah sistem pipa (*pipeline*) menggunakan *floating pipe* dari pompa langsung menuju ke lokasi dumping. Jarak dari area keruk menuju lokasi dumping adalah sepanjang 850-1200 meter. Pipa yang dipilih adalah pipa dengan *inside* diameter yang ukurannya sesuai dengan diameter *discharge bore* dari pompa yang digunakan. Dalam tugas akhir ini, pipa yang digunakan terbuat dari material MDPE (*Medium Density Polyethylene*) dan dilengkapi *floater*. Pada Tabel IV.10 tertera data pipa pembuangan yang digunakan oleh masing-masing pompa.

Tabel IV.10 Data pipa pembuangan

Keterangan	***Slurry Pump* 1**	***Slurry Pump* 2**	***Slurry Pump* 3**	***Slurry Pump* 4**	***Slurry Pump* 5**	***Slurry Pump* 6**
Pipa	Lymax 159			Lymax 205		
Inside diameter	150 mm			200 mm		
Outside diameter	159 mm			205 mm		
Panjang pipa rencana	1200 m					
Jumlah *elbow* (90^0)	4					
Floater						
Floater inside diameter	220 mm					
Floater outside diameter	500 mm					
Floater length	800 mm					
Floater weight	16 kg					

4.7 Analisis Kinerja Pompa

Setiap pompa memiliki perbedaan karakteristik dengan pompa lainnya yang digambarkan dalam kurva karakteristik. Kurva tersebut menyatakan hubungan antara head pompa, daya pompa, dan efisiensi pompa terhadap kapasitas pompa. Dari kurva tersebut, dapat dilihat kinerja pompa pada berbagai kondisi pemakaian. Pompa akan

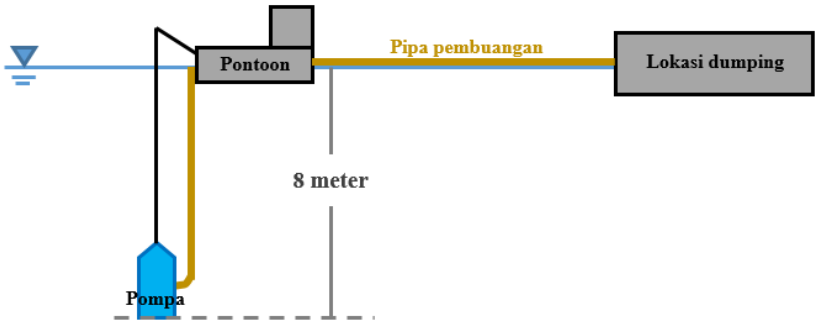
selalu berkerja pada kurva, sehingga idealnya apabila kapasitas pompa bertambah maka head akan berkurang, dan begitupun sebaliknya.

Saat instalasi sebuah pompa, perhitungan kinerja pompa sangat diperlukan untuk mengetahui kemampuan pompa ketika beroperasi di lapangan. Dengan diketahuinya kemampuan pompa beroperasi, maka diketahui juga apakah pompa tersebut cocok digunakan pada kondisi lingkungan di area keruk yang sudah ditentukan. Kinerja pompa dapat diperhitungkan melalui analisis head total pompa yang meliputi head statis, head tekanan, head kecepatan, dan head loss. Head total pompa atau bisa juga disebut head sistem pompa dihitung berdasarkan kondisi instalasi/operasi, sedangkan head pompa didapatkan dari data spesifikasi masing-masing pompa.

Berikut ini perhitungan mengenai head total pompa menggunakan rumus-rumus yang sudah dijelaskan pada sub bab 2.2.9.

4.7.1 Head Statis

Head statis pompa adalah head yang disebabkan perbedaan ketinggian antara permukaan zat cair pada sisi keluar (*disharge*) dengan permukaan zat cair pada sisi masuk (*suction*). Dalam tugas akhir ini, pompa yang digunakan adalah tipe submersible dimana pompa tersebut dicelupkan kedalam air tanpa adanya pipa penghisap seperti pada Gambar IV.22 dibawah ini, sehingga perhitungan head statis menjadi seperti berikut :



Gambar IV.22 Ilustrasi sistem pompa *submersible*

Head statis = Head *discharge* + Head *suction*

= Kedalaman rencana + 0

= 8 + 0

Hs = 8 m

4.7.2 Head Tekanan

Head tekanan adalah head yang disebabkan oleh perbedaan tekanan pada titik permukaan hisap dan permukaan buang. Dapat dilihat pada ilustrasi Gambar IV.22, posisi permukaan hisap paling rendah adalah 8 meter dibawah permukaan air laut dan posisi permukaan buang berada pada permukaan air laut. Tekanan pada dua titik tersebut dapat diperoleh menggunakan persamaan 2.14.

$$Pa = 10{,}33\left[1 - \frac{0{,}0065.h}{288}\right]^{5{,}256}$$

Dimana :

Pa = Tekanan atmosfer standar (mH_2O)

h = Ketinggian di atas muka air laut (m)

- Titik hisap (h = -8 meter)

$$Ps = 10{,}33\left[1 - \frac{0{,}0065.h}{288}\right]^{5{,}256} = 10{,}33\left[1 - \frac{0{,}0065x(-8)}{288}\right]^{5{,}256} = 10{,}3398\ kg/m^2$$

- Titik buang (h = 0 meter)

$$Pd = 10{,}33\left[1 - \frac{0{,}0065.h}{288}\right]^{5{,}256} = 10{,}33\left[1 - \frac{0{,}0065x0}{288}\right]^{5{,}256} = 10{,}33\ kg/m^2$$

Sehingga head tekanan yang terjadi antara dua titik tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan 2.15, dimana massa jenis udara pada temperatur 40^0C = 1,293 kgf/m^3.

$$Hp = \frac{Ps\text{-}Pd}{\gamma}$$

Dimana :

$P_s - P_d$ = Beda tekanan pada kedua permukaan sisi masuk dan keluar

γ = Massa jenis udara (kg/m^3)

$$Hp = \frac{Ps\text{-}Pd}{\gamma} = \frac{10{,}3398\text{-}10{,}33}{1{,}293} = \frac{0{,}0098}{1{,}293} = 0{,}0076\ m$$

4.7.3 Head Kecepatan

Head kecepatan adalah head yang diakibatkan oleh perbedaan kecepatan pada sisi hisap dan sisi buang. Karena pada data spesifikasi pompa tidak diketahui kecepatan pada kedua sisi, maka kecepatan dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$V_1 = \frac{Q}{As} = \frac{4Q}{\pi.Ds^2}\ ;\ V_2 = \frac{Q}{Ad} = \frac{4Q}{\pi.Dd^2}$$

Dimana :

V_1 = Kecepatan rata-rata pada posisi hisap (m/s)

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

Ds = Diameter *suction bore* (m)

Dd = Diameter *discharge bore* (m)

Q = Kapasitas (m^3/s)

Setelah kecepatan diketahui, maka head kecepatan dapat dicari dengan persamaan 2.16.

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

Head kecepatan masing-masing pompa berbeda karena perbedaan pada ukuran diameter *discharge bore* dan *suction bore*, sehingga berikut ini perhitungan detail head kecepatan masing-masing pompa.

- ***Slurry pump* 1 (DPFS-50H)**

$$V_1 = \frac{Q}{As} = \frac{4Q}{\pi.Ds^2} = \frac{4 \times 0{,}025}{3{,}14 \times 0{,}515^2} = 0{,}12 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{Q}{Ad} = \frac{4Q}{\pi.Dd^2} = \frac{4 \times 0{,}025}{3{,}14 \times 0{,}15^2} = 1{,}4141 \text{ m/s}$$

$$Hv = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = \frac{1{,}4141^2 - 0{,}12^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}1012 \text{ m}$$

- ***Slurry pump* 2 (DMS150-45-55)**

$$V_1 = \frac{Q}{As} = \frac{4Q}{\pi.Ds^2} = \frac{4 \times 0{,}042}{3{,}14 \times 0{,}56^2} = 0{,}1691 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{Q}{Ad} = \frac{4Q}{\pi.Dd^2} = \frac{4 \times 0{,}042}{3{,}14 \times 0{,}15^2} = 2{,}3569 \text{ m/s}$$

$$Hv = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = \frac{2{,}3569^2 - 0{,}1691^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}2817 \text{ m}$$

- ***Slurry pump* 3 (DMS200-30-45)**

$$V_1 = \frac{Q}{As} = \frac{4Q}{\pi.Ds^2} = \frac{4 \times 0{,}056}{3{,}14 \times 0{,}59^2} = 0{,}2031 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{Q}{Ad} = \frac{4Q}{\pi.Dd^2} = \frac{4 \times 0{,}056}{3{,}14 \times 0{,}15^2} = 3{,}1425 \text{ m/s}$$

$$Hv = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = \frac{3{,}1425^2 - 0{,}2031^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}5012 \text{ m}$$

- ***Slurry pump* 4 (DPF-75BH)**

$$V_1 = \frac{Q}{As} = \frac{4Q}{\pi.Ds^2} = \frac{4 \times 0{,}053}{3{,}14 \times 0{,}66^2} = 0{,}1558 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{Q}{Ad} = \frac{4Q}{\pi.Dd^2} = \frac{4 \times 0{,}053}{3{,}14 \times 0{,}2^2} = 1{,}697 \text{ m/s}$$

$$Hv = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = \frac{1{,}697^2 - 0{,}1558^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}1455 \text{ m}$$

- ***Slurry pump* 5 (DMS350-28-75)**

$$V_1 = \frac{Q}{As} = \frac{4Q}{\pi.Ds^2} = \frac{4 \times 0{,}097}{3{,}14 \times 0{,}635^2} = 0{,}3069 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{Q}{Ad} = \frac{4Q}{\pi.Dd^2} = \frac{4 \times 0{,}097}{3{,}14 \times 0{,}2^2} = 3{,}0934 \text{ m/s}$$

$$Hv = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = \frac{3{,}0934^2 - 0{,}3069^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}4829 \text{ m}$$

- ***Slurry pump* 6 (DPF-60B)**

$$V_1 = \frac{Q}{As} = \frac{4Q}{\pi.Ds^2} = \frac{4 \times 0{,}1}{3{,}14 \times 0{,}56^2} = 0{,}4058 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{Q}{Ad} = \frac{4Q}{\pi.Dd^2} = \frac{4 \times 0{,}1}{3{,}14 \times 0{,}2^2} = 3{,}1818 \text{ m/s}$$

$$Hv = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = \frac{3{,}1818^2 - 0{,}4058^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}5076 \text{ m}$$

4.7.4 Head *Loss Mayor*

Head *loss mayor* adalah kerugian energi per satuan berat fluida yang disebabkan oleh panjang pipa yang digunakan. Kerugian ini disebabkan oleh gesekan antara fluida yang mengalir dengan dinding pipa sehingga mengakibatkan penurunan tekanan pada fluida. Berkaitan dengan gesekan, maka faktor gesekan/*friction factor* menjadi koefisien yang sangat berpengaruh terhadap besar kerugian ini. Terdapat beberapa tahap untuk mencari besar faktor gesekan, yaitu mencari viskositas kinematis dan *Reynold number*.

Langkah pertama, terlebih dahulu menghitung viskositas kinematis material yang akan dikeruk. Viskositas *slurry* dapat dicari setelah mengetahui *spesific gravity* dari slurry itu sendiri (Burgess, et al., 2002). *Spesific gravity slurry* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.20 seperti di bawah ini.

$$SG_{slurry} = \frac{S_w}{1 - C_w\left(1 - \frac{Sw}{S}\right)}$$

Dimana :

S_w = *Spesific gravity* air laut (1,025)

C_w = Konsentrasi air dalam fluida (%)

S = *Spesific gravity* solid (2,845)

$$SG_{slurry} = \frac{1,025}{1\text{-}0,8575\left(1-\frac{1,025}{2,845}\right)} = 2,2705$$

Setelah diketahui *spesific gravity slurry*, selanjutnya menghitung konsentrasi solid berdasarkan volume dengan persamaan 2.21.

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

Dimana :

Cv = Konsentrasi solid berdasarkan volume (%)

$$Cv = \frac{SGslurry - Sw}{S\text{-}Sw} = \frac{2,2705 - 1,025}{2,845 - 1,025} = 0,684 = 68,4\ \%$$

Langkah berikutnya yaitu menghitung massa jenis *slurry* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.22 seperti berikut.

$\rho_{slurry} = SG_{slurry} \times \rho_w$

Dimana :

ρ_{slurry} = massa jenis *slurry* (kg/m^3)

ρ_w = massa jenis air laut (1025 kg/m^3)

$\rho_{slurry} = SG_{slurry} \times \rho_w = 2,2705 \times 1025 = 2327,27$ kg/m^3

Selanjutnya, menghitung viskositas dinamis *slurry*. Menurut Nayyar (1999), viskositas dinamis *slurry* dapat dicari menggunakan persamaan berikut ini.

$\mu_{slurry} = \mu_w\ (1+2,5C_v+10,05C_v^2 +0,00273e^{16,6Cv})$

Dimana :

μ_{slurry} = viskositas dinamis *slurry*

μ_w = viskositas dinamis air (0,001)

C_v = Konsentrasi solid berdasarkan volume (%)

$\mu_{slurry} = 0,001\ (1+(2,5x0,684)+10,05(0,684)^2 +0,00273e^{16,6(0,684)})$

$\mu_{slurry} = 0,2417$ Ns/m^2

Persamaan 2.24 dibawah ini menunjukan hubungan antara viskositas dinamis dengan viskositas kinematis *slurry*.

$$\upsilon_{slurry} = \frac{\mu_{slurry}}{\rho_{slurry}}$$

Dimana :

υ_{slurry} = viskositas kinematis *slurry*

μ_{slurry} = viskositas dinamis *slurry*

ρ_{slurry} = massa jenis *slurry* (kg/m^3)

$$\upsilon_{slurry} = \frac{\mu_{slurry}}{\rho_{slurry}} = \frac{0,2417}{2327,27} = 0,000104 \text{ m}^2/\text{s}$$

Karena *slurry* termasuk fluida *Non-Newtonian*, maka selanjutnya mencari harga indeks konsistensi (K). Harga K dapat dicari menggunakan persamaan 2.17 dan 2.19 dimana indeks perilaku aliran (n) adalah 0,93 sesuai perbandingan persentase air dan sedimen yaitu 70% : 30% (Irwansyah, 2014).

$$K = \mu_{app} / \left(\frac{8v}{D}\right)^{n-1}$$

- ***Slurry pump* 1 (DPFS-50H)**

$$K = 0,2417 / \left(\frac{8x1,4141}{0,15}\right)^{0,93-1} = 0,327$$

- ***Slurry pump* 2 (DMS150-45-55)**

$$K = 0,2417 / \left(\frac{8x2,3569}{0,15}\right)^{0,93-1} = 0,339$$

- ***Slurry pump* 3 (DMS200-30-45)**

$$K = 0,2417 / \left(\frac{8x3,1425}{0,15}\right)^{0,93-1} = 0,346$$

- ***Slurry pump* 4 (DPF-75BH)**

$$K = 0,2417 / \left(\frac{8x1,697}{0,2}\right)^{0,93-1} = 0,324$$

- ***Slurry pump* 5 (DMS350-28-75)**

$$K = 0,2417 / \left(\frac{8x3,0934}{0,2}\right)^{0,93-1} = 0,338$$

- ***Slurry pump* 6 (DPF-60B)**

$$K = 0,2417 / \left(\frac{8x3,1818}{0,2}\right)^{0,93-1} = 0,339$$

Setelah harga indeks konsistensi masing-masing sistem didapatkan, selanjutnya mencari *Reynold number*. *Reynold number* yang dicari adalah *Generalized Reynold Number* karena *slurry* termasuk fluida *Non-Newtonian*. *Generalized Reynold Number* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.26 :

$$Re' = \frac{\rho m.v^{2-n}.d^n}{8^{n-1}.K}$$

Dimana :

Re<2.100, aliran fluida bersifat laminer

Re>4000, aliran fluida bersifat turbulen

2.100<Re<4.000, aliran fluida bersifat transisi

Apabila aliran fluida bersifat laminer, maka harga f dapat dicari dengan rumus *f*=16/Re. Sedangkan apabila aliran fluida bersifat transisi dan turbulen, harga *f* (faktor gesekan) didapatkan dari diagram *friction factor* untuk fluida *Non-Newtonian*. Harga koefisien gesek (f) dicari dengan memasukkan harga Re' dan n (indeks perilaku aliran) yang sudah diketahui. Kemudian menarik garis horizontal dari perpotongan keduanya hingga didapatkan nilai *fanning friction factor* (f).

Berikut *Generalized Reynold number* (Re') dan harga faktor gesekan Fanning (*f*) untuk masing-masing *slurry pump*.

- ***Slurry pump* 1 (DPFS-50H)**

$$Re' = \frac{\rho m.v^{2-n}.d^{n}}{8^{n-1}.K} = \frac{2327{,}27 \times 1{,}4141^{2-0{,}93} \times 0{,}15^{0{,}93}}{8^{0{,}93-1} \times 0{,}327} = 2.042{,}19 \quad \text{(Laminer)}$$

$$f = 16/Re = \frac{16}{2.042{,}19} = 0{,}00783$$

- ***Slurry pump* 2 (DMS150-45-55)**

$$Re' = \frac{\rho m.v^{2-n}.d^{n}}{8^{n-1}.K} = \frac{2327{,}27 \times 2{,}3569^{2-0{,}93} \times 0{,}15^{0{,}93}}{8^{0{,}93-1} \times 0{,}339} = 3.403{,}66 \quad \text{(Transisi)}$$

Dicari menggunakan diagram *friction factor* untuk fluida *Non-Newtonian* (lihat Gambar IV.23 garis berwarna merah) sehingga *f* = 0,0098

- ***Slurry pump* 3 (DMS200-30-45)**

$$Re = v\frac{D}{\upsilon} = 3{,}1425 \times \frac{0{,}15}{0{,}000104} = 4.538{,}22 \quad \text{(Turbulen)}$$

Dicari menggunakan diagram *friction factor* untuk fluida *Non-Newtonian* (lihat Gambar IV.23 garis berwarna biru) sehingga *f* = 0,009

- ***Slurry pump* 4 (DPF-75BH)**

$$Re = v\frac{D}{\upsilon} = 1{,}697 \times \frac{0{,}2}{0{,}000104} = 3.267{,}52 \quad \text{(Transisi)}$$

Dicari menggunakan diagram *friction factor* untuk fluida *Non-Newtonian* (lihat Gambar IV.23 garis berwarna hijau) sehingga *f* = 0,01

- ***Slurry pump* 5 (DMS350-28-75)**

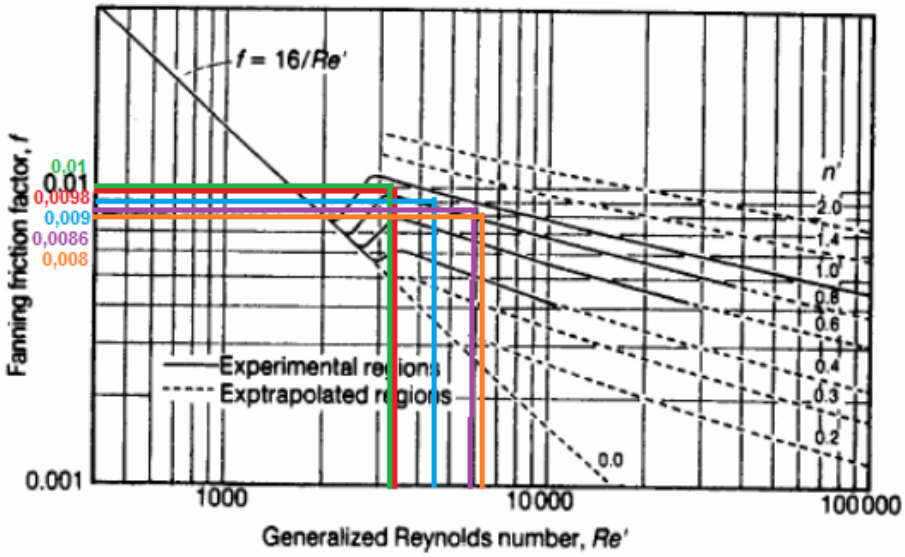
$$Re = v\frac{D}{\upsilon} = 3{,}0934 \times \frac{0{,}2}{0{,}000104} = 5.956{,}41 \quad \text{(Turbulen)}$$

Dicari menggunakan diagram *friction factor* untuk fluida *Non-Newtonian* (lihat Gambar IV.23 garis berwarna ungu) sehingga *f* = 0,0086

- ***Slurry pump* 6 (DPF-60B)**

$$Re = v\frac{D}{\upsilon} = 3{,}1818 \times \frac{0{,}2}{0{,}000104} = 6.126{,}59 \quad \text{(Turbulen)}$$

Dicari menggunakan diagram *friction factor* untuk fluida *Non-Newtonian* (lihat Gambar IV.23 garis berwarna oranye) sehingga *f* = 0,008



Gambar IV.23 Mencari harga *friction factor Fanning*
(Sumber : Dodge & Metzner, 1959)

Langkah terakhir adalah menghitung head *loss mayor* menggunakan persamaan 2.27 sebagai berikut.

$$Hl_{mayor} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Dimana :

L = Panjang pipa (m)

D = Diameter pipa yang digunakan (m)

f = Faktor gesekan pipa

v = Rata-rata kecepatan aliran (m/s)

- ***Slurry pump* 1 (DPFS-50H)**

$$Hl_{mayor} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad = 0{,}00783 \times \frac{1200}{0{,}15} \times \frac{1{,}4141^2}{2 \times 9{,}81} \quad = 6{,}3885 \text{ m}$$

- ***Slurry pump* 2 (DMS150-45-55)**

$$Hl_{mayor} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad = 0{,}0098 \times \frac{1200}{0{,}15} \times \frac{2{,}3569^2}{2 \times 9{,}81} \quad = 22{,}1973 \text{ m}$$

- ***Slurry pump* 3 (DMS200-30-45)**

$$Hl_{mayor} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad = 0{,}009 \times \frac{1200}{0{,}15} \times \frac{3{,}1425^2}{2 \times 9{,}81} \quad = 36{,}2405 \text{ m}$$

- ***Slurry pump* 4 (DPF-75BH)**

$$Hl_{mayor} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad = 0{,}01 \times \frac{1200}{0{,}2} \times \frac{1{,}697^2}{2 \times 9{,}81} \quad = 8{,}8064 \text{ m}$$

- ***Slurry pump* 5 (DMS350-28-75)**

$Hl_{mayor} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad = 0{,}0086 \times \frac{1200}{0{,}2} \times \frac{3{,}0934^2}{2 \times 9{,}81} \quad = 25{,}1671 \text{ m}$

- ***Slurry pump* 6 (DPF-60B)**

$Hl_{mayor} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad = 0{,}008 \times \frac{1200}{0{,}2} \times \frac{3{,}1818^2}{2 \times 9{,}81} \quad = 24{,}7681 \text{ m}$

4.7.5 Head *Loss Minor*

Head *loss minor* adalah kerugian head yang disebabkan oleh adanya variasi seperti *fitting*, *elbow* dan *valve* yang terdapat sepanjang sistem perpipaan. Dalam tugas akhir ini, variasi yang digunakan adalah *elbow*/belokan dengan sudut 90^0 sebanyak 4 buah. Perhitungan nilai head loss minor membutuhkan koefisien gesekan untuk setiap variasi, sehingga langkah pertama adalah menghitung koefisien gesekan akibat variasi *elbow*. Koefisien tersebut dihitung menggunakan rumus *Fuller* seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.29 seperti berikut.

$$fe = \left[0{,}131 + 1{,}847 \left(\frac{D}{2R}\right)^{3.5}\right] \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0.5}$$

Dimana :

Dd = diameter pipa (m)

R = jari-jari pipa (1.5 x D)

θ = sudut elbow (^{0})

$$fe = \left[0{,}131 + 1{,}847 \left(\frac{D}{2R}\right)^{3.5}\right] \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0.5}$$

$$fe = \left[0{,}131 + 1{,}847 \left(\frac{D}{2 \times 1{,}5D}\right)^{3.5}\right] \left(\frac{90}{90}\right)^{0.5}$$

$$fe = 0{,}131 + 1{,}847 \left(\frac{1}{3}\right)^{3.5}$$

$$fe = 0{,}1705$$

Harga *f*e untuk setiap tipe pompa adalah sama karena pada perhitungan hanya dipengaruhi oleh sudut, sedangkan sudut *elbow* pada perancangan dibuat sama.

