TUGAS AKHIR – MS 184801

ANALISIS PEMANFAATAN ANGKUTAN LAUT UNTUK PENGELOLAAN LIMBAH MEDIS DI WILAYAH KEPULAUAN: STUDI KASUS REGION VI, WILAYAH MALUKU DAN PAPUA

Yusri Rahmatul Izza
NRP. 04411740000012

Dosen Pembimbing:
Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.
Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2022

TUGAS AKHIR – MS 184801

ANALISIS PEMANFAATAN ANGKUTAN LAUT UNTUK PENGELOLAAN LIMBAH MEDIS DI WILAYAH KEPULAUAN: STUDI KASUS REGION VI, WILAYAH MALUKU DAN PAPUA

Yusri Rahmatul Izza
NRP. 04411740000012

Dosen Pembimbing:
Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.
Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2022

FINAL PROJECT – MS 184801

MARINE TRANSPORT UTILIZATION ANALYSIS FOR MEDICAL WASTE TREATMENT IN ARCHIPELAGIC AREA: A CASE STUDY OF REGION VI, MALUKU AND PAPUA AREA

Yusri Rahmatul Izza
NRP. 04411740000012

Supervisors:
Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.
Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF MARINE TRANSPORTATION ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2022

LEMBAR REVISI

ANALISIS PEMANFAATAN ANGKUTAN LAUT UNTUK PENGELOLAAN LIMBAH MEDIS DI WILAYAH KEPULAUAN: STUDI KASUS REGION VI, WILAYAH MALUKU DAN PAPUA

TUGAS AKHIR

Telah Direvisi Sesuai Hasil Sidang Ujian Tugas Akhir

Tanggal 10 Februari 2022

Program S-1 Departemen Teknik Transportasi Laut

Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

YUSRI RAHMATUL IZZA

NRP. 04411740000012

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Ir. Irwan Tri Yunianto, M.T. …….
2. Dika Virginia Devintasari, S.Si., M.Sc. ……
3. Ir. Oktaviani Turbaningsih, M.T. ……

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc. ……..
2. Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T. ……..

SURABAYA, FEBRUARI 2022

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PEMANFAATAN ANGKUTAN LAUT UNTUK PENGELOLAAN LIMBAH MEDIS DI WILAYAH KEPULAUAN: STUDI KASUS REGION VI, WILAYAH MALUKU DAN PAPUA

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program S-1 Departemen Teknik Transportasi Laut

Fakultas Teknologi Kelautan - Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

YUSRI RAHMATUL IZZA

NRP. 04411740000012

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.	Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.
NIP. 1987201912083	NIP. 19790525 201404 1 001

SURABAYA, FEBRUARI 2022

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah S.W.T yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat mengerjakan Tugas Akhir yang berjudul **"Analisis Pemanfaatan Angkutan Laut Untuk Pengelolaan Limbah Medis Di Wilayah Kepulauan: Studi Kasus Region VI, Wilayah Maluku Dan Papua"** hingga selesai. Shalawat serta salam tetap tercurahkan kepada jumjungan Nabi Besar Muhammad S.A.W. yang telah memberikan petunjuk jalan kebenaran bagi kita semua. Terselesaikannya Tugas Akhir ini tentu tidak lepas dari berbagai pihak yang telah mendukung penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, ilmu dan motivasi dengan sepenuh hati kepada penulis. Penulis juga mengucapkan terima kasih karena beliau sudah berusaha memberikan bimbingan sebaik mungkin dengan sabar dan selalu memberi arahan serta bantuan dalam menyelesaikan permasalahan yang ada.
2. Bapak Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, ilmu, dan motivasi selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Penulis juga berterima kasih atas kesediaan beliau menerima anak bimbing tambahan di awal semester kedua penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Achmad Mustakim, S.T., M.T., MBA, sebagai Dosen Pembimbing 2 pada semester pertama penyusunan Tugas Akhir ini, yang selalu sabar memberikan arahan dan motivasinya kepada penulis.

Selain dosen pembimbing, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ayah, Ibu, adik-adik tercinta, serta keluarga besar penulis yang selalu mendoakan dan mendukung penulis dengan sepenuh hati.
2. Bapak Adhy Prasetyo Widodo berserta seluruh staf Direktorat Kesehatan Lingkungan dan Staf Humas Kemenkes RI yang telah bersedia membantu penulis baik selama mengerjakan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. -Ing. Ir. Setyo Nugroho selaku Kepala Departemen Teknik Transportasi Laut yang telah banyak berjasa untuk departemen tercinta ini.

4. Bapak Dr. Eng. I. G. N. Sumanta Buana, S. T., M. Eng. selaku dosen wali yang selalu membantu dan memberikan semangat kepada penulis selama masa perkuliahan.
5. Bapak Firmanto Hadi, S.T., M.Sc. dan Bapak Irwan Tri Yunianto, S.T., M.T. yang telah memberikan ruang untuk berkembang dan mengeksplorasi dunia transportasi laut melalui Laboratorium Transportasi Laut dan Logistik.
6. Seluruh dosen Departemen Teknik Transportasi Laut yang senantiasa memberikan banyak ilmu dan dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Tenaga Pendidik Departemen Teknik Transportasi Laut yang banyak membantu terkait administrasi selama penulis menjadi mahasiswa.
8. Wahyu Nur Hidayatun Nisa, Yustika Athiya Hasna, dan Azzahra Humaira sebagai tempat penulis menumpahkan seluruh emosi selama masa perkuliahan.
9. Teman-teman SEVMASH P-57 T-15 yang selalu menjadi keluarga bagi penulis.
10. Teman-teman BROTHERHOOD-35 (Beswan Djarum Surabaya Angkatan 35), Tim ITS Online dan Unit Komunikasi Publik ITS, teman-teman Asisten Laboratorium Transportasi Laut dan Logistik, serta teman-teman Diklat-12 Maritime Challenge ITS yang selalu menyertai hari-hari penulis selama perkuliahan.
11. Semua pihak yang telah membantu baik selama perkuliahan maupun dalam kehidupan sehari-hari penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
12. *The most important person, myself. Thank you for being so incredibly strong in this struggle and being so invincible to overcome all the life challenges. Thank you for always being there with me when there was none.*

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, Februari 2022

Penulis

ANALISIS PEMANFAATAN ANGKUTAN LAUT UNTUK PENGELOLAAN LIMBAH MEDIS DI WILAYAH KEPULAUAN: STUDI KASUS REGION VI, WILAYAH MALUKU DAN PAPUA

Nama Mahasiswa	: Yusri Rahmatul Izza
NRP	: 04411740000012
Departemen / Fakultas	: Teknik Transportasi Laut / Fakultas Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing	: 1. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.
	2. Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.

ABSTRAK

Pengelolaan limbah medis di Indonesia masih menjadi sebuah permasalahan. Direktorat Kesehatan Lingkungan Kemenkes RI mencatat bahwa pada 2020, hanya 20,1% Fasilitas Pelayanan Kesehatan yang mengelola limbah sesuai standar yang ditentukan. Timbulan limbah medis mencapai 294,66 ton/hari, tetapi kapasitas total fasilitas pengolah limbah hanya sebesar 224,23 ton/hari. Region VI yang mencakup wilayah Maluku dan Papua, termasuk ke dalam wilayah dengan klasterisasi tingkat PLM sesuai standar yang terendah, serta tidak memiliki pengolahan limbah medis. Pengolahan limbah eksisting di Region VI belum memenuhi standar, dilakukan dengan pembakaran biasa dan penimbunan terbuka (*open dumping*), paling baik menggunakan insinerator berkapasitas kecil dan tidak berizin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengadaan fasilitas pengolah limbah medis dan alat angkutnya dengan memanfaatkan moda transportasi laut. Terdapat 3 (tiga) alternatif pola operasi pengangkutan dan pengolahan menggunakan moda laut, lokasi pangkalnya ditentukan menggunakan metode *center of gravity*. Alternatif tersebut akan ditinjau menggunakan metode optimasi dengan memakai 2 (dua) skenario: (i) menggunakan kapal sebagai alat pengangkut, sedangkan pengolahan dan penimbunan dilakukan di darat, dan (ii) menggunakan kapal sebagai alat pengangkut dan pengolah limbah terapung. Luaran proses optimasi adalah menentukan pola operasi paling optimal dan ukuran utama kapal. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa skenario paling optimal adalah skenario kedua dengan membangun kapal pengangkut dan pengolah limbah dengan pola operasi *multi-port* relay pada 4 (empat) provinsi. Masing-masing kapal tersebut memiliki ukuran utama Lpp 70,99 m, B 13,80 m, T 2,48 m, dan H 5,60 m dilengkapi 2 (dua) insinetaror, 2 (dua) *medical waste destroyer*, 1 (satu) *container crane*, dan 1 (satu) *forklift*, adapun total biaya operasional dari skenario optimum ini adalah Rp. 61,14 Milyar/tahun.

Kata kunci: *Center of Gravity*, Desain Konseptual Kapal, Perencanaan Transportasi Laut, Optimasi, Pengolahan Limbah Medis

MARINE TRANSPORT UTILIZATION ANALYSIS FOR MEDICAL WASTE TREATMENT IN ARCHIPELAGIC AREA: A CASE STUDY OF REGION VI, MALUKU AND PAPUA AREA

Author	: Yusri Rahmatul Izza
ID No.	: 04411740000012
Dept. / Faculty	: Marine Transportation Engineering / Faculty of Marine Technology
Supervisors	: 1. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.
	2. Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.

ABSTRACT

Indonesia still faces considerable challenges in medical waste management. The Directorate of Environmental Health of the Ministry of Health noted that in 2020, only 20.1% of Health Service Facilities meet the standards of the medical wastes treatment made by the government. The medical waste generation reaches 294.66 tons/day, but the total capacity of the aggregate waste treatment facilities nationally is only 224.23 tons/day. Region VI, which includes Maluku and Papua, is included in the region with the lowest index of medical waste management and does not have any medical waste treatment facility. The existing waste treatment in Region VI does not meet the standards, it is carried out by open-air burning and open dumping. This study is conducted to analyze the planning of medical waste treatment and transportation using marine transportation. Three alternative operating patterns have been determined, the base location is determined using the center of gravity method. Those alternatives will be reviewed with optimization method used to plan the transportation and treatment for the medical waste using two scenarios: (i) using ships to transport the medical waste and process the medical waste on land, and (ii) using ships as a floating medical waste treatment facility to transport and process the medical waste onboard. The output of the optimization process determines the optimum operating pattern and the optimum main dimensions. The results of the study indicate that the most optimal scenario is the second scenario by building 4 (four) ships as a floating medical waste treatment facility, with a multi-port relay operating pattern in 4 (four) provinces. Each of the ships has main dimensions Lpp 70.99 m, B 13.80 m, T 2.48 m, and H 5.60 m, equipped with 2 (two) incinerators, 2 (two) medical waste destroyers, a 30-tons ship container crane, and a 20-ft forklift, this optimum scenario costs Rp. 61.14 billion/year.

Keywords: Center of Gravity, Marine Transportation Planning, Medical Waste Treatment, Optimization, Ship Conceptual Design

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN v
LEMBAR REVISI vi
KATA PENGANTAR vii
ABSTRAK ix
ABSTRACT x
DAFTAR ISI xi
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR GAMBAR xvi
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan 4
1.4 Manfaat 4
1.5 Batasan Masalah 5
1.6 Hipotesis 5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Limbah Rumah Sakit 7
2.2 Pengelolaan Limbah Rumah Sakit 9
2.3 Proses Insinerasi 11
2.4 Identifikasi Jumlah Limbah Medis 14
2.5 Penggunaan Kapal sebagai Armada Pengangkut dan/atau Pengolah Limbah 15
2.6 *Facility Location Problem* 17
2.7 Teori Optimasi 19
2.8 Biaya Transportasi Laut 21
2.9 Perancangan Kapal 22
2.9.1 Ukuran Utama Kapal 24
2.9.2 Koefisien Kapal 25
2.9.3 Perhitungan Hambatan 26
2.9.4 Perhitungan Berat Kapal 27
2.9.5 Perhitungan Daya Mesin 30
2.9.6 Perhitungan Tonase Kapal 31

2.9.7 Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal 33
2.10 Penelitian Sebelumnya 34
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 35
3.1 Diagram Alir Penelitian 35
3.2 Tahap Pengerjaan 36
3.2.1 Identifikasi Masalah dan Penarikan Hipotesis 36
3.2.2 Studi Literatur 37
3.2.3 Pengumpulan Data 37
3.2.4 Identifikasi Jumlah Limbah Medis 37
3.2.5 Penentuan Alternatif Pola Operasi dan Kandidat Lokasi Pangkal Pengolahan 37
3.2.6 Tahap Optimasi 37
3.2.7 Tahap Perbandingan Skenario 38
3.3 Skenario Yang Digunakan 38
3.3.1 Skenario 1 38
3.3.2 Skenario 2 40
3.4 Model Matematis 41
3.4.1 Identifkasi Limbah Medis 41
3.4.2 Metode *Center of Gravity* 41
3.4.3 Optimasi Skenario 1 41
3.4.4 Optimasi Skenario 2 45
BAB 4 GAMBARAN UMUM 47
4.1 Pengelolaan Limbah Medis di Indonesia 47
4.2 Lokasi Penelitian 49
4.3 Fasilitas Layanan Kesehatan di Region VI 50
4.4 Kondisi Pengelolaan Limbah Medis di Region VI 54
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN 59
5.1 Identifikasi Jumlah Limbah Medis 59
5.2 Penentuan Lokasi Pengumpulan 64
5.3 Alternatif Pola Operasi 69
5.4 Penentuan Kandidat Lokasi Pangkal Pengolahan 69
5.4.1 Alternatif Pola Operasi A 70
5.4.2 Alternatif Pola Operasi B 74
5.4.3 Alternatif Pola Operasi C 78
5.5 Hasil Analisis Skenario 1 (*Land Facility*) 80
5.5.1 Skenario 1 Alternatif A 80

5.5.2 Skenario 1 Alternatif B 99
5.5.3 Skenario 1 Alternatif C 102
5.5.4 Perbandingan Tiap Alternatif untuk Skenario 1 104
5.5.5 Perencanaan Tempat Pengolahan dan Penimbunan Limbah Medis Terpadu (TPLMT) Pada Alternatif Terpilih 105
5.6 Hasil Analisis Skenario 2 (*Folating Facility*) 111
5.6.1 *Running* Model Optimasi 111
5.6.2 Hasil Optimasi dan Total Biaya 112
5.6.3 Perencanaan Operasional Kapal Pengangkut dan Pengolah Limbah Medis ... 112
5.6.4 Rencana Umum Kapal Pengangkut dan Pengolah Limbah Medis 115
5.7 Perbandingan Skenario 115
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 118
6.1 Kesimpulan 118
6.2 Saran 119
DAFTAR PUSTAKA 121
LAMPIRAN 123

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Tipe-tipe insinerator yang saat ini digunakan di Indonesia 12
Tabel 2-2 Penelitian Sebelumnya 34
Tabel 3-1 Alternatif Kapal yang Digunakan 39
Tabel 3-2 Alternatif Alat Pengolah Limbah Medis yang Digunakan 40
Tabel 4-1 Timbulan Limbah Medis dan Kapasitas Insinerator tahun 2018 (dalam satuan ton/hari) 47
Tabel 4-2 Kapasitas eksisting pengolahan di luar fasyankes (2018-2019) dan rencana pembangunan/penambahan kapasitas tempat pengolah limbah medis 48
Tabel 4-3 Jumlah Pulau, Jumlah Penduduk, dan Luas Wilayah masing-masing provinsi dalam Region VI 49
Tabel 4-4 Jumlah Fasyankes masing-masing provinsi dalam Region VI 50
Tabel 4-5 Daftar rumah sakit dan jumlah tempat tidur yang tersedia pada tahun 2020 Region VI 50
Tabel 4-6 Jumlah dan persentase fasyankes yang mengelola limbah sesuai aturan di Region VI tahun 2016-2020 55
Tabel 4-7 Sebaran fasyankes yang mengelola limbah sesuai aturan di Region VI tahun 2016-2020 55
Tabel 5-1 Hasil identifikasi jumlah limbah medis pada masing-masing rumah sakit 60
Tabel 5-2 Lokasi pengumpulan limbah medis untuk masing-masing rumah sakit 64
Tabel 5-3 Jumlah Muatan (limbah medis yang di-insinerasi) pada tiap Lokasi Pengumpulan 68
Tabel 5-4 Alternatif Pola Operasi 69
Tabel 5-5 Hasil Perhitungan *Center of Gravity* Wilayah Maluku Utara 72
Tabel 5-6 Hasil Perhitungan *Center of Gravity* Wilayah Papua 73
Tabel 5-7 Hasil Perhitungan *Center of Gravity* Wilayah Papua Barat 74
Tabel 5-8 Hasil Perhitungan *Center of Gravity* Wilayah Klaster Papua 78
Tabel 5-9 Opsi Rute Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku 80
Tabel 5-10 Jarak dan Jumlah Muatan Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku 81
Tabel 5-11 Rincian Perhitungan Biaya Transportasi Laut Skenari1-A Wilayah Prov. Maluku Kapal A Rute 175 82
Tabel 5-12 Rute dan Kapal Terpilih Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku 83
Tabel 5-13 Insinerator Terpilih dan Jumlah Insinerator Skenario 1 Alternatif A Provinsi Maluku 84
Tabel 5-14 Perhitungan Total Biaya Skenario 1 Alternatif A Provinsi Maluku 84
Tabel 5-15 Opsi Rute Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku Utara 85
Tabel 5-16 Jarak dan Jumlah Muatan Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku Utara 86
Tabel 5-17 Rincian Perhitungan Biaya Transportasi Laut Skenari1-A Wilayah Prov. Maluku Kapal A Rute 175 86
Tabel 5-18 Rute dan Kapal Terpilih Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku Utara 88

Tabel 5-19 Insinerator Terpilih dan Jumlah Insinerator Skenario 1 Alternatif A Provinsi Maluku Utara 88
Tabel 5-20 Perhitungan Total Biaya Skenario 1 Alternatif A Provinsi Maluku Utara 89
Tabel 5-21 Opsi Rute Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua 90
Tabel 5-22 Jarak dan Jumlah Muatan Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua 91
Tabel 5-23 Rincian Perhitungan Biaya Transportasi Laut Skenario1-A Wilayah Prov. Papua Kapal A Rute 175 91
Tabel 5-24 Rute dan Kapal Terpilih Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua 92
Tabel 5-25 Insinerator Terpilih dan Jumlah Insinerator Skenario 1 Alternatif A Provinsi Papua 93
Tabel 5-26 Perhitungan Total Biaya Skenario 1 Alternatif A Provinsi Papua 93
Tabel 5-27 Opsi Rute Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua Barat 94
Tabel 5-28 Jarak dan Jumlah Muatan Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua Barat 95
Tabel 5-29 Rincian Perhitungan Biaya Transportasi Laut Skenario1-A Wilayah Prov. Papua Barat Kapal A Rute 63 95
Tabel 5-30 Rute dan Kapal Terpilih Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua Barat 97
Tabel 5-31 Insinerator Terpilih dan Jumlah Insinerator Skenario 1 Alternatif A Provinsi Papua Barat 97
Tabel 5-32 Perhitungan Total Biaya Skenario 1 Alternatif A Provinsi Papua Barat 97
Tabel 5-33 Total Biaya Operasional Tahunan Skenario 1 Alternatif A 98
Tabel 5-34 Jarak dan Jumlah Muatan pada Skenario 1 Alternatif B 99
Tabel 5-35 Rincian Perhitungan Biaya Transportasi Laut Skenario1-B Kapal A Rute M1 99
Tabel 5-36 Rute dan Kapal Terpilih Skenario 1 Alternatif B 101
Tabel 5-37 Insinerator Terpilih dan Jumlah Insinerator Skenario 1 Alternatif B 101
Tabel 5-38 Perhitungan Total Biaya Skenario 1 Alternatif B 101
Tabel 5-39 Jarak dan Jumlah Muatan pada Skenario 1 Alternatif C 102
Tabel 5-40 Rincian Perhitungan Biaya Transportasi Laut Skenario1-C Kapal A Rute MAL 102
Tabel 5-41 Rute dan Kapal Terpilih Skenario 1 Alternatif C 103
Tabel 5-42 Insinerator Terpilih dan Jumlah Insinerator Skenario 1 Alternatif C 104
Tabel 5-43 Perhitungan Total Biaya Skenario 1 Alternatif C 104
Tabel 5-44 Hasil Optimasi Skenario 2 112