Setelah diketahui nilai koefisien gesekan akibat belokan/elbow, selanjutnya head loss minor dapat dihitung menggunakan persamaan 2.28 seperti dibawah ini.

$$Hl_{minor} = n \times fe \times \frac{v^2}{2g}$$

Dimana :

n = jumlah variasi

*f*e = koefisien gesekan akibat variasi *elbow*

g = gravitasi bumi (m/s^2)

v = rata-rata kecepatan aliran (m/s)

- ***Slurry pump* 1 (DPFS-50H)**

$Hl_{minor} = n \times fe \times \frac{v^2}{2g} = 4 \times 0{,}1705 \times \frac{1{,}4141^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}070$ m

- ***Slurry pump* 2 (DMS150-45-55)**

$Hl_{minor} = n \times fe \times \frac{v^2}{2g} = 4 \times 0{,}1705 \times \frac{2{,}3569^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}193$ m

- ***Slurry pump* 3 (DMS200-30-45)**

$Hl_{minor} = n \times fe \times \frac{v^2}{2g} = 4 \times 0{,}1705 \times \frac{3{,}1425^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}343$ m

- ***Slurry pump* 4 (DPF-75BH)**

$Hl_{minor} = n \times fe \times \frac{v^2}{2g} = 4 \times 0{,}1705 \times \frac{1{,}697^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}1$ m

- ***Slurry pump* 5 (DMS350-28-75)**

$Hl_{minor} = n \times fe \times \frac{v^2}{2g} = 4 \times 0{,}1705 \times \frac{3{,}0934^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}333$ m

- ***Slurry pump* 6 (DPF-60B)**

$Hl_{minor} = n \times fe \times \frac{v^2}{2g} = 4 \times 0{,}1705 \times \frac{3{,}1818^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}352$ m

4.7.6 Head Loss Total

Head *loss* total menunjukkan besar total kerugian head pompa akibat terjadi gesekan sepanjang pipa dan adanya variasi seperti *valve*, *fitting*, dan *elbow*. Head *loss* total dapat dihitung dengan menjumlahkan head *loss mayor* dan head *loss minor*, sebagaimana persamaan 2.30 berikut ini.

Hl = Hlmayor + Hlminor

- ***Slurry pump* 1 (DPFS-50H)**

Ht = Hlmayor + Hlminor

Ht = 6,3885 m + 0,070 m = 6,458 m

- ***Slurry pump* 2 (DMS150-45-55)**

Ht = Hlmayor + Hlminor

Ht = 22,1973 m + 0,193 m = 22,3904 m

- ***Slurry pump* 3 (DMS200-30-45)**

Ht = Hlmayor + Hlminor

Ht = 36,2405 m + 0,343 m = 36,5838 m

- ***Slurry pump* 4 (DPF-75BH)**

  Ht = Hlmayor + Hlminor

  Ht = 8,8064 m + 0,100 m= 8,9065 m

- ***Slurry pump* 5 (DMS350-28-75)**

  Ht = Hlmayor + Hlminor

  Ht = 25,1671 m + 0,333 m = 25,4997 m

- ***Slurry pump* 6 (DPF-60B)**

  Ht = Hlmayor + Hlminor

  Ht = 24,7681 m + 0,352 m = 25,12 m

4.7.7 Head Sistem Pompa

Head sitem pompa menunjukkan kerugian yang dialami oleh sistem saat kondisi operasi. Head sistem dapat dihitung dengan menjumlahkan semua nilai head (head statis, head tekanan, head kecepatan, dan head *loss*) seperti pada persamaan 2.31.

Ht = Hs + Hp + Hv + Hl

Berikut ini perhitungan head sistem untuk masing-masing tipe pompa.

- ***Slurry pump* 1 (DPFS-50H)**

  Ht = Hs + Hp + Hv + Hl

  = 8 + 0,0076 + 0,1012 + 6,458

  Ht = 14,5668 m

- ***Slurry pump* 2 (DMS150-45-55)**

  Ht = Hs + Hp + Hv + Hl

  = 8 + 0,0076 + 0,2817 + 22,3904

  Ht = 30,6796 m

- ***Slurry pump* 3 (DMS200-30-45)**

  Ht = Hs + Hp + Hv + Hl

  = 8 + 0,0076 + 0,5012 + 36,5838

  Ht = 45,0926 m

- ***Slurry pump* 4 (DPF-75BH)**

  Ht = Hs + Hp + Hv + Hl

  = 8 + 0,0076 + 0,1455 + 8,9065

  Ht = 17,0597 m

- ***Slurry pump* 5 (DMS350-28-75)**

  Ht = Hs + Hp + Hv + Hl

  = 8 + 0,0076 + 0,4829 + 25,4997

  Ht = 33,9902 m

- ***Slurry pump* 6 (DPF-60B)**

  Ht = Hs + Hp + Hv + Hl

  = 8 + 0,0076 + 0,5076 + 25,12

  Ht = 33,6352 m

4.7.8 Pengecekan Head

Dari perhitungan kinerja pompa, didapatkan hasil head total pompa atau head sistem yang merupakan head yang telah disesuaikan dengan sistem yang direncanakan. Maka selanjutnya dilakukan pengecekan antara head sistem terhadap head standar yang telah ditetapkan oleh produsen. Pompa dapat digunakan apabila head sistem harus lebih kecil atau sama dengan head pompa (Head sistem ≤ Head pompa). Begitupun sebaliknya, apabila head standar pompa lebih kecil daripada head sistem maka pompa dianggap tidak dapat mengalirkan fluida sesuai rencana karena lebih banyak kerugian yang dialami selama proses pemompaan. Berikut ini tabel yang menunjukkan hasil pengecekan antara head sistem dengan head standar pompa.

Tabel IV.11 Pengecekan Head Sistem dengan Head Pompa

Slurry pump	**Head Sistem**	**≤**	**Head Pompa**	**Keterangan**
Slurry pump 1 (DPFS-50H)	14,5668 m	≤	50 m	Memenuhi
Slurry pump 2 (DMS150-45-55)	30,6796 m	≤	60 m	Memenuhi
Slurry pump 3 (DMS200-30-45)	45,0926 m	≥	30 m	Tidak Memenuhi
Slurry pump 4 (DPF-75BH)	17,0597 m	≤	40 m	Memenuhi
Slurry pump 5 (DMS350-28-75)	33,9902 m	≥	28 m	Tidak Memenuhi
Slurry pump 6 (DPF-60B)	33,652 m	≥	22 m	Tidak Memenuhi

Berdasarkan hasil pengecekan head pompa pada Tabel IV.11 diatas, dapat disimpulkan bahwa *slurry pump* yang dapat digunakan sesuai kondisi sistem yang telah direncanakan yaitu :

- *Slurry pump* 1 (DPFS-50H)
- *Slurry pump* 2 (DMS150-45-55)
- *Slurry pump* 4 (DPF-75BH)

4.8 Perhitungan Durasi Kerja dan Biaya

4.8.1 Perhitungan Durasi Kerja

Pada sub bab sebelumnya telah dihitung kinerja masing-masing pompa dan didapatkan hasil yaitu terdapat tiga jenis pompa (*slurry pump*) yang memenuhi syarat untuk dapat digunakan sesuai kondisi sistem yang telah direncanakan. Selanjutnya, maka perlu dilakukan perhitungan durasi yang dibutuhkan dari ketiga jenis pompa tersebut untuk mengurangi sedimentasi pada terminal domestik PT TPS sesuai dengan opsi desain rencana keruk yang telah ditentukan. Terdapat beberapa aspek yang mempengaruhi dalam menghitung durasi kerja pengerukan, yaitu jam kerja efektif per satuan waktu, spesifikasi pompa itu sendiri khusunya kapasitas pompa, dan kondisi lingkungan.

Penentuan jumlah jam kerja efektif harus mempertimbangkan kondisi area keruk. Karena area keruk yang dijadikan obyek studi pada tugas akhir ini merupakan kawasan dermaga aktif, maka pekerjaan pengerukan diharapkan tidak mengganggu aktivitas bongkar muat kapal. Agar dapat memperkirakan jam kerja efektif tanpa mengganggu aktivitas bongkar muat kapal, maka perlu diketahui jadwal sandar kapal di dermaga tersebut. Dibawah ini merupakan tabel yang menunjukkan jumlah kapal yang sandar pada dermaga domestik per hari dalam setiap minggu selama bulan Mei 2020.

Tabel IV.12 Jadwal sandar kapal bulan Mei 2020

Jadwal Kapal Sandar (Hari)	Minggu ke-				Jumlah
	1	2	3	4	
Senin	II	II	I		5
Selasa		I		I	2
Rabu	I	I			2
Kamis			I	I	2
Jumat	I	I	I	I	4
Sabtu	I			II	3
Minggu		I	II		3
Jumlah	5	6	5	5	21

Dilihat dari Tabel IV.12, tidak setiap hari terdapat kapal sandar namun dalam satu minggu terdapat 5-6 kapal yang sandar di dermaga domestik PT TPS. Sedangkan waktu rata-rata yang dibutuhkan kapal bongkar muat atau sandar di dermaga domestik PT TPS adalah sebesar 16,6 jam (dapat dilihat pada LAMPIRAN G). Sehingga jam kerja efektif dihitung berdasarkan waktu kosong pada terminal domestik PT TPS dimana tidak terdapat kapal sandar di area tersebut. Karena jadwal sandar kapal yang tidak pasti di setiap harinya, maka jam kerja efektif dihitung per minggu dengan cara mengurangi jumlah jam dalam seminggu dengan jumlah jam sandar kapal selama seminggu, seperti berikut ini.

Jam kerja efektif = Total jumlah jam – Jumlah jam sandar kapal

= (7 hari x 24 jam) – (5 kapal x 16,6 jam)

Jam kerja efektif = 85 jam/minggu

Sehingga didapatkan hasil untuk jam kerja efektif yaitu selama 85 jam/minggu.

Selanjutnya yaitu menghitung durasi yang dibutuhkan masing-masing jenis pompa untuk melakukan pengerukan sesuai opsi desain yang telah ditentukan. Pada tugas akhir ini, sistem pembuangan yang digunakan adalah sedimen dari yang dipompa langsung disalurkan ke tempat pembuangan menggunakan *floating pipeline* sehingga tidak perlu menghitung durasi pengisian *barge* ataupun durasi pembuangan. Sehingga perhitungan durasi kerja masing-masing pompa hanya dipengaruhi oleh volume keruk, jam kerja efektif dan kapasitas kerja pompa seperti ditunjukkan oleh persamaan dibawah ini :

$$\text{Durasi kerja} = \frac{\text{Volume Keruk}}{\text{Kapasitas Pompa x Jam kerja efektif}}$$

Berikut pada Tabel IV.13 merupakan hasil perhitungan durasi kerja dari masing-masing jenis pompa (*slurry pump*) untuk kedua opsi desain keruk.

Tabel IV.13 Durasi Kerja Masing-masing Pompa

Slurry Pump	**Kapasitas Pompa (m^3/jam)**	**Durasi**	
		Desain Keruk 1	**Desain Keruk 2**
Slurry pump 1 (DPFS-50H)	90	22 minggu	25 minggu
Slurry pump 2 (DMS150-45-55)	150	13 minggu	15 minggu
Slurry pump 4 (DPF-75BH)	192	10 minggu	12 minggu

4.8.2 Perhitungan Penggunaan Bahan Bakar

Menurut salah satu website perusahaan penjual genset (https://www.sariling.co.id/), jumlah bahan bakar yang diperlukan dihitung menggunakan rumus berikut ini :

Konsumsi BBM = k x P x t

Dimana :

k = 0,21 (faktor ketetapan konsumsi solar per kW per jam)

P = Daya genset (kVA)

t = Waktu (jam)

Persamaan diatas kemudian digunakan untuk menghitung konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan per jam oleh masing-masing pompa (*slurry pump*) sebagai berikut :

- ***Slurry pump* 1 (DPFS-50H)**

  Konsumsi BBM = k x P x t = 0,21 x 50 kVA x 1 jam = 10,5 liter/jam

- ***Slurry pump* 2 (DMS150-45-55)**

  Konsumsi BBM = k x P x t = 0,21 x 85 kVA x 1 jam = 17,85 liter/jam

- ***Slurry pump* 4 (DPF-75BH)**

  Konsumsi BBM = k x P x t = 0,21 x 85 kVA x 1 jam = 17,85 liter/jam

Setelah didapatkan konsumsi BBM per jam dari setiap pompa, maka perlu dihitung juga konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan oleh masing-masing pompa dalam melakukan pekerjaaan keruk berdasarkan kedua opsi desain keruk. Konsumsi bahan bakar keseluruhan yang dibutuhkan dapat dihitung dengan mengalikan konsumsi bahan bakar per jam dengan durasi yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan tersebut. Berikut ini pada Tabel IV.14 adalah hasil perhitungan bahan bakar yang dibutuhkan masing-masing pompa untuk menyelesaikan pekerjaan keruk sesuai 2 opsi desain yang telah ditentukan.

Tabel IV.14 Konsumsi BBM Masing-masing Pompa

Slurry Pump	**Konsumsi BBM (liter/jam)**	**Jam Kerja Efektif per minggu**	**Konsumsi BBM (liter)**	
			Desain Keruk 1	**Desain Keruk 2**
Slurry pump 1 (DPFS-50H)	10,5	85	19.635	22.312,5
Slurry pump 2 (DMS150-45-55)	17,85		19.724,3	22.758,8
Slurry pump 4 (DPF-75BH)	17,85		15.172,5	18.207

4.8.3 Perhitungan Estimasi Biaya

Biaya menjadi salah satu aspek paling penting yang harus dipertimbangkan dalam sebuah pekerjaan proyek. Untuk itu, pada tahap ini dilakukan perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk mengadakan sistem guna mengurangi sedimentasi pada terminal domestik PT TPS. Durasi kerja sistem pompa telah dihitung untuk mencapai desain rencana keruk yang ditentukan sehingga akan berpengaruh terhadap biaya operasional. Dalam penelitian ini, sistem pompa beserta komponen pendukungnya bersifat pengaadan dan bukan sewa sehingga akan menjadi aset perusahaan.

Perhitungan estimasi biaya dilakukan untuk sistem pompa yang sudah memenuhi pengecekan head untuk diaplikasikan pada 2 opsi desain keruk yang telah ditentukan. Rancangan biaya yang dijelaskan dalam sub bab ini mengacu pada 2 sumber, yaitu :

- Peraturan Menteri Perhubungan No. 78 Tahun 2014 tentang Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan
- Informasi dari beberapa perusahaan yang bergerak dalam fabrikasi pompa khususnya *slurry pump*

Berikut ini hasil perhitungan biaya pengerukan dari masing-masing sistem pompa (perhitungan detail dapat dilihat di LAMPIRAN H).

A. Opsi Desain Keruk 1

Dapat dilihat pada Tabel IV.7, didapatkan perhitungan volume keruk menggunakan opsi desain keruk 1 adalah sebesar 162.501,966 m^3. Berikut ini perhitungan biaya yang dibutuhkan masing-masing sistem pompa untuk mengurangi sedimentasi sesuai volume keruk yang telah dihitung.

- ***Slurry pump* 1 (DPFS-50H)**

Tabel IV.15 Estimasi Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 1 Opsi Desain Keruk 1

Uraian	Nominal
Biaya Pengadaan	Rp 13.551,25 /m^3
Biaya Operasional	Rp 24.010,17 /m^3
Biaya BBM	Rp 1.423,23 /m^3
Biaya total	Rp 38.984,65 /m^3
Harga Pekerjaan Keruk	Rp 6.335.082.000,00
PPH (3%)	Rp 190.052.460,00
PPN (10%)	Rp 633.508.200,00
Total harga + Pajak	Rp 7.158.642.660,00

Pengerukan sedimentasi sebesar 162.501,966 m^3 menggunakan *slurry pump* 1 (DPFS-50H kapasitas 90 m^3/jam) dapat selesai dalam waktu 22 minggu dengan biaya total sebesar Rp. 7.158.642.660,00.

- ***Slurry pump* 2 (DMS150-45-55)**

Tabel IV.16 Estimasi Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 2 Opsi Desain Keruk 1

Uraian	Nominal
Biaya Pengadaan	Rp 15.648,86 /m^3
Biaya Operasional	Rp 14.187,83 /m^3
Biaya BBM	Rp 1.429,27 /m^3
Biaya total	Rp 31.265,95 /m^3
Harga Pekerjaan Keruk	Rp 5.080.778.750,00
PPH (3%)	Rp 152.423.362,50
PPN (10%)	Rp 508.077.875,00
Total harga + Pajak	Rp 5.741.279.988,00

Pengerukan sedimentasi sebesar 162.501,966 m^3 menggunakan *slurry pump* 2 (DMS150-45-55 kapasitas 150 m^3/jam) dapat selesai dalam waktu 13 minggu dengan biaya total sebesar Rp. 5.741.279.988,00.

- ***Slurry pump* 4 (DPF-75BH)**

Tabel IV.17 Estimasi Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 4 Opsi Desain Keruk 1

Uraian	Nominal
Biaya Pengadaan	Rp 17.270,38 /m^3
Biaya Operasional	Rp 10.913,71 /m^3
Biaya BBM	Rp 1.121,15 /m^3
Biaya total	Rp 29.305,24 /m^3
Harga Pekerjaan Keruk	Rp 4.762.159.500,00
PPH (3%)	Rp 142.864.785,00
PPN (10%)	Rp 476.215.950,00
Total harga + Pajak	Rp 5.381.240.235,00

Pengerukan sedimentasi sebesar 162.501,966 m^3 menggunakan *slurry pump* 4 (DPF-75BH kapasitas 192 m^3/jam) dapat selesai dalam waktu 10 minggu dengan biaya total sebesar Rp. 5.381.240.235,00.

B. Opsi Desain Keruk 2

Perhitungan volume keruk pada Tabel IV.7 menunjukkan sedimentasi yang harus dikeruk untuk mencapai desain keruk opsi 2 adalah sebesar 184.340,167 m^3. Berikut ini perhitungan biaya yang dibutuhkan masing-masing sistem pompa untuk mengurangi sedimentasi sesuai volume keruk yang telah dihitung.

- ***Slurry pump* 1 (DPFS-50H)**

Tabel IV.18 Estimasi Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 1 Opsi Desain Keruk 2

Uraian	Nominal
Biaya Pengadaan	Rp 11.945,88 /m^3
Biaya Operasional	Rp 24.052,00 /m^3
Biaya BBM	Rp 1.414,39 /m^3
Biaya total	Rp 37.412,27 /m^3
Harga Pekerjaan Keruk	Rp 6.896.584.500,00
PPH (3%)	Rp 206.897.535,00
PPN (10%)	Rp 689.658.450,00
Total harga + Pajak	Rp 7.793.140.485,00

Pengerukan sedimentasi sebesar 184.340,167 m^3 menggunakan *slurry pump* 1 (DPFS-50H kapasitas 90 m^3/jam) dapat selesai dalam waktu 25 minggu dengan biaya total sebesar Rp. 7.793.140.485,00.