DAFTAR GAMBAR

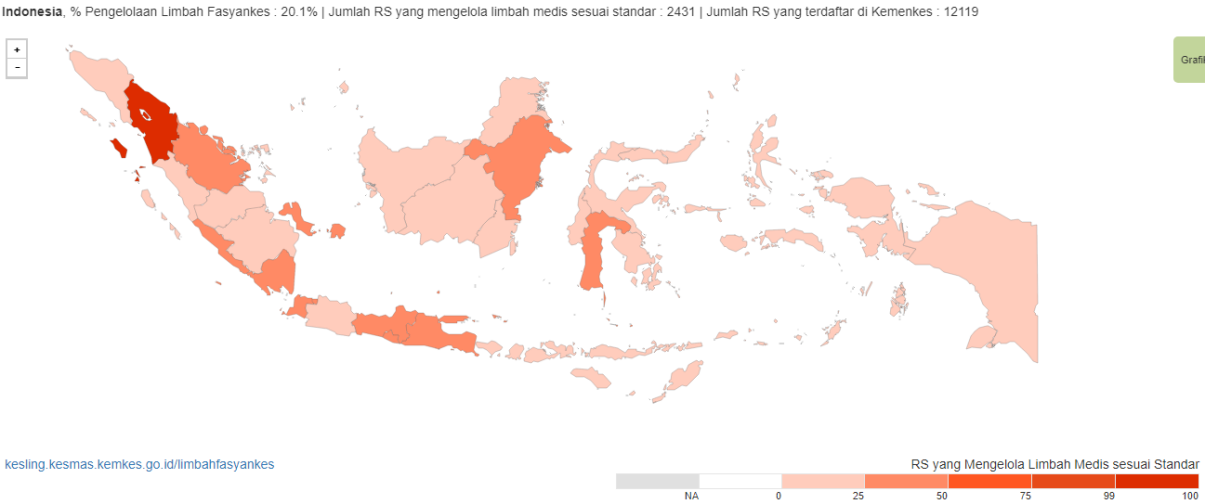
Gambar 1-1 Kondisi Pengelolaan Limbah Medis Nasional (2020) 1
Gambar 1-2 Kondisi Pengelolaan Limbah Medis Region VI (2020) 2
Gambar 2-1 Ilustrasi Pengelompokan Limbah Medis dan Cara Pengolahannya 9
Gambar 2-2 Pengelolaan Limbah Medis dan Limbah Non-Medis di Rumah Sakit 10
Gambar 2-3 Jenis-Jenis Insinerator yang dipakai di Indonesia 12
Gambar 2-4 Proses Insinerasi dan Komponen Sub-sistemnya 14
Gambar 2-5 Desain Kapal Pembangkit Listrik Berbasis Limbah 16
Gambar 2-6 Kapal Pengangkut Limbah Nuklir M/S Sigrid 16
Gambar 2-7 *Ship Spiral Design* 23
Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian (a) 35
Gambar 3-2 Diagram Alir Penelitian (b) 36
Gambar 3-3 Alur Pengangkutan dan Pengolahan Limbah Medis Skenario 1 38
Gambar 3-4 Ilustrasi Alternatif Jenis Kapal yang Digunakan 39
Gambar 3-5 Ilustrasi Set Alat Pengolahan Limbah Medis, *medical waste destroyer* (kiri), insinerator (kanan) 40
Gambar 3-6 Alur Pengangkutan dan Pengolahan Limbah Medis Skenario 2 40
Gambar 4-1 Pembagian Region Pengelolaan Limbah Medis 49
Gambar 4-2 Rantai Kontaminasi akibat Penimbunan Terbuka Limbah Medis 58
Gambar 5-1 Pembagian Wilayah Operasi Alternaif A 70
Gambar 5-2 Lahan penimbunan B3 eksisting di Pulau Buru 71
Gambar 5-3 Lokasi Lahan penimbunan B3 eksisting di Pulau Buru 71
Gambar 5-4 *Center of Gravity* Wilayah Operasi Provinsi Maluku Utara 72
Gambar 5-5 *Center of Gravity* Wilayah Operasi Provinsi Papua 73
Gambar 5-6 *Center of Gravity* Wilayah Operasi Provinsi Papua Barat 74
Gambar 5-7 Pembagian Wilayah Operasi Alternaif B 75
Gambar 5-8 Rute *Feeder* F1 Alternatif B 75
Gambar 5-9 Rute *Feeder* F2 Alternatif B 76
Gambar 5-10 Rute *Feeder* F3 Alternatif B 76
Gambar 5-11 Rute *Feeder* F4 Alternatif B 76
Gambar 5-12 Rute *Feeder* F5 Alternatif B 76
Gambar 5-13 Rute *Feeder* F6 Alternatif B 77
Gambar 5-14 Rute *Feeder* F7 Alternatif B 77
Gambar 5-15 Rute *Feeder* F8 Alternatif B 77
Gambar 5-16 Rute *Mother Vessel* M1 Alternatif B 77
Gambar 5-17 Pembagian Wilayah Operasi Alternaif C 78
Gambar 5-18 *Center of Gravity* Wilayah Operasi Klaster Papua 79
Gambar 5-19 Susunan Model Optimasi Skenario 1 Alternatif A Prov. Maluku pada *Solver Add-ins* 83
Gambar 5-20 Rute Terpilih (Rute 175) untuk Skenario 1 Alternatif A Prov. Maluku 85
Gambar 5-21 Susunan Model Optimasi Skenario 1 Alternatif A Prov. Maluku Utara pada *Solver Add-ins* 87
Gambar 5-22 Rute Terpilih (Rute 231) untuk Skenario 1 Alternatif A Prov. Maluku Utara 89
Gambar 5-23 Susunan Model Optimasi Skenario 1 Alternatif A Prov. Papua pada *Solver Add-ins* 92

Gambar 5-24 Rute Terpilih (Rute 175) untuk Skenario 1 Alternatif A Prov. Papua 94
Gambar 5-25 Susunan Model Optimasi Skenario 1 Alternatif A Prov. Papua Barat pada *Solver Add-ins*.....96
Gambar 5-26 Rute Terpilih (Rute 63) untuk Skenario 1 Alternatif A Prov. Papua Barat 98
Gambar 5-27 Susunan Model Optimasi Skenario 1 Alternatif B pada *Solver Add-ins*.....100
Gambar 5-28 Susunan Model Optimasi Skenario 1 Alternatif C pada *Solver Add-ins*.....103
Gambar 5-29 Perbandingan Total Biaya Operasional tahunan untuk tiap alternatif pada Skenario 1.....105
Gambar 5-30 Lokasi Lahan penimbunan B3 eksisting di Pulau Buru 106
Gambar 5-31 *Layout* TPLMT Provinsi Maluku.....107
Gambar 5-32 Lokasi Rencana Lahan penimbunan Limbah Medis Prov. Maluku Utara 108
Gambar 5-33 *Layout* TPLMT Provinsi Maluku Utara 108
Gambar 5-34 Lokasi Rencana Lahan penimbunan Limbah Medis Prov. Papua.....109
Gambar 5-35 *Layout* TPLMT Provinsi Papua 109
Gambar 5-36 Lokasi Rencana Lahan penimbunan Limbah Medis Prov. Papua Barat 110
Gambar 5-37 *Layout* TPLMT Provinsi Papua Barat.....110
Gambar 5-38 Susunan Model Optimasi Skenario 2 pada *Solver Add-ins*.....111
Gambar 5-39 Tampak Samping Kapal Pengangkut dan Pengolah Limbah Medis 112
Gambar 5-40 Tampak Atas Dek Di atas Geladak Utama Kapal Pengangkut dan Pengolah Limbah Medis.....114
Gambar 5-41 Tampak Atas Dek Di Bawah Geladak Utama Kapal Pengangkut dan Pengolah Limbah Medis.....114
Gambar 5-42 Tampak Samping Dermaga Pelabuhan Lokasi Pengumpulan Limbah Medis 114
Gambar 5-43 Rencana Umum Kapal Pengangkut dan Pengolah Limbah Medis 115
Gambar 5-44 Perbandingan Biaya Transportasi Laut Kedua Skenario.....116
Gambar 5-45 Perbandingan Biaya Tahunan Lainnya Kedua Skenario.....116
Gambar 5-46 Perbandingan Biaya Operasional Tahunan Kedua Skenario.....117

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia hingga saat ini masih mengalami permasalahan dengan penanganan limbah, salah satunya masalah pengelolaan limbah medis (PLM). Direktorat Kesling Kemenkes RI mencatat bahwa pada tahun 2020, dari total 12.119 fasyankes yang terdaftar di Kemenkes, hanya 2.431 atau sebesr 20,06% di antaranya yang memenuhi standar dan kriteria pengelolaan limbah medis yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) (Direktorat Kesehatan Lingkungan, 2020). Hal tersebut meningkat mencapai 28,2% pada tahun 2021, diamana terdapat 3.421 dari 12.119 fasyankes yang memenuhi standar PLM. (Direktorat Kesehatan Lingkungan, 2021).



Sumber: *Direktorat Kesehatan Lingkungan Kemenkes RI*. 2020

Gambar 1-1 Kondisi Pengelolaan Limbah Medis Nasional (2020)

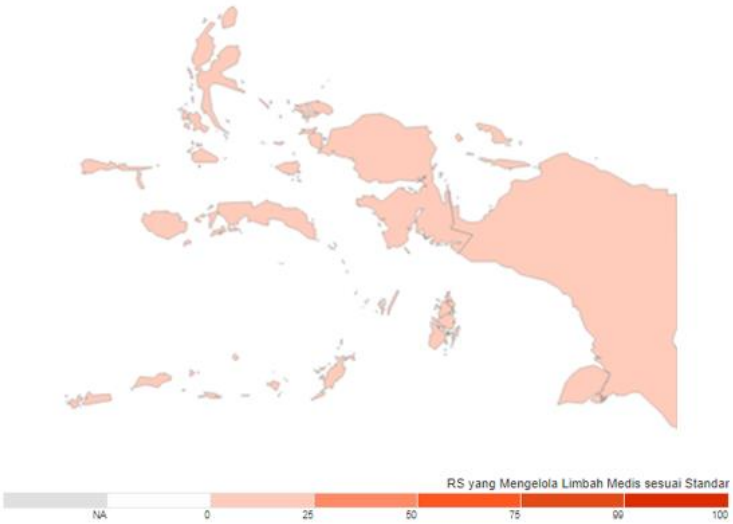
Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa sebagian besar wilayah Indonesia masih ditandai dengan warna merah muda, yang artinya tergolong dalam klaster terendah untuk tingkat penyelenggaraan PLM sesuai standar. Sehingga dapat diartikan bahwa PLM di Indonesia masih jauh dari standar.

Direktorat Kesling juga sempat menyebut Indonesia berada dalam kondisi darurat limbah medis, karena timbulan limbah medis belum dapat ditampung oleh fasilitas pengolah limbah yang ada. Fasilitas pengolah limbah medis utama adalah insinerator. Diketahui timbulan limbah medis Indonesia diperkirakan mencapai 294,66 ton/hari, akan tetapi kapasitas total pengolah limbah hanya sebesar 224,23 ton/hari (Direktorat Kesehatan Lingkungan,

2019). Sehingga, apabila lokasi fasilitas PLM tersebut merata dan alat dapat digunakan secara maksimal, maka setiap harinya terdapat 70,43 ton limbah medis yang tidak terolah.

Dalam Kebijakan dan Strategi Kementerian Kesehatan dalam Pengelolaan Limbah Fasilitas Pelayanan Kesehatan pada Rapat Kerja Kesehatan Nasional tahun 2019, dipaparkan bahwa hanya 63 rumah sakit (RS) di 17 provinsi yang memiliki sistem insinerator terintegrasi berizin di seluruh Indonesia (Direktorat Kesehatan Lingkungan, 2019). Jumlah tersebut tak banyak bertambah pada tahun 2020. Didapati bahwa jumlah total RS yang memiliki insinerator berizin dan RS dalam tahap pengadaan insinerator atau dalam proses perizinan oleh KLHK sebanyak 82 RS (Direktort Kesehatan Lingkungan, 2020).

Dikarenakan kapasitas insinerator rumah sakit tidak cukup untuk menampung timbulan limbah, pengelolaan limbah medis juga melibatkan pihak ketiga, yakni perusahaan jasa pengolah limbah medis. Namun, jumlah perusahaan tersebut juga masih sangat sedikit, hanya terdapat 10 perusahaan di seluruh Indonesia. Lokasi perusahaan tersebut juga tidak merata, yakni 7 (tujuh) di Pulau Jawa, 1 (satu) di Batam (Kepulauan Riau), 1 (satu) di Kalimantan, serta 1 (satu) masih dalam tahap pembangunan di Sulawesi (Direktorat Kesehatan Lingkungan, 2019).



Sumber: *Direktorat Kesehatan Lingkungan Kemenkes RI*. 2020

Gambar 1-2 Kondisi Pengelolaan Limbah Medis Region VI (2020)

Region VI, yang meliputi Provinsi Maluku, Provinsi Maluku Utara, Provinsi Papua Barat dan Provinsi Papua merupakan wilayah kepulauan dengan kepemilikan 111 Rumah Sakit Umum, 3 Rumah Sakit Khusus, dan 218 armada Puskesmas Keliling (Pusling) Perairan. Menurut Direktorat Kesling, Region VI merupakan wilayah yang termasuk dalam klaster

terendah ketercapaian pengelolaan limbah medis sesuai standar, sebagaimana ditandai dengan warna merah muda pada Gambar 1-2. Pada tahun 2020, PLM sesuai standar di wilayah ini secara agregat hanya mencapai 1,33% dan apabila ditinjau setiap provinsi, paling tinggi hanya mencapai 4,12% (Provinsi Maluku). Dari total 1.055 fasyankes yang terdaftar di Kemenkes, hanya 14 rumah sakit saja yang menjalankan pengolahan limbah medis sesuai aturan (Direktorat Kesehatan Lingkungan, 2019). Dan hingga saat ini, belum ada pihak penyedia jasa pihak ketiga yang mengajukan permohonan izin kepada KLHK untuk mendirikan usaha pengelolaan atau pengangkutan limbah medis di wilayah Region VI (Kemenkes, 2020).

Pengelolaan limbah medis eksisting di Region VI sebagian besar dilakukan secara mandiri dengan pencacahan sederhana untuk limbah medis benda tajam, kemudian dilanjutkan dengan pembakaran biasa bersamaan dengan limbah medis lainnya dan/atau penimbunan terbuka (*open dumping*).

Bahaya serius yang dapat diakibatkan oleh pembakaran adalah senyawa racun yang ditimbulkannya. Sebagai contoh, sangat umum terbentuk karbon monoksida (CO), yang dapat menyebabkan keracunan atau kematian karena dapat berikatan membentuk karboksi hemoglobin sehingga darah tidak dapat lagi mensuplai cukup oksigen ke jaringan tubuh. Pembakaran limbah medis yang terkontaminasi senyawa infeksius akan lebih membahayakan lagi (Malayadi, 2017). Sedangkan penimbunan terbuka (open dumping) menurut World Health Organization (WHO) dapat membahayakan manusia dan makhluk hidup lainnya melalui rantai makanan.

Karena belum memiliki fasilitas pengolah limbah medis yang berizin, upaya pengolahan limbah terbaik di Region VI dilakukan menggunakan insinerator yang lebih kecil jika dibandingkan dengan yang digunakan oleh rumah sakit besar di Pulau Jawa, yang belum mendapatkan izin baku mutu emisi dari KLHK. Insinerator lebih besar dan berizin yang terdekat dari Region VI terletak di Provinsi Sulawesi Tengah dan Sulawesi Selatan dengan total kapasitas 5,84 ton/hari. Selain itu, perusahaan pengelola limbah medis terdekat terletak di Provinsi Sulawesi Selatan dengan kapasitas pengolahan 2,4 ton/hari (Direktorat Kesehatan Lingkungan, 2019).

Menanggapi permasalahan di atas, maka perlu diadakan fasilitas pengelolaan limbah medis yang sesuai dengan standar KLHK dengan kapasitas yang sesuai dengan jumlah timbulan limbah di Region VI (wilayah Maluku dan Papua). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengadaan fasilitas pengolah limbah medis dan alat angkutnya dengan

memanfaatkan moda transportasi laut. Metode optimasi digunakan untuk menentukan pola operasi paling optimal dan ukuran utama kapal sebagai input dari pembuatan skenario alternatif solusi untuk memenuhi kebutuhan pengelolaan limbah medis di Region VI.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem pengelolaan limbah medis di Region VI saat ini?
2. Bagaimana mengidenfikasi jumlah limbah medis pada fasilitas pelayanan Kesehatan?
3. Bagaimana menentukan lokasi pangkal pengumpulan dan pengolahan limbah medis dengan memperhatikan lokasi fasilitas pelayanan kesahatan?
4. Bagaimana perencanaan angkutan laut untuk pengelolaan limbah medis di wilayah kepulauan yang optimum?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui sistem pengelolaan limbah medis di Region VI saat ini
2. Mengidenfikasi jumlah limbah medis pada fasilitas pelayanan Kesehatan
3. Menentukan lokasi pangkal pengumpulan dan pengolahan limbah medis dengan memperhatikan lokasi fasilitas pelayanan kesahatan
4. Membuat perencanaan angkutan laut untuk pengelolaan limbah medis di wilayah kepulauan yang optimum

1.4 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah untuk mengetahui bagaimana perencanaan pemanfaatan angkutan laut paling optimum untuk pengelolaan limbah medis di Region VI. Hasil dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia dan Pemerintah Daerah Provinsi di Region VI dalam mengelola limbah medis di wilayah Region VI.

1.5 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu meluas dan keluar dari topik utama, maka penulis memberikan beberapa batasan masalah yaitu:

1. Jenis limbah medis yang diteliti adalah golongan limbah medis padat B3 yang harus diolah menggunakan incinerator (limbah infeksius, petologis, benda tajam, mengandung logam, bahan farmasi, dan sitotoksik).
2. Fasilitas pengolah limbah medis di darat / *land medical waste treatment facility* adalah fasilitas yang dibangun di pinggir laut di pulau pangkalan.
3. Fasilitas pengolah limbah medis terapung / *floating medical waste treatment facility* berupa kapal berpenggerak (*movable vessel*) yang menjemput limbah medis dari dan ke tiap-tiap pulau pangkalan.
4. Fasilitas Pelayanan Kesehatan yang ditinjau adalah Fasyankes Rumah Sakit di 4 (empat) provinsi, yakni Provinsi Maluku, Maluku Utara, Papua , dan Papua Barat.

1.6 Hipotesis

Dugaan awal peneliti dari Tugas Akhir ini adalah pemanfaatan angkutan laut sebagai pengangkut sekaligus pengolah limbah medis terapung lebih optimum daripada pemanfaatan angkutan laut sebagai pengangkut limbah dan membangun fasilitas pengolahan di tiap-tiap pangkalan di darat.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Rumah Sakit

Limbah rumah sakit adalah semua limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit dalam bentuk padat, cair, dan gas. Limbah rumah sakit dapat dibagi menjadi 2 (dua) kelompok besar, yakni limbah medis dan limbah non-medis/sampah domestik (KLHK RI, 2014).

A. Limbah medis

Limbah Medis menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. KEPMEN 1204/MENKES/SK/X/2004 adalah limbah padat yang merupakan bahan berbahaya dan beracun (B3) luaran dari kegiatan rumah sakit yang terdiri dari limbah infeksius, limbah patologi, limbah benda tajam, limbah farmasi, limbah sitotoksis, limbah kimiawi, limbah radioaktif, limbah kontainer bertekanan, dan limbah dengan kandungan logam berat yang tinggi (Kemenkes RI, 2004). Sesuai Pedoman Kriteria Teknologi Pengolahan Limbah Medis Ramah Lingkungan (KLHK RI, 2014), limbah medis dikelompokkan berdasarkan potensi bahaya yang terkandung di dalamnya sebagai berikut:

1. Limbah benda tajam

   Limbah benda tajam adalah objek atau alat yang memiliki sudut tajam, sisi, ujung atau bagian menonjol yang dapat memotong atau menusuk kulit seperti jarum hipodermik, perlengkapan intravena, pipet pasteur, pecahan gelas, dan pisau bedah. Semua benda tajam ini memiliki potensi bahaya dan dapat menyebabkan cedera melalui sobekan atau tusukan. Benda-benda tajam yang terbuang mungkin terkontaminasi oleh darah, cairan tubuh, bahan mikrobiologi, bahan beracun atau radio aktif.

2. Limbah infeksius

   Limbah infeksius adalah limbah yang terkontaminasi mikroorganisme patologi yang tidak secara rutin ada di lingkungan dan organisme tersebut dalam jumlah dan virulensi yang cukup untuk menularkan penyakit pada manusia rentan. Berikut adalah cakupan limbah infeksius:

a. Limbah yang berkaitan dengan pasien yang memerlukan isolasi penyakit menular (perawatan intensif).
b. Limbah laboratorium yang berkaitan dengan pemeriksaan mikrobiologi dari poliklinik dan ruang perawatan/isolasi penyakit menular.

3. Limbah jaringan tubuh

Limbah jaringan tubuh meliputi organ, anggota badan, darah dan cairan tubuh, biasanya dihasilkan pada saat pembedahan atau otopsi.

4. Limbah sitotoksis

Limbah sitotoksis adalah limbah dari bahan yang terkontaminasi dari persiapan dan pemberian obat sitotoksis untuk kemoterapi kanker yang mempunyai kemampuan untuk membunuh atau menghambat pertumbuhan sel hidup. Limbah sitotoksik juga bisa berarti bahan yang terkontaminasi atau mungkin terkontaminasi dengan obat sitotoksik selama peracikan, pengangkutan atau tindakan terapi sitotoksik. Termasuk dalam kategori limbah sitotoksik adalah limbah genotoksik (genotoxic) yang merupakan limbah bersifat sangat berbahaya, mutagenik (menyebabkan mutasi genetik), teratogenik (menyebabkan kerusakan embrio atau fetus), dan / atau karsinogenik (menyebabkan kanker).

5. Limbah kimia

Limbah kimia adalah limbah yang dihasilkan dari penggunaan bahan kimia dalam tindakan medis, veterinari, laboratorium, proses sterilisasi, dan riset.

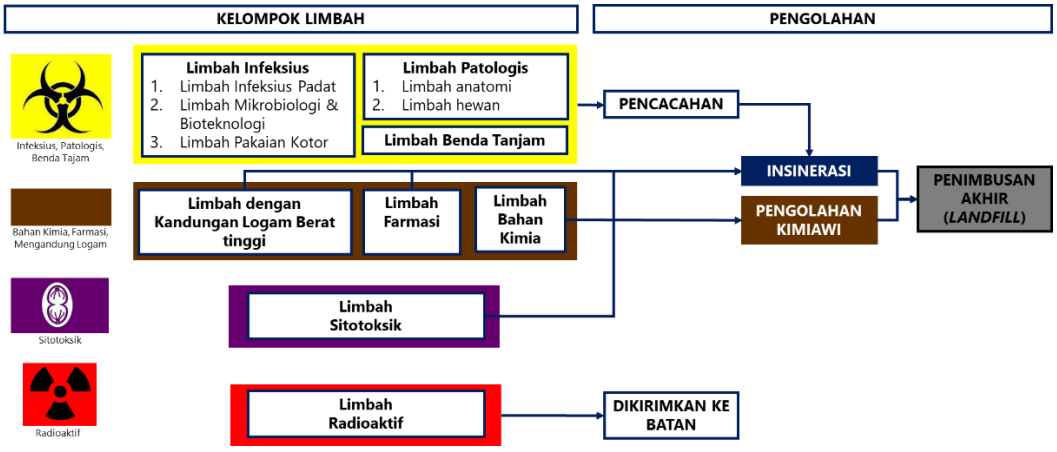
6. Limbah radioaktif

Limbah radioaktif adalah bahan yang terkontaminasi dengan radio isotop yang berasal dari penggunaan medis atau riset radio nukleida. Limbah ini dapat berasal dari antara lain tindakan kedokteran nuklir, radio-imunoassay dan bakteriologis; dapat berbentuk padat, cair atau gas.

B. Limbah non-medis (sampah domestik rumah sakit)

Sebagaimana sampah domestik rumah tangga, sampah domestik rumah sakit merupakan limbah padat sisa kegiatan non-medis rumah sakit yang berkategori non-B3. Bila sudah dipilah dengan baik dan/atau dimanfaatkan dengan prinsip 3R (Reduce, Reuse, Recycle), sisa yang tidak termanfaatkan bisa langsung dikirim ke TPA (tempat

pembuangan akhir) yang umumnya dikelola oleh pemerintah daerah (Pemda) atau pemerintah kota (Pemkot) setempat dengan teknologi sanitary landfill (KLHK RI, 2014).



Sumber: *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 56 Tahun 2015 (diolah kembali)*

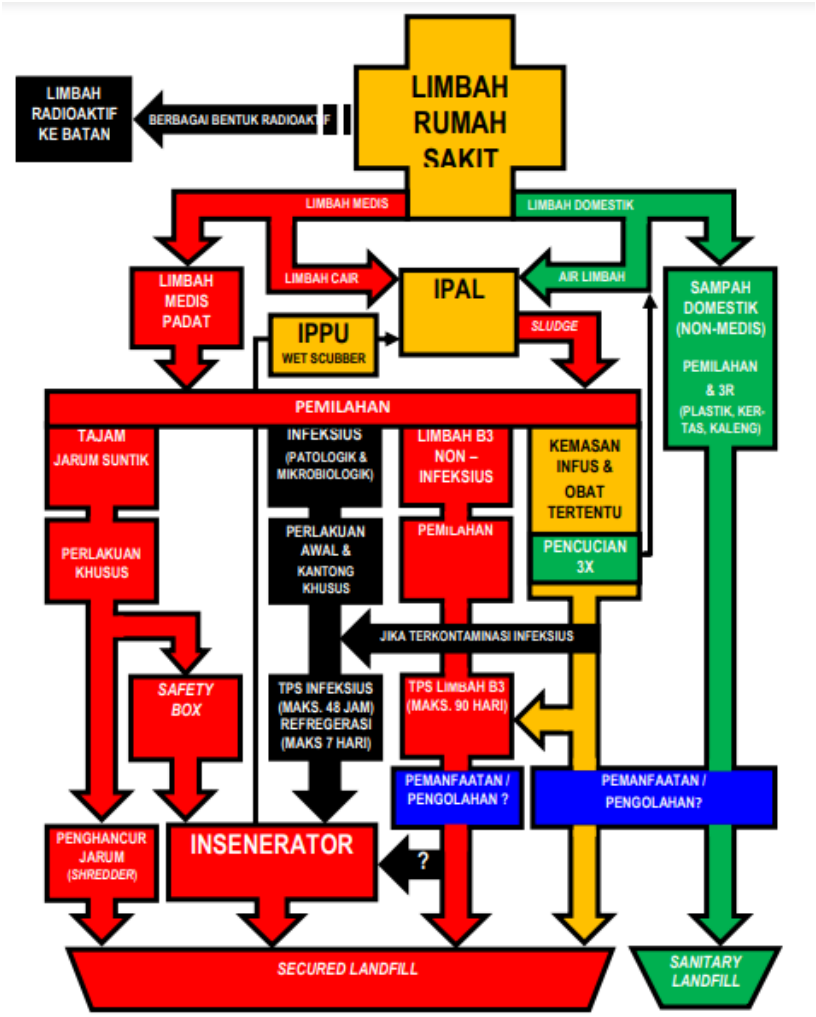
Gambar 2-1 Ilustrasi Pengelompokan Limbah Medis dan Cara Pengolahannya

2.2 Pengelolaan Limbah Rumah Sakit

Dalam Pedoman Kriteria Teknologi Pengolahan Limbah Medis Ramah Lingkungan (KLHK RI, 2014), limbah rumah sakit wajib diawasi secara ketat dan dikelola sesuai pedoman penanganan limbah B3, yakni harus melalui proses-proses sebagai berikut:

- Strategi pemilahan
- Perlakukan khusus, misalnya menggunakan autoclave, hydroclave, microwave atau disinfeksi secara kimia
- Penempatan khusus, misalnya safety box, wadah dan kantong plastik khusus limbah B3 tertentu dengan warna dan simbol limbah B3 tertentu
- Penyimpanan sementara di tempat pembuangan sampah (TPS)
- Pemanfaatan atau pengolahan jika layak secara kesehatan lingkungan
- Pembakaran menggunakan insinerasi dengan kriteria teknologi standar yang dioperasikan dengan baik dan benar
- Pengiriman ke penimbunan akhir secured landfill

Pendekatan teknis pengelolaan limbah medis dapat dilihat melalui diagram berikut.



Sumber: *Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI*. 2014

Gambar 2-2 Pengelolaan Limbah Medis dan Limbah Non-Medis di Rumah Sakit

Dari diagram alir di atas, diketahui bahwa pengelolaan limbah rumah sakit dimulai dengan upaya pencegahan munculnya limbah, pemilahan (sorting), dan 3R, yakni reduksi (reduce), penggunaan kembali (reuse), serta daur ulang (recycle). Namun pada kasus pengelolaan limbah rumah sakit, upaya tersebut harus diberi perhatian, khususnya limbah padat medis B3. Karena tidak semua limbah medis bisa didaur-ulang atau bisa digunakan kembali.

Di sisi lain, limbah rumah sakit non-infeksius dan sampah domestik, bila terkontaminasi limbah infeksius harus dikelola sebagaimana layaknya limbah medis infeksius. Upaya dini pencegahan kontaminasi limbah infeksius dilakukan melalui pemilahan limbah sejak awal. Bila sudah terkontaminasi limbah infeksius akibat tidak ada pemilahan awal dengan baik, maka limbah tersebut terpaksa harus ditangani dengan proses end of pipe treatment, dalam hal ini insinerasi, sama dengan pengelolaan limbah infeksius dan B3 lainnya.

2.3 Proses Insinerasi

Insinerasi adalah proses pembakaran material (dalam hal ini limbah medis organik) menjadi gas yang bisa dibakar lebih lanjut dan menyisahkan residu yang tidak terbakar dan/atau abu (*ash*) (KLHK RI, 2014). Tahapan proses setelah insinerasi menurut KLHK RI dalam Pedoman Pengelolaan Limbah B3 adalah gas hasil pembakaran akhir sesudah mengalami proses penyaringan melalui alat pengontrol polusi udara dan memenuhi baku mutu emisi udara, kemudian boleh dilepas ke atmosfer. Karena berpotensi menimbulkan bahaya bila tidak dikelola dengan baik, kegiatan insinerasi semua jenis limbah B3 disyaratkan harus memiliki izin.

Residu tidak terbakar dan/atau abu berkategori limbah B3 yang terbentuk tersebut kemudian dipisahkan dari insinerator, dikumpulkan, dikemas secara khusus (menggunakan wadah dan/atau kantong plastik khusus limbah B3) dan disimpan di TPS (harus memiliki izin penyimpanan) maksimal 90 hari kerja. Selanjutnya, bila tidak mampu mengolah atau memanfaatkan lebih lanjut, maka abu insinerasi yang berkategori limbah B3 wajib diserahkan ke pihak lain yang berizin seperti pengangkut, pengumpul, pengolah, pemanfaat atau penimbun akhir (*secured landfill*) (KLHK RI, 2014).

Insinerasi memberi keuntungan tambahan, yaitu dapat mereduksi massa dan volume limbah B3 hingga tersisa hanya sekitar 15%. Secara substantial, hal ini berarti dapat mengurangi biaya pengankutan dan ongkos pengelolaan limbah B3 lebih lanjut. Khusus untuk limbah B3 yang berasal dari rumah sakit, pemakaian insinerator bersuhu tinggi akan menghancurkan dan mengeliminasi bahaya infeksius dan patologi limbah medis.

Proses insinerasi dengan suhu lebih dari 800 °C juga mengeliminasi kandungan organik pada limbah (zat organik terbakar semua pada suhu lebih dari 550 °C), yang berarti mengurangi keberatan masyarakat pada proses penimbunan akhir limbah B3 (landfill) jika limbah masih memiliki kandungan organik tinggi. Proses pembakaran insinerasi bisa diilustrasikan dengan reaksi kimia sederhana sebagai berikut:

$$C + O2 \rightarrow CO2 + \text{Energi}$$

$$2H2 + O2 \rightarrow 2H2O + \text{Energi}$$

Proses pengumpanan dan pembakaran pada insinerator, bisa didesain secara batch, intermittent atau continue, bergantung kebutuhan. Pada saat ini, telah dikenal beberapa tipe

teknologi insinerasi yang umum dipakai untuk menangani limbah medis rumah sakit, antara lain seperti pada tabel berikut:

Tabel 2-1 Tipe-tipe insinerator yang saat ini digunakan di Indonesia

Tipe Insinerator	Suplai Udara	Pengumpanan Limbah	Pemisahan Abu
Multiple Chamber	Berlebih (*excess*>100%)	Manual atau mekanis	*Batch*, akhir proses
Batch	Sangat berlebih	1 *batch* per pembakaran	*Batch*, akhir proses
Intermittent Duty	Sangat berlebih	*Multiple batch* per tahun	*Batch*, akhir proses
Continuous Duty	Sangat berlebih	Mekanis kontinyu	*Intermitten or continue*
Rotary klin	*Stoichiometric excess*	*Semi or full continue*	*Continuous*

Sumber: *Pedoman Kriteria Teknologi Pengolahan Limbah Medis Ramah Lingkungan* (KLHK RI, 2014)

Adapun jenis – jenis insinerator yang dipakai di Indonesia adalah sebagai berikut:

Sumber: *Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI*. 2014

Gambar 2-3 Jenis-Jenis Insinerator yang dipakai di Indonesia

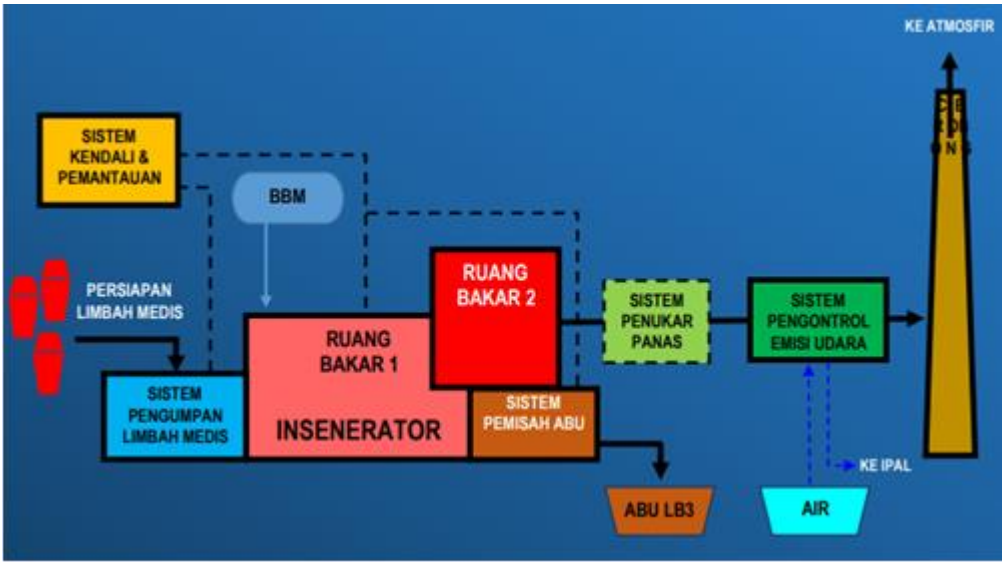
Kegiatan insinerasi limbah medis rumah sakit dapat dibagi menjadi beberapa tahapan proses berikut:

1. Persiapan limbah medis yang akan diinsinerasi
2. Pengumpanan atau pengisian limbah medis (waste feeding or charging system)
3. Pembakaran limbah medis (dilakukan di Ruang Bakar 1 dan 2)
4. Pengolahan gas hasil pembakaran akhir menggunakan IPPU (Instalasi Pengontrol Polusi Udara)
5. Penanganan dan pengelolaan abu insinerator yang juga berkategori limbah B3

Persyaratan teknis pengolahan limbah medis menggunakan insinerator adalah sebagai berikut:

1. Efisiensi pembakaran sekurang-kurangnya 99,95% (sembilan puluh Sembilan koma sembilan puluh lima perseratus)
2. Temperatur pada ruang bakar utama (primary chamber) sekurang-kurangnya 800°C (delapan ratus derajat celsius)
3. Temperatur pada ruang bakar kedua (secondary chamber) sekurang-kurangnya 1050°C (seribu lima puluh derajat celsius) dengan waktu tinggal sekurangkurangnya 2 (dua) detik
4. Ketinggian cerobong minimal:
    a. 20 m (dua puluh meter) atau 1,5 (satu setengah) kali bangunan tertinggi apabila terdapat bangunan yang memiliki ketinggian lebih dari 20 m (dua puluh meter) dalam radius 50 m (lima puluh meter) dari insinerator, untuk insinerator yang mengolah limbah B3 dari kegiatan sendiri
    b. 30 m (tiga puluh meter) atau 1,5 (satu setengah) kali bangunan tertinggi apabila terdapat bangunan yang memiliki ketinggian lebih dari 30 m (tiga puluh meter) dalam radius 50 m (lima puluh meter) dari insinerator, untuk insinerator yang mengolah limbah B3 sebagai jasa
5. Memiliki alat pengendali pencemaran udara berupa wet scrubber atau sejenis
6. Memenuhi baku mutu emisi.

Satu unit insinerator rumah sakit sesungguhnya beroperasi sebagai suatu sistem, dimana setiap tahapan proses insinerasi saling berkaitan. Sebagai contoh, prosedur pengumpanan atau pengisian limbah B3 yang berbeda yang dilakukan operator tertentu, bisa berpengaruh pada pembakaran limbah B3 pada ruang bakar, serta pada jumlah dan karakter abu yang dihasilkan. Secara garis besar, proses insinerasi dan sub-sistem yang menjadi komponen-komponen utamanya disajikan dalam diagram berikut:



Sumber: *Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI*. 2014

Gambar 2-4 Proses Insinerasi dan Komponen Sub-sistemnya

2.4 Identifikasi Jumlah Limbah Medis

Untuk dapat mengetahui kebutuhan pengelolaan limbah medis, perlu diketahui terlebih dahulu jumlah dari limbah medis itu sendiri. Beberapa studi untuk memprediksi jumlah limbah medis telah dilakukan.

Pada 2007, Bdour, dkk. di Ibrid, Yordania menggunakan metode multi linear regression (MLR) dalam risetnya dan mendapati bahwa jumlah limbah medis memiliki korelasi yang kuat dengan jumlah pasien (R^2 = 0,945). Kemudian juga korelasi yang juga kuat dengan jumlah kasur rumah sakit (R^2 = 0,905) dan tipe rumah sakit (R^2 = 0,318). Sehingga didapat persamaan sebagai berikut:

$$GW = -15{,}76 + 1{,}21\ (PAT) + 0{,}714\ (BED) + 10{,}74\ (TYPE)$$

Dimana:
GW = generate waste (jumlah limbah medis, kg/hari)
PAT = patients (jumlah pasien/hari)
BED = beds (jumlah kasur rumah sakit / hari)
TYPE = *dummy variable* (0 untuk rumah sakit swasta dan 1 untuk rumah sakit pemerintah)

(Bdour, et al., 2007)

Kemudian Idowu, dkk. di Lagos, Nigeria dengan metode yang sama, MLR, pada tahun 2013 juga mendapati bahwa jumlah limbah medis memiliki korelasi yang kuat dengan jumlah pasien (R^2 = 0,964). Kemudian juga korelasi dengan jumlah kasur rumah sakit (R^2 = 0,998). Sehingga didapat persamaan sebagai berikut:

$$GW = -21{,}71 + 0{,}06\ (PAT) + 0{,}372\ (BED)$$

Dimana:
GW = generate waste (jumlah limbah medis, kg/hari)
PAT = patients (jumlah pasien/hari)
BED = beds (jumlah kasur rumah sakit / hari)

(Idowu, et al., 2013)

Penelitian terbaru dengan menggunakan pendekatan matematis dari kedua literatur di atas pada tahun 2015 yang dilakukan oleh Esubalew dkk menunjukkan korelasi antara jumlah limbah medis dengan jumlah pasien rawat inap cukup kuat (R^2=0,965), begitu juga dengan jumlah pasien rawat jalan (R^2=0,424). Sehingga didapat persamaan berikut:

$$GW = 1{,}26\ (NIPT) + 0{,}135\ (NOPT)$$

Dimana:
GW = generate waste (jumlah limbah medis, kg/hari)
NIPT = number of inpatients (jumlah pasien rawat inap/hari)
NOPT = number of outpatients (jumlah pasien rawat jalan/hari)

(Tesfahun, et al., 2015)

2.5 Penggunaan Kapal sebagai Armada Pengangkut dan/atau Pengolah Limbah

Di Indonesia, penggunaan kapal sebagai angkutan limbah secara khusus dilakukan apabila terjadi kondisi khusus sehingga dibutuhkan, menggunakan armada kapal yang ada (utamanya general cargo dan petikemas). Sebagian besar prakteknya juga masih illegal dan tidak mengantongi izin pengangkutan Limbah B3 dari KLHK.

Sebagai contoh, penggunaan kapal untuk mengangkut limbah B3 pernah dilakukan pada tahun 2019 untuk mentransfer limbah terkontaminasi minyak atau crude oil contaminated soil (COCS) dari Duri, Riau ke Gresik, Jawa Timur melalui Pelabuhan Dumai (halloriau.com, 2019). Pada tahun yang sama, sebanyak 8 (delapan) petikemas limbah B3 diangkut bersamaan dengan muatan lainnya dalam 1 (satu) kapal petikemas dari Australia menuju Tanjung Perak, Surabaya (detiknews, 2019). Sehingga dapat disimpulkan bahwa sampai saat ini, belum terdapat sebuah kapal yang didesain khusus untuk penanganan limbah di Indonesia.

Akan tetapi, usulan desain kapal apung sebagai kapal pengolah limbah sudah pernah dilakukan pada 2019 oleh Febrian, dkk. Dalam riset berjudul Desain Kapal Apung untuk Pembangkit Listrik Berbasis Limbah, telah dibuat rancangan kapal yang sudah dilengkapi seperangkat alat pengubah limbah menjadi energi listrik. Menggunakan metode deskriptif analitik dan desain kebutuhan kapal terapung, didapat kalkulasi yang diestimasikan dari energi

listrik yang dapat dihasilkan dari 11.686,56 ton sampah/hari adalah 581.306 MW, yang mana dapat mencukupi 15,5% dari listrik di wilayah DKI Jakarta (Febrian, et al., 2019).

Sumber: *Febrian, et al*. 2014

Gambar 2-5 Desain Kapal Pembangkit Listrik Berbasis Limbah

Secara internasional, kapal dengan fungsi khusus sebagai waste carriers atau waste treatment vessels lebih banyak digunakan sebagai pengangkut limbah berbahaya dari pembangkit listrik. Sebagai contoh, Swedia memiliki nuclear waste carriers, M/S Sigyn dan M/S Sigrid. M/S Sigyn memiliki panjang lebih dari 90 meter dan lebar 19 meter dengan kapasitas 2.050 DWT. Sedangkan M/S Sigrid memiliki panjang 99,5 meter daengan sarat 19 meter dan kapasitas 1.600 DWT. Kedua kapal tersebut membawa limbah nuklir dari pembangkit nuklir milik Swedia ke provinsi Oskarshamn, tempat pengelolaan limbah nuklir di Swedia (Svensk Kärnbränslehantering, 2016).