- ***Slurry pump* 2 (DMS150-45-55)**

Tabel IV.19 Estimasi Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 2 Opsi Desain Keruk 2

Uraian	Nominal
Biaya Pengadaan	Rp 13.794,99 /m^3
Biaya Operasional	Rp 14.431,20 /m^3
Biaya BBM	Rp 1.441,02 /m^3
Biaya total	Rp 29.667,21 /m^3
Harga Pekerjaan Keruk	Rp 5.468.858.250,00
PPH (3%)	Rp 164.065.747,50
PPN (10%)	Rp 546.885.825,00
Total harga + Pajak	Rp 6.179.809.822,50

Pengerukan sedimentasi sebesar 184.340,167 m^3 menggunakan *slurry pump* 2 (DMS150-45-55 kapasitas 150 m^3/jam) dapat selesai dalam waktu 15 minggu dengan biaya total sebesar Rp. 6.179.809.822,50.

- ***Slurry pump* 4 (DPF-75BH)**

Tabel IV.20 Estimasi Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 4 Opsi Desain Keruk 2

Uraian	Nominal
Biaya Pengadaan	Rp 15.224,41 /m^3
Biaya Operasional	Rp 11.544,96 /m^3
Biaya BBM	Rp 1.169,41 /m^3
Biaya total	Rp 27.938,78 /m^3
Harga Pekerjaan Keruk	Rp 5.150.239.000,00
PPH (3%)	Rp 154.507.170,00
PPN (10%)	Rp 515.023.900,00
Total harga + Pajak	Rp 5.819.770.070,00

Pengerukan sedimentasi sebesar 184.340,167 m^3 menggunakan *slurry pump* 4 (DPF-75BH kapasitas 192 m^3/jam) dapat selesai dalam waktu 12 minggu dengan biaya total sebesar Rp. 5.819.770.070,00.

Dari keenam pilihan sistem pompa diatas, sistem yang paling tepat diaplikasikan untuk mengurangi sedimentasi pada terminal domestik PT TPS adalah *slurry pump* 4 (DPF-75) dengan kapasitas 192 m^3/jam menggunakan opsi desain keruk 1 dan membutuhkan biaya sebesar Rp. 5.381.240.235,00.

4.8.4 Rencana Pemeliharaan Kedalaman

Setelah dilakukan pengerukan hingga mencapai desain yang telah ditentukan, maka perlu dilakukan pengerukan secara berkala untuk menjaga kedalaman dermaga tetap sesuai desain sehingga produktivitas dermaga juga tetap terjaga. Dalam penelitian ini, sistem pompa beserta komponen pendukungnya menjadi aset milik perusahaan sehingga tidak perlu sewa apabila ingin melakukan *maintenance dredging*. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemeliharaan sistem untuk menjaga keandalan dan mempertahankan kinerja peralatan sistem pompa sehingga peralatan selalu dalam kondisi baik saat dioperasikan.

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2013) dalam Tata Cara Perencanaan, Pelaksanaan Operasi dan Pemeliharaan Sistem Pompa, umumnya terdapat tiga jenis

pemeliharaan yaitu *break down maintenance, periodical maintenance, dan predictive maintenance.* Rencana pemeliharaan sistem dilakukan dengan pengecekan peralatan secara berkala dalam waktu satu bulan sekali. Terdapat beberapa unit yang perlu dilakukan pengecekan rutin yaitu kebersihan pompa dan pipa, debit aliran *slurry*, instalasi kabel dan aliran listrik, serta seal dan baut pengikat pada sambungan. Kemudian apabila terdapat kinerja komponen peralatan yang tidak normal maka akan dilakukan perbaikan/ penggantian.

Rencana pemeliharaan kedalaman mempertimbangkan besar pendangkalan di area studi dengan melihat hasil *sounding* berkala. Berdasarkan perhitungan pola sedimentasi pada tahun 2019-2020, didapatkan rata-rata pendangkalan (m) per bulan untuk tiap daerah seperti dijelaskan pada Tabel IV.21.

Tabel IV.21 Rata-rata pendangkalan per bulan

Cross|Long	A	B	C	D	E	F
0+000	0,054	0,042	0,044	0,040	0,048	0,042
0+050	0,059	0,055	0,053	0,049	0,048	0,050
0+100	0,074	0,074	0,079	0,062	0,074	0,054
0+150	0,194	0,184	0,178	0,226	0,222	0,075
0+200	0,336	0,282	0,275	0,310	0,349	0,102
0+250	0,351	0,397	0,416	0,432	0,461	0,220
0+300	0,330	0,315	0,297	0,310	0,337	0,161
0+350	0,231	0,259	0,256	0,248	0,283	0,108
0+400	0,210	0,215	0,178	0,181	0,150	0,058
0+450	0,131	0,085	0,072	0,056	0,072	0,039

Dengan mengetahui rata-rata pendangkalan per bulan pada tiap daerah area studi dan ketinggian batas layak operasi adalah 1,4 meter, maka perlu dihitung waktu yang dibutuhkan untuk mencapai ketinggian tersebut. Sehingga ketika pendangkalan mencapai batas yang diijinkan, dapat diartikan bahwa perlu diadakan *maintenance dredging* pada daerah tersebut. Berikut ini pada Tabel IV.22 menjelaskan tentang waktu yang dibutuhkan tiap daerah untuk sampai pada bataslayak operasi dan memerlukan *maintenance dredging*. Dapat dilihat waktu yang paling cepat yang dibutuhkan untuk mencapai ketinggian batas operasi adalah 3 bulan yaitu terjadi pada daerah cross 250 meter long E yaitu 75 meter melintang dari bibir dermaga. Oleh karena itu, rencana pemeliharaan kedalaman dilakukan untuk 3 bulan sekali pada daerah yang mempunyai laju pendangkalan yang cukup tinggi. *Maintenance dredging*

dilakukan pada daerah 150 meter-350 meter pada jarak melintang 0-75 meter dari bibir dermaga dengan volume sedimen adalah sebesar 18.929,22 m^3.

Tabel IV.22 Waktu yang dibutuhkan untuk *maintenance dredging*

Cross|Long	A	B	C	D	E	F
0+000	25,8	33,3	31,8	35,4	29,4	33,2
0+050	23,6	25,3	26,6	28,8	29,3	28,1
0+100	18,8	19,0	17,7	22,4	18,9	26,0
0+150	7,2	7,6	7,9	6,2	6,3	18,6
0+200	4,2	5,0	5,1	4,5	4,0	13,7
0+250	4,0	3,5	3,4	3,2	3,0	6,4
0+300	4,2	4,4	4,7	4,5	4,1	8,7
0+350	6,0	5,4	5,5	5,7	5,0	13,0
0+400	6,7	6,5	7,9	7,8	9,4	24,2
0+450	10,7	16,4	19,4	25,0	19,4	35,8

Sedangkan jadwal *maintenance dredging* menggunakan waktu kosong dermaga dari kapal sandar seperti yang tertera pada Tabel IV.12 yaitu 50 jam/minggu. Dari perbandingan enam sistem pompa pada sub bab sebelumnya, didapatkan hasil bahwa sistem yang paling tepat adalah *slurry pump* 4 (DPF-75) dengan kapasitas 192 m^3/jam. *Maintenance dredging* membutuhkan waktu kurang lebih 2 minggu atau setara 100 jam untuk dapat mengambil volume sedimen sebesar 18.929,22 m^3.

Berikut ini hasil perhitungan biaya *maintenance dredging* menggunakan *slurry pump* 4 (DPF-75) dengan kapasitas 192 m^3/jam (perhitungan detail dapat dilihat di LAMPIRAN H).

Tabel IV.23 Biaya *Maintenance Dredging* per bulan menggunakan *Slurry Pump* 4

Uraian	Nominal
Biaya Perawatan	Rp 8.914,79 /m^3
Biaya Operasional	Rp 9.115,54 /m^3
Biaya BBM	Rp 1.242,71 /m^3
Biaya total	Rp 19.273,03 /m^3
Biaya *Maintenance Dredging*	Rp 364.823.450,00 / 3bulan

Biaya *maintenance dredging* yang dilakukan 3 bulan sekali menggunakan *slurry pump* 4 (DPF-75BH kapasitas 192 m^3/jam) dengan jam kerja efektif 50 jam/minggu membutuhkan biaya sebesar Rp. 364.823.450,00.

(halaman sengaja dikosongkan)

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Sedimentasi pada terminal domestik PT TPS meningkat pada bulan Maret 2019-Desember 2019 dan sedikit menurun pada Desember 2019-Februari 2020 dengan laju sedimentasi 8.237,1 m^3/bulan.
2. Desain sistem yang tepat untuk mengurangi sedimentasi adalah menggunakan *submersible slurry pump* dengan konsep *sand bypassing mobile system* dan menempatkan sistem pada 50 meter dibelakang kade 0 meter agar tidak mengganggu aktivitas kapal.
3. Sistem pompa yang paling efektif dan ekonomis dalam upaya mengurangi sedimentasi pada terminal domestik PT TPS adalah *slurry pump* 4 (DPF-75BH) yang membutuhkan durasi kerja 10 minggu dan biaya total Rp. 5.381.240.235,00 sesuai desain keruk opsi 1 untuk tiga tambatan kapal dengan kedalaman -5 meter, -6 meter, dan -8 meter.

5.2 Saran

Berikut ini adalah beberapa saran yang diajukan penulis untuk kelanjutan penelitian ini :

1. Diperlukan pemodelan baik secara numerik maupun eksperimental mengenai pengaruh sistem terhadap arus dan pasang surut di daerah tersebut
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk analisa perilaku dan karakteristik slurry pada daerah tersebut sehingga diperoleh perhitungan kinerja pompa yang lebih sesuai

(halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

Adlin, I., 2017. *Analisa Pemilihan Metode Pengerukan di Area Tertutup Canal Water Intake PLTU Banten 3 Lontar*, Surabaya: Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan ITS.

Al Hakim, M. H. M., Armono, H. D. & Suntoyo, 2009. Studi Penanggulangan Sedimentasi di Pelabuhan Domestik PT. Terminal Peti Kemas Surabaya. *Jurnal Tugas Akhir*.

Autodesk, 2019. *About Surfaces.* [Online]
Available at: https://knowledge.autodesk.com/support/civil-3d/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Civil3D-UserGuide/files/GUID-1BFB673D-F667-410A-9400-0FAABEB5951C-htm.html
[Diakses 20 Januari 2020].

Badan Standardisasi Nasional, 2006. *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Berdasarkan SNI 3423 : 2008*, Bandung: s.n.

Boswood, P. K. & Murray, R. J., 2001. *World-wide Sand Bypassing Systems : data report*, Queensland Goverment: Environmental Protection Agency.

Bray, N. & Cohen, M., 2010. *Dredging for Development 6th Edition.* The Netherlands: International Association of Dredging Companies (IADC) dan International Association of Ports and Harbors (IAPH).

Bray, R. N., 1979. *Dredging : A Handbook for Engineers.* London: Edward Arnold.

Burgess, K. E., Grina, A. & Roudnev, A., 2002. *Slurry Pumping Manual 1st Edition.* Great Britain: Warman International ltd..

Cengel, Y. & Ghajar, A., 2014. *Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications.* McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-339818-1: s.n.

Coelho, C., Gomes, F. V., Silva, R. & Rodrigues, L., 2010. Artificial Nourishment and Sand By-Passing in theAveiro Inlet, Portugal - Numerical Studies.

Departemen Pekerjaan Umum, 2004. *Perencanaan Jeti Tipe Rubble Mound Untuk Penanggulangan Penutupan Muara Sungai oleh Sedimen,* s.l.: Puslitbang Sumber Daya Air.

Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2013. *Tata Cara Perencanaan, Pelaksanaan, Operasi, dan Pemeliharaan Sistem Pompa,* Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.

Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, 2006. *Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi tahun 2006.* Jakarta: Direktorat Jenderal Perhubungan Laut Departemen Perhubungan.

Dodge, D. W. & Metzner, A. B., 1959. Turbulent flow of non-Newtonian systems. *AIChE Journal,* Volume 5, pp. 189-204.

Fadhli, A., Santoso, A. & Amiadji, 2013. Perancangan Sistem Permesinan pada Trailing Suction Dredger (TSD) sebagai Metode Pengerukan di Pelabuhan. *Jurnal Teknik Sistem Perkapalan,* pp. 1-7.

Fahrudin, I. H., 2018. *Analisa Laju Sedimentasi Di Dermaga Domestik PT Terminal Petikemas Surabaya,* Surabaya: Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan.

Febriyanti, F., 2019. *Analisis Pemilihan Metode Pengerukan di Area Kolam Pelabuhan PLTU 2 Jateng Adipala,* Surabaya: Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan ITS.

Ginting, E., 2019. *Analisa Pengerukan pada Alur Pelayaran Menuju Jetty PT Pertamina RU III, Plaju,* Surabaya: Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan ITS.

Hambali, R. & Apriyanti, Y., 2016. Studi Karakteristik Sedimen dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng-Kabupaten Bangka Barat. *Jurnal Fropil,* 4(2), pp. 165-174.

Hamdani, 2013. Kajian Teknologi Sand by Passing Penanggulangan Sedimentasi dan Erosi Pantai Bengkulu (Pelabuhan Pulau Baai). *Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil.*

Irwansyah, R., 2014. *Karakteristik ALiran Lumpur (Mud Slurry) Pada Pipa 1 inchi,* Depok: Skripsi Universitas Gunadarma.

Iskandar, I. I., 2018. *Analisa Penanggulangan Sedimentasi dengan Metode Sand Bypassing Studi Kasus Terminal Domestik PT TPS,* Surabaya: Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan ITS.

Kementerian Perhubungan, 2014. *Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan,* Jakarta: Bidang Pelabuhan dan Perhubungan dan Sarana Bantu Navigasi Pelayaran.

Khatib, A., Adriati, Y. & Wahyudi, A. E., 2013. *Analisis Sedimentasi dan Alternatif Penanganannya di Pelabuhan Selat Baru Bengkalis.* Surakarta, s.n., pp. 31-38.

Loza, P., 2008. *Sand Bypassing Systems,* University of Porto: Masters in Environmental Engineering.

Melton, J. S. & Clausner, J. E., 2004. Fixed Sand Bypassing System Cost Analysis.

Menteri Perhubungan, 2011. *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 52 tahun 2011 tentang Pengerukan dan Reklamasi.* Jakarta: Menteri Perhubungan Republik Indonesia.

Nasution, A. P. & Kartohardjono, A., 2019. *Pengerukan Pemeliharaan Alur Pelayaran Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu dengan SIstem Sand By Passing.* Jakarta, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.

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

Nguyen, Q.-H. & Nguyen, N.-D., 2012. Incompressible Non-Newtonian Fluid Flows. Dalam: D. Y. Gan, penyunt. *Continuum Mechanics-Progress in Fundamentals and Engineering Applications.* 3rd penyunt. China: InTech, pp. 47-72.

Olson, R. M. & Wright, . S. J., 1993. *Dasar-Dasar Mekanika Fluida Teknik, penerjemah: Alek Tri Kantjono Widodo.* Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Prasetyo, A. H., 2014. *Perancangan Sistem Permesinan dan Sistem Penggerak pada Auger Cutter Suction Dredger (ACSD) sebagai Metode Pengerukan di Waduk,* Surabaya: Tidak Dipublkasikan.

Pratikto, W. A., Armono, H. D. & Suntoyo, 1996. *Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut.* Yogyakarta: BPFE.

Pratikto, W. A., Suntoyo, Solikhin & Sambodho, K., 2013. *Struktur Pelindung Pantai.* Surabaya: s.n.

PT Rekabhumi Segarayasa Bestari, 2019. *Laporan Akhir Studi Pengendalian Sedimentasi Kolam Demaga Domestik PT Terminal Petikemas Surabaya,* Surabaya: PT Rekabhumi Segarayasa Bestari.

Purmitasari, I., 2014. *Analisa dan Metode Pengerukan di Alur Pelayaran Barat Surabaya,* Surabaya: Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan ITS.

Richardson, T. W. & McNair, E. C., 1981. *A Guide to the Planning and Hydraulic Design of Jet Pump Remedial Sand Bypassing Systems.* Vicksburg: U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station.

Sagala, A., 2008. *Perancangan Instalasi Pendistribusian Air Minum pada Perumnas Taman Putri Deli, Namorambe- Kabupaten Deli Serdang,* Tidak Dipublikasikan : Tugas Akhir Universitas Sumatera Utara Medan.

Saidah, A., 2017. Analisa Kinerja Pompa Minyak (Pompa Bongkar Kargo) pada MT. Accord. *Jurnal Kajian Teknik Mesin,* 2(1), pp. 26-41.

Sariling, t.thn. *Cara Menghitung Konsumsi BBM Pada Genset Tanpa Perlu Melihat Flow Meter.* [Online]
Available at: http://www.sariling.co.id/cara-menghitung-konsumsi-bbm-pada-genset.html [Diakses 25 Juni 2020].

Saud, I., 2008. Prediksi Sedimentasi Kali Mas Surabaya. *Jurnal Aplikasi,* pp. 20-26.

Sulaksono, P., 2010. Analisis Efisiensi Pompa Centrifugal Pada Instalasi Pengolahan Air Kampung Damai Balikpapan. *Jurnal Penelitian.*

Supangat, A. B., 2014. *Perhitungan Sedimen.* Surakarta, Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan DAS.

Susanti, O. W., 2019. *Analisis Pemilihan Metode Pengerukan di Area PLTU Suralaya,* Surabaya: Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan ITS.

Triatmodjo, B., 1999. *Teknik Pantai.* Jakarta: Beta Offset.

USACE, 1991. *Engineering and Design : Sand Bypassing System Selection. Engineer Manual 1110-2-1616.* Washington DC: Department of the Army U.S. Aray Corps of Engineers.

Van Rijn, L. C., 1993. *Principles of Fluid Flow and Surface Waves in RIvers, Estuaries, Seas, and Ocean.* Netherland: Aqua Publication.

Zikra, M., 2009. Kegiatan Survey Lapangan untuk Inventarisasi Permasalahan Kerusakan Pesisir Pantai di Kabupaten Tegal, Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan.*

LAMPIRAN A
DATA *GRAIN SIZE ANALYSIS*

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN - FTK
LABORATORIUM PANTAI DAN LINGKUNGAN LAUT
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Telp. 081330359100
E-mail ; antoro@oe.its.ac.id

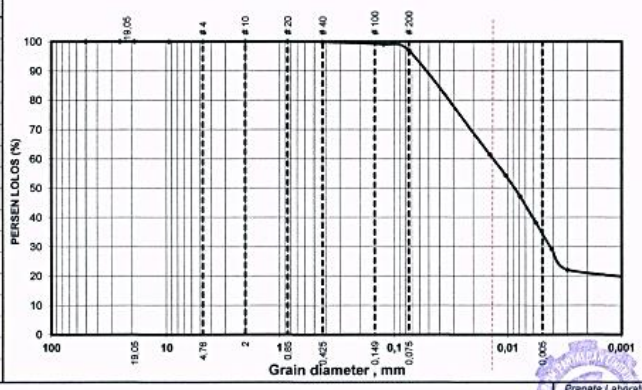
GRAIN SIZE DISTRIBUTION CURVE

CLIENT	= *PT. RSB*	BOR HOLE NO	= at the sea
PROJECT	= *GRAIN SIZE*	DATE	= *26 Nopember 2019*
LOCATION SAMPLE	= *TPS*	LABORANT	= *Amir*

Sample No. = 1
Weight of Soil = 400,0 gr

GRAVEL	SAND			FINES	
	COARSE	MEDIUM	FINE	SILT	CLAY
0,00%		2,99%		71,38%	25,63%

# SIEVE	ϕ (mm)	Weight of Retained (gr)		% Retained	% Passing
2"	50				100
1"	25,4				100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,5	0,0	0,00	0,00	100,00
4	4,76 #	495,9	0,00	0,00	100,00
10	2 #	408,2	0,00	0,00	100,00
20	0,85 #	400,9	0,00	0,00	100,00
40	0,425 #	47,4	0,44	0,11	99,89
100	0,125 #	49,4	3,60	0,90	98,99
200	0,075 #	60,8	7,90	1,98	97,02
PAN	0,01435 #	725,5	388,06	97,02	61,48
	0,01043				54,31
	0,00782				47,14
	0,0057				38,18
	0,00415				29,22
	0,003				22,05
	0,0001				16,67



Analisis :
1. D10 = 0,001
2. D30 = 0,004
3. D50= 0,008
4. D60= 0,014
5. Cu= 14,000
6. CC= 1,321
7. Gs= 2,845

Praneta Laboratorium
Aris Hesdiantoro,A.Md
Nip. 197603062008101001

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN - FTK
LABORATORIUM PANTAI DAN LINGKUNGAN LAUT
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Telp. 081330359100
E-mail ; antoro@oe.its.ac.id