Sumber: *Svensk Kärnbränslehantering*. 2014

Gambar 2-6 Kapal Pengangkut Limbah Nuklir M/S Sigrid

2.6 *Facility Location Problem*

Penentuan fasilitas yang tetap dalam seluruh jaringan logistik merupakan suatu persoalan keputusan penting dalam memberikan format, struktur, dan bentuk sistem logistik secara keseluruhan. Perancangan, definisi-definisi alternatif, dan ongkos-ongkos yang dipertimbangkan, semuanya dapat dipergunakan untuk mengoperasikan sistem logistik. Pengertian fasilitas disini merupakan sejumlah tempat (*point)* dalam jaringan seperti pabrik-pabrik *(plants*), pelabuhan-pelabuhan *(ports*), penjual-penjual *(vendors*), gudang-gudang *(warehouse*), tempat-tempat penjualan *(retails*), dan pusat-pusat pelayanan (*service points*). Tempat-tempat dalam logistik merupakan tempat pemberhentian sementara barang-barang yang dikirim menuju pengguna (Pujawan, 2017).

Penentuan atau pemilihan lokasi memiliki beberapa metode untuk mendapatkan biaya logistik yang kecil maupun memaksimalkan keuntungan. Secara umum terdapat 4 metode dalam menentukan pemilihan lokasi fasilitas. Keempat metode tersebut adalah sebagai berikut (Heizer et al., 2017):

1. *The Factor Rating Method*

Terdapat banyak faktor, kualitatif maupun kuantitatif, yang harus dipertimbangkan dalam memilih suatu lokasi. Beberapa dari faktor-faktor ini lebih penting dari yang lain, sehingga dapat digunakan bobot untuk membuat proses pengambilan keputusan menjadi lebih objektif. Metode Factor-Rating sering digunakan karena mencakup variasi faktor yang sangat luas, mulai dari pendidikan, rekreasi sampai keahlian tenaga kerja. Metode Factor-Rating mempunyai enam tahap:

a. Mengembangkan daftar faktor-faktor terkait
b. Menetapkan bobot pada setiap faktor untuk mencerminkan seberapa jauh faktor itu penting bagi pencapaian tujuan perusahaan.
c. Mengembangkan suatu skala untuk setiap faktor (misalnya, 1 sampai 10 atau 1 sampai 100 point).
d. Meminta manajer menentukan skor setiap lokasi untuk setiap faktor, dengan menggunakan skala yang telah dikembangkan pada tahap 3.
e. Mengalikan skor itu dengan bobot dari setiap faktor, dan menentukan jumlah total untuk setiap lokasi.
f. Membuat rekomendasi yang didasarkan pada skor laba maksimal, dengan juga mempertimbangkan hasil dari pendekatan kuantitatif.

2. *Center of Gravity Method*

Metode pusat gravitasi merupakan teknik matematis yang digunakan untuk menentukan lokasi pusat distribusi yang akan meminimalkan biaya distribusi. Metode ini memperhitungkan jarak lokasi pasar, jumlah barang yang akan dikirim ke pasar tersebut, dan biaya pengiriman guna menemukan lokasi terbaik untuk sebuah pusat distribusi. Langkah-langkah dalam metode gravitasi adalah sebagai berikut (Firmansyah et al., 2020):

a. Menempatkan lokasi pada suatu sistem koordinat.
b. Menentukan permintaan setiap konsumen.
c. Menghitung koordinat X dan koordinat Y dari titik lokasi yang optimum.

Metode ini mengasumsikan biaya secara langsung berimbang pada jarak dan jumlah yang dikirim. Lokasi yang ideal adalah lokasi yang meminimalkan jarak berbobot antara gudang dan toko ecerannya, dimana pembobotan jarak dilakukan sesuai dengan jumlah permintaan yang dikirim. Keunggulan metode Center Of Gravity adalah lebih mudah menentukan lokasi dikarenakan perhitungan berdasarkan letak koordinat sehingga mempunyai akurasi dan presisi yang lebih baik. Rumus perhitungan metode center of gravity adalah sebagai berikut:

$$\boldsymbol{C_x} = \frac{\sum Di_x W_i}{\sum W_i}$$

$$\boldsymbol{C_y} = \frac{\sum Di_y W_i}{\sum W_i}$$

Dengan:
C_x = Koordinat X yang akan menjadi lokasi pangkal pengolahan
C_y = Koordinat Y yang akan menjadi lokasi pangkal pengolahan
Di_x = Koordinat X pada lokasi *(i)*
Di_y = Koordinat Y pada lokasi *(i)*
W_i = Jumlah limbah medis pada lokasi *(i)*

3. *Locational Cost–Volume Analysis*

Merupakan penggunaan analisis biaya-volume produksi untuk analisis titik guna membuat suatu perbandingan ekonomis terhadap alternatif-alternatif lokasi. Dengan mengidentifikasi biaya variabel dan biaya tetap serta membuat grafik kedua biaya ini untuk setiap lokasi, kita dapat menentukan alternatif mana yang biayanya paling rendah.

Analisis titik-impas lokasi dapat dilakukan secara matematik atau secara grafik. Pendekatan grafiknya mempunyai keuntungan dengan memberikan kisaran jumlah setiap lokasi dapat dipilih. Tiga tahap dalam analisis titik-impas adalah:

a. Tentukan biaya tetap dan biaya variabel untuk setiap lokasi.
b. Plot biaya untuk setiap lokasi, dengan biaya pada garis vertikal dan volume produksi tahunan pada garis horisontal di grafik itu.
c. Pilih lokasi yang biaya totalnya paling rendah, untuk setiap volume produksi yang diinginkan.

2.7 Teori Optimasi

Optimasi berasal dari kata optimalisasi. Namun, seiring perkembangan zaman, kata optimasi lebih sering digunakan daripada optimalisasi. Dalam permasalahan optimasi biasanya terdiri dari dua tujuan, yaitu memaksimalkan dan meminimumkan. Dengan adanya optimasi, desain sistem akan menghasilkan profit yang lebih banyak, biaya yang lebih murah, dan mempercepat proses. Optimasi ini dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan di berbagai bidang dengan aplikasi pengambilan keputusan.

Saat ini, permasalahan optimasi memerlukan dukungan software dalam penyelesaiannya sehingga menghasilkan solusi yang optimal dengan waktu perhitungan yang lebih cepat. Untuk menyelesaikan suatu permasalahan biasanya dilakukan dengan mengubah masalah tersebut ke dalam model matematis terlebih dahulu untuk memudahkan penyelesaiannya. Keberhasilan penerapan teknik optimasi, paling tidak memerlukan tiga syarat, yaitu kemampuan membuat model, matematika dari permasalahan yang dihadapi, pengetahuan teknik optimasi, dan pengetahuan akan program komputer.

Optimasi terbagi menjadi dua bagian, yaitu optimasi yang tak terbatas yang hanya dikalikan dengan fungsi objektif yang tak terbatas dan tidak memiliki pembatas, dan optimasi terbatas yang memiliki fungsi objektif yang terbatas atau persyaratan tertentu yang membuat masalah lebih rumit dan memerlukan algoritma yang berbeda untuk diselesaikan. Terdapat banyak teknik optimasi yang telah dikembangkan sampai saat ini, diantaranya adalah linear programming, goal programming, integer programming, nonlinear programming, dan dynamic programming. Penggunaan teknik optimasi tersebut tergantung dari permasalahan yang akan diselesaikan. Pada penelitian ini menggunakan teknik optimasi *linear programming* dan *persoalan combinatorial* yang juga merupakan teknik optimasi *linear programming* dan *non-linear programing.*

A. *Linnear Programming*

Linear Programming adalah suatu teknis matematika yang dirancang untuk membantu manajer dalam merencanakan dan membuat keputusan dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai tujuan perusahaan. Tujuan perusahaan pada umumnya adalah memaksimalisasi keuntungan, namun karena terbatasnya sumber daya, maka dapat juga perusahaan meminimalkan biaya. Linear Programming memiliki empat ciri khusus, yaitu:

- Penyelesaian masalah mengarah pada pencapaian tujuan memaksimalkan atau meminimalkan.
- Kendala yang ada membatasi tingkat pencapaian tujuan.
- Ada beberapa alternatif penyelesaian.
- Hubungan matematis bersifat linear.

Dalam melakukan suatu proses optimasi, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan antara lan; variabel parameter, konstanta, batasan, dan fungsi objektif. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut:

- Variabel merupakan nilai-nilai yang akan dicari dalam proses optimasi.
- Parameter adalah harga yang tidak berubah besarnya selama satu kali proses optimasi karena adanya syarat-syarat tertentu. Data tersebut dapat diubah setelah satu kali proses untuk menyelidiki kemungkinan terdapatnya hasil yang lebih baik.
- Batasan adalah nilai-nilai batas yang telah ditentukan baik oleh perencana, pemesan, peraturan, atau syarat-syarat yang lain.
- Fungsi objektif merupakan hubungan dari keseluruhan atau beberapa variabel serta parameter yang harganya akan dioptimalkan. Fungsi tersebut dapat berbentuk linear, non linear, atau gabungan dari keduanya dengan fungsi yang lain.
- Secara umum, fungsi atau persamaan dari suatu optimasi dapat dituliskan seperti berikut:

$$Max/Min\ (Z) = X + Y \rightarrow \text{Fungsi Objektif}$$

Subject to:

$$\left.\begin{array}{l} x1 + x2 \leq a \\ x2 \leq b \end{array}\right\} \text{Batasan}$$

Dalam menyelesaikan permasalahan dengan menggunakan Linear Programming, ada dua pendekatan yang bisa digunakan, yaitu metode grafik dan metode simpleks.

Metode grafik hanya bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dimana variabel keputusan sama dengan dua. Sedangkan metode simpleks bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dimana variabel keputusan dua atau lebih.

2.8 Biaya Transportasi Laut

Teori biaya transportasi laut digunakan untuk menghitung besarnya biaya-biaya yang timbul akibat pengoperasian kapal desalinasi air laut. Pengoperasian kapal serta bangunan apung laut lainnya membutuhkan biaya yang biasa disebut dengan biaya berlayar kapal *(shipping cost)* (Stopford, 1997). Secara umum biaya tersebut meliputi biaya modal, biaya operasional, biaya pelayaran dan biaya bongkar muat. Biaya-biaya ini perlu diklasifikasikan dan dihitung agar dapat memperkirakan tingkat kebutuhan pembiayaan kapal desalinasi air laut untuk kurun waktu tertentu (umur ekonomis kapal tersebut).

Terdapat empat kategori biaya dalam pengoperasian kapal yang harus direncanakan seminimal mungkin (Wijnolst & Wergeland, 1997), yaitu:

1. Biaya modal (*Capital Cost)*
2. Biaya operasional (*Operating Cost)*
3. Biaya pelayaran (*Voyage Cost)*
4. Biaya bongkar muat (*Cargo Handling Cost)*

Sehingga, biaya total dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$TC = CC + OC + VC + CHC$$

Dalam beberapa kasus perencanaan transportasi menggunakan kapal sewa (charter ship), biaya modal (*Capital Cost)* dan biaya operasional *(Operating Cost)* diwakili oleh biaya sewa *(Charter Hire).* Sehingga, persamaan total biaya menjadi:

$$TC = TCH + VC + CHC$$

Berikut adalah penjelasan untuk masing-masing komponen biaya kapal:

1. Biaya Modal (*Capital Cost)*

Capital Cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan kapal (belum memperhitungkan laba, inflasi selama masa pembangunan, dll.) Capital Cost biasanya ditanggung oleh galangan kapal yang dipercaya oleh owner untuk memproduksi kapal pesanannya.

2. Biaya Operasional (*Operating Cost*)

Operational cost adalah biaya-biaya tetap yang dikeluarkan untuk aspek-aspek operasional sehari-hari kapal untuk membuat kapal selalu dalam keadaan siap berlayar. Biaya operasional terdiri biaya ABK, perawatan dan perbaikan, perbekalan, bahan makanan, minyak pelumas, asuransi dan administrasi.

3. Biaya Pelayaran (*Voyage Cost*)

Biaya pelayaran adalah biaya-biaya variabel yang dikeluarkan kapal untuk kebutuhan selama pelayaran. Komponen-komponen biaya pelayaran adalah bahan bakar untuk mesin induk dan mesin bantu, ongkos-ongkos pelabuhan, pemanduan dan tunda.

4. Biaya Bongkar Muat (*Cargo Handling Cost*)

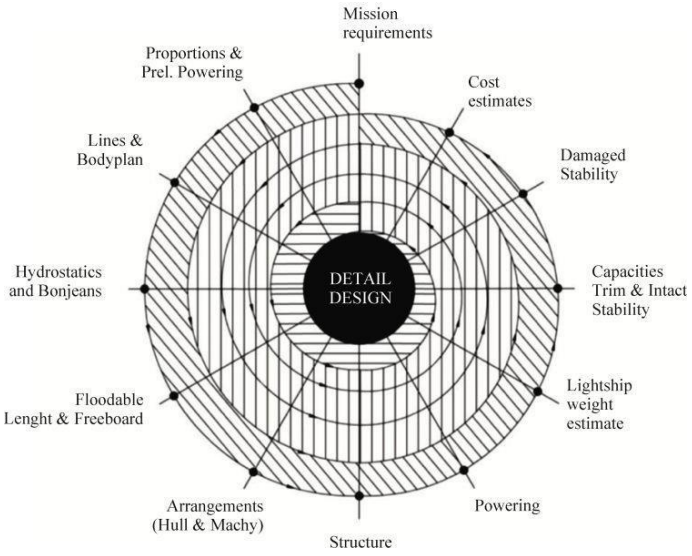
Tujuan dari kapal niaga adalah memindahkan muatan dari pelabuhan yang berbeda. Untuk mewujudkan hal tersebut, muatan harus dipindahkan dari kapal ke dermaga ataupun sebaliknya, atau dari kapal ke kapal atau tongkang. Biaya yang harus dikeluarkan untuk memindahkan itulah yang dikategorikan sebagai biaya bongkar muat. Biaya bongkar muat ditentukan oleh beberapa faktor, seperti jenis komoditi (minyak, bahan kimia, semen, gandum, hasil hutan, peti kemas), jumlah muatan, jenis kapal, dan karakteristik dari terminal dan pelabuhan. Proses bongkar muat kapal di terminal dilakukan oleh perusahaan bongkar muat atau oleh penerima atau pengirim muatan. Adapun kegiatan yang dilakukan dalam kegiatan bongkar muat pada umumnya berupa *stevedoring, cargodoring, receiving/delivery.*

2.9 Perancangan Kapal

Konsep desain atau perancangan kapal tidak terlepas dari konsep *spiral design,* dimana proses tersebut dilakukan secara berulang – ulang sampai memenuhi segala aspek yang tercantum dalam *spiral design.* Konsep *spiral design* terdiri dari empat fase, yaitu:

1. *Concept Design*
2. *Preliminary Design*
3. *Cotract Design*
4. *Detail Design*

Model ini menekankan bahwa banyak masalah desain yang saling berinteraksi dan harus dipertimbangkan dalam urutan, dan dalam peningkatan detail masing – masing yang kemudian membentuk spiral sampai diperoleh desain tunggal yang memenuhi semua kendala. Berikut ini merupakan gambaran spiral design dari Evans:



Gambar 2-7 *Ship Spiral Design*

1. Concept Design

Fase ini merupakan tahap awal dari pembuatan desain sebuah kapal. Pada fase ini dapat diartikan sebagai permintaan pemilik kapal (owner reqruitment) yang berupa type kapal, ukuran utama kapal, kecepatan kapal, tonnase kapal, jarak pelayaran atau daerah pelayaran, dan jenis muatan yang akan diangkut oleh kapal. Perhitungan yang dilakukan pada fase ini masih bersifat umum dimana hanya berfokus pada batasan – batasan yang harus diperhatikan, salah satu contohnya seperti keselamatan kapal.

2. Preliminary Design

Pada fase ini dilakukan pengembanagan dari fase concept design dengan menetapkan alternatif kombinasi yang lebih jelas, sehingga pda akhirnya didapatkan gambaran kapal beserta kecepatan dinasnya, begitu pula dengan daya motor induk yang dibutuhkan dan peralatan permesinan.

3. Contract Design

Biaya pelayaran adalah biaya-biaya variabel yang dikeluarkan kapal untuk kebutuhan selama pelayaran. Komponen-komponen biaya pelayaran adalah bahan bakar untuk mesin induk dan mesin bantu, ongkos-ongkos pelabuhan, pemanduan dan tunda. Fase ini pada prinsipnya adalah fase dimana dokumen kontrak pembuatan kapal dibuat. Tujuan dari fase ini adalah untuk mengembangkan perancangan kapal dalam bentuk yang lebih rinci dan mendetail atau biasa disebut dengan General Arrangement, serta didalamnya telah terdapat estimasi biaya pembangunan kapal secara akurat.

4. *Detail Design*

Fase detail desain merupakan tahap terakhir pada spiral design, dimana pada fase ini gambar rencana kerja dan kebutuhan bagian kapal seperti tipe permesinan, ukuran plat dan hal – hal lainnya telah dibuat dan dikonfimasi dengan baik.

2.9.1 Ukuran Utama Kapal

Langkah utama yang diperlukan dalam merencanakan suatu kapal adalah dengan mencari terlebih dahulu ukuran-ukuran utama kapal yang dibutuhkan. Adapun ukuran-ukuran utama yang perlu diperhatikan adalah:

4. LPP (Length Between Perpendicular)
5. Jarak horizontal yang diukur antara dua garis tegak, yaitu garis tegak buritan (*After Perpendicular* (AP)) dan garis tegak haluan (*Fore Perpendicular* (FP)).
6. LOA (*Length Of Overall*)
7. Jarak horizontal yang diukur dari titik terluar depan sampai titik terluar belakang kapal.
8. B (*Breadth Moulded*)
9. Lebar terbesar kapal diukur pada bidang tengah kapal (*midship)* di antara dua sisi dalam kulit kapal untuk kapal-kapal baja atau kapal yang terbuat dari logam. Untuk kulit kapal yang terbuat dari kayu atau bahan bukan logam, jarak diukur antara dua sisi terluar kulit kapal.
10. H (*Height*)
11. Jarak vertikal yang diukur pada bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai sisi atas balok geladak di sisi kapal.
12. T (*Draught*)
13. Jarak vertikal yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.
14. DWT (*Deadweight*)
15. Berat dalam ton (1000 kilogram) dari muatan, perbekalan, bahan bakar, air tawar, penumpang dan awak kapal yang diangkut oleh kapal pada waktu dimuati sampai garis muat musim panas maksimum.
16. Vs (*Service Speed*)
17. Kecepatan dinas atau kecepatan rata-rata yang dicapai dalam serangkaian dinas pelayaran yang telah dilakukan suatu kapal. Kecepatan ini juga dapat diukur pada saat badan kapal di bawah permukaan air dalam keadaan bersih, dimuati sampai sarat penuh, motor penggerak bekerja pada keadaan daya rata-rata dan cuaca normal.

2.9.2 Koefisien Kapal

Perhitungan koefisien utama kapal bisa dilakukan dengan menggunakan harga dari angka Froude yang telah didapatkan berdasarkan ukuran utama yang telah disusun sebelumnya. Adapun koefisien utama kapal yang dimaksud antara lain Cb, Cm, Cwp, LCB, Cp, Volume Displacement (∇) dan Displacement (Δ).

1. Koefisien Blok (Cb)

Koefisien blok merupakan perbandingan antara volume displacement dengan isi suatu balok dengan panjang = Lwl, lebar = B dan tinggi = T. Dari harga Cb dapat dilihat apakah badan kapal mempunyai bentuk yang gemuk atau ramping. Pada umumnya kapal cepat mempunyai harga Cb yang kecil dan sebaliknya kapal-kapal lambat mempunyai harga Cb yang besar. Harga Cb terletak antara 0,20 ~ 0,84 Lwl.

$Cb = -4.22 + 27.8\sqrt{Fn} - 39.1Fn + 46.6 + Fn^3$ untuk $0.15 \leq Fn \leq 0.32$

2. Koefisien *Midship* (Cm)

Cm adalah perbandingan antara luas penampang gading besar yang terendam air dengan luas suatu penampang yang lebarnya = B dan tingginya= T. Penampang gading besar (midship) yang besar terutama dijumpai pada kapal sungai dan kapal-kapal barang sesuai dengan keperluan ruangan muatan yang besar. Sedang bentuk penampang gading besar yang tajam pada umumnya didapatkan pada kapal tunda sedangkan yang terakhir didapatkan pada kapal-kapal pedalaman. Harga Cm terletak antara 0,50 ~ 0,995 dimana harga yang pertama di dapatkan pada kapal tunda sedangkan yang terakhir di dapatkan pada kapal-kapal pedalaman. Bentuk penampang melintang yang sama pada bagian tengah dari panjang kapal dinamakan dengan *Parallel Middle Body*.

$$Cm = 1.006 - 0.0056\ Cb^{-3.56}$$

3. Koefisien *Waterplane* (Cwp)

Cwp adalah perbandingan antara luas bidang garis air muat (Awl) dengan luas sebuah empat persegi panjang dengan lebar B.

$$Cwp = \frac{Cb}{0.471 + 0.551Cb}$$

4. *Longitudinal Center of Bouyancy* (LCB)

B merupakan titik tekan atau titik berat ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh badan kapal yang terbenam dalam air. LCB merupakan letak titik B secara memanjang.

$$LCB = -13.5 + 19.4\,Cp$$

5. Koefisien Prismatik (Cp)

Koefisien prismatik adalah perbandingan antara isi carena/volume yang ada dibawah air dengan luas penampang (AM) dan panjang garis air (LWL). Harga CP ini pada umumnya menunjukkan kelangsingan bentuk kapal. Pada umumnya kapal mempunyai harga Cp yang terletak antara 0,50 dan 0,92. (Sokaroni, 2013).

$$Cp = \frac{Cb}{Cm}$$

6. Volume Displasmen

Volume zat cair yang dipindahkan oleh badan kapal yang berada dibawah permukaan cairan dimana kapal berada.

$$\nabla = L.B.T \cdot Cb$$

7. Displasmen

Berat air yang dipindahkan oleh volume badan kapal yang tercelup dalm air. Displacement kapal dapt diperoleh dari prinsip hukum Archimedes dengan mengalikan volume badan kapal yang tercelup air dengan massa jenis air.

$$\Delta = \nabla * 1.025$$

2.9.3 Perhitungan Hambatan

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Untuk menghitung hambatan kapal, digunakan metode . Didalam metode ini, Holtrop membagi hambatan total menjadi beberapa komponen hambatan. Komponen tersebut yaitu *viscous resistance* (hambatan kekentalan), *appendages resistance* (hambatan karena bentuk kapal), dan *wave making resistance* (hambatan gelombang karena gerak kapal). Dalam melakukan perhitungan hambatan utama kapal, ada ukuran utama yang terlebih dahulu harus diubah, yaitu *Lpp* menjadi *Lwl* dengan rumus *Lwl* = 104% .*Lpp* .Adapun untuk rumus hambatan total hambatan adalah sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2}\rho V^2 \cdot S_{tot}\left[C_F\left(1+k\right)+C_A\right]+\frac{R_W}{W}W$$

Untuk menghitung hambatan keketalan dibutuhkan komponen-komponen untuk mendapatkannya. Seperti bilangan *Rn* (*Reynold number*) untuk mendapatkan koefisien gesek yang menggunakan rumus ITTC 1957 dan *form factor of bare hull* (1 + k_1). Adapun rumus *viscous resistance* $\left(R_V\right)$ yang diambil dari buku ”*Principle of Naval Architecture Vol.II, hal. 90*” diberikan sebagai berikut:

$$R_V = \frac{1}{2}\rho V^2 \cdot C_{FO}(1+k_1)S$$

Dimana:

P =mass density salt water (1025 kg/m3)

V = service speed [ms-1]

CFO = friction coefficient

$$= \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

Rn = Reynold Number

$$= \frac{V \times Lwl}{\upsilon}$$

υ = kinematic viscosity

= 1.18831 x 10-6 m/s2

2.9.4 Perhitungan Berat Kapal

Berat benaman atau disebut juga sebagai displacement tonnage adalah bobot yang sesungguhnya dari keseluruhan kapal, merupakan jumlah dari DWT dan LWT. (Admiralty and Maritime Law Guide, 1969)

1. Perhitungan *Deadweight* (DWT)

DWT terdiri dari *payload* atau muatan bersih, *consumable* dan *crew*. *Payload* berharga 90% dari DWT, *consumable* terdiri dari bahan bakar (*fuel oils*), minyak lumas (*lubrication oils*), minyak diesel (*diesel oils*), air tawar (*fresh water*) dan perbekalan (*provision and store*). Setelah berat diketahui maka dilakukan perhitungan titik berat DWT untuk mencari KG.

2. Perhitungan Jumlah dan Berat Crew Kapal

Dalam merancang suatu kapal yang optimum (*cost* ringan dan produktivitas tinggi), maka *crew* atau Anak Buah Kapal (ABK) merupakan salah satu komponen yang penting untuk dilibatkan dalam perhitungan. Dengan demikian diharapkan nantinya akan didapatkan jumlah ABK yang dibutuhkan dengan tetap memperhatikan efisiensi kerja, sehingga biaya operasional kapal dapat ditekan serendah mungkin dengan efektifitas kerja yang tinggi, dan faktor-faktor lain sebagai pertimbangan dalam pembagian tugas masing-masing *crew*. Selain itu nantinya dalam Rencana Umum, ruangan dipisahkan antar layer menurut ratingnya masing-masing. Pembagian *crew* tiap layer tersebut juga digunakan untuk memperkirakan titik berat kapal akibat beban *crew*.

Untuk rumus pendekatan dalam menghitung jumlah ABK (Z_C)yang dibutuhkan, jumlah ABK yang direncanakan harus kurang dari atau sama dengan hasil dari persamaan berikut:

$$C_{st}\left[C_{dk}\left(\frac{CN}{1000}\right)^{\frac{1}{6}} + C_{eng}\left(\frac{BHP}{1000}\right)^{\frac{1}{3}} + CADETS\right]$$

Dimana:
C_{st} = koefisien *steward deck* = 1.2 ~ 1.33
C_{dk} = koefisien *deck department* = 11.5 ~ 14.5
C_{eng} = koefisien *engine departement* = 8.5 ~11.0 (untuk mesin diesel)
BHP = tenaga mesin [HP]
Cadets = perwira tambahan atau tamu

$$CN = \frac{LBH}{1000}$$

3. Perhitungan Berat Bahan Bakar Mesin Induk

Menurut (Parsons, 2003) kebutuhan bahan bakar dipengarui oleh konsumsi rata-rata bahan bakar dari mesin utama, misalnya *diesel engines* memberikan harga SFR (*specific fuel rate*) sebesar 0.000190 [ton/kW.hr] dan untuk gensets yang menggunakan *gas turbine* memmberikan SFR sebesar 0.000215 [ton/kW.hr]. Selain itu kebutuhan bahan bakar dipengaruhi oleh MCR atau P_B dan lama berlayar. Adapun langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$W_{FO} = SFR \cdot MCR \cdot \frac{range}{V_s} \cdot margin \quad [\text{ton}]$$

Dimana:
SFR = *Specific Fuel Rate*
= 0.000190 [ton/kW hr] untuk *diesel engine*
MCR = P_B atau *BHP* [kW]
Range = jarak pelayaran [mil laut]
Margin = 1.3 ~1.5

$$V_{FO} = \frac{W_{FO}}{\rho_{FO}} + \text{koreksi} \quad [\text{m}^3]$$

Dimana:
V_{FO} = volume *fuel oil*
ρ_{FO} = berat jenis *fuel oil* (0.95 ton/m^3)

4. Perhitungan Berat Bahan Bakar Mesin Bantu

Untuk kebutuhan bahan bakar mesin bantu, maka dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$W_{DO} = C_{DO} . W_{DO} [\text{ton}]$$

Dimana:
C_{DO} = 0.1 ~ 0.2

$$V_{DO} = \frac{W_{DO}}{\rho_{DO}} + \text{koreksi} \quad [\text{m}^3]$$

Dimana:
V_{DO} = volume diesel oil
ρ_{DO} = 0.85 ton/m^3

5. Perhitungan Kebutuhan Minyak Pelumas

Untuk kebutuhan minyak pelumas, dapat diperhitungkan sebagai berikut :

$$W_{LO} = BHP_{ME} \cdot b_{LO} \cdot \frac{S}{V_S} \cdot margin \qquad \text{[ton]}$$

$$b_{LO} = 1.2 \sim 1.6 \ \text{[gr/kW hr]}$$

$$V_{LO} = \frac{W_{LO}}{\rho_{LO}} + \text{koreksi [m}^3\text{]}$$

Dimana:
V_{LO} = volume *lubrication oil*
ρ_{LO} = berat jenis *lubrication oil* =0.9 ton/m^3

6. Perhitungan Kebutuhan Air Tawar

Untuk perhitungan kebutuhan air tawar dalam kapal, maka dapat dilakukan sebagai berikut:

$$C_{st}\left[C_{dk}\left(\frac{CN}{1000}\right)^{\frac{1}{6}} + C_{eng}\left(\frac{BHP}{1000}\right)^{\frac{1}{3}} + CADETS\right]$$

$$w_{FW} = 0.17 \text{ ton/person . day [ton]}$$

$$V_{FW} = \frac{W_{FW}}{\rho_{FW}} + \text{koreksi} \qquad \text{[m}^3\text{]}$$

Dimana:

V_{FW} = volume total air tawar

ρ_{FW} = berat jenis air tawar = 1 ton/m^3

7. Perhitungan Berat Permesinan

P_B	= *power of break*	[kW]
P_D	= *power of delivery*	[kW]
n	= *putaran mesin induk*	[rpm]
D	= diameter *propeller*	[m]

- *Shafting*, untuk material dengan *tensile strength* 700 N/mm^2

$$\left(\frac{M}{l}\right) = 0.081\left(\frac{P_D}{n}\right)^{2/3} \qquad \text{[ton/m]}$$

l = panjang poros *propeller* [m]

= 5 + 2 = 7 m

M = berat poros *propeller* [ton]

$$= \left(\frac{M}{l}\right) . \, l$$

- *Propeller*, rumus berikut untuk *normal manganese bronze propeller*

W_{prop} $= D^3 . K$ [ton]

$$K \approx \left(\frac{d_s}{D}\right) \cdot \left(1.85 \frac{A_E}{A_o} - \frac{(z-2)}{100}\right)$$ [ton/m^3]

d_s = diameter poros *propeller*

$$= 11.5 \left(\frac{P_D}{n}\right)^{1/3}$$ [cm]

- *Electrical Unit*

Dalam perhitungan berat, *electrical unit* terdiri dari generator dan *drive engine*.

W_{agg} = 0.001 P (15 + 0.014 P) [ton]

P = daya gensets [kW]

2.9.5 Perhitungan Daya Mesin

Perhitungan daya mesin dibutuhkan untuk menentukan tipe mesin yang akan digunakan oleh kapal berdasarkan daya yang bisa dikeluarkan oleh mesin tersebut sehingga kapal bisa melaju dengan daya yang lebih besar dibandingkan hambatan kapal tersebut.

Untuk dapat memilih mesin induk yang dibutuhkan, terlebih dahulu dilakukan perhitungan *propulsive efficiency*. Adapun untuk rumus-rumus perhitungan *propulsive efficiency* (P_C) menurut (Society of Naval Architects, 1980) diberikan sebagai berikut :

$$P_C = \eta_H . \eta_o . \eta_R$$

η_H = *Hull Efficiency*

$$= \frac{1-t}{1-w}$$

dimana:

t = *fractionthrust deduction* = $0.5 C_p - 0.12$

w = *wake fraction deduction* = $0.25 + 2.5 (C_B - 0.6)^2$

η_o = *open water propeller efficiency*

$$= \frac{K_T \, J}{2\pi \, K_Q}$$

Selanjutnya, dilakukan perhitungan daya motor induk (P_B), rumus menurut (Society of Naval Architects, 1980) sebagai berikut :

$$P_B = BHP(break\ horse\ power)$$

$$= \frac{P_D}{\eta_S\, \eta_{rg}} \text{ [kW]}$$

dimana:

P_D = *DHP* (*delivered horse power at propeller*)

$= \dfrac{EHP}{P_C}$

$= \dfrac{R_T\, V_s}{P_C}$ [kW]

η_S = *shaft efficiency*
= antara 0.98 s/d 0.985, diambil 0.98

η_{rg} = *reduction gear efficiency*
= 0.98

2.9.6 Perhitungan Tonase Kapal

Perhitungan tonase kapal adalah cara tradisional untuk menentukan ukuran besar kapal. Dalam perhitungan tonase kapal dibagi menjadi dua bagian yaitu Gross Tonnage (GT) dan Net Tonnage (NT). Gross Tonnage (GT) adalah kapasitas dari ruangan – ruangan yang ada dalam badan / lambung kapal dan ruangan tertutup diatas geladak yang tersedia untuk muatan, gudang, bahan bakar, penumpang dan crew. Sedangkan Net Tonnage (NT) adalah GT dikurangi ruangan –ruangan yang digunakan untuk akomodasi kaptain, perwira, ABK pangkat dibawahnya, peralatan navigasi dan permesinan penggerak kapal. Saat ini, NT digunakan untuk menentukan pajak pelabuhan untuk kapal-kapal berbagai ukuran. GT digunakan untuk menentukan persyaratan-persyaratan regulasi, misalnya biaya masuk kanal, biaya pemanduan kapal, persyaratan keselamatan, peralatan teknis, jumlah crew, statistik armada dan transportasi, asuransi dll.

Pada perhitungan tonnage, ruangan dibedakan menjadi 2 antara lain ruangan tertutup (enclosed spaces) dan excluded spaces. Ruangan tertutup (enclosed spaces) adalah semua ruangan yang dibatasi oleh badan kapal, atau oleh partisi atau sekat yang permanen atau portabel, atau oleh geladak atau penutupan yang tidak permanen, ruangan ini masuk dalam perhitungan. Sedangkan excluded spaces adalah ruangan yang tidak termasuk dalam perhitungan volume enclosed spaces, oleh karenanya tidak masuk dalam perhitungan tonnage. Untuk perhitungan dan pengecekan tonase kapal, digunakan referensi “International Convention on Tonnage Measurement of Ships, 1969”

1. Perhitungan Gross Tonage (GT)

GT = K_1 x V

V = Total volume ruang tertutup [m^3]

= $V_U + V_H$

V_U = Volume di bawah geladak cuaca [m^3]

$$= \Delta\left(1.25\frac{D}{d} - 0.115\right)$$

D = Depth moulded [m]

d = Moulded draft a midship [m]

V_H = Volume ruangan tertutup di atas geladak cuaca [m^3]

= $V_P + V_{FC} + V_{DH}$

V_P = Volume poop [m^3]

V_{FC} = Volume forecastle [m^3]

V_{DH} = Volume rumah geladak [m^3]

K_1 = $0.2 + 0.02 \log_{10} V$

2. Perhitungan *Net Tonnage*

$$NT = K_2 . Vc . \left(\frac{4D}{3d}\right)^2 + K_3 . \left(\frac{N_1}{1} + \frac{N_2}{10}\right)$$

Vc = Total volume ruang muat

K_2 = $0.2 + 0.02 \log_{10} Vc$

$$K_3 = 1.25 \frac{\left(GT + 10^4\right)}{10^4}$$

N_1 = Jumlah penumpang dalam kabin dimana tidak lebih 8 penumpang

= 2 orang

N_2 = Jumlah penumpang yang lain

= Zc – 2

Zc = Jumlah crew

N_1+N_2 = jumlah penumpang kapal yang diizinkan untuk dimuat, yang disebutkan dalam sertifikat.

2.9.7 Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal

Biaya Pembangunan Kapal atau biasa disebut dengan Building Cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan kapal (belum memperhitungkan laba, inflasi selama masa pembangunan, dll.) Building Cost biasanya ditanggung oleh galangan kapal yang dipercaya oleh owner untuk memproduksi kapal pesanannya.

1. *Structural Cost*

   $P_{ST} = W_{ST} \times C_{ST}$ [US $]

   C_{ST} = pendekatan biaya berat baja per ton

2. *Outfit Cost*

   $P_{E\&O} = W_{E\&O} \times C_{E\&O}$ [US $]

   $C_{E\&O}$ = pendekatan biaya berat baja per ton

3. *Machinery Cost*

   $P_{ME} = W_{ME} \times C_{ME}$ [US $]

   C_{ME} = pendekatan biaya berat baja per ton

2.10 Penelitian Sebelumnya

Berikut adalah penelitian-penelitian terdahulu yang juga membahas mengenai perencanaan pengangkutan dan pengolahan sampah/limbah.

Tabel 2-2 Penelitian Sebelumnya

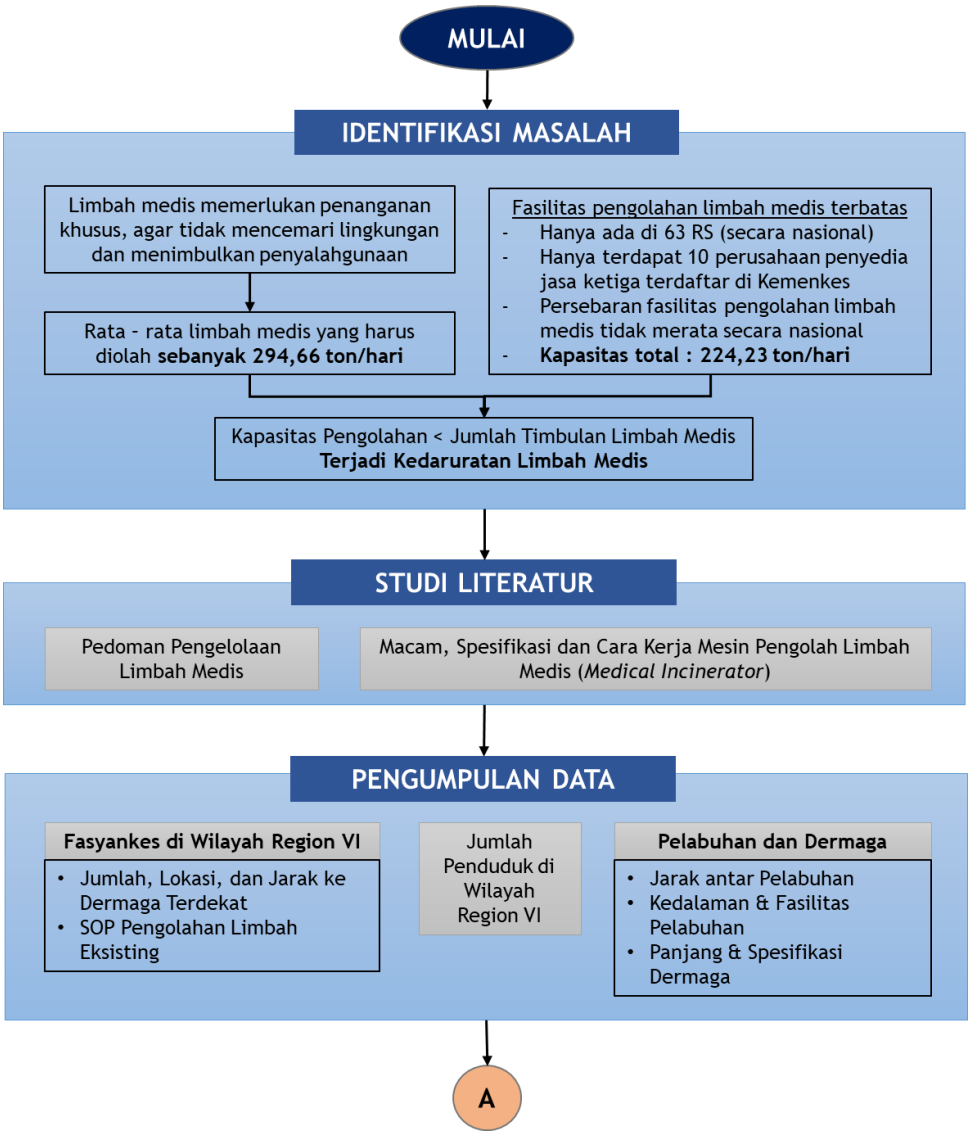
Judul	Studi *Cost Benefit* Tata Kelola Sampah Di Darat Dan Di Laut	Perencanaan Pengelolaan Limbah Padat Medis Di Puskesmas Wilayah Surabaya Timur Menggunakan Insinerator Sebagai Upaya Pengelolaan Lingkungan	Desain *Self-propelled Barge* Sebagai Fasilitas Apung Bergerak Pengolah Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Di Teluk Jakarta	Analisis Pola Operasi Dan Perancangan Kapal Pengangkut Sampah Untuk Daerah Kepulauan: Studi Kasus Gili Air, Gili Meno Dan Gili Trawangan, Lombok	Desain Konseptual dan Pola Operasi Tempat Pengolahan Sampah Terapung: Studi Kasus Jakarta	Analisis Pemanfaatan Angkutan Laut untuk Pengelolaan Limbah Medis di Wilayah Kepulauan: Studi Kasus Region VI, Wilayah Maluku dan Papua
Penulis	Danang M Pratomo (2014)	M. Galih Eldyawan (2016)	Rafli Alfazer (2017)	Aziz Muqorobin (2019)	Zahra (2021)	Yusri Rahmatul Izza (2022)
Latar Belakang	Keterbatasan lahan dan Pencemaran lingkungan	Ketiadaan alat pengolah limbah medis (insinerator) dan dampak terhadap lingkungan	Ketersediaan fasilitas dan potensi ekonomi limbah B3	Proses pengangkutan dan pengolahan sampah yang mengganggu kenyamanan, kesehatan, dan kebersihan.	Keterbatasan lahan, Ketersediaan fasilitas, Lokasi pengolahan yang jauh, dan Harga tanah	Ketiadaan fasilitas dan kondisi wilayah (berupa gugusan pulau dan cakupan luas)
Sumber & Jenis Sampah	Sampah kering (40% dari timbulan)	Limbah medis B3	Limbah Cair B3	Sampah Biasa (Sampah Rumah Tangga dan Sejenisnya)	Sampah plastik & makanan (59,7% dari timbulan) dan Asal TPS terdekat (57,6% dari jumlah TPS)	Limbah padat medis B3 (limbah infeksius, petologis, benda tajam, mengandung logam, bahan farmasi, dan sitotoksik).
Garis Besar Penelitian	Pola operasi dan Moda	Penentuan lokasi, pembangunan TPS B3	Penentuan lokasi, Volume, dan Moda	Penentuan Lokasi, Volume, dan Moda	Penentuan lokasi, Volume, dan Moda	Penentuan Lokasi, Volume, Pola Operasi dan Moda
Pendekatan	Biaya satuan dan Perencanaan *layout*	Perencanaan *layout*	Biaya Satuan dan Desain Konseptual	Biaya Satuan dan Desain Konseptual	Biaya satuan dan Desain konseptual	Biaya Satuan, Perencanaan *layout* dan Desain Konseptual
Alat Angkut	*Tug-Barge, Barge, dan General Cargo*	Moda Darat	*Self-Propelled Barge*	*Landing-Craft Tank (LCT)*	*Barge*	*LCT, Self-Propelled Barge, General Cargo*
Teknologi	*Material Recovery Facility:* pengepresan sampah menjadi bal/briket	Insinerator	Tangki Pengolah Limbah B3	-	Insenerator: pembakaran sampah; *Organic Rankine Cycle System*: mengubah energi panas menjadi listrik	*Medical Waste Destroyer* + Insinerator
Konsep Operasi	Sampah darat dibawa ke fasilitas pengolah apung di tengah laut menggunakan tongkang & kapal, Hasil dibawa ke perusahaan briket	Limbah padat medis dari setiap Puskesmas di Surabaya Timur dikumpulkan di Puskesmas Mulyorejo untuk diolah	Limbah B3 dari perusahaan dikumpulkan ke kapal, dibawa ke tengah laut untuk diolah	Sampah darat dikumpulkan dan diangkut menggunakan perahu sampah, kemudian ditimbun sementara di lokasi terpilih untuk selanjutnya diolah.	Sampah darat dikumpulkan di fasilitas pengolah apung yang sandar, Residu dibawa ke TPA, Hasil listrik dijual ke PLN	Skenario 1: Sampah dikumpulkan di lokasi pengumpulan, diangkut moda laut diolah di lokasi pengolahan, Residu ditimbun di TPA. Skenario 2: Sampah dikumpulkan di lokasi pengumpulan, diangkut dan diolah di atas kapal, Residu ditimbun di TPA.
Hasil	Pola Operasi & Konsep Pengolahan Apung	*Layout* TPS B3 di Darat	Konsep & Desain Kapal Pengolah	Pola Operasi & Desain Kapal Pengangkut	Pola Operasi & Desain Pengolahan Apung	Pola Operasi, Konsep Transportasi Limbah Medis dengan Moda Laut, *Layout* TPST & Desain Kapal Pengolah