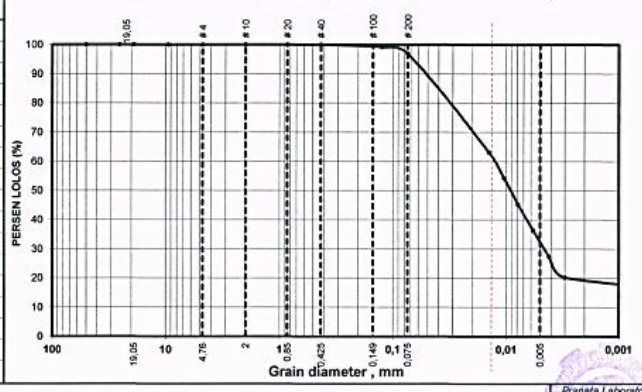
GRAIN SIZE DISTRIBUTION CURVE

CLIENT	= *PT. RSB*	BOR HOLE NO	= at the sea
PROJECT	= *GRAIN SIZE*	DATE	= *26 Nopember 2019*
LOCATION SAMPLE	= *TPS*	LABORANT	= *Amir*

Sample No. = 2
Weight of Soil = 400,0 gr

GRAVEL	SAND			FINES	
	COARSE	MEDIUM	FINE	SILT	CLAY
0,00%		3,08%		73,10%	23,82%

# SIEVE	ϕ (mm)	Weight of Retained (gr)		% Retained	% Passing
2"	50				100
1"	25,4				100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,5	0,0	0,00	0,00	100,00
4	4,76 #	495,9	0,00	0,00	100,00
10	2 #	408,2	0,00	0,00	100,00
20	0,85 #	400,9	0,00	0,00	100,00
40	0,425 #	47,0	0,09	0,02	99,98
100	0,125 #	49,1	3,33	0,83	99,15
200	0,075 #	61,8	8,88	2,22	96,93
PAN	0,01424 #	725,1	387,70	96,93	63,21
	0,01043				54,26
	0,00786				45,31
	0,00573				36,35
	0,00417				27,40
	0,00301				20,24
	0,0001				14,87



Analisis :
1. D10 = 0,001
2. D30 = 0,005
3. D50= 0,009
4. D60= 0,014
5. Cu= 14,000
6. CC= 1,578
7. Gs= 2,845

Praneta Laboratorium
Aris Hesdiantoro,A.Md
Nip. 197603062008101001

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN - FTK
LABORATORIUM PANTAI DAN LINGKUNGAN LAUT
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Telp. 081330359100
E-mail ; antoro@oe.its.ac.id

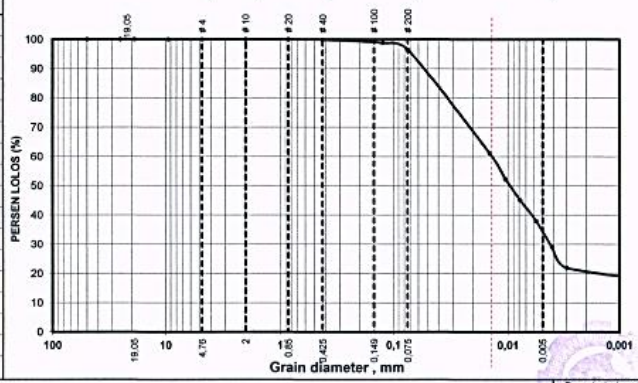
GRAIN SIZE DISTRIBUTION CURVE

CLIENT	= *PT. RSB*	BOR HOLE NO =	at the sea
PROJECT	= *GRAIN SIZE*	DATE =	*26 Nopember 2019*
LOCATION SAMPLE	= *TPS*	LABORANT =	*Amir*

Sample No. = 3
Weight of Soil = 400,0 gr

GRAVEL	SAND			FINES	
	COARSE	MEDIUM	FINE	SILT	CLAY
0,00%		3,50%		71,00%	25,50%

# SIEVE	ϕ (mm)	Weight of Retained (gr)		% Retained	% Passing
2"	50				100
1"	25,4				100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,5	0,0	0,00	0,00	100,00
4	4,76 #	495,9	0,00	0,00	100,00
10	2 #	408,2	0,00	0,00	100,00
20	0,85 #	400,9	0,00	0,00	100,00
40	0,425 #	47,5	0,57	0,14	99,86
100	0,125 #	50,1	4,39	1,10	98,76
200	0,075 #	62,0	9,03	2,26	96,50
PAN	0,01435 #	723,4	386,01	96,50	61,15
	0,0105				52,24
	0,00786				45,11
	0,0057				37,98
	0,00415				29,07
	0,003				21,93
	0,0001				14,80



Analisis :
1. D10 = 0,001
2. D30 = 0,004
3. D50= 0,010
4. D60= 0,014
5. Cu= 14,000
6. CC= 1,321
7. Gs= 2,845

Pranata Laboratorium
Aris Residantoro,A.Md
Nip. 197603062008101001

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN - FTK
LABORATORIUM PANTAI DAN LINGKUNGAN LAUT
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Telp. 081330359100
E-mail ; antoro@oe.its.ac.id

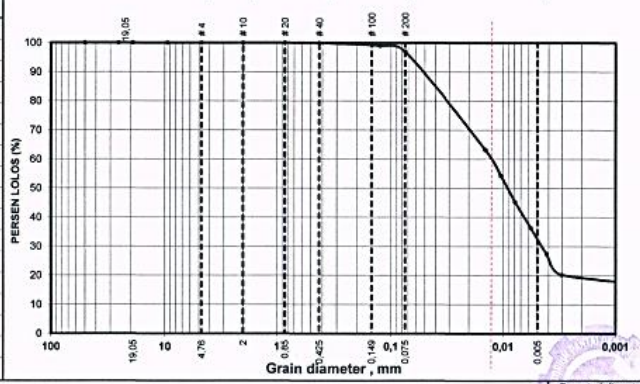
GRAIN SIZE DISTRIBUTION CURVE

CLIENT	= *PT. RSB*	BOR HOLE NO =	at the sea
PROJECT	= *GRAIN SIZE*	DATE =	*26 Nopember 2019*
LOCATION SAMPLE	= *TPS*	LABORANT =	*Amir*

Sample No. = 4
Weight of Soil = 400,0 gr

GRAVEL	SAND			FINES	
	COARSE	MEDIUM	FINE	SILT	CLAY
0,00%		3,00%		73,16%	23,84%

# SIEVE	ϕ (mm)	Weight of Retained (gr)		% Retained	% Passing
2"	50				100
1"	25,4				100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,5	0,0	0,00	0,00	100,00
4	4,76 #	495,9	0,00	0,00	100,00
10	2 #	408,2	0,00	0,00	100,00
20	0,85 #	400,9	0,00	0,00	100,00
40	0,425 #	47,3	0,31	0,08	99,92
100	0,125 #	49,5	3,71	0,93	99,00
200	0,075 #	60,9	7,97	1,99	97,00
PAN	0,01424 #	725,4	388,01	97,00	63,26
	0,01043				54,30
	0,00786				45,34
	0,00573				36,38
	0,00417				27,42
	0,00301				20,26
	0,0001				14,88



Analisis :
1. D10 = 0,001
2. D30 = 0,005
3. D50= 0,009
4. D60= 0,013
5. Cu= 13,000
6. CC= 1,699
7. Gs= 2,845

Pranata Laboratorium
Aris Residantoro,A.Md
Nip. 197603062008101001

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN - FTK
LABORATORIUM PANTAI DAN LINGKUNGAN LAUT
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Telp. 081330359100
E-mail ; antoro@oe.its.ac.id

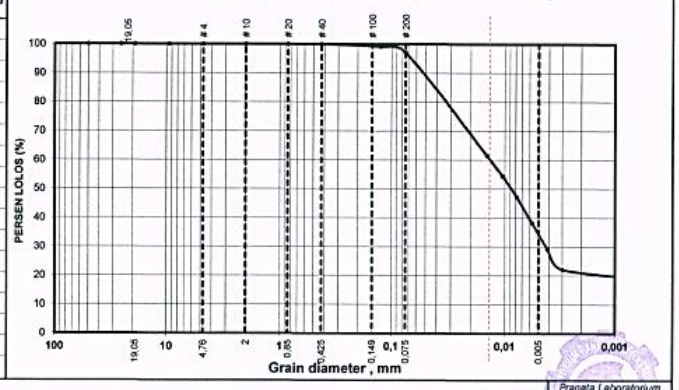
GRAIN SIZE DISTRIBUTION CURVE

CLIENT	= PT. RSB	BOR HOLE NO	= at the sea
PROJECT	= GRAIN SIZE	DATE	= 26 Nopember 2019
LOCATION SAMPLE	= TPS	LABORANT	= Amir

Sample No. = 5
Weight of Soil = 400,0 gr

GRAVEL	SAND			FINES	
	COARSE	MEDIUM	FINE	SILT	CLAY
0,00%		2,91%		71,43%	25,65%

# SIEVE	ϕ (mm)	Weight of Retained (gr)		% Retained	% Passing
2"	50				100
1"	25,4				100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,5	0,0	0,00	0,00	100,00
4	4,76 #	495,9	0,00	0,00	100,00
10	2 #	408,2	0,00	0,00	100,00
20	0,85 #	400,9	0,00	0,00	100,00
40	0,425 #	47,1	0,18	0,04	99,96
100	0,125 #	49,2	3,48	0,87	99,09
200	0,075 #	60,9	7,99	2,00	97,09
PAN	0,01435 #	725,8	388,35	97,09	61,52
	0,01043				54,35
	0,00782				47,16
	0,0057				38,21
	0,00415				29,24
	0,003				22,07
	0,0001				16,69



Analisis :
1. D10 = 0,001
2. D30 = 0,004
3. D50= 0,009
4. D60= 0,014
5. Cu= 14,000
6. CC= 1,321
7. Gs= 2,845

Pranata Laboratorium
Aris Residianoro,A.Md
Nip. 197603062008101001

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN - FTK
LABORATORIUM PANTAI DAN LINGKUNGAN LAUT
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Telp. 081330359100
E-mail ; antoro@oe.its.ac.id

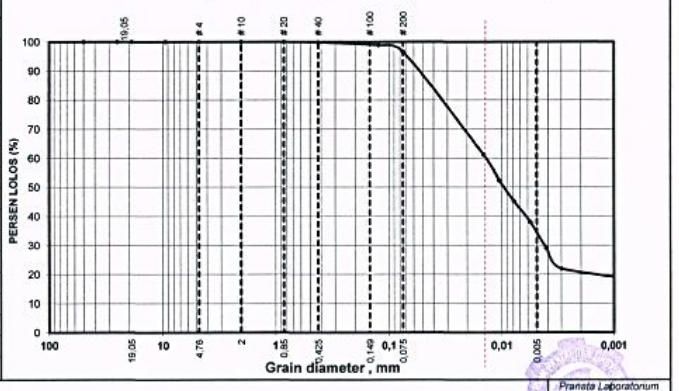
GRAIN SIZE DISTRIBUTION CURVE

CLIENT	= PT. RSB	BOR HOLE NO	= at the sea
PROJECT	= GRAIN SIZE	DATE	= 26 Nopember 2019
LOCATION SAMPLE	= TPS	LABORANT	= Amir

Sample No. = 6
Weight of Soil = 400,0 gr

GRAVEL	SAND			FINES	
	COARSE	MEDIUM	FINE	SILT	CLAY
0,00%		3,40%		71,07%	25,53%

# SIEVE	ϕ (mm)	Weight of Retained (gr)		% Retained	% Passing
2"	50				100
1"	25,4				100
3/4"	19,05	0,0	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,5	0,0	0,00	0,00	100,00
4	4,76 #	495,9	0,00	0,00	100,00
10	2 #	408,2	0,00	0,00	100,00
20	0,85 #	400,9	0,00	0,00	100,00
40	0,425 #	47,6	0,67	0,17	99,83
100	0,125 #	49,7	3,90	0,98	98,86
200	0,075 #	62,0	9,03	2,26	96,60
PAN	0,01435 #	723,8	386,40	96,60	61,22
	0,0105				52,29
	0,00786				45,16
	0,0057				38,02
	0,00415				29,09
	0,003				21,96
	0,0001				14,82

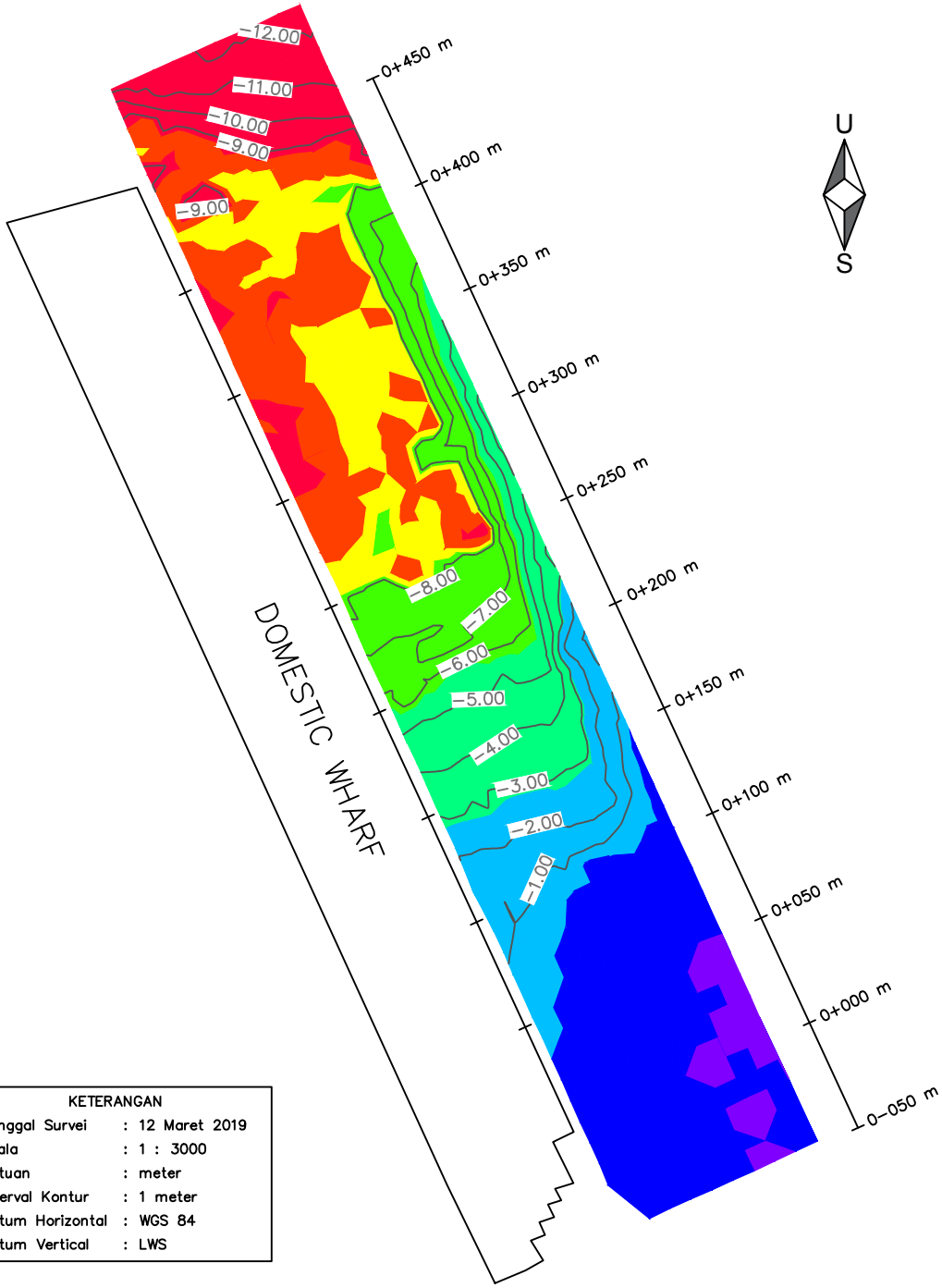


Analisis :
1. D10 = 0,001
2. D30 = 0,004
3. D50= 0,010
4. D60= 0,014
5. Cu= 14,000
6. CC= 1,143
7. Gs= 2,845

Pranata Laboratorium
Aris Residianoro,A.Md
Nip. 197603062008101001

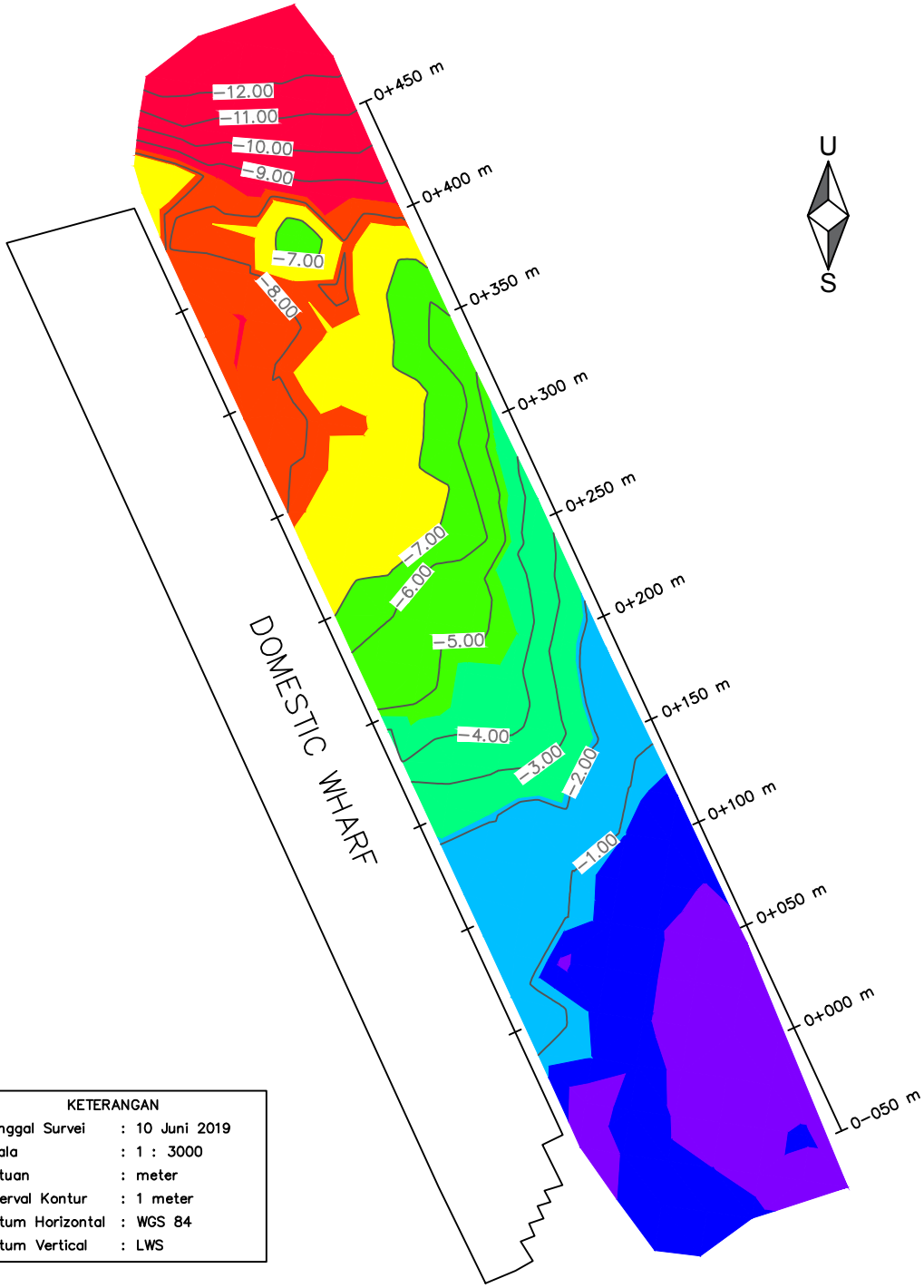
LAMPIRAN B
DATA BATIMETRI

PETA BATIMETRI
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA



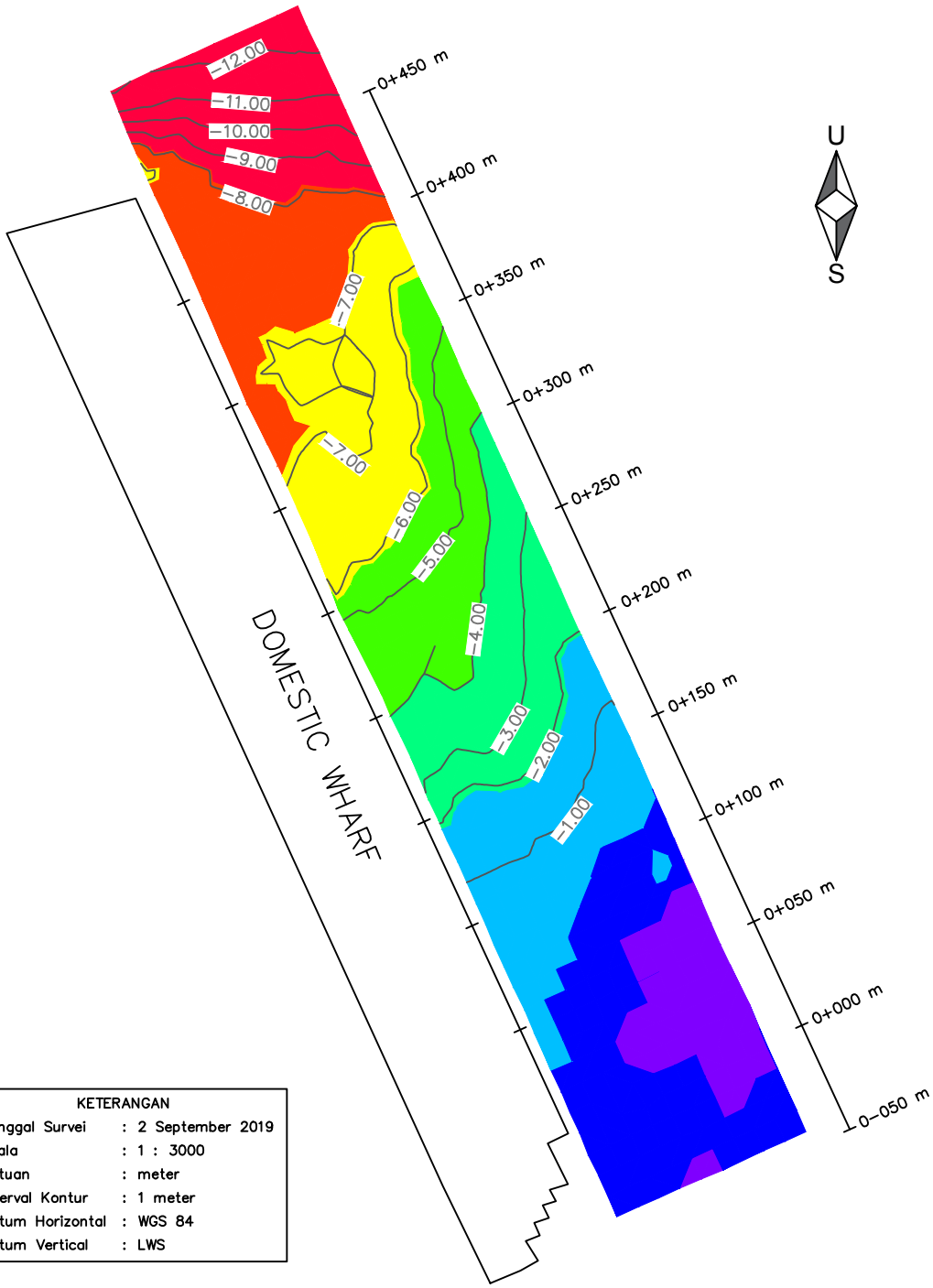
KETERANGAN		
Tanggal Survei	:	12 Maret 2019
Skala	:	1 : 3000
Satuan	:	meter
Interval Kontur	:	1 meter
Datum Horizontal	:	WGS 84
Datum Vertical	:	LWS

PETA BATIMETRI
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA



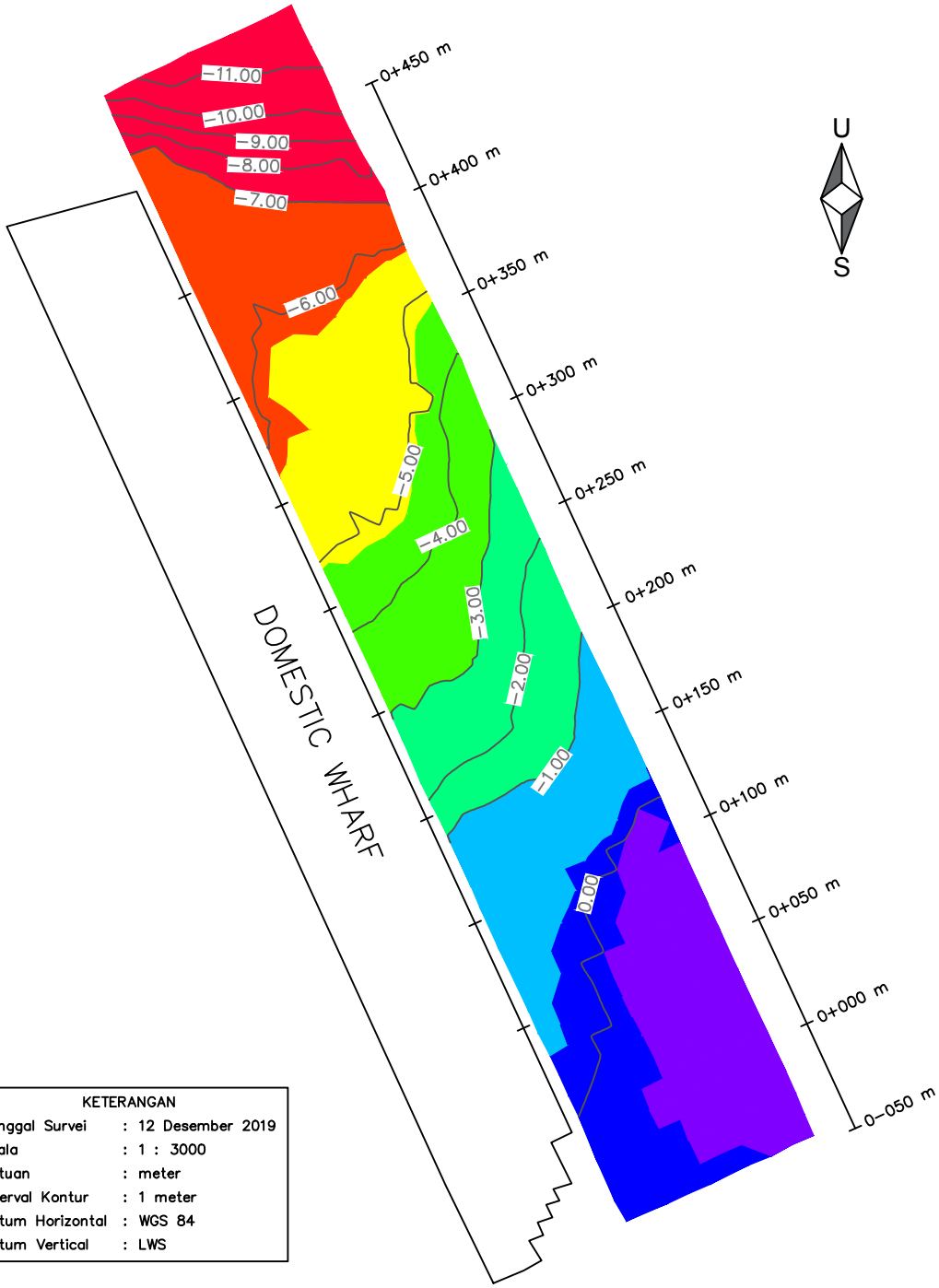
KETERANGAN		
Tanggal Survei	:	10 Juni 2019
Skala	:	1 : 3000
Satuan	:	meter
Interval Kontur	:	1 meter
Datum Horizontal	:	WGS 84
Datum Vertical	:	LWS

PETA BATIMETRI
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA



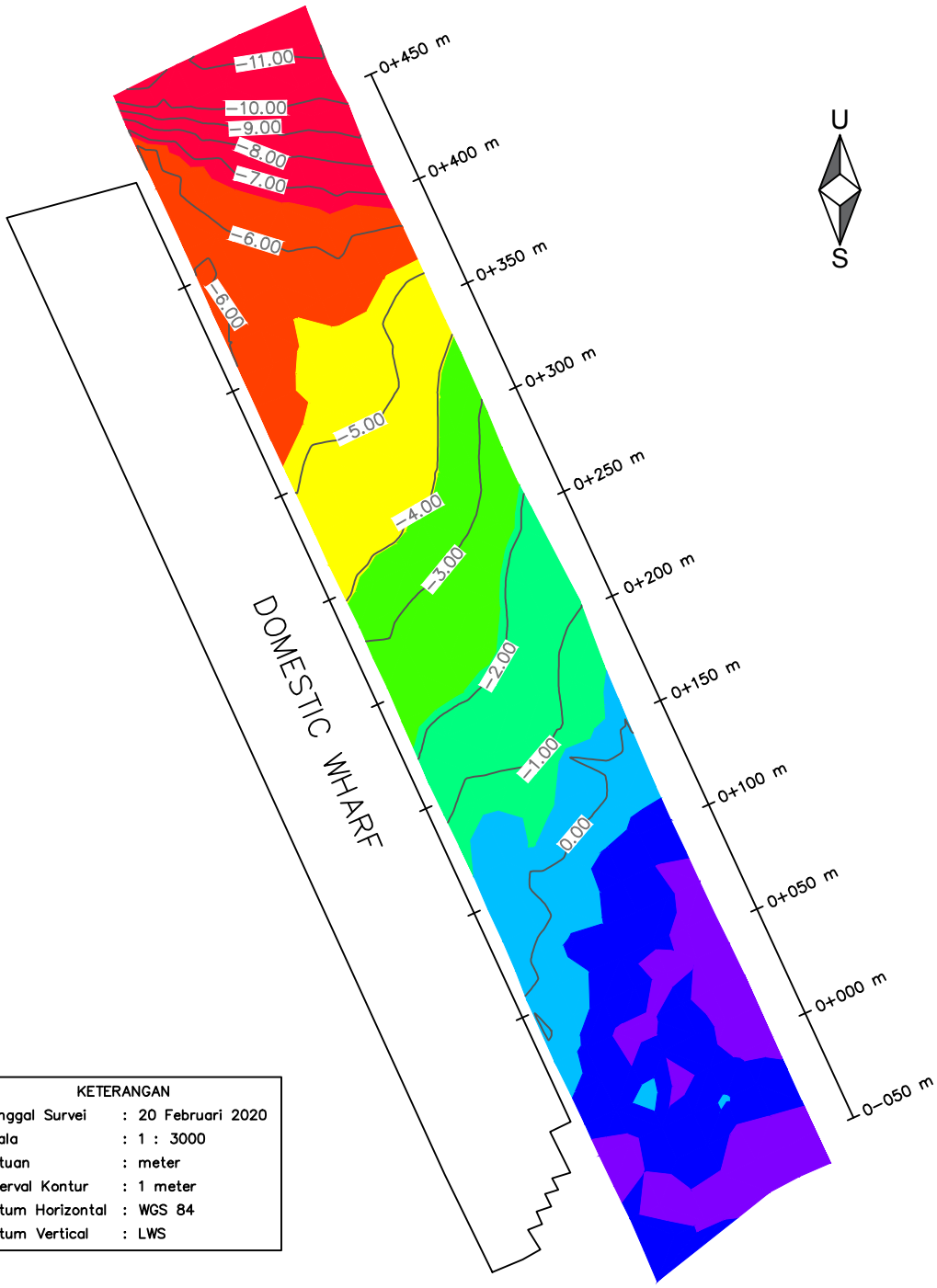
KETERANGAN		
Tanggal Survei	:	2 September 2019
Skala	:	1 : 3000
Satuan	:	meter
Interval Kontur	:	1 meter
Datum Horizontal	:	WGS 84
Datum Vertical	:	LWS

PETA BATIMETRI
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA



KETERANGAN		
Tanggal Survei	:	12 Desember 2019
Skala	:	1 : 3000
Satuan	:	meter
Interval Kontur	:	1 meter
Datum Horizontal	:	WGS 84
Datum Vertical	:	LWS

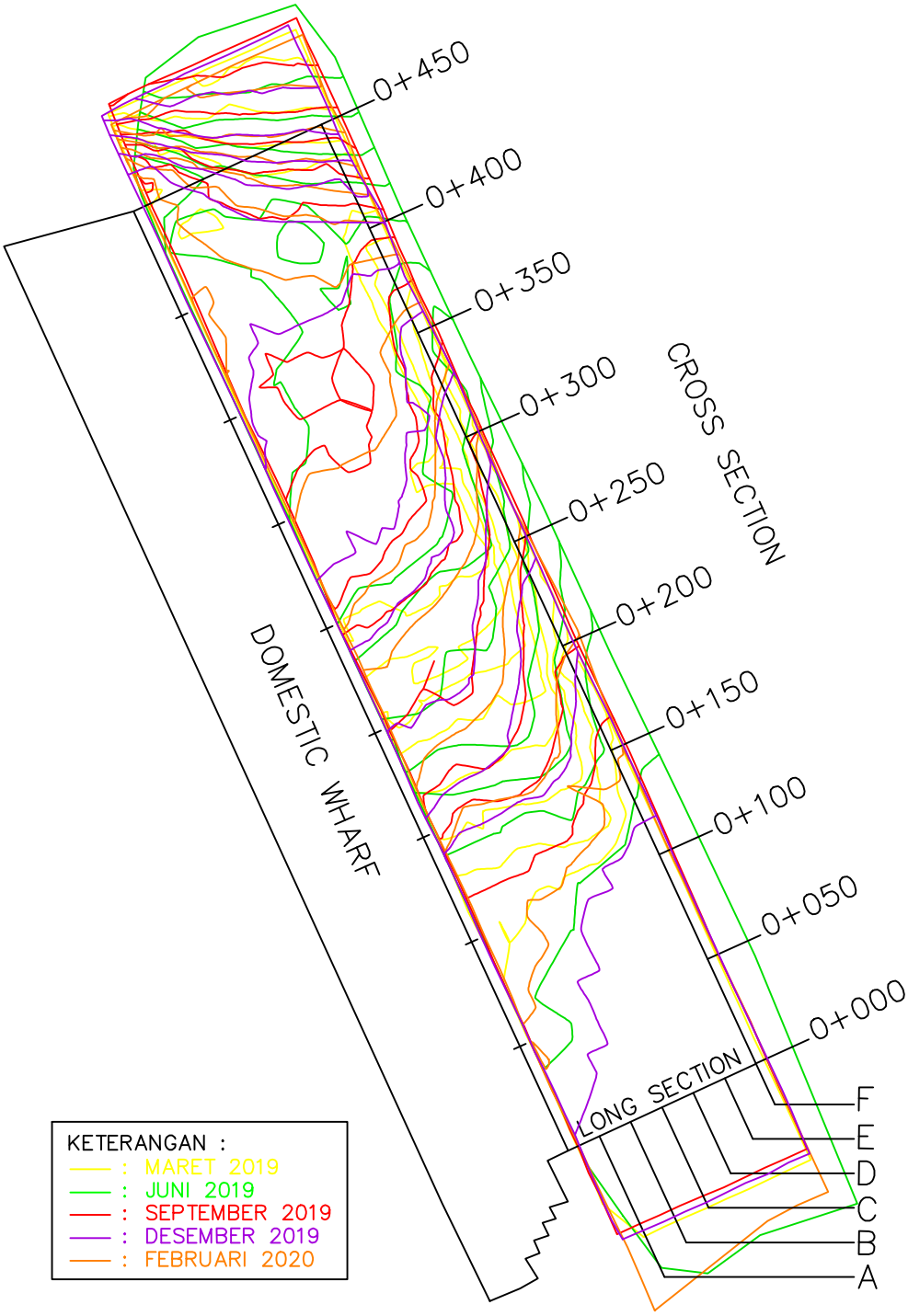
PETA BATIMETRI
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA



KETERANGAN		
Tanggal Survei	:	20 Februari 2020
Skala	:	1 : 3000
Satuan	:	meter
Interval Kontur	:	1 meter
Datum Horizontal	:	WGS 84
Datum Vertical	:	LWS

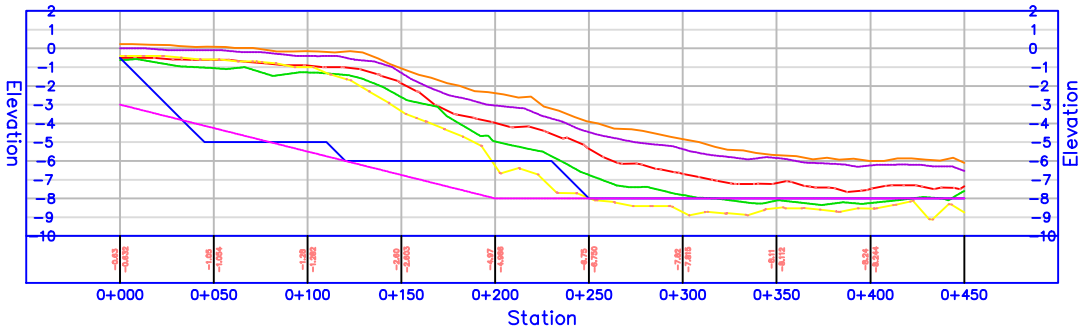
LAMPIRAN C
LONG DAN *CROSS SECTION*

PEMBAGIAN SECTION
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

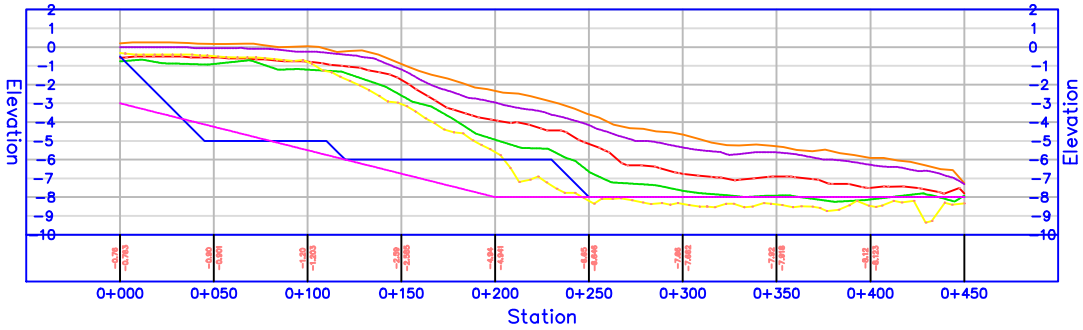


LONG SECTION/POTONGAN MEMANJANG
PETA BATIMETRI
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

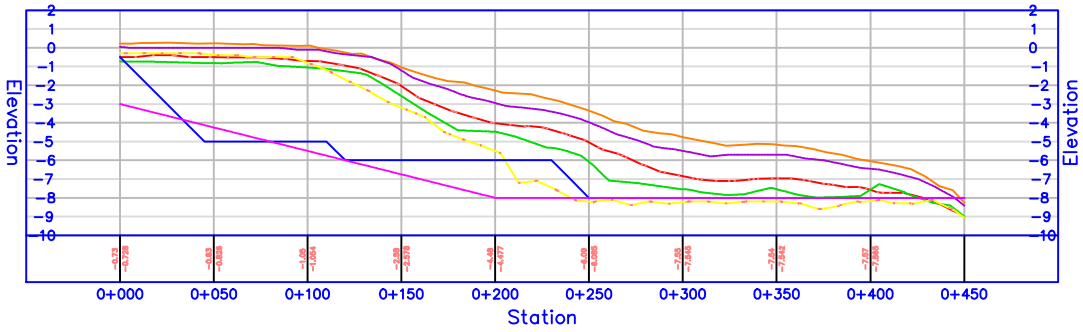
LONG SECTION A PROFILE



LONG SECTION B PROFILE



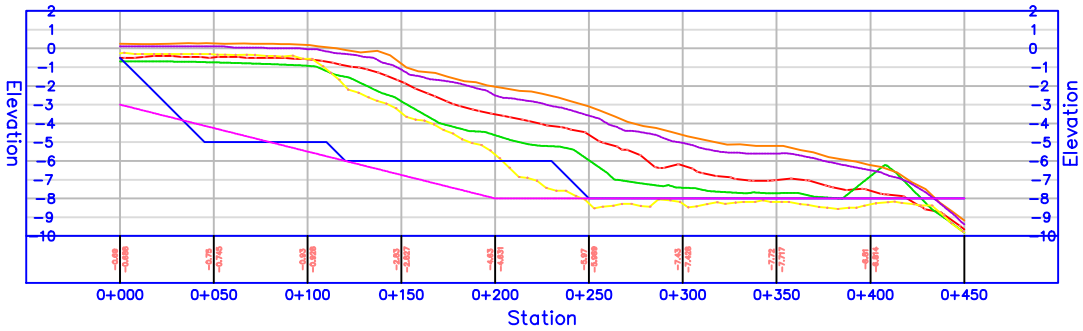
LONG SECTION C PROFILE



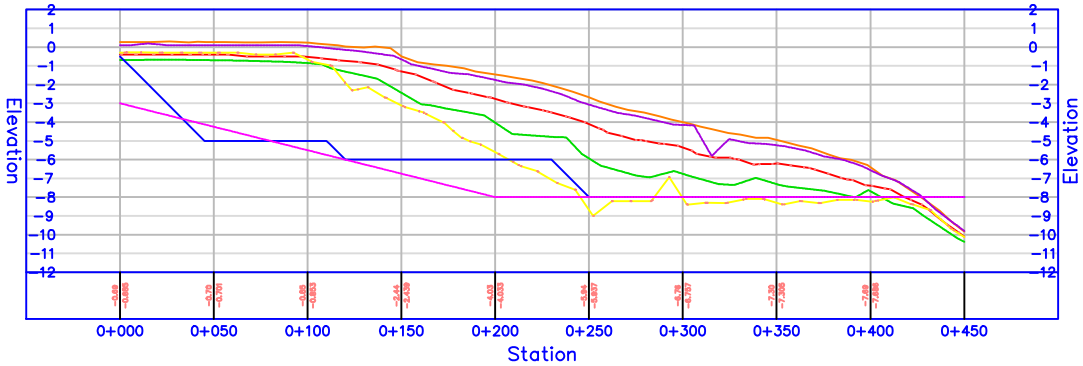
KETERANGAN :
- : MARET 2019
- : JUNI 2019
- : SEPTEMBER 2019
- : DESEMBER 2019
- : FEBRUARI 2020
- : DESAIN KERUK OPSI 1
- : DESAIN KERUK OPSI 2