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir dalam penelitian ini:



Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian (a)

Gambar 3-2 Diagram Alir Penelitian (b)

3.2 Tahap Pengerjaan

3.2.1 Identifikasi Masalah dan Penarikan Hipotesis

Pada tahap ini diuraikan permasalahan-permasalahan yang terkait dengan topik penelitian. Adapun permaslahannya adalah pengelolaan limbah medis di Indonesia belum sesuai dengan peraturan dan tidak merata di seluruh wilayah Indonesia. Hal tersebut disebabkan oleh kapasitas pengolahan limbah medis yang terbatas, sehingga terjadi tumpukan limbah medis yang dibiarkan begitu saja dan diolah tidak sesuai dengan aturan yang dapat mengontaminasi lingkungan. Wilayah Region VI tidak memiliki fasilitas pengolahan limbah medis, dan belum terdapat perencanaan pembangunan fasilitas pengolahan limbah medis. Setelah dilakukan identifikasi masalah, tahap selanjutya yaiu penarikan dugaan sementara atau

hipotesis. Setelah ditarik hipotesis kemudian direncakan pendekatan-pendekatan analisis yang akan dilakuakn untuk membuktikan kebenaran hipotesis yang telah dirumuskan.

3.2.2 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur untuk mengetahui pedoman standar pengelolaan limbah medis dan insinerator atau perangkat mesin pengolah limbah medis.

3.2.3 Pengumpulan Data

Dalam rangka membuktikan hipotesis yang telah disusun, maka dilakukan analisis-analisis yang didahului dengan pengumpulan data baik primer maupun sekunder. Namun karena adanya pandemi COVID-19 maka pengumpulan data primer tidak dapat dilakukan sehingga hanya menggunakan data sekunder dari berbagai sumber. Adapun data yang akan dikumpulkan dalam penelitian ini adalah:

a. Detail SOP Pengolahan Limbah Medis Eksisting
b. Jumlah Penduduk
c. Jumlah dan Daftar Fasyankes
d. Lokasi dan Jarak Fasyankes ke Dermaga terdekat
e. Spesifikasi Kapal yang dapat difungsikan sebagai Pengolah Limbah Medis
f. Spesifikasi Insinerator yang telah mendapatkan sertifikasi KLHK RI

3.2.4 Identifikasi Jumlah Limbah Medis

Tahap ini dilakukan untuk menentukan jumlah limbah medis berdasarkan jumlah populasi dan sebaran fasyankes di tiap pulau dengan metode dan persamaan yang didapatkan dari studi literatur sebelumnya.

3.2.5 Penentuan Alternatif Pola Operasi dan Kandidat Lokasi Pangkal Pengolahan

Tahap ini dilakukan untuk membuat alternatif pola operasi angkutan laut untuk melayani pengangkutan dan pengolahan limbah medis di Region VI. Dari tiap-tiap alternatif yang telah dibuat, akan terdapat wilayah operasi, dari tiap-tiap wilayah operasi tersebut, dilakukan penentuan kandidat lokasi pangkal pengolahan menggunakan metode *center of gravity.*

3.2.6 Tahap Optimasi

Dalam tahap ini dilakukan optimasi sebanyak 2 (dua) skenario, yakni:

a. Skenario 1 (*Land Facility*)

Dalam skenario ini, optimasi digunakan untuk:

- menentukan pola operasi kapal eksisting yang difungsikan sebagai pengangkut limbah medis, sehingga;
- didapati rute dan kapal terpilih yang akan menjadi alat angkut limbah medis dari titik pengumpulan ke dermaga terdekat dengan lokasi pangkal pengolahan atau fasilitas pengolahan limbah medis *(land medical waste treatment facility)*.

b. Skenario 2 (*Floating Facility*)

Dalam skenario ini, optimasi digunakan untuk:

- menentukan ukuran utama kapal pengolah limbah medis *(floating medical waste treatment facility)*, dari dan ke tiap-tiap lokasi pengumpulan terpilih (rute, pola operasi, dan jenis kapal hasil optimasi skenario 1 merupakan input untuk optimasi skenario 2).

3.2.7 Tahap Perbandingan Skenario

Pada tahap ini dilakukan perbandingan antara total biaya operasional tahunan pengangkutan dan pengolahan limbah medis hasil optimasi kedua skenario.

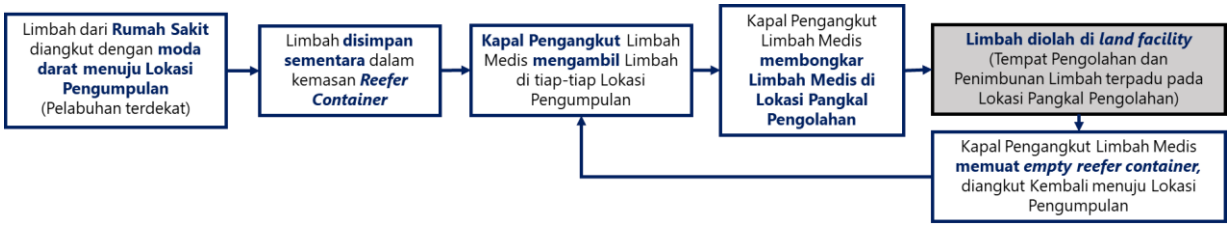
3.3 Skenario Yang Digunakan

Sebelumnya, telah disebutkan bahwa limbah medis dapat bertahan lebih dari 90 hari dengan disimpan dalam cold storage dengan suhu di bawah 0 derajat Celcius. Dan karena pada penelitian ini, moda yang digunakan adalah moda laut, maka dipilih kemasan dari limbah medis adalah reefer container 20ft, yang memiliki kapasitas muat maksimal 20 ton. Reefer Container dipilih karena dapat menjadi tempat penyimpanan sementara di pelabuhan dan sekaligus dapat langsung diangkut ke atas kapal tanpa harus membuka-tutup kemasan.

Terdapat 2 (dua) skenario pengangkutan dan pengolahan limbah medis menggunakan moda laut yang dianalisis dalam penelitian ini.

3.3.1 Skenario 1

Skenario 1 atau *land facility* adalah skenario pengelolaan limbah medis dengan kapal sebagai alat angkut limbah medis dan pengolahan dengan insinerator hingga penimbunan dilakukan di darat. Adapun alur pengangkutan dan pengolahan limbah medis Skenario 1 adalah sebagai berikut:



Gambar 3-3 Alur Pengangkutan dan Pengolahan Limbah Medis Skenario 1

Dalam Skenario 1 ini, alternatif kapal yang digunakan sebagai opsi adalah jenis *Landing Craft Tank* (LCT) dan *Self-Propelled Container Barge* (SPCB). Jenis kapal yang dapat mengangkut petikemas lainnya adalah Kapal Petikemas/*Container Ship*, namun ukuran terkecil dari kapal petikemas yang ada di Indonesia kurang lebih berkapasitas 100 TEUs, sehingga apabila dibandingkan dengan total muatan yang diangkut dalam pengelolaan limbah medis di Region VI ini tidak sepadan (total muatan keseluruhan sebesar 44 TEUs/trip).

Berikut ini daftar alternatif kapal yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 3-1 Alternatif Kapal yang Digunakan

No	Indeks Kapal	Jenis dan Ukuran Kapal	Tahun	Estimasi Kapasitas	Estimasi Kapasitas	GT	LOA	B	T	Vs	Estimasi Harga
				ton	TEUs		m	m	m	knot	Rp
1	A	LCT 100 DWT	2010	85	2	85	42.30	8.55	2.09	7	17,413,500,000
2	B	LCT 250 DWT	2010	212	7	179	44.47	9.12	2.16	7	18,525,000,000
3	C	LCT 500 DWT	2010	425	10	317	47.66	9.96	2.28	7	20,377,500,000
4	D	LCT 1000 DWT	2010	850	27	559	53.26	11.43	2.51	7	24,082,500,000
5	E	LCT 2500 DWT	2010	2,125	64	1,186	67.76	15.25	3.20	8	35,183,250,000
6	F	SPB 500 DWT	2010	425	14	356	64.43	14.16	3.19	7	14,207,250,000
7	G	SPB 1000 DWT	2010	850	28	671	66.89	14.92	3.30	7	16,330,500,000
8	H	SPB 2500 DWT	2010	2,125	67	1,551	73.76	17.05	3.62	8	22,116,000,000
9	I	SPB 5000 DWT	2010	4,250	120	2,923	84.48	20.36	4.15	8	30,908,250,000
10	J	SPB 7500 DWT	2010	6,375	192	4,236	94.73	23.54	4.69	8	39,173,250,000

Gambar 3-4 Ilustrasi Alternatif Jenis Kapal yang Digunakan

Sementara alternatif set alat pengolah limbah medis (insinerator dan *medical waste destroyer)* yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 3-2 Alternatif Alat Pengolah Limbah Medis yang Digunakan

No	Indeks Alat	Kapasitas Pengolahan	Luas Lahan yang diperlukan	Panjang	Lebar	Tinggi	Massa	SFOC	Harga
		Kg/jam	m^2	m	m	m	ton	liter/jam	Milyar Rp/unit
1	MI-20	20	78.79	10.18	7.74	1.04	7.07	7.75	0,93
2	MI-30	30	78.39	9.91	7.91	1.21	7.50	8.60	1,01
3	MI-50	50	82.95	10.50	7.90	1.51	9.68	8.78	1,28
4	MI-75	75	90.02	11.10	8.11	1.61	11.24	13.16	1,57
5	MI-100	100	120.75	11.50	10.50	1.61	16.74	15.12	2,15

Gambar 3-5 Ilustrasi Set Alat Pengolahan Limbah Medis, *medical waste destroyer* (kiri), insinerator (kanan)

3.3.2 Skenario 2

Skenario 2 atau *floating facility* adalah skenario pengelolaan limbah medis dengan kapal sebagai alat angkut limbah medis sekaligus tempat pengolahan dengan insinerator, sementara penimbunan dilakukan di darat. Adapun alur pengangkutan dan pengolahan limbah medis Skenario 2 adalah sebagai berikut.

Gambar 3-6 Alur Pengangkutan dan Pengolahan Limbah Medis Skenario 2

3.4 Model Matematis

3.4.1 Identifkasi Limbah Medis

Identifikasi jumlah limbah medis dalam penelitian ini menggunakan pendekatan dari jumlah pasien dan jumlah tempat tidur pada setiap rumah sakit tinjauan, menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$GW = -15{,}76 + 1{,}21\ (PAT) + 0{,}714\ (BED) + 10{,}74\ (TYPE)$$

Dengan:

GW	= Jumlah timbulan limbah medis	(Kg/hari)
PAT	= Estimasi jumlah pasien	(orang/hari)
BED	= Jumlah kasur di rumah sakit	(unit)
TYPE	= *dummy variable* ;0 untuk RS swasta, 1 untuk RS pemerintah	

3.4.2 Metode *Center of Gravity*

Metode C*enter of Gravity* dalam penelitian ini digunakn untuk menentukan lokasi pangkal pengolahan limbah medis, secara matematis sebagai berikut:

$$\boldsymbol{C_x} = \frac{\sum Dl_x W_l}{\sum W_l}$$

$$\boldsymbol{C_y} = \frac{\sum Dl_y W_l}{\sum W_l}$$

Dengan:

C_x	= Koordinat X yang akan menjadi lokasi pangkal pengolahan	
C_y	= Koordinat Y yang akan menjadi lokasi pangkal pengolahan	
Dl_x	= Koordinat X pada lokasi (p)	
Dl_y	= Koordinat Y pada lokasi (p)	
W_l	= Jumlah limbah medis pada lokasi (p)	(Kg)

3.4.3 Optimasi Skenario 1

Optimasi skenario 1 digunakan untuk menentukan jenis kapal dan pola operasi kapal eksisting yang difungsikan sebagai pengangkut limbah medis, serta jumlah alat yang digunakan untuk pengolahan limbah medis di darat:

1. Objective Function

$$\boldsymbol{Z} = Minimize\ TAC$$

$$\boldsymbol{TAC} = TC + PoC + EC + RC + PlC$$

$$\boldsymbol{TC} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} A_{ij}.\left(CC_j + OC_{ij} + \left(F_{ij}.\left(VC_{ij} + PsC_{ij} + CHC_{ij}\right)\right)\right)$$

$$\boldsymbol{PoC} = \sum_{j=1}^{n}\sum_{l=1}^{p}\left(D.\left(p_j - d_l\right)\right)$$

$$\boldsymbol{EC} = \sum_{l=1}^{p}(E.a_l) + (t.EuC\ )$$

$$\boldsymbol{RC} = \sum_{i=1}^{m} Re_i.ReC$$

$$\boldsymbol{PlC} = \sum_{l=1}^{m}\sum_{k=1}^{o} B_k\, n_B\, Pb_k + (B_k\, n_B\, Ab_k + Ad_l)Pd_l + BC_l$$

Dengan:

Z	= Fungsi objektif model optimasi skenario 1	
TAC	= Total biaya operasional	(Rp/tahun)
TC	= Total biaya transportasi laut	(Rp/tahun)
i	= Kandidat rute	;(i=1,2,3,…,n)
j	= Kandidat kapal	;(j=1,2,3,…,m)
A_{ij}	= Keputusan kapal terpilih (j) pada rute (i)	
CC_j	= Anuitas biaya pembelian kapal (j)	(Rp/tahun)
OC_{ij}	= Biaya operasional kapal (j) pada rute (i)	(Rp/tahun)
F_{ij}	= Frekuensi kapal (j) pada rute (i)	(trip/tahun)
VC_{ij}	= Biaya pelayaran kapal (j) pada rute (i)	(Rp/tahun)
PsC_{ij}	= Biaya jasa kepelabuhanan kapal (j) pada rute (i)	(Rp/tahun)
CHC_{ij}	= Biaya penanganan muatan kapal (j) pada rute (i)	(Rp/tahun)
PoC	= Anuitas biaya modifikasi pelabuhan	(Rp/tahun)
l	= Pelabuhan/lokasi pengumpulan	;(l=1,2,3,...,p)
D	= Biaya modifikasi dermaga	(Rp)
P_j	= Panjang kapal (j)	(m)
d_l	= Panjang dermaga (l)	(m)
EC	= Anuitas biaya instalasi dan pemakaian listrik	(Rp/tahun)
E	= Biaya instalasi listrik	(Rp)
a_l	= Ketersediaan instalasi listrik (untuk *plug-in*)	(0=tidak ada;1=ada)
t	= Lama pemakaian listrik	(jam)
EuC	= Biaya pemakaian listrik	(Rp/jam)
RC	= Anuitas biaya pengadaan *reefer container*	(Rp/tahun)
Rei	= Kebutuhan *reefer container* di rute (i)	(TEUs)
ReC	= Harga *reefer container*	(Rp/TEU)
PlC	= Anuitas biaya pembangunan TPLMT	(Rp/tahun)
B_k	= Keputusan insinerator terpilih (k)	
k	= Kandidat insinerator terpilih	;(k=1,2,3,...,o)
n_B	= Jumlah insinerator terpilih (k)	(unit)
Pb_k	= Harga insinerator terpilih (k)	(Rp/unit)
Ab_k	= Luas insinerator terpilih	(m^2)
Ad_l	= Luas lahan penimbunan pada lokasi *(l)*	(m^2)
Pd_l	= Harga tanah pada lokasi *(l)*	(Rp/m^2)
BC_l	= Anuitas biaya pembangunan TPLM di lokasi *(l)*	(Rp/tahun)

2. *Decision Variable:*

$$\boldsymbol{A_{ij}} \begin{cases} 0, \ jika\ kapal\ \ tidak\ terpilih \\ 1, \ jika\ kapal\ \ terpilih \end{cases}$$

$$\boldsymbol{B_k} \begin{cases} 0, \ jika\ insinerator\ tidak\ terpilih \\ 1, \ jika\ insinerator\ \ terpilih \end{cases}$$

$$\boldsymbol{n_B} \in integer$$

Dengan:

i	= Kandidat rute	;(i=1,2,3,…,n)
j	= Kandidat kapal	;(j=1,2,3,…,m)
A_{ij}	= Keputusan kapal terpilih (j) pada rute (i)	
F_{ij}	= Frekuensi kapal (j) pada rute (i)	(trip/tahun)
B_k	= Keputusan insinerator terpilih (k)	
k	= Kandidat insinerator terpilih	;(k=1,2,3,...,o)
n_B	= Jumlah insinerator terpilih (k)	(unit)

3. *Constraint:*

a. Jumlah limbah terangkut

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{o} A_{ij}.F_{ij}.GW_k \geq GW_{TEU}$$

Dengan:

k	= Lokasi	;(k=1,2,3,...,o)
A_{ij}	= Keputusan kapal terpilih (j) pada rute (i)	
F_{ij}	= Frekuensi kapal (j) pada rute (i)	(trip/tahun)
GW_k	= Jumlah limbah medis pada lokasi (k)	(TEUs)
GW_{TEU}	= Jumlah total limbah medis	(TEUs)

b. Jumlah limbah terolah

$$B_k\, n_B \ \geq \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{o} A_{ij}.F_{ij}.GW_k$$

Dengan:

B_k	= Keputusan insinerator terpilih (k)	
n_B	= Jumlah insinerator terpilih (k)	(unit)
A_{ij}	= Keputusan kapal terpilih (j) pada rute (i)	
F_{ij}	= Frekuensi kapal (j) pada rute (i)	(trip/tahun)
GW_k	= Jumlah limbah medis pada lokasi (k)	(TEUs)

c. Batasan kapasitas kapal

$$C_j \geq \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{o} A_{ij}.F_{ij}.GW_k$$

Dengan:

C_j	= Kapasitas kapal (*j*)	(TEUs)
A_{ij}	= Keputusan kapal terpilih (*j*) pada rute (*i*)	
F_{ij}	= Frekuensi kapal (*j*) pada rute (*i*)	(trip/tahun)
GW_k	= Jumlah limbah medis pada lokasi (*k*)	(TEUs)

d. Batasan kedalaman pelabuhan

$$T_j \leq D_i$$

Dengan:

T_j	= Sarat kapal (*j*)	(m)
D_i	= Kedalaman pelabuhan minimal rute (*i*)	(m)

e. Batasan panjang kapal sebagai konsekuensi dari tinggi gelombang wilayah pelayaran

$$Lpp_j \geq Lpp_{i_min}$$

Dengan:

Lpp_j	= Panjang kapal (*j*)	(m)
Lpp_{i_min}	= Panjang kapal minimal pada rute (*i*)	(m)

Dimana panjang kapal minimal sebagai konsekuensi dari tinggi gelombang adalah sebagai berikut:

$$Lpp_{i_min} \geq \left(\frac{HW_i}{0.61}\right)^2$$

Dengan:

HW_i	= Tinggi gelombang maksimal pada rute (*i*)	(m)

f. Batasan frekuensi maksimal kapal

$$0 \leq F_{ij} \leq F_{ij_maks}$$

Dengan:

F_{ij}	= Frekuensi kapal (*j*) pada rute (*i*)	(m)
F_{ij_maks}	= Frekuensi maksimal kapal (*j*) pada rute (*i*)	(m)

3.4.4 Optimasi Skenario 2

Optimasi skenario 2 digunakan untuk menentukan ukuran utama kapal optimum untuk melayani pengangkutan sekaligus pengolahan limbah medis. Jenis kapal, jumlah alat dan pola operasi yang digunakan berdasar pada hasil dari optimasi skenario 1.

1. *Objective Function:*

$$\boldsymbol{Z} = Minimize\ TPC$$

Dengan:
Z = Fungsi objektif model optimasi skenario 2
TPC = Total biaya pembangunan kapal (Rp)

2. *Decision Variable:*

$$\boldsymbol{Lpp, B, T, H}$$

Dengan:
Lpp = *Length of Perpendicular* kapal (m)
B = Lebar kapal (m)
T = Sarat kapal (m)
H = Tinggi kapal (m)

3. *Constraints:*

a. Ukuran utama kapal

Batasan ukuran utama kapal didapat dari hasil identifikasi kebutuhan ruang pada kapal, batasan kondisi alam (dalam hal ini tinggi gelombang), serta didapat dari kapal pembanding, secara matematis sebagai berikut:

$$Lpp \geq 64.90$$

$$B \geq 12.75$$

$$2.48 \leq T \leq 5.88$$

$$H \geq 5.48$$

b. Perbandingan ukuran utama kapal

$$3.13 \leq Lpp/B \leq 5.29$$

$$2.49 \leq B/T \leq 8.87$$

$$10.57 \leq Lpp/T \leq 30.48$$

c. Batasan Stabilitas Standar IMO

$$e_{30°} \geq 0.555$$
$$e_{40°} \geq 0.09$$
$$e_{30\text{-}40°} \geq 0.03$$
$$h_{30°} \geq 0.2$$
$$\Theta_{max} \geq 25$$
$$GM_0 \geq 0.15$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4
GAMBARAN UMUM

Bab ini menjelaskan tentang gambaran umum dan pengumpulan data yang relevan terhadap objek penelitian. Gambaran umum yang akan dibahas terdiri dari pengelolaan limbah medis di Indonesia, lokasi penelitian, fasilitas layanan kesehatan, serta kondisi pengelolaan limbah medis di Region VI.

4.1 Pengelolaan Limbah Medis di Indonesia

Berikut merupakan timbulan limbah medis dari fasilitas pelayanan kesehatan (dikelompokkan setiap provinsi) yang melapor pada Direktorat Kesehatan Lingkungan Kemenkes RI tahun 2018 dibandingkan dengan kapasitas pengolah limbah medis (insinerator).

Tabel 4-1 Timbulan Limbah Medis dan Kapasitas Insinerator tahun 2018 (dalam satuan ton/hari)

Provinsi	Timbulan Limbah Medis	Kapasitas Insinerator RS	Kapasitas Insinerator Pihak ke-3
Aceh	8.65	0.00	0.00
Sumatera Utara	23.15	2.68	0.00
Sumatera Barat	7.22	0.00	0.00
Riau	8.36	0.24	0.00
Jambi	4.64	2.00	0.00
Sumatera Selatan	9.28	3.40	0.00
Bengkulu	2.27	0.00	0.00
Lampung	7.81	0.00	0.00
Kepulauan Bangka Belitung	2.10	0.32	0.00
Kepulauan Riau	2.96	0.00	16.20
DKI Jakarta	18.92	5.20	15.12
Jawa Barat	37.13	3.40	43.20
Jawa Tengah	38.86	3.12	17.28
D.I. Yogyakarta	6.27	0.00	0.00
Jawa Timur	39.46	17.32	14.40
Banten	9.63	0.40	43.31
Bali	6.20	0.00	0.00
Nusa Tenggara Barat	3.50	0.80	0.00
Nusa Tenggara Timur	4.09	0.40	0.00
Kalimantan Barat	5.09	0.00	0.00
Kalimantan Tengah	1.20	1.60	0.00
Kalimantan Selatan	4.98	3.72	0.00
Kalimantan Timur	5.90	2.68	21.60
Kalimantan Utara	0.98	0.00	0.00
Sulawesi Utara	5.71	0.00	0.00

Provinsi	Timbulan Limbah Medis	Kapasitas Insinerator RS	Kapasitas Insinerator Pihak ke-3
Sulawesi Tengah	4.47	2.16	0.00
Sulawesi Selatan	11.15	3.68	0.00
Sulawesi Tenggara	2.08	0.00	0.00
Gorontalo	1.43	0.00	0.00
Sulawesi Barat	1.32	0.00	0.00
Maluku	2.54	0.00	0.00
Maluku Utara	1.54	0.00	0.00
Papua Barat	1.73	0.00	0.00
Papua	4.04	0.00	0.00
Total	**294.66**	**53.12**	**171.11**
Selisih Timbulan dengan Kapasitas	**70.43**		

Sumber: *Direktorat Kesehatan Lingkungan Kemenkes RI*, 2019. (diolah kembali)

Dari 34 provinsi, diketahui bahwa jumlah timbulan limbah medis mencapai angka 294,66 ton/hari. Sedangkan kapasitas insinerator yang saat ini tersedia hanya mampu mengolah total 224,23 ton/hari. Sehingga, sebanyak 70,43 ton limbah medis tidak terolah setiap harinya. Pemerintah melalui Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) telah menerbitkan izin pembangunan dan penambahan kapasitas tempat pengolahan limbah medis di beberapa provinsi yang diperkirakan akan rampung pada 2021, secara rinci sebagai berikut:

Tabel 4-2 Kapasitas eksisting pengolahan di luar fasyankes (2018-2019) dan rencana pembangunan/penambahan kapasitas tempat pengolah limbah medis

Provinsi	Kapasitas eksisting 2018 (ton/hari)	Kapasitas eksisting 2019 (ton/hari)	Rencana pembangunan/penambahan (ton/hari)
Kepulauan Riau	16.20	18.00	
Banten	43.31	196.20	
DKI Jakarta	15.12	15.12	
Jawa Barat	43.20	84.00	616
Jawa Tengah	17.28	17.28	170
Jawa Timur	14.40	14.40	144
Kalimantan Timur	21.60	21.60	19
Sulawesi Selatan		2.40	19
Sumatera Utara			48
Total Kapasitas	**171.11**	**369.00**	**1,016.00**

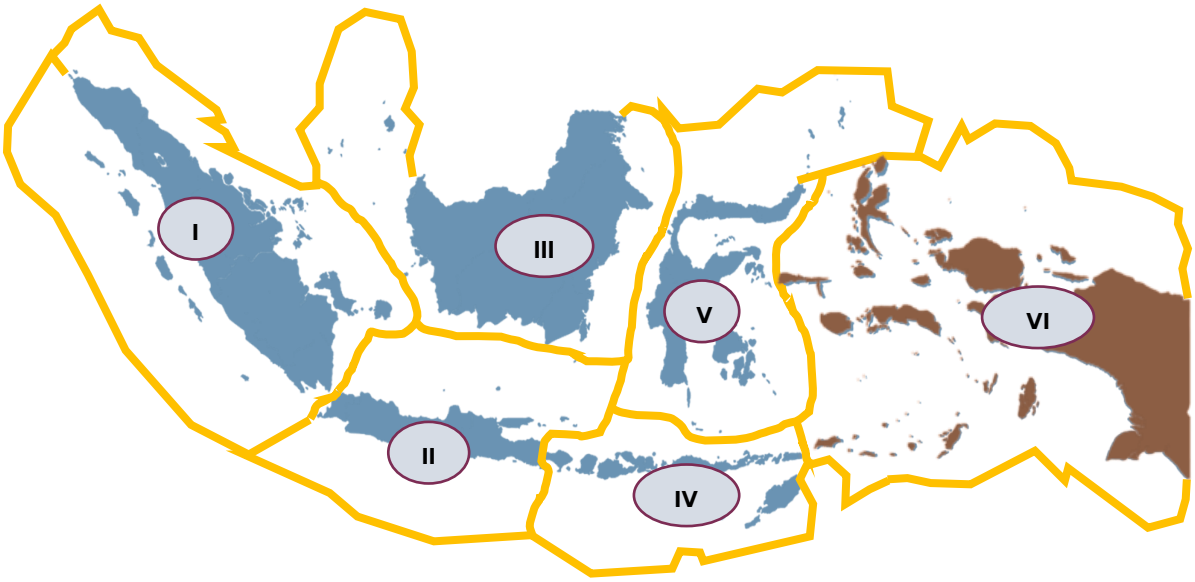
Sumber: *KLHK RI*, 2019. (diolah kembali)

Sebagaimana tercantum pada Tabel 4-2, pada tahun 2018 terdapat 7 (tujuh) provinsi yang memiliki fasilitas pengolahan limbah medis (baik dikelola pihak swasta maupun

pemerintah) di luar fasyankes dengan total kapasitas 171,11 ton/hari. Kemudian pada tahun 2019 meningkat menjadi 8 (delapan) dengan total kapasitas 369 ton/hari. Sementara rencana pembangunan dan penambahan kapasitas pengolahan limbah medis akan meningkatkan jangkauan menjadi 9 (Sembilan) provinsi dengan total kapasitas tambahan sebesar 1.016 ton/hari.

4.2 Lokasi Penelitian

Region VI terdiri dari 4 (empat) provinsi, yakni Provinsi Maluku, Provinsi Maluku Utara, Provinsi Papua Barat, dan Provinsi Papua.



Sumber: *Dirkesling* 2020 (diolah kembali)

Gambar 4-1 Pembagian Region Pengelolaan Limbah Medis

Wilayah Region VI merupakan wilayah kepulauan dengan total 6.806 pulau, secara rinci sebagai berikut:

Tabel 4-3 Jumlah Pulau, Jumlah Penduduk, dan Luas Wilayah masing-masing provinsi dalam Region VI

Provinsi	Jumlah Pulau	Penduduk	Luas Wilayah
		jiwa	km^2
Maluku	1,286	1,831,900	46,914
Maluku Utara	856	1,278,800	31,983
Papua Barat	4,108	981,900	102,955
Papua	556	3,435,400	319,036

Wilayah Region VI merupakan wilayah dengan kapasitas pengelolaan limbah medis 0. Atau berarti belum memiliki fasilitas pengelolaan limbah medis, mulai dari pengangkutan

hingga penimbusan akhir. Pihak ketiga (penyedia jasa) pengelolaan limbah medis juga belum tertarik untuk mendirikan *plant* atau membuka usaha jasa tersebut di wilayah Region VI. Sebagaimana disebutkan dalam data dari Dirkesling sebagai berikut:

Region		Timbulan Limbah Medis	Kapasitas Pengolahan	
			RS	Pihak Ketiga
		ton/hari	ton/hari	ton/hari
I	Sumatera	76.44	8.64	16.2
II	Jawa	150.27	29.44	133.308
III	Bali Nusra	13.79	1.2	0
IV	Kalimantan	18.15	8	21.6
V	Sulawesi	26.16	5.84	0
VI	Maluku Papua	9.85	0	0
TOTAL		**294.66**	**224.228**	

4.3 Fasilitas Layanan Kesehatan di Region VI

Fasilitas Layanan Kesehatan (Fasyankes) yang berada pada Region VI terdiri dari rumah sakit, puskesmas, klinik, unit transfuse darah, serta laboratorium kesehatan. Berikut ini adalah jumlah dari masing-masing fasyankes di tiap-tiap provinsi tahun 2019 di Region VI.

Tabel 4-4 Jumlah Fasyankes masing-masing provinsi dalam Region VI

Provinsi	Jumlah Puskesmas	Jumlah Puskesmas Rawat Inap	Jumlah Puskesmas Non Rawat Inap	Jumlah Klink	Unit Transfusi Darah	Laboratorium Kesehatan	RS Umum	RS Khusus
Maluku	209	132	77	20	10	4	29	1
Maluku Utara	147	102	45	3	8	2	20	1
Papua Barat	159	115	44	57	10	2	19	0
Papua	420	305	115	36	13	7	43	1

Sumber: *Kemenkes RI*. 2019 (diolah kembali)

Sementara itu, fasyankes yang dibahas dalam penelitian ini adalah rumah sakit. Berikut ini adalah daftar rumah sakit dan jumlah tempat tidur yang tersedia pada tahun 2020.

Tabel 4-5 Daftar rumah sakit dan jumlah tempat tidur yang tersedia pada tahun 2020 Region VI

Provinsi	Kab / Kota	Nama Rumah Sakit	Kelas	Pemilik	Jumlah Tempat Tidur
MALUKU	Buru Selatan	RS Umum Daerah Namrole (dr. Salim Alkatiri	D	Pemkab	78
MALUKU	Buru Selatan	RS Pratama Raja Latubau Soel Negeri Fogi	D Pratama	Pemkab	40
MALUKU	Kepulauan Aru	RS Umum Daerah Cendrawasih Dobo	D	Pemkab	81

Provinsi	Kab / Kota	Nama Rumah Sakit	Kelas	Pemilik	Jumlah Tempat Tidur
MALUKU	Kota Ambon	RS Tk. II Prof. dr. J. A. Latumeten	B	TNI AD	110
MALUKU	Kota Ambon	RSKD Provinsi Maluku	B	Pemprop	110
MALUKU	Kota Ambon	RS Umum Dr. M. Haulussy Ambon	B	Pemprop	459
MALUKU	Kota Ambon	RS Umum Pusat Dr. J. Leimena	B	Kemkes	176
MALUKU	Kota Ambon	RS Lanu Patimura	Be	TNI AU	30
MALUKU	Kota Ambon	RS Alternatif BPSDM Provinsi Maluku	Be	Pemprop	56
MALUKU	Kota Ambon	RS Sumber Hidup GPM	C	Organisasi Protestan	57
MALUKU	Kota Ambon	RS Al Fatah	C	Organisasi Islam	79
MALUKU	Kota Ambon	Rumkital Dr. F. X. Suhardjo	C	TNI AL	105
MALUKU	Kota Ambon	RS Siloam Ambon	C	SWASTA/ LAINNYA	83
MALUKU	Kota Ambon	RS Hative	D	Organisasi Sosial	57
MALUKU	Kota Ambon	RS Umum Bakti Rahayu	D	Organisasi Sosial	38
MALUKU	Kota Ambon	RS Bhayangkara Ambon	D	POLRI	96
MALUKU	Kota Tual	RS Umum Daerah Maren Kota Tual	D	Pemkot	55
MALUKU	Maluku Barat Daya	RS Umum Daerah Tiakur	D	Pemkab	28
MALUKU	Maluku Tengah	RS Umum Daerah dr. Ishak Umarella	C	Pemprop	695
MALUKU	Maluku Tengah	RS Umum Masohi	C	Pemkab	145
MALUKU	Maluku Tengah	RS Umum Daerah Banda	D	Pemkab	50
MALUKU	Maluku Tengah	RSUD Kab. Buru	D	Pemkab	69
MALUKU	Maluku Tengah	RS Umum Saparua	D	Pemkab	77
MALUKU	Maluku Tenggara	RS Alternatif Covid-19 Tanpa Gejala (RS Khusus Infeksi)	Be	Pemkab	98
MALUKU	Maluku Tenggara	RS Umum Karel Sadsuitubun	C	Pemkab	218
MALUKU	Maluku Tenggara	RS Hati Kudus Langgur	D	Organisasi Katholik	90
MALUKU	Maluku Tenggara	RS St. Yusuph Elat	D	Organisasi Protestan	45
MALUKU	Maluku Tenggara Barat	RS Umum Daerah Dr. P. P. Magretti Saumlaki	D	Pemkab	47
MALUKU	Maluku Tenggara Barat	RS Fatima Saumlaki	D	Organisasi Katholik	45
MALUKU	Maluku Tenggara Barat	RS Umum Daerah dr. D. Anatototi	D	Pemkab	45
MALUKU	Seram Bagian Barat	RS Umum Piru	C	Pemkab	156
MALUKU	Seram Bagian Timur	RS Umum Daerah Bula	C	Pemkab	135
MALUKU	Seram Bagian Timur	RS Umum Goran Riun	D Pratama	Pemkab	46
MALUKU UTARA	Halmahera Barat	RS Umum Daerah Jailolo	C	Pemkab	129
MALUKU UTARA	Halmahera Selatan	RS Pratama Bisui Kab. Halmahera Selatan	Be	Pemkab	20

Provinsi	Kab / Kota	Nama Rumah Sakit	Kelas	Pemilik	Jumlah Tempat Tidur
MALUKU UTARA	Halmahera Selatan	RS Umum Daerah Labuha	C	Pemkab	134
MALUKU UTARA	Halmahera Selatan	RS Umum Obi	D	Pemkab	25
MALUKU UTARA	Halmahera Tengah	RS Lanud Morotai	Be	TNI AU	20
MALUKU UTARA	Halmahera Tengah	RS Umum Daerah Weda	D	Pemkab	55
MALUKU UTARA	Halmahera Timur	RS Umum Daerah Maba	D	Pemkab	171
MALUKU UTARA	Halmahera Utara	RS Umum Daerah Tobelo	C	Pemkab	148
MALUKU UTARA	Halmahera Utara	RS Bethesda GMIH Tobelo	D	Organisasi Protestan	42
MALUKU UTARA	Pulau Morotai	RS Umum Daerah Kab. Pulau Morotai	D	Pemkab	62
MALUKU UTARA	Kepulauan Sula	RS Umum Daerah Sanana	D	Pemkab	70
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Umum Daerah Dr. H. Chasan Boesoirie Ternate	B	Pemprop	316
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Islam PKU Muhammadiyah Maluku Utara	D	Organisasi Sosial	44
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Umum Dharma Ibu Ternate	D	Organisasi Sosial	85
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Bhayangkara Tk. IV Ternate	D	POLRI	22
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Tk. IV 16.07.01 TNI AD Ternate	D	TNI AD	39
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Prima Ternate	D	Organisasi Sosial	59
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Medika Harifalm Ternate	D	Organisasi Sosial	37
MALUKU UTARA	Kota Tidore Kepulauan	RS Umum Daerah Kota Tidore Kepulauan	C	Pemkot	157
MALUKU UTARA	Kota Tidore Kepulauan	RS Jiwa Sofifi	C	Pemprop	25
MALUKU UTARA	Kota Tidore Kepulauan	RS Umum Sofifi	D	Pemprop	50
MALUKU UTARA	Pulau Taliabu	RS Umum Daerah Bobong (RSUD Kab. Pulau Taliabu)	Be	Pemkab	35
PAPUA	Asmat	RS Umum Daerah Agats Kab. Asmat	D	Pemkab	101
PAPUA	Biak Numfor	RS Lanu Manuhua	Be	TNI AU	33
PAPUA	Biak Numfor	RS Umum Biak	C	Pemkab	224
PAPUA	Biak Numfor	RS Angkatan Laut dr. R Gandhi AT	D	TNI AL	46
PAPUA	Boven Digoel	RS Umum Daerah Boven Digoel	Be	Pemkab	202
PAPUA	Deiyai	RS Umum Daerah Pratama Waghete (RSUD Deiyai)	D	Pemkab	45
PAPUA	Dogiyai	RS Umum Daerah Pratama Dogiyai	D Pratama	Pemkab	25
PAPUA	Intan Jaya	RS Umum Daerah Kabupaten Intan Jaya	D	Pemkab	45
PAPUA	Kota Jayapura	RS Jiwa Abepura	B	Pemprop	74
PAPUA	Jayapura	RS Umum Jayapura	B	Pemprop	383