LONG SECTION/POTONGAN MEMANJANG
PETA BATIMETRI
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

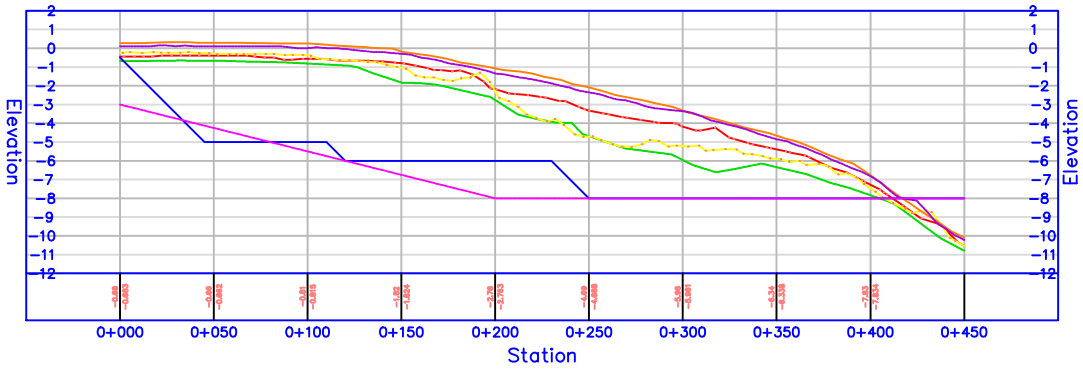
LONG SECTION D PROFILE



LONG SECTION E PROFILE



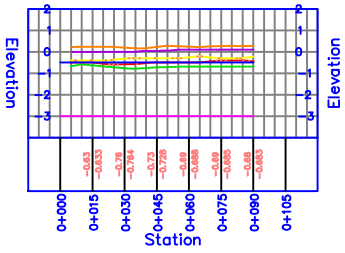
LONG SECTION F PROFILE



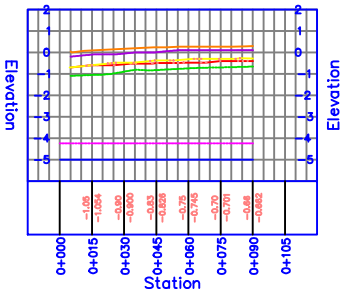
KETERANGAN :
- : MARET 2019
- : JUNI 2019
- : SEPTEMBER 2019
- : DESEMBER 2019
- : FEBRUARI 2020
- : DESAIN KERUK OPSI 1
- : DESAIN KERUK OPSI 2

CROSS SECTION/POTONGAN MELINTANG
PETA BATIMETRI
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

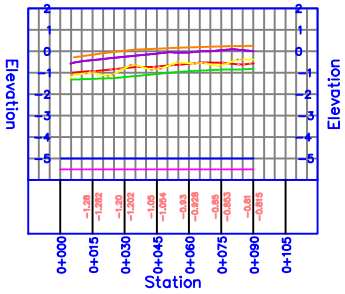
CROSS SECTION 0+000 m PROFILE



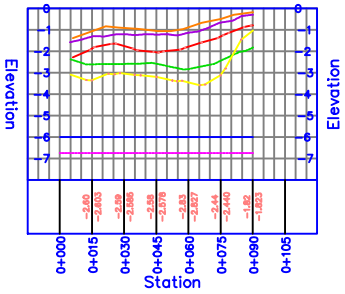
CROSS SECTION 0+050 m PROFILE



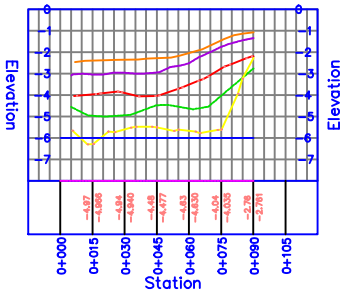
CROSS SECTION 0+100 m PROFILE



CROSS SECTION 0+150 m PROFILE



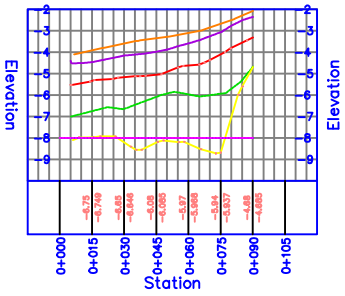
CROSS SECTION 0+200 m PROFILE



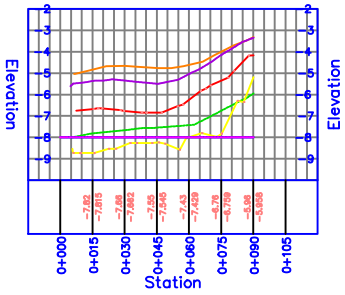
KETERANGAN :

- : MARET 2019
- : JUNI 2019
- : SEPTEMBER 2019
- : DESEMBER 2019
- : FEBRUARI 2020
- : DESAIN KERUK OPSI 1
- : DESAIN KERUK OPSI 2

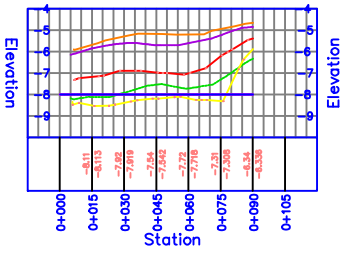
CROSS SECTION 0+250 m PROFILE



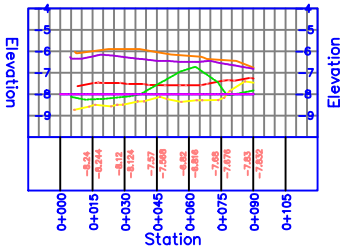
CROSS SECTION 0+300 m PROFILE



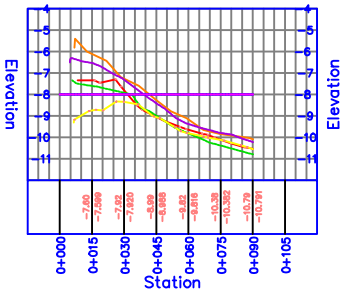
CROSS SECTION 0+350 m PROFILE



CROSS SECTION 0+400 m PROFILE



CROSS SECTION 0+450 m PROFILE



LAMPIRAN D
PERUBAHAN KEDALAMAN PER PERIODE

Perubahan kedalaman di terminal domestik PT TPS dalam satuan meter.

Long	Periode / Cross	MAR 19 JUN 19	JUN 19 SEP 19	SEP 19 DES 19	DES 19 FEB 20
A	0+000	-0,23	0,13	0,5	0,23
	0+050	-0,45	0,45	0,49	0,19
	0+100	-0,27	0,36	0,51	0,25
	0+150	0,74	0,73	0,56	0,24
	0+200	1,32	0,99	0,92	0,65
	0+250	1,22	1,4	0,88	0,55
	0+300	0,91	1,12	1,31	0,53
	0+350	0,39	0,93	1,33	0,16
	0+400	0,29	0,75	1,25	0,24
	0+450	1,14	0,25	0,81	0,42

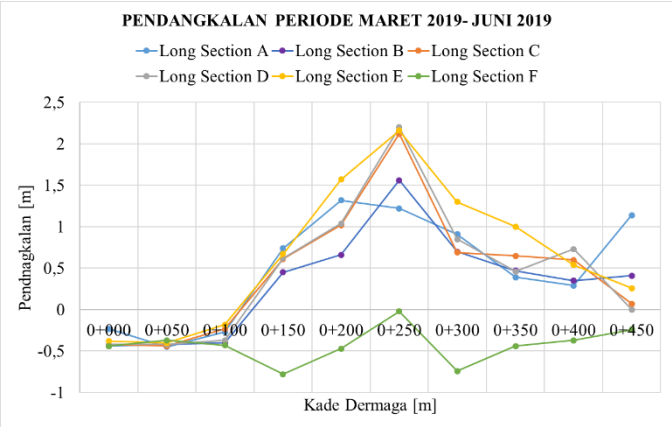
Long	Periode / Cross	MAR 19 JUN 19	JUN 19 SEP 19	SEP 19 DES 19	DES 19 FEB 20
B	0+000	-0,44	0,18	0,57	0,19
	0+050	-0,42	0,34	0,49	0,22
	0+100	-0,4	0,42	0,53	0,28
	0+150	0,45	0,83	0,55	0,29
	0+200	0,66	1,03	0,94	0,61
	0+250	1,56	1,48	1,01	0,56
	0+300	0,7	0,89	1,41	0,68
	0+350	0,47	1,01	1,28	0,32
	0+400	0,35	0,61	1,23	0,37
	0+450	0,41	0,11	0,5	0,04

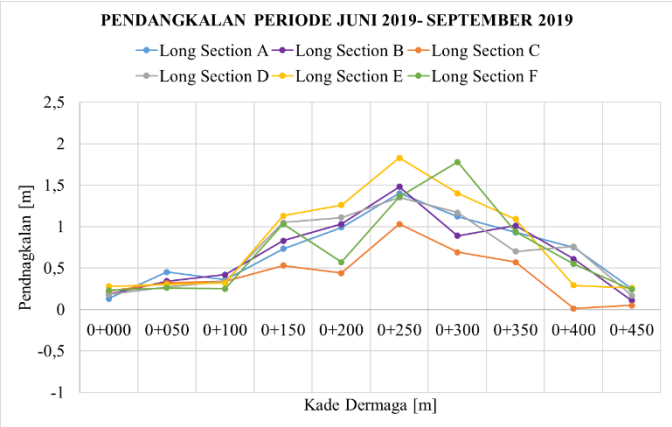
Long	Periode / Cross	MAR 19 JUN 19	JUN 19 SEP 19	SEP 19 DES 19	DES 19 FEB 20
C	0+000	-0,42	0,22	0,54	0,18
	0+050	-0,44	0,32	0,5	0,22
	0+100	-0,23	0,34	0,6	0,22
	0+150	0,61	0,53	0,83	0,17
	0+200	1,02	0,44	1,08	0,66
	0+250	2,12	1,03	1,07	0,63
	0+300	0,69	0,69	1,34	0,73
	0+350	0,65	0,57	1,27	0,53
	0+400	0,6	0,01	1,12	0,41
	0+450	0,07	0,05	0,63	0,14

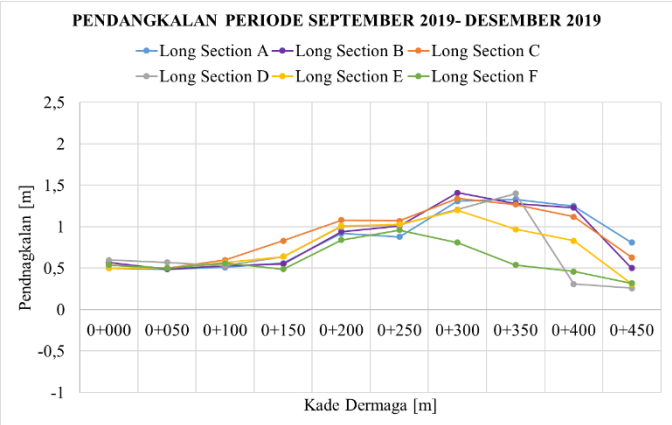
Long	Periode / Cross	MAR 19	JUN 19	SEP 19	DES 19
		JUN 19	SEP 19	DES 19	FEB 20
D	0+000	-0,42	0,18	0,6	0,13
	0+050	-0,42	0,27	0,57	0,16
	0+100	-0,37	0,34	0,53	0,22
	0+150	0,62	1,05	0,64	0,31
	0+200	1,04	1,11	1	0,47
	0+250	2,2	1,35	1,02	0,49
	0+300	0,85	1,17	1,21	0,42
	0+350	0,46	0,7	1,4	0,4
	0+400	0,73	0,76	0,31	0,27
	0+450	0	0,17	0,26	0,2

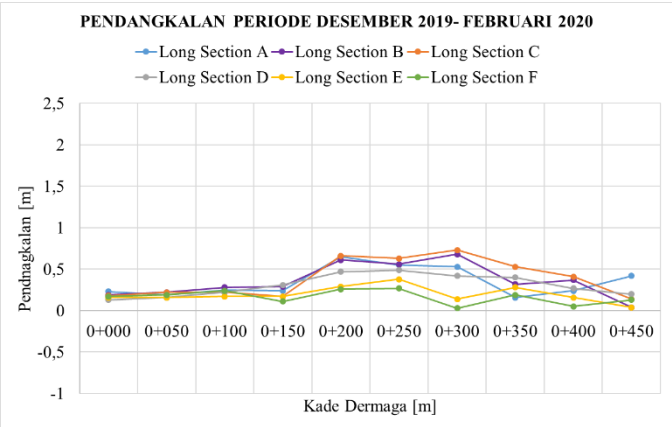
Long	Periode / Cross	MAR 19	JUN 19	SEP 19	DES 19
		JUN 19	SEP 19	DES 19	FEB 20
E	0+000	-0,38	0,28	0,5	0,16
	0+050	-0,4	0,3	0,5	0,16
	0+100	-0,18	0,32	0,57	0,17
	0+150	0,67	1,13	0,64	0,17
	0+200	1,57	1,26	1,01	0,29
	0+250	2,16	1,83	1,03	0,38
	0+300	1,3	1,4	1,2	0,14
	0+350	1	1,09	0,97	0,28
	0+400	0,54	0,29	0,83	0,16
	0+450	0,26	0,26	0,31	0,04

Long	Periode / Cross	MAR 19	JUN 19	SEP 19	DES 19
		JUN 19	SEP 19	DES 19	FEB 20
F	0+000	-0,44	0,23	0,54	0,17
	0+050	-0,37	0,26	0,5	0,19
	0+100	-0,43	0,25	0,56	0,24
	0+150	-0,78	1,03	0,49	0,11
	0+200	-0,47	0,57	0,84	0,26
	0+250	-0,02	1,36	0,96	0,27
	0+300	-0,74	1,78	0,81	0,03
	0+350	-0,44	0,94	0,54	0,19
	0+400	-0,37	0,55	0,46	0,05
	0+450	-0,24	0,24	0,32	0,13


PENDANGKALAN PERIODE MARET 2019- JUNI 2019
Long Section A
Long Section B
Long Section C
Long Section D
Long Section E
Long Section F
2,5
2
1,5
1
0,5
0
-0,5
-1
Pendnagkalan [m]
0+000
0+050
0+100
0+150
0+200
0+250
0+300
0+350
0+400
0+450
Kade Dermaga [m]


PENDANGKALAN PERIODE JUNI 2019- SEPTEMBER 2019
Long Section A
Long Section B
Long Section C
Long Section D
Long Section E
Long Section F
2,5
2
1,5
1
0,5
0
-0,5
-1
Pendnagkalan [m]
0+000
0+050
0+100
0+150
0+200
0+250
0+300
0+350
0+400
0+450
Kade Dermaga [m]

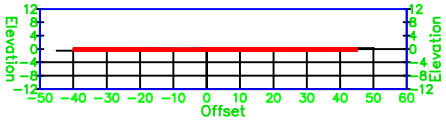

PENDANGKALAN PERIODE SEPTEMBER 2019- DESEMBER 2019
Long Section A
Long Section B
Long Section C
Long Section D
Long Section E
Long Section F
2,5
2
1,5
1
0,5
0
-0,5
-1
Pendnagkalan [m]
0+000
0+050
0+100
0+150
0+200
0+250
0+300
0+350
0+400
0+450
Kade Dermaga [m]


PENDANGKALAN PERIODE DESEMBER 2019- FEBRUARI 2020
Long Section A
Long Section B
Long Section C
Long Section D
Long Section E
Long Section F
2,5
2
1,5
1
0,5
0
-0,5
-1
Pendnagkalan [m]
0+000
0+050
0+100
0+150
0+200
0+250
0+300
0+350
0+400
0+450
Kade Dermaga [m]

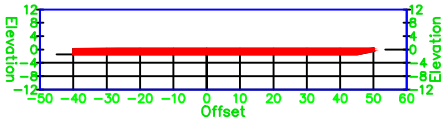
LAMPIRAN E
CROSS SECTION AREA

CROSS SECTION AREA
DESAIN KERUK OPSI 1
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

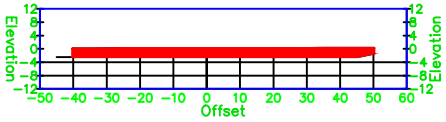
0+000.00



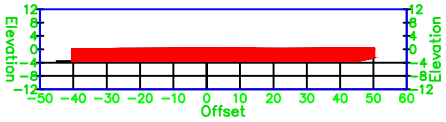
0+010.00



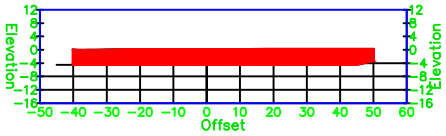
0+020.00



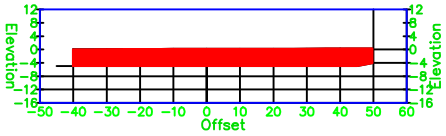
0+030.00



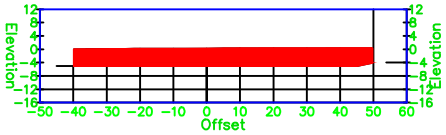
0+040.00



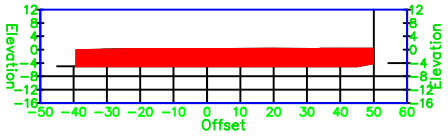
0+050.00



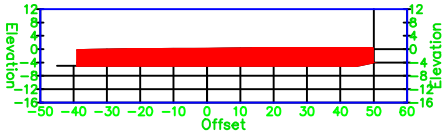
0+060.00



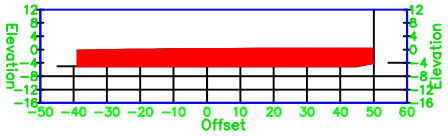
0+070.00



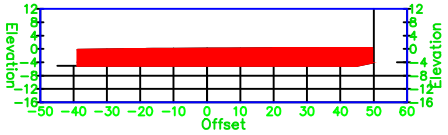
0+080.00



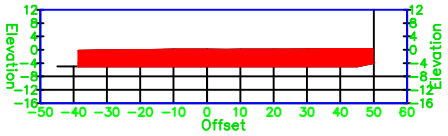
0+090.00



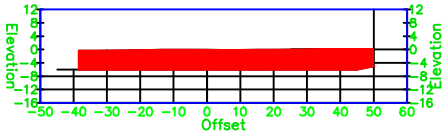
0+100.00



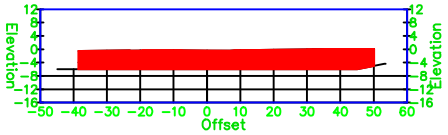
0+110.00



0+120.00

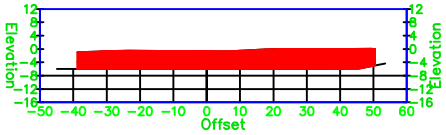


0+130.00

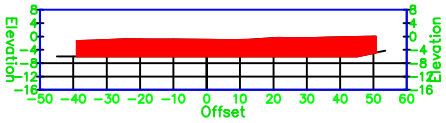


CROSS SECTION AREA
DESAIN KERUK OPSI 1
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

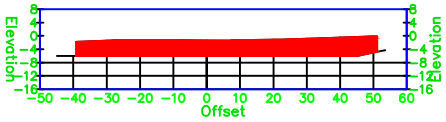
0+140.00



0+150.00

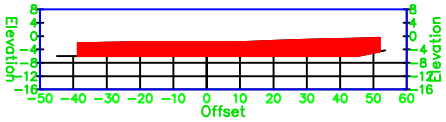


0+160.00

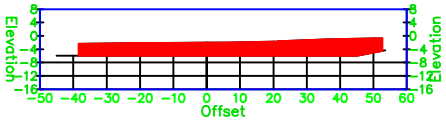


0+170.00

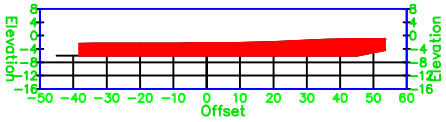
0+180.00



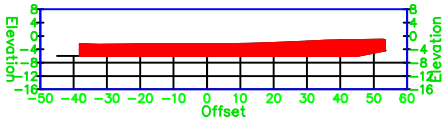
0+190.00



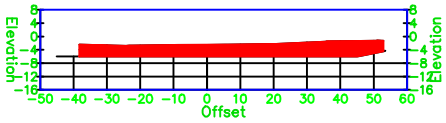
0+200.00



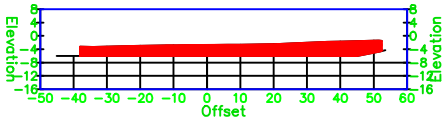
0+210.00



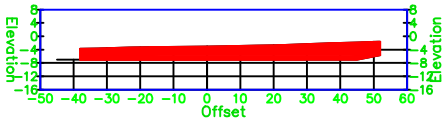
0+220.00



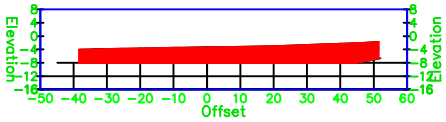
0+230.00



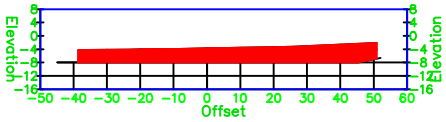
0+240.00



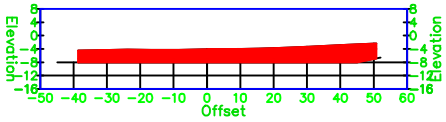
0+250.00



0+260.00

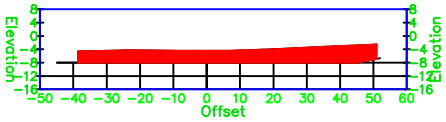


0+270.00

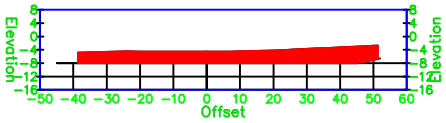


CROSS SECTION AREA
DESAIN KERUK OPSI 1
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

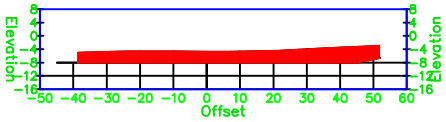
0+280.00



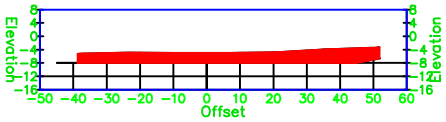
0+290.00



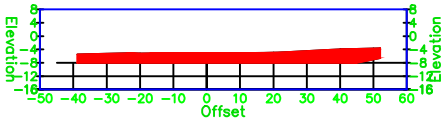
0+300.00



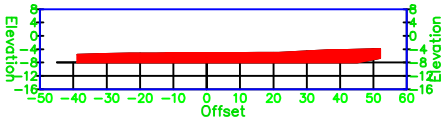
0+310.00



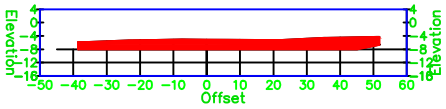
0+320.00



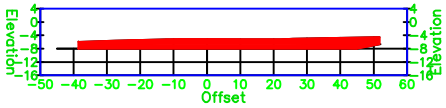
0+330.00



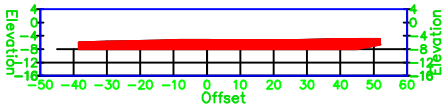
0+340.00



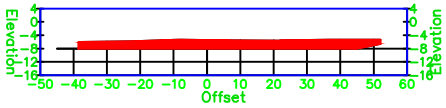
0+350.00



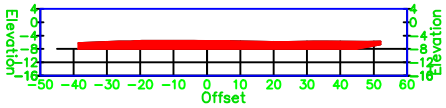
0+360.00



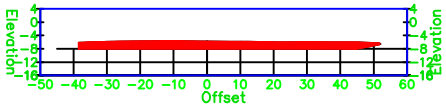
0+370.00



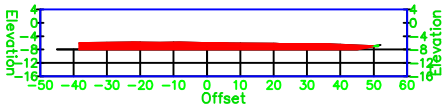
0+380.00



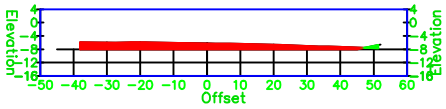
0+390.00



0+400.00

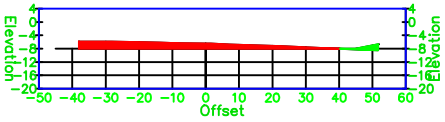


0+410.00

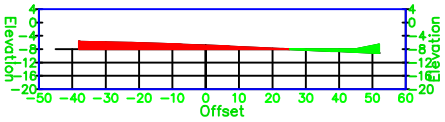


CROSS SECTION AREA
DESAIN KERUK OPSI 1
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

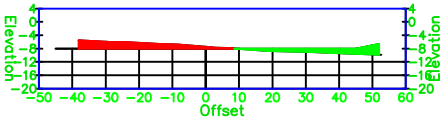
0+420.00



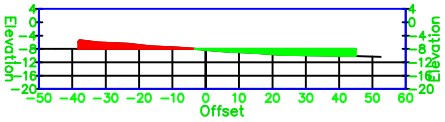
0+430.00



0+440.00

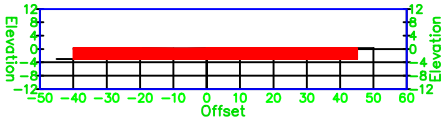


0+450.00

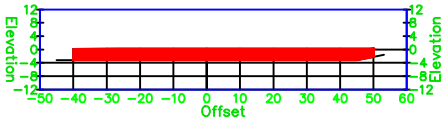


CROSS SECTION AREA
DESAIN KERUK OPSI 2
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

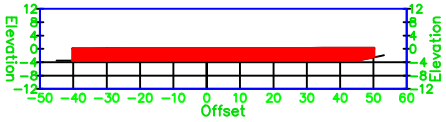
0+000.00



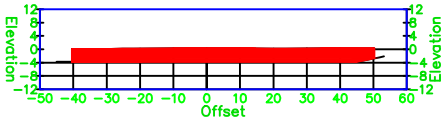
0+010.00



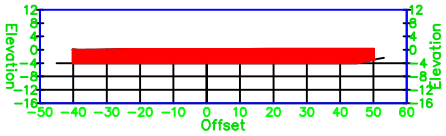
0+020.00



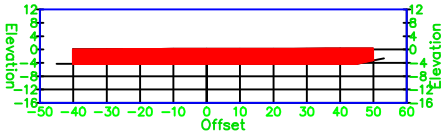
0+030.00



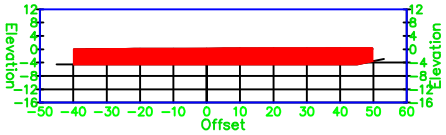
0+040.00



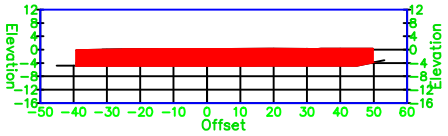
0+050.00



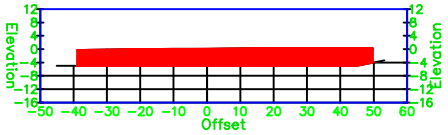
0+060.00



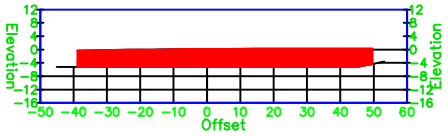
0+070.00



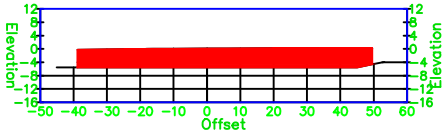
0+080.00



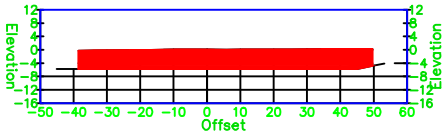
0+090.00



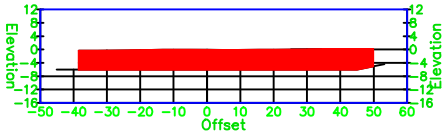
0+100.00



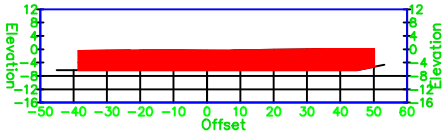
0+110.00



0+120.00

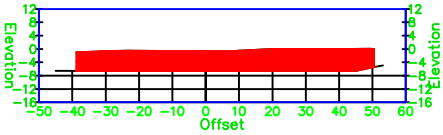


0+130.00

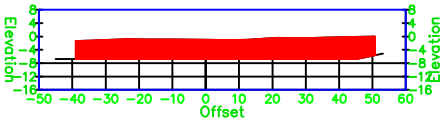


CROSS SECTION AREA
DESAIN KERUK OPSI 2
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

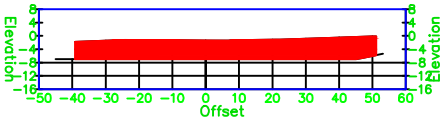
0+140.00



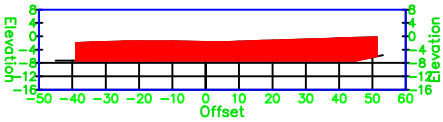
0+150.00



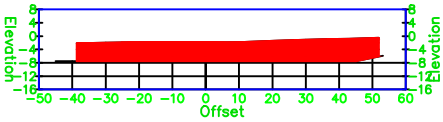
0+160.00



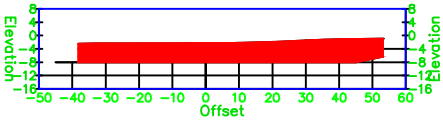
0+170.00



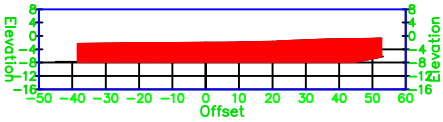
0+180.00



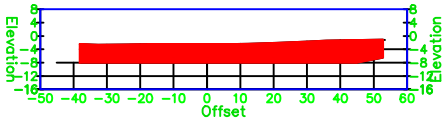
0+200.00



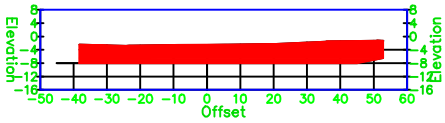
0+190.00



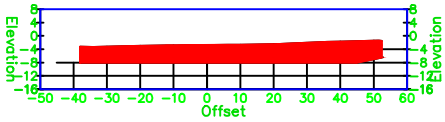
0+210.00



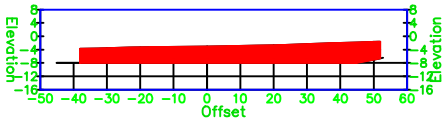
0+220.00



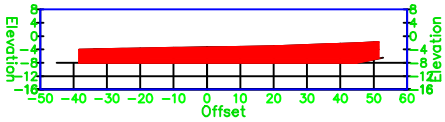
0+230.00



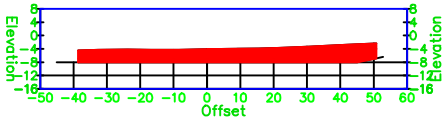
0+240.00



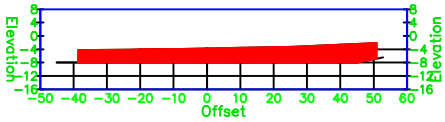
0+250.00



0+270.00

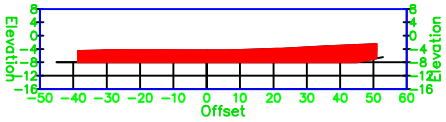


0+260.00

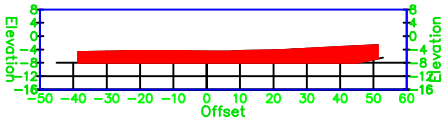


CROSS SECTION AREA
DESAIN KERUK OPSI 2
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

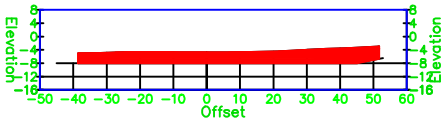
0+280.00



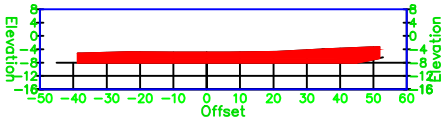
0+290.00



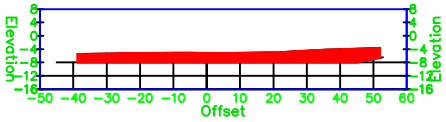
0+300.00



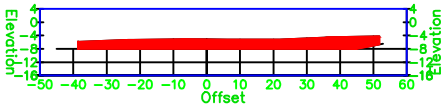
0+310.00



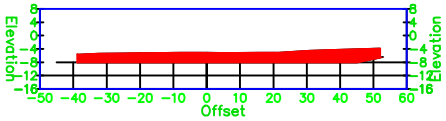
0+320.00



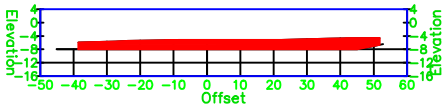
0+340.00



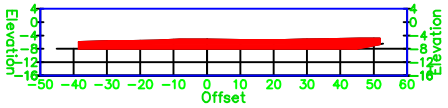
0+330.00



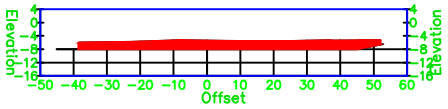
0+350.00



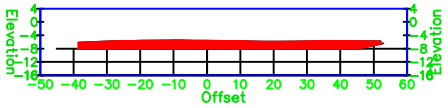
0+360.00



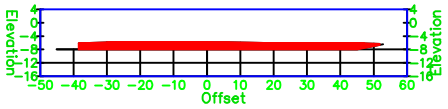
0+370.00



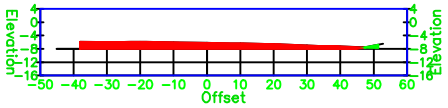
0+380.00



0+390.00



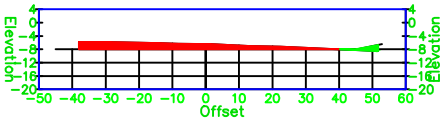
0+410.00



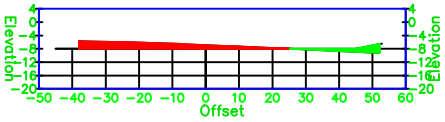
0+400.00

CROSS SECTION AREA
DESAIN KERUK OPSI 2
TERMINAL DOMESTIK
PT TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA

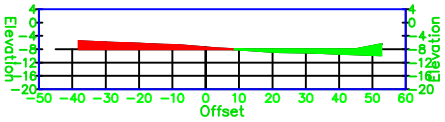
0+420.00



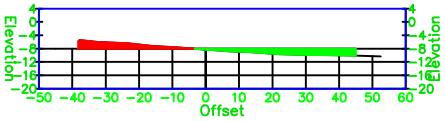
0+430.00



0+440.00



0+450.00



LAMPIRAN F
PERHITUNGAN MANUAL VOLUME KERUK

DESAIN KERUK OPSI 1

Station [1]	Luas Area (m^2) [2]	F. Simpson [3]	Luas Area x F.Simpson [4] = [2] x [3]
0+000	62,49	1	62,49
0+010	154,65	3	463,95
0+020	246,08	3	738,24
0+030	336,74	2	673,48
0+040	423,86	3	1271,58
0+050	465,79	3	1397,37
0+060	462,84	2	925,68
0+070	458,94	3	1376,82
0+080	452,66	3	1357,98
0+090	449,84	2	899,68
0+100	449,16	3	1347,48
0+110	441,41	3	1324,23
0+120	519,57	2	1039,14
0+130	509,82	3	1529,46
0+140	498,09	3	1494,27
0+150	468,3	2	936,6
0+160	438,17	3	1314,51
0+170	419,09	3	1257,27
0+180	400,22	2	800,44
0+190	381	3	1143
0+200	366,49	3	1099,47
0+210	352,6	2	705,2
0+220	339,87	3	1019,61
0+230	310,55	3	931,65
0+240	372,15	2	744,3
0+250	432,25	3	1296,75
0+260	399,32	3	1197,96
0+270	374,43	2	748,86
0+280	356,25	3	1068,75
0+290	340,75	3	1022,25
0+300	321,85	2	643,7

Station [1]	Luas Area (m^2) [2]	F. Simpson [3]	Luas Area x F.Simpson [4] = [2] x [3]
0+310	301,11	3	903,33
0+320	280,89	3	842,67
0+330	268,99	2	537,98
0+340	260,2	3	780,6
0+350	250,8	3	752,4
0+360	235,87	2	471,74
0+370	217,67	3	653,01
0+380	198,63	3	595,89
0+390	180,01	2	360,02
0+400	156,62	3	469,86
0+410	133	3	399
0+420	106,37	2	212,74
0+430	80,61	3	241,83
0+440	63,41	3	190,23
0+450	43,64	1	43,64
TOTAL (Σ_1)			**39.287,11**

VOLUME = 3/8 x jarak antar station x Σ_1

VOLUME O1 = 147.326,6625 m^3

DESAIN KERUK OPSI 2

Station [1]	Luas Area (m^2) [2]	F. Simpson [3]	Luas Area x F.Simpson [4] = [2] x [3]
0+000	274,97	1	274,97
0+010	312,57	3	937,71
0+020	336,66	3	1009,98
0+030	359,42	2	718,84
0+040	378,62	3	1135,86
0+050	399,1	3	1197,3
0+060	418,08	2	836,16
0+070	436,72	3	1310,16
0+080	452,67	3	1358,01
0+090	471,98	2	943,96
0+100	493,4	3	1480,2
0+110	507,59	3	1522,77
0+120	520,21	2	1040,42
0+130	532,01	3	1596,03
0+140	542,73	3	1628,19
0+150	535,64	2	1071,28
0+160	528,44	3	1585,32
0+170	531,96	3	1595,88
0+180	536,17	2	1072,34
0+190	540,49	3	1621,47
0+200	548,48	3	1645,44
0+210	532,87	2	1065,74
0+220	521,94	3	1565,82
0+230	491,6	3	1474,8
0+240	462,38	2	924,76
0+250	432,25	3	1296,75
0+260	399,32	3	1197,96
0+270	374,43	2	748,86
0+280	356,25	3	1068,75
0+290	340,75	3	1022,25
0+300	321,85	2	643,7

Station [1]	Luas Area (m^2) [2]	F. Simpson [3]	Luas Area x F.Simpson [4] = [2] x [3]
0+310	301,11	3	903,33
0+320	280,89	3	842,67
0+330	268,99	2	537,98
0+340	260,2	3	780,6
0+350	250,8	3	752,4
0+360	235,87	2	471,74
0+370	217,67	3	653,01
0+380	198,63	3	595,89
0+390	180,01	2	360,02
0+400	156,62	3	469,86
0+410	133	3	399
0+420	106,37	2	212,74
0+430	80,61	3	241,83
0+440	63,41	3	190,23
0+450	43,64	1	43,64
TOTAL (Σ_1)			**44.046,62**

VOLUME	**=**	**3/8 x jarak antar station x Σ_2**	
VOLUME O2	**=**	**165.174,825**	**m^3**

LAMPIRAN G
JADWAL SANDAR KAPAL BULAN MEI 2020

DOMESTIC CONTAINER HANDLING PRODUCTION

MONTH : MAY - 2020

NO	SHIP'S NAME	LOA (m)	TIME BERTHING	TIME DEPARTURE	BERTHING DURATION
			DATE/TIME	DATE / TIME	(hours)
1	ICON CORINTUS	107	5/1/2020 18:22	5/2/2020 4:07	9
2	KAWA MAS	108	5/2/2020 7:25	5/2/2020 18:25	10
3	MERATUS SIBOLGA	98	5/4/2020 15:10	5/4/2020 20:30	5
4	ORIENTAL JADE	177	5/4/2020 20:40	5/5/2020 17:50	21
5	TELAGA MAS	120	5/6/2020 4:20	5/7/2020 13:18	32
6	MERATUS SABANG	98	5/8/2020 18:50	5/9/2020 5:30	10
7	SPIL NITA	208	5/10/2020 14:20	5/11/2020 11:05	20
8	TASIK MAS	120	5/11/2020 19:10	5/13/2020 1:17	30
9	ICON CORINTUS	107	5/12/2020 10:15	5/13/2020 4:23	18
10	KENDAGA NUSANTARA 8	74	5/11/2020 18:25	5/13/2020 12:55	42
11	MERATUS SIBOLGA	98	5/13/2020 7:45	5/13/2020 13:52	6
12	MERATUS SABANG	98	5/17/2020 8:45	5/17/2020 14:25	5
13	ORIENTAL GALAXY	183	5/17/2020 16:25	5/18/2020 15:35	23
14	HIJAU JELITA	135,8	5/18/2020 20:05	5/19/2020 11:20	15
15	ICON CORINTUS	107	5/21/2020 7:00	5/21/2020 20:35	13
16	PEKAN RIAU	80	5/22/2020 16:50	5/23/2020 9:50	16
17	MERATUS SIBOLGA	98	5/26/2020 12:25	5/26/2020 15:55	3
18	GULF MAS	108	5/28/2020 5:05	5/28/2020 10:30	5
19	WARIH MAS	120	5/29/2020 1:10	5/30/2020 0:02	22
20	ARMADA SEGARA	120	5/30/2020 3:00	5/30/2020 19:55	16
21	ARMADA PURNAMA	150	5/30/2020 5:45	5/31/2020 9:30	27
AVERAGE					**16,6**

LAMPIRAN H
PERHITUNGAN BIAYA

Rencana Anggaran Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 1 Opsi Desain Keruk 1

No	Uraian	Vol	Satuan	Harga Sat	Total Harga
A	**BIAYA PENGADAAN**				
A1	*Submersible Slurry Pump* DPFS-50H kapasitas 90 m^3/jam	1	buah	Rp 431.250.000,00	Rp 431.250.000,00
A2	Pemasangan *Submersible Slurry Pump* DPFS-50H kapasitas 90 m^3/jam	1	buah	Rp 27.700.000,00	Rp 27.700.000,00
A3	*Floating pipe MDPE* Lymax 159 D150mm	1200	meter	Rp 503.750,00	Rp 604.500.000,00
A4	Floater untuk floating pipe Lymax 159	200	set	Rp 1.880.000,00	Rp 376.000.000,00
A5	Winch	2	buah	Rp 72.350.000,00	Rp 144.700.000,00
A6	Pontoon CP-4086	1	buah	Rp 426.750.000,00	Rp 426.750.000,00
A7	Genset 4BTA3.9-G250 50 kVA	1	buah	Rp 191.205.000,00	Rp 191.205.000,00
				SUB TOTAL 1	Rp 2.202.105.000,00
B	**BIAYA OPERASIONAL**				
B1	*Pipe crew*	3	org/minggu	Rp 1.500.000,00	Rp 4.500.000,00
B2	Operator	2	org/minggu	Rp 1.800.000,00	Rp 3.600.000,00
B3	*Engineer*	1	org/minggu	Rp 2.100.000,00	Rp 2.100.000,00
B4	Site Manager	1	org/minggu	Rp 2.750.000,00	Rp 2.750.000,00
B5	Surveyor	1	org/minggu	Rp 2.000.000,00	Rp 2.000.000,00
B6	Pembantu surveyor	1	org/minggu	Rp 1.050.000,00	Rp 1.050.000,00
B7	Sewa alat survey pemeruman (sounding progress)	2	kali/minggu	Rp 52.675.000,00	Rp 105.350.000,00
B8	Logistik	1	org/minggu	Rp 1.250.000,00	Rp 1.250.000,00
B9	Administrasi	1	org/minggu	Rp 1.250.000,00	Rp 1.250.000,00
B10	Keamanan kapal	1	minggu	Rp 25.000.000,00	Rp 25.000.000,00
B11	Ijin oleh gerak kapal dan keagenan	1	ls	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
B12	Dana tak terduga	1	minggu	Rp 8.500.000,00	Rp 8.500.000,00
B13	Biaya operasional per minggu				Rp 177.350.000,00
B14	Biaya operasional keseluruhan	22	minggu	Rp 177.350.000,00	Rp 3.901.700.000,00
				SUB TOTAL 2	Rp 3.901.700.000,00
C	**BIAYA BBM**				
C1	BBM *Submersible Slurry Pump* DPFS-50H kapasitas 90 m^3/jam	19.635	liter	Rp 11.000,00	Rp 215.985.000,00
C2	Oli Pelumas Meditran S40	4	drum	Rp 3.823.000,00	Rp 15.292.000,00
				SUB TOTAL 3	Rp 231.277.000,00
				TOTAL	**Rp 6.335.082.000,00**