Provinsi	Kab / Kota	Nama Rumah Sakit	Kelas	Pemilik	Jumlah Tempat Tidur
PAPUA	Jayapura	RS TNI Angkatan Darat Marthen Indey Jayapura	C	TNI AD	150
PAPUA	Jayapura	RS Provita Jayapura	C	Perorangan	135
PAPUA	Jayapura	RS Umum Daerah Yowari Sentani	C	Pemkab	146
PAPUA	Jayapura	RS TNI Angkatan Laut dr. Soedibjo Sardadi	C	TNI AL	110
PAPUA	Jayapura	RS Dian Harapan	C	Organisasi Sosial	194
PAPUA	Jayapura	RS Bhayangkara Jayapura	C	POLRI	97
PAPUA	Jayapura	RS AU Tkt. IV Lanud Silas Papare	D Pratama	TNI AU	33
PAPUA	Jayapura	RS Muara Tami (RSUD Ramela Muara Tami)	D	SWASTA/ LAINNYA	45
PAPUA	Jayawijaya	RS Efata Angguruk	Be	Organisasi Protestan	33
PAPUA	Jayawijaya	RS Umum Wamena	C	Pemkab	165
PAPUA	Keerom	RS Umum Daerah Kwaingga Kabupaten Keerom	D	Pemkab	114
PAPUA	Kep. Yapen	RS Umum Daerah Serui	C	Pemkab	137
PAPUA	Kota Jayapura	RS Umum Abepura	C	Pemprop	271
PAPUA	Lanny Jaya	RS Umum Daerah Tiom	Be	Pemkab	31
PAPUA	Mamberamo Raya	RS Umum Daerah Kawera	D Pratama	Pemkab	32
PAPUA	Mamberamo Tengah	RS Umum Daerah Lukas Enembe Kab. Memberamo Tengah	D Pratama	Pemkab	54
PAPUA	Mappi	RS Umum Daerah Kabupaten Mappi	D	Pemkab	92
PAPUA	Merauke	RS Umum Merauke	C	Pemkab	350
PAPUA	Merauke	RS TNI Angkatan Laut Merauke	D	TNI AL	48
PAPUA	Merauke	RS Umum Bunda pengharapan	D	Organisasi Sosial	67
PAPUA	Mimika	RS Mitra Masyarakat Timika	C	Organisasi Sosial	134
PAPUA	Mimika	RS Umum Daerah Kabupaten Mimika	C	Pemkab	155
PAPUA	Mimika	RS PT. Freeport Indonesia	D	SWASTA/ LAINNYA	24
PAPUA	Mimika	RS Waa Banti	D	Perusahaan	45
PAPUA	Mimika	Tjandra Medika Hospital	D Pratama	Perusahaan	53
PAPUA	Mimika	RS Kasih Herlina Mimika	D	SWASTA/ LAINNYA	56
PAPUA	Nabire	RS Umum Nabire	C	Pemkab	209
PAPUA	Nduga	RS Pratama Elvrida Sara	D	Pemkab	45
PAPUA	Paniai	RS Umum Daerah Paniai	D	Pemkab	129
PAPUA	Pegunungan Bintang	RS Umum Daerah Oksibil	D	Pemkab	43
PAPUA	Puncak Jaya	RS Immanuel	Be	Organisasi Protestan	33
PAPUA	Puncak Jaya	RS Umum Daerah Mulia	D	Pemkab	65
PAPUA	Sarmi	RS Hendrik Fintay Kabupaten Sarmi	Be	Pemkab	31
PAPUA	Supiori	RS Umum Daerah Supiori	D Pratama	Pemkab	66

Provinsi	Kab / Kota	Nama Rumah Sakit	Kelas	Pemilik	Jumlah Tempat Tidur
PAPUA	Tolikara	RS Umum Daerah Karubaga	D Pratama	Pemkab	26
PAPUA	Waropen	RS Umum Daerah Rumah Rodo Fabo	D Pratama	Pemkab	33
PAPUA	Yahukimo	RS Umum Daerah Dekai	D	Pemkab	75
PAPUA BARAT	Fak-fak	RS Umum Daerah Fakfak	C	Pemkab	128
PAPUA BARAT	Kaimana	RS Umum Daerah Kaimana	D	Pemkab	68
PAPUA BARAT	Kota Sorong	RS TK IV dr. Aryoko	Be	TNI AD	32
PAPUA BARAT	Kota Sorong	RS Umum Daerah Sele Be Solu	C	Pemkot	172
PAPUA BARAT	Kota Sorong	RS Pertamina Sorong	D	BUMN	74
PAPUA BARAT	Kota Sorong	RS Mutiara	D	Perorangan	58
PAPUA BARAT	Manokwari	RS Pembantu Manokwari	Be	TNI AD	26
PAPUA BARAT	Manokwari	RS Umum Daerah Manokwari	C	Pemkab	132
PAPUA BARAT	Manokwari	RS Umum Daerah Provinsi Papua Barat	C	Pemprop	249
PAPUA BARAT	Manokwari	RS AL dr. Azhar Zahir Manokwari	D	TNI AL	101
PAPUA BARAT	Manokwari	RS Pratama Warmare	D	Pemkab	63
PAPUA BARAT	Manokwari	RS Bhayangkara Lodewijk Mandatjan	D	POLRI	55
PAPUA BARAT	Kota Sorong	RS Angkatan Laut dr. R. Oetojo	D	TNI AL	106
PAPUA BARAT	Raja Ampat	RS Umum Daerah Raja Ampat	D	Pemkab	108
PAPUA BARAT	Sorong	RS Umum Daerah Kabupaten Sorong	C	Pemkab	149
PAPUA BARAT	Sorong	RS Kasih Herlina Sorong	D	Perorangan	75
PAPUA BARAT	Sorong	RS Maleo	D	SWASTA/ LAINNYA	50
PAPUA BARAT	Sorong Selatan	RS Umum Daerah Scholoo Keyen	C	Pemkab	77
PAPUA BARAT	Tambrauw	RS Umum Kelas D Pratama Kab Tambrauw	D Pratama	Pemkab	24
PAPUA BARAT	Teluk Bintuni	RS Umum Daerah Teluk Bintuni	C	Pemkab	55
PAPUA BARAT	Teluk Wondama	RS Umum Daerah Kabupaten Teluk Wondama	D	Pemkab	115

Sumber: *Sistem Informasi Rumah Sakit Kemenkes RI*. 2020 (diolah kembali)

4.4 Kondisi Pengelolaan Limbah Medis di Region VI

Pengelolaan limbah medis di Region VI berada dalam klaster terendah, yang berarti bahwa jumlah fasyankes yang memenuhi standar pengelolaan limbah medis di Region VI kurang dari 10% total fasyankes yang ada di Region VI. Berikut ini gambaran secara rinci jumlah dan persentase fasyankes yang mengelola limbah medis sesuai aturan pada masing-masing provinsi di wilayah Region VI.

Tabel 4-6 Jumlah dan persentase fasyankes yang mengelola limbah sesuai aturan di Region VI tahun 2016-2020

Tahun	2016	2017	2018	2019	2020
Region VI (Wilayah Maluku dan Papua)					
Total Fasyankes terdaftar	112	104	139	146	1055
Fasyankes yang mengelola limbah sesuai aturan	5	6	7	14	14
Persentase	4.46%	5.77%	5.04%	9.59%	1.33%
Provinsi Maluku					
Total Fasyankes terdaftar	27	28	28	35	243
Fasyankes yang mengelola limbah sesuai aturan	2	2	2	2	10
Persentase	7.41%	7.14%	7.14%	5.71%	4.12%
Provinsi Maluku Utara					
Total Fasyankes terdaftar	20	20	26	26	160
Fasyankes yang mengelola limbah sesuai aturan	3	3	3	3	1
Persentase	15.00%	15.00%	11.54%	11.54%	0.63%
Provinsi Papua Barat					
Total Fasyankes terdaftar	17	16	22	22	181
Fasyankes yang mengelola limbah sesuai aturan	0	0	1	8	2
Persentase	0.00%	0.00%	4.55%	36.36%	1.10%
Provinsi Papua					
Total Fasyankes terdaftar	48	40	63	63	471
Fasyankes yang mengelola limbah sesuai aturan	0	1	1	1	1
Persentase	0.00%	2.50%	1.59%	1.59%	0.21%

Sumber: *Direktorat Kesehatan Lingkungan Kemenkes RI*. 2020 (diolah kembali)

Adapun sebaran fasyankes yang mengelola limbah medis sesuai aturan pada tiap-tiap provinsi adalah sebagai berikut.

Tabel 4-7 Sebaran fasyankes yang mengelola limbah sesuai aturan di Region VI tahun 2016-2020

Jumlah Fasyankes yang mengelola limbah sesuai aturan di Tiap Kabupaten/Kota					
Tahun	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Provinsi Maluku Utara					
Kabupaten Halmahera Barat	-	-	-	-	-
Kabupaten Halmahera Tengah	-	-	-	-	-
Kabupaten Kepulauan Sula	-	-	-	-	-
Kabupaten Halmahera Selatan	-	-	-	-	-
Kabupaten Halmahera Utara	-	-	-	-	-
Kabupaten Halmahera Timur	-	-	-	-	-
Kabupaten Pulau Morotai	1	1	1	1	-
Kabupaten Pulau Taliabu	-	-	-	-	-
Kota Ternate	1	1	1	1	-
Kota Tidore Kepulauan	1	1	1	1	1
Provinsi Maluku					
Kabupaten Maluku Tenggara	1	1	1	1	-
Kabupaten Maluku Tengah	1	1	1	1	-

Jumlah Fasyankes yang mengelola limbah sesuai aturan di Tiap Kabupaten/Kota					
Tahun	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Kabupaten Kepulauan Tanimbar (MTB)	-	-	-	-	-
Kabupaten Buru	-	-	-	-	-
Kabupaten Kepulauan Aru	-	-	-	-	-
Kabupaten Seram Bagian Barat	-	-	-	-	-
Kabupaten Seram Bagian Timur	-	-	-	-	-
Kabupaten Maluku Barat Daya	-	-	-	-	-
Kabupaten Buru Selatan	-	-	-	-	-
Kota Ambon	-	-	-	-	10
Kota Tual	-	-	-	-	-
Provinsi Papua Barat					
Kabupaten Fakfak	-	-	-	-	-
Kabupaten Kaimana	-	-	-	1	-
Kabupaten Teluk Wondama	-	-	-	-	-
Kabupaten Manokwari	-	-	-	1	-
Kabupaten Sorong	-	-	1	2	-
Kabupaten Raja Ampat	-	-	-	1	-
Kabupaten Tambrauw	-	-	-	-	-
Kabupaten Maybrat	-	-	-	-	-
Kabupaten Manokwari Selatan	-	-	-	-	-
Kabupaten Pegunugan Arfak	-	-	-	-	-
Kota Sorong	-	-	-	2	-
Kabupaten Teluk Bintuni	-	-	-	-	1
Kabupaten Sorong Selatan	-	-	-	1	1
Provinsi Papua					
Kabupaten Merauke	-	-	-	-	-
Kabupaten Jayawijaya	-	-	-	-	-
Kabupaten Jayapura	-	-	-	1	1
Kabupaten Kepulauan Yapen	-	-	-	-	-
Kabupaten Biak Numfor	-	-	-	-	-
Kabupaten Paniai	-	-	-	-	-
Kabupaten Puncak Jaya	-	-	-	-	-
Kabupaten Mimika	-	-	-	-	-
Kabupaten Boven Digoel	-	-	-	-	-
Kabupaten Mappi	-	-	-	-	-
Kabupaten Asmat	-	-	-	-	-
Kabupaten Yahukimo	-	-	-	-	-
Kabupaten Pegunungan Bintang	-	-	-	-	-
Kabupaten Tolikara	-	-	-	-	-
Kabupaten Sarmi	-	-	-	-	-
Kabupaten Keerom	-	-	-	-	-
Kabupaten Waropen	-	-	-	-	-
Kabupaten Supiori	-	-	-	-	-

Jumlah Fasyankes yang mengelola limbah sesuai aturan di Tiap Kabupaten/Kota					
Tahun	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Kabupaten Mamberamo Raya	-	-	-	-	-
Kabupaten Nduga	-	-	-	-	-
Kabupaten Lanny Jaya	-	-	-	-	-
Kabupaten Mamberamo Tengah	-	-	-	-	-
Kabupaten Yalimo	-	-	-	-	-
Kabupaten Puncak	-	-	-	-	-
Kabupaten Dogiyai	-	-	-	-	-
Kabupaten Intan Jaya	-	-	-	-	-
Kabupaten Deiyai	-	-	-	-	-
Kota Jayapura	-	-	-	-	-
Kabupaten Nabire	-	1	1	-	-

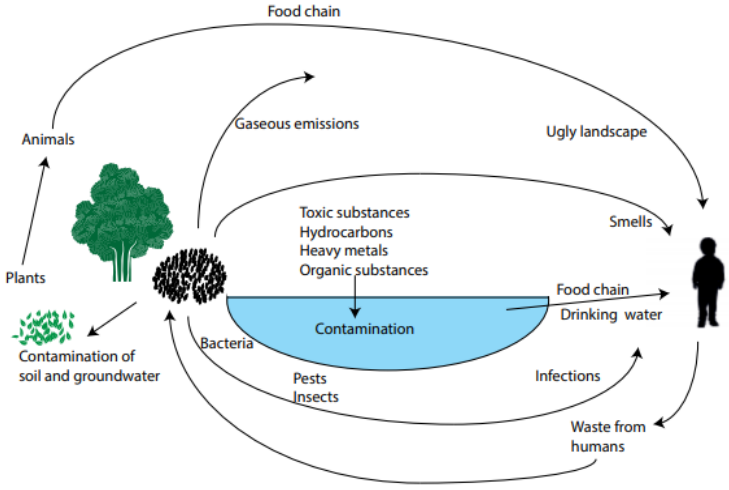
Sumber: *Direktorat Kesehatan Lingkungan Kemenkes RI*. 2020 (diolah kembali)

Dapat diketahui dari Tabel 4-7, bahwa sebagian besar fasyankes di wilayah Region VI tidak mengelola limbah medis sesuai aturan. Pada tahun 2020, PLM sesuai standar di wilayah ini secara agregat hanya mencapai 1,33% dan apabila ditinjau setiap provinsi, paling tinggi hanya mencapai 4,12% (Provinsi Maluku). Dari total 1.055 fasyankes yang terdaftar di Kemenkes, hanya 14 rumah sakit saja yang menjalankan pengolahan limbah medis sesuai aturan (Direktorat Kesehatan Lingkungan, 2019).

Pengelolaan limbah medis eksisting di Region VI sebagian besar dilakukan secara mandiri dengan pencacahan sederhana untuk limbah medis benda tajam, kemudian dilanjutkan dengan pembakaran biasa bersamaan dengan limbah medis lainnya dan/atau penimbunan terbuka (*open dumping*).

Bahaya serius yang dapat diakibatkan oleh pembakaran adalah senyawa racun yang ditimbulkannya. Sebagai contoh, sangat umum terbentuk karbon monoksida (CO), yang dapat menyebabkan keracunan atau kematian karena dapat berikatan membentuk karboksi hemoglobin sehingga darah tidak dapat lagi mensuplai cukup oksigen ke jaringan tubuh. Pembakaran limbah medis yang terkontaminasi senyawa infeksius akan lebih membahayakan lagi (Malayadi, 2017).

Sedangkan penimbunan terbuka (open dumping) menurut World Health Organization (WHO) dapat membahayakan manusia dan makhluk hidup lainnya melalui rantai makanan yang digambarkan sebagai berikut:

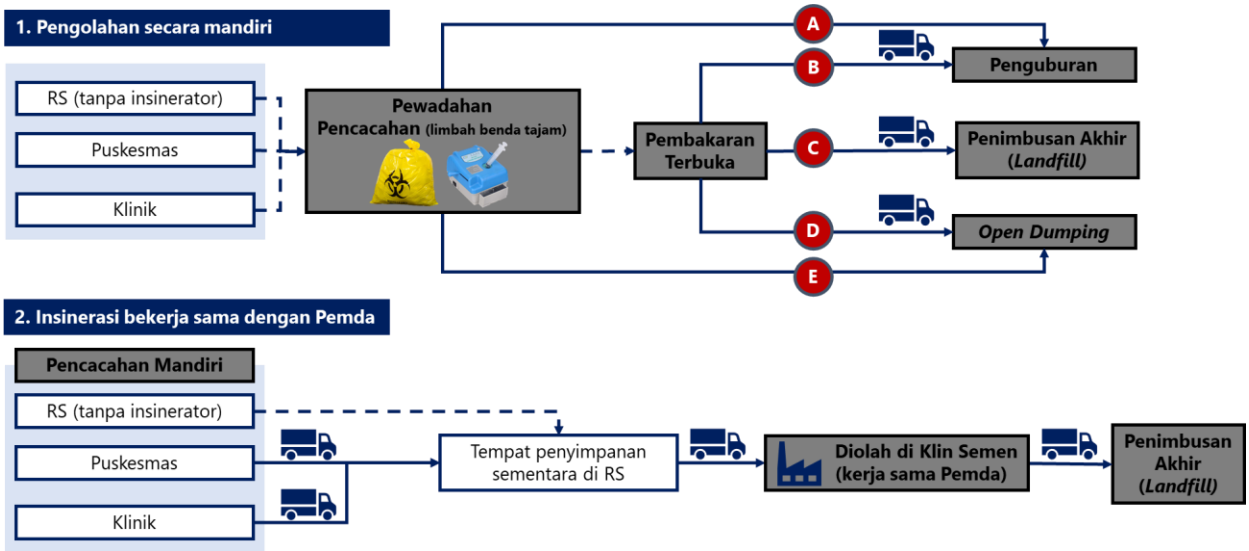


Sumber: *World Health Organization*. 2014

Gambar 4-2 Rantai Kontaminasi akibat Penimbunan Terbuka Limbah Medis

Karena belum memiliki fasilitas pengolah limbah medis yang berizin, upaya pengolahan limbah terbaik di Region VI dilakukan menggunakan insinerator yang lebih kecil jika dibandingkan dengan yang digunakan oleh rumah sakit besar di Pulau Jawa, yang belum mendapatkan izin baku mutu emisi dari KLHK. Insinerator lebih besar dan berizin yang terdekat dari Region VI terletak di Provinsi Sulawesi Tengah dan Sulawesi Selatan dengan total kapasitas 5,84 ton/hari. Selain itu, perusahaan pengelola limbah medis terdekat terletak di Provinsi Sulawesi Selatan dengan kapasitas pengolahan 2,4 ton/hari (Direktorat Kesehatan Lingkungan, 2019).

Secara singkat berikut adalah alternatif pengolahan limbah medis eksisting di wilayah Region VI.



BAB 5
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Identifikasi Jumlah Limbah Medis

Identifikasi jumlah limbah medis pada masing-masing rumah sakit dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan jumlah pasien pada masing-masing rumah sakit

Jumlah pasien di rumah sakit dalam Tugas Akhir ini diasumsikan sama dengan jumlah panggilan gawat darurat. Jumlah pasien merupakan fungsi dari jumlah penduduk. Volume panggilan gawat darurat di daerah pedesaan diasumsikan sebesar 1,23% dari total populasi per tahun (Huang, et al., 2001). Sehingga, volume panggilan gawat darurat dari tiap rumah sakit yang menjadi objek studi Tugas Akhir ini juga diasumsikan sebesar 1,23% dari jumlah penduduk daerah yang dicakup oleh rumah sakit per tahun.

2. Menentukan jumlah limbah medis pada masing-masing rumah sakit

Jumlah limbah medis dalam Tugas akhir ini merupakan fungsi dari jumlah pasien per hari dan jumlah tempat tidur dalam rumah sakit. Penentuan jumlah limbah medis dilakukan menggunakan formula sebagai berikut:

$$GW = -15.76 + 1.21(PAT) + 0.714(BED) + 10.74(TYPE)$$

Dimana:
GW = *generated waste* (jumlah limbah medis, kg/hari)
PAT = *patients* (jumlah pasien/hari)
BED = *beds* (jumlah kasur rumah sakit / hari)
TYPE = *dummy variable* (0 untuk rumah sakit swasta dan 1 untuk rumah sakit pemerintah)

(Bdour, et al., 2007)

3. Menentukan jumlah limbah medis yang harus diolah menggunakan insinerator pada masing-masing rumah sakit

Limbah medis infeksius, patologis, benda tajam, mengandung logam, bahan farmasi, dan sitotoksik merupakan objek dalam penelitian ini, dimana jenis limbah tersebut memerlukan pengolahan menggunakan insinerator. Jumlah limbah medis infeksius adalah 67,3% dari total limbah medis (Sabour et. al., 2007).

Berikut merupakan hasil identifikasi jumlah limbah medis yang harus diolah menggunakan insinerator pada masing-masing rumah sakit yang akan menjadi objek penelitian pada Tugas Akhir ini.

Tabel 5-1 Hasil identifikasi jumlah limbah medis pada masing-masing rumah sakit

Provinsi	Kab / Kota	Nama Rumah Sakit	Estimasi Jumlah Pasien Masuk IGD (orang/hari)	Jumlah Limbah Medis (Kg/hari)	Jumlah Limbah Medis yang Harus Di-Insinerasi (Kg/hari)
MALUKU	Buru Selatan	RS Umum Daerah Namrole (dr. Salim Alkatiri)	2	53.29	35.86
MALUKU	Buru Selatan	RS Pratama Raja Latubau Soel Negeri Fogi	2	26.16	17.60
MALUKU	Kepulauan Aru	RS Umum Daerah Cendrawasih Dobo	3	56.78	38.21
MALUKU	Kota Ambon	RS Tk. II Prof. dr. J. A. Latumeten	17	93.72	63.08
MALUKU	Kota Ambon	RSKD Provinsi Maluku	17	93.72	63.08
MALUKU	Kota Ambon	RS Umum Dr. M. Haulussy Ambon	17	342.91	230.78
MALUKU	Kota Ambon	RS Umum Pusat Dr. J. Leimena	17	140.85	94.79
MALUKU	Kota Ambon	RS Lanu Patimura	17	37.32	25.11
MALUKU	Kota Ambon	RS Alternatif BPSDM Provinsi Maluku	17	55.17	37.13
MALUKU	Kota Ambon	RS Sumber Hidup GPM	17	55.88	37.61
MALUKU	Kota Ambon	RS Al Fatah	17	71.59	48.18
MALUKU	Kota Ambon	Rumkital Dr. F. X. Suhardjo	17	90.15	60.67
MALUKU	Kota Ambon	RS Siloam Ambon	17	74.45	50.10
MALUKU	Kota Ambon	RS Hative	17	55.88	37.61
MALUKU	Kota Ambon	RS Umum Bakti Rahayu	17	42.32	28.48
MALUKU	Kota Ambon	RS Bhayangkara Ambon	17	83.73	56.35
MALUKU	Kota Tual	RS Umum Daerah Maren Kota Tual	3	37.42	25.18
MALUKU