Rencana Anggaran Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 2 Opsi Desain Keruk 1

No	Uraian	Vol	Satuan	Harga Sat	Total Harga
A	**BIAYA PENGADAAN**				
A1	*Submersible Slurry Pump* DMS150-45-55 kapasitas 150 m^3/jam	1	buah	Rp 718.750.000,00	Rp 718.750.000,00
A2	Pemasangan *Submersible Slurry Pump* DMS150-45-55 kapasitas 150 m^3/jam	1	buah	Rp 28.000.000,00	Rp 28.000.000,00
A3	*Floating pipe MDPE* Lymax 159 D150mm	1200	meter	Rp 503.750,00	Rp 604.500.000,00
A4	Floater untuk floating pipe Lymax 159	200	set	Rp 1.880.000,00	Rp 376.000.000,00
A5	Winch	2	buah	Rp 72.350.000,00	Rp 144.700.000,00
A6	Pontoon CP-4086	1	buah	Rp 426.750.000,00	Rp 426.750.000,00
A7	Genset 6BT5.9-G285 85 kVA	1	buah	Rp 244.270.000,00	Rp 244.270.000,00
				SUB TOTAL 1	Rp 2.542.970.000,00
B	**BIAYA OPERASIONAL**				
B1	*Pipe crew*	3	org/minggu	Rp 1.500.000,00	Rp 4.500.000,00
B2	Operator	2	org/minggu	Rp 1.800.000,00	Rp 3.600.000,00
B3	*Engineer*	1	org/minggu	Rp 2.100.000,00	Rp 2.100.000,00
B4	Site Manager	1	org/minggu	Rp 2.750.000,00	Rp 2.750.000,00
B5	Surveyor	1	org/minggu	Rp 2.000.000,00	Rp 2.000.000,00
B6	Pembantu surveyor	1	org/minggu	Rp 1.050.000,00	Rp 1.050.000,00
B7	Sewa alat survey pemeruman (sounding progress)	2	kali/minggu	Rp 52.675.000,00	Rp 105.350.000,00
B8	Logistik	1	org/minggu	Rp 1.250.000,00	Rp 1.250.000,00
B9	Administrasi	1	org/minggu	Rp 1.250.000,00	Rp 1.250.000,00
B10	Keamanan kapal	1	minggu	Rp 25.000.000,00	Rp 25.000.000,00
B11	Ijin oleh gerak kapal dan keagenan	1	ls	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
B12	Dana tak terduga	1	minggu	Rp 8.500.000,00	Rp 8.500.000,00
B13	Biaya operasional per minggu				Rp 177.350.000,00
B14	Biaya operasional keseluruhan	13	minggu	Rp 177.350.000,00	Rp 2.305.550.000,00
				SUB TOTAL 2	Rp 2.305.550.000,00
C	**BIAYA BBM**				
C1	BBM *Submersible Slurry Pump* DPFS-50H kapasitas 90 m^3/jam	19.724,25	liter	Rp 11.000,00	Rp 216.966.750,00
C2	Oli Pelumas Meditran S40	4	drum	Rp 3.823.000,00	Rp 15.292.000,00
				SUB TOTAL 3	Rp 232.258.750,00
				TOTAL	**Rp 5.080.778.750,00**

Rencana Anggaran Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 4 Opsi Desain Keruk 1

No	Uraian	Vol	Satuan	Harga Sat	Total Harga
A	**BIAYA PENGADAAN**				
A1	*Submersible Slurry Pump* DPF-75BH kapasitas 192 m^3/jam	1	buah	Rp 920.000.000,00	Rp 920.000.000,00
A2	Pemasangan *Submersible Slurry Pump* DPF-75BH kapasitas 192 m^3/jam	1	buah	Rp 28.150.000,00	Rp 28.150.000,00
A3	*Floating pipe MDPE* Lymax 205 D200mm	1200	meter	Rp 535.500,00	Rp 642.600.000,00
A4	Floater untuk floating pipe Lymax 205	200	set	Rp 2.000.000,00	Rp 400.000.000,00
A5	Winch	2	buah	Rp 72.350.000,00	Rp 144.700.000,00
A6	Pontoon CP-4086	1	buah	Rp 426.750.000,00	Rp 426.750.000,00
A7	Genset 6BT5.9-G285 85 kVA	1	buah	Rp 244.270.000,00	Rp 244.270.000,00
				SUB TOTAL 1	Rp 2.806.470.000,00
B	**BIAYA OPERASIONAL**				
B1	*Pipe crew*	3	org/minggu	Rp 1.500.000,00	Rp 4.500.000,00
B2	Operator	2	org/minggu	Rp 1.800.000,00	Rp 3.600.000,00
B3	*Engineer*	1	org/minggu	Rp 2.100.000,00	Rp 2.100.000,00
B4	Site Manager	1	org/minggu	Rp 2.750.000,00	Rp 2.750.000,00
B5	Surveyor	1	org/minggu	Rp 2.000.000,00	Rp 2.000.000,00
B6	Pembantu surveyor	1	org/minggu	Rp 1.050.000,00	Rp 1.050.000,00
B7	Sewa alat survey pemeruman (sounding progress)	2	kali/minggu	Rp 52.675.000,00	Rp 105.350.000,00
B8	Logistik	1	org/minggu	Rp 1.250.000,00	Rp 1.250.000,00
B9	Administrasi	1	org/minggu	Rp 1.250.000,00	Rp 1.250.000,00
B10	Keamanan kapal	1	minggu	Rp 25.000.000,00	Rp 25.000.000,00
B11	Ijin oleh gerak kapal dan keagenan	1	ls	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
B12	Dana tak terduga	1	minggu	Rp 8.500.000,00	Rp 8.500.000,00
B13	Biaya operasional per minggu				Rp 177.350.000,00
B14	Biaya operasional keseluruhan	10	minggu	Rp 177.350.000,00	Rp 1.773.500.000,00
				SUB TOTAL 2	Rp 1.773.500.000,00
C	**BIAYA BBM**				
C1	BBM *Submersible Slurry Pump* DPFS-50H kapasitas 90 m^3/jam	15.172,5	liter	Rp 11.000,00	Rp 166.897.500,00
C2	Oli Pelumas Meditran S40	4	drum	Rp 3.823.000,00	Rp 15.292.000,00
				SUB TOTAL 3	Rp 182.189.500,00
				TOTAL	**Rp 4.762.159.500,00**

Rencana Anggaran Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 1 Opsi Desain Keruk 2

No	Uraian	Vol	Satuan	Harga Sat	Total Harga
A	**BIAYA PENGADAAN**				
A1	*Submersible Slurry Pump* DPFS-50H kapasitas 90 m^3/jam	1	buah	Rp 431.250.000,00	Rp 431.250.000,00
A2	Pemasangan *Submersible Slurry Pump* DPFS-50H kapasitas 90 m^3/jam	1	buah	Rp 27.700.000,00	Rp 27.700.000,00
A3	*Floating pipe MDPE* Lymax 159 D150mm	1200	meter	Rp 503.750,00	Rp 604.500.000,00
A4	Floater untuk floating pipe Lymax 159	200	set	Rp 1.880.000,00	Rp 376.000.000,00
A5	Winch	2	buah	Rp 72.350.000,00	Rp 144.700.000,00
A6	Pontoon CP-4086	1	buah	Rp 426.750.000,00	Rp 426.750.000,00
A7	Genset 4BTA3.9-G250 50 kVA	1	buah	Rp 191.205.000,00	Rp 191.205.000,00
				SUB TOTAL 1	Rp 2.202.105.000,00
B	**BIAYA OPERASIONAL**				
B1	*Pipe crew*	3	org/minggu	Rp 1.500.000,00	Rp 4.500.000,00
B2	Operator	2	org/minggu	Rp 1.800.000,00	Rp 3.600.000,00
B3	*Engineer*	1	org/minggu	Rp 2.100.000,00	Rp 2.100.000,00
B4	Site Manager	1	org/minggu	Rp 2.750.000,00	Rp 2.750.000,00
B5	Surveyor	1	org/minggu	Rp 2.000.000,00	Rp 2.000.000,00
B6	Pembantu surveyor	1	org/minggu	Rp 1.050.000,00	Rp 1.050.000,00
B7	Sewa alat survey pemeruman (sounding progress)	2	kali/minggu	Rp 52.675.000,00	Rp 105.350.000,00
B8	Logistik	1	org/minggu	Rp 1.250.000,00	Rp 1.250.000,00
B9	Administrasi	1	org/minggu	Rp 1.250.000,00	Rp 1.250.000,00
B10	Keamanan kapal	1	minggu	Rp 25.000.000,00	Rp 25.000.000,00
B11	Ijin oleh gerak kapal dan keagenan	1	ls	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
B12	Dana tak terduga	1	minggu	Rp 8.500.000,00	Rp 8.500.000,00
B13	Biaya operasional per minggu				Rp 177.350.000,00
B14	Biaya operasional keseluruhan	25	minggu	Rp 177.350.000,00	Rp 4.433.750.000,00
				SUB TOTAL 2	Rp 4.433.750.000,00
C	**BIAYA BBM**				
C1	BBM *Submersible Slurry Pump* DPFS-50H kapasitas 90 m^3/jam	22.312,5	liter	Rp 11.000,00	Rp 245.437.500,00
C2	Oli Pelumas Meditran S40	4	drum	Rp 3.823.000,00	Rp 15.292.000,00
				SUB TOTAL 3	Rp 260.729.500,00
				TOTAL	**Rp 6.896.584.500,00**

Rencana Anggaran Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 2 Opsi Desain Keruk 2

No	Uraian	Vol	Satuan	Harga Sat	Total Harga
A	**BIAYA PENGADAAN**				
A1	*Submersible Slurry Pump* DMS150-45-55 kapasitas 150 m^3/jam	1	buah	Rp 718.750.000,00	Rp 718.750.000,00
A2	Pemasangan *Submersible Slurry Pump* DMS150-45-55 kapasitas 150 m^3/jam	1	buah	Rp 28.000.000,00	Rp 28.000.000,00
A3	*Floating pipe MDPE* Lymax 159 D150mm	1200	meter	Rp 503.750,00	Rp 604.500.000,00
A4	Floater untuk floating pipe Lymax 159	200	set	Rp 1.880.000,00	Rp 376.000.000,00
A5	Winch	2	buah	Rp 72.350.000,00	Rp 144.700.000,00
A6	Pontoon CP-4086	1	buah	Rp 426.750.000,00	Rp 426.750.000,00
A7	Genset 6BT5.9-G285 85 kVA	1	buah	Rp 244.270.000,00	Rp 244.270.000,00
				SUB TOTAL 1	Rp 2.542.970.000,00
B	**BIAYA OPERASIONAL**				
B1	*Pipe crew*	3	org/minggu	Rp 1.500.000,00	Rp 4.500.000,00
B2	Operator	2	org/minggu	Rp 1.800.000,00	Rp 3.600.000,00
B3	*Engineer*	1	org/minggu	Rp 2.100.000,00	Rp 2.100.000,00
B4	Site Manager	1	org/minggu	Rp 2.750.000,00	Rp 2.750.000,00
B5	Surveyor	1	org/minggu	Rp 2.000.000,00	Rp 2.000.000,00
B6	Pembantu surveyor	1	org/minggu	Rp 1.050.000,00	Rp 1.050.000,00
B7	Sewa alat survey pemeruman (sounding progress)	2	kali/minggu	Rp 52.675.000,00	Rp 105.350.000,00
B8	Logistik	1	org/minggu	Rp 1.250.000,00	Rp 1.250.000,00
B9	Administrasi	1	org/minggu	Rp 1.250.000,00	Rp 1.250.000,00
B10	Keamanan kapal	1	minggu	Rp 25.000.000,00	Rp 25.000.000,00
B11	Ijin oleh gerak kapal dan keagenan	1	ls	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
B12	Dana tak terduga	1	minggu	Rp 8.500.000,00	Rp 8.500.000,00
B13	Biaya operasional per minggu				Rp 177.350.000,00
B14	Biaya operasional keseluruhan	15	minggu	Rp 177.350.000,00	Rp 2.660.250.000,00
				SUB TOTAL 2	Rp 2.660.250.000,00
C	**BIAYA BBM**				
C1	BBM *Submersible Slurry Pump* DPFS-50H kapasitas 90 m^3/jam	22.758,75	liter	Rp 11.000,00	Rp 250.346.250,00
C2	Oli Pelumas Meditran S40	4	drum	Rp 3.823.000,00	Rp 15.292.000,00
				SUB TOTAL 3	Rp 265.638.250,00
				TOTAL	**Rp 5.468.858.250,00**

Rencana Anggaran Biaya Menggunakan *Slurry Pump* 4 Opsi Desain Keruk 2

No	Uraian	Vol	Satuan	Harga Sat	Total Harga
A	**BIAYA PENGADAAN**				
A1	*Submersible Slurry Pump* DPF-75BH kapasitas 192 m^3/jam	1	buah	Rp 920.000.000,00	Rp 920.000.000,00
A2	Pemasangan *Submersible Slurry Pump* DPF-75BH kapasitas 192 m^3/jam	1	buah	Rp 28.150.000,00	Rp 28.150.000,00
A3	*Floating pipe MDPE* Lymax 205 D200mm	1200	meter	Rp 535.500,00	Rp 642.600.000,00
A4	Floater untuk floating pipe Lymax 205	200	set	Rp 2.000.000,00	Rp 400.000.000,00
A5	Winch	2	buah	Rp 72.350.000,00	Rp 144.700.000,00
A6	Pontoon CP-4086	1	buah	Rp 426.750.000,00	Rp 426.750.000,00
A7	Genset 6BT5.9-G285 85 kVA	1	buah	Rp 244.270.000,00	Rp 244.270.000,00
				SUB TOTAL 1	Rp 2.806.470.000,00
B	**BIAYA OPERASIONAL**				
B1	*Pipe crew*	3	org/minggu	Rp 1.500.000,00	Rp 4.500.000,00
B2	Operator	2	org/minggu	Rp 1.800.000,00	Rp 3.600.000,00
B3	*Engineer*	1	org/minggu	Rp 2.100.000,00	Rp 2.100.000,00
B4	Site Manager	1	org/minggu	Rp 2.750.000,00	Rp 2.750.000,00
B5	Surveyor	1	org/minggu	Rp 2.000.000,00	Rp 2.000.000,00
B6	Pembantu surveyor	1	org/minggu	Rp 1.050.000,00	Rp 1.050.000,00
B7	Sewa alat survey pemeruman (sounding progress)	2	kali/minggu	Rp 52.675.000,00	Rp 105.350.000,00
B8	Logistik	1	org/minggu	Rp 1.250.000,00	Rp 1.250.000,00
B9	Administrasi	1	org/minggu	Rp 1.250.000,00	Rp 1.250.000,00
B10	Keamanan kapal	1	minggu	Rp 25.000.000,00	Rp 25.000.000,00
B11	Ijin oleh gerak kapal dan keagenan	1	ls	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
B12	Dana tak terduga	1	minggu	Rp 8.500.000,00	Rp 8.500.000,00
B13	Biaya operasional per minggu				Rp 177.350.000,00
B14	Biaya operasional keseluruhan	12	minggu	Rp 177.350.000,00	Rp 2.128.200.000,00
				SUB TOTAL 2	Rp 2.128.200.000,00
C	**BIAYA BBM**				
C1	BBM *Submersible Slurry Pump* DPFS-50H kapasitas 90 m^3/jam	18207	liter	Rp 11.000,00	Rp 200.277.000,00
C2	Oli Pelumas Meditran S40	4	drum	Rp 3.823.000,00	Rp 15.292.000,00
				SUB TOTAL 3	Rp 215.569.000,00
				TOTAL	**Rp 5.150.239.000,00**

Estimasi Biaya *Maintenance Dredging* Menggunakan *Slurry Pump* 4

No	Uraian	Vol	Satuan	Harga Sat	Total Harga
A	**BIAYA PERAWATAN**				
A1	Perawatan *Submersible Slurry Pump* DPF-75BH kapasitas 192 m^3/jam	1	ls/bulan	Rp 20.000.000,00	Rp 20.000.000,00
A2	Perawatan *Floating pipe MDPE* Lymax 205 D200mm dan floater	1	ls/bulan	Rp 22.750.000,00	Rp 22.750.000,00
A3	Perawatan Genset 4BTA3.9-G250 85 kVA	1	ls/bulan	Rp 4.000.000,00	Rp 4.000.000,00
A4	Perawatan Pontoon CP-4086	1	ls/bulan	Rp 9.500.000,00	Rp 9.500.000,00
	Biaya Perawatan per bulan				Rp 56.250.000,00
	Biaya Perawatan Total	3	bulan	Rp 56.250.000,00	Rp 168.750.000,00
				SUB TOTAL 1	Rp 168.750.000,00
B	**BIAYA OPERASIONAL**				
B1	*Pipe crew*	2	org/minggu	Rp 1.500.000,00	Rp 3.000.000,00
B2	Operator	2	org/minggu	Rp 1.800.000,00	Rp 3.600.000,00
B3	Site Manager	1	org/minggu	Rp 2.750.000,00	Rp 2.750.000,00
B4	Surveyor	1	org/minggu	Rp 2.000.000,00	Rp 2.000.000,00
B5	Sewa alat survey pemeruman (sounding progress)	1	kali/minggu	Rp 52.675.000,00	Rp 52.675.000,00
B6	Logistik dan administrasi	1	org/minggu	Rp 1.250.000,00	Rp 1.250.000,00
B7	Keamanan kapal	1	minggu	Rp 15.000.000,00	Rp 15.000.000,00
B8	Dana tak terduga	1	minggu	Rp 6.000.000,00	Rp 6.000.000,00
	Biaya operasional per minggu				Rp 86.275.000,00
	Biaya operasional keseluruhan	2	minggu	Rp 86.275.000,00	Rp 172.550.000,00
				SUB TOTAL 2	Rp 172.550.000,00
C	**BIAYA BBM**				
C1	BBM *Submersible Slurry Pump* DPF-75BH kapasitas 192 m^3/jam	1785	liter	Rp 11.000,00	Rp 19.635.000,00
C2	Oli Pelumas Meditran S40	75	liter	Rp 51.846,00	Rp 3.888.450,00
				SUB TOTAL 3	Rp 23.523.450,00
				TOTAL BIAYA MAINTENANCE DREDGING	**Rp 364.823.450,00**

BIODATA PENULIS

Penulis merupakan anak pertama yang lahir di Surabaya, 05 Februari 2000 dengan nama lengkap Ammara Tandhiarchita. Nama tersebut diberikan oleh orangtua penulis yang berarti anak dari pasangan Tatik dan Indhi diharapkan menjadi bangunan yang indah dan kuat iman. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Blimbing, Gudo, Jombang (2005), SMPN 1 Jombang (2011), dan SMAN 3 Jombang (2013). Kemudian penulis melanjutkan studi di Departemen Teknik Kelautan FTK ITS dan diterima melalui jalur SNMPTN pada tahun 2016. Selama menjalani proses perkuliahan, penulis tidak hanya fokus dalam bidang akademik, melainkan juga aktif dalam organisasi dan mengembangkan minat bakat penulis di bidang olahraga. Dalam organisasi, penulis pernah menjadi bagian dari Departemen Kewirausahaan HIMATEKLA FTK ITS selama dua periode yaitu 2017/2018 dan 2019 sebagai sekretaris bendahara dan staff ahli. Selain itu, penulis juga aktif dalam kaderisasi HIMATEKLA FTK-ITS menjadi OC (*Organizing Committee*) dan IC (*Interrogating Committee*). Sedangkan dalam bidang minat bakat, penulis sering berpartisipasi dalam *event* kompetisi olahraga antar departemen atau fakultas se-ITS, dimana tiga kali menjuarai kompetisi futsal putri serta sekali menjadi juara II pada kompetisi bola voli putri. Dari enam bidang keahlian yang dipelajari selama kuliah, penulis tertarik mengambil bidang Teknik Manajemen Pantai dan pernah menjadi grader Laboratorium Pantai dan Lingkungan Laut (LPLL) Departemen Teknik Kelautan FTK ITS selama 2 tahun. Penulis melaksanakan kerja praktik selama dua bulan di PT. Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) yang merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manajemen alur pelayaran. Kemudian penulis melanjutkan mengambil tugas akhir dengan judul "Desain Sistem Pompa Untuk Mengurangi Sedimentasi Pada Terminal Domestik PT TPS". Untuk kedepannya, penulis akan selalu berusaha menjadi versi terbaik dari diri penulis sendiri sehingga dapat bermanfaat bagi sekitar.

Contact Person : architandhi@gmail.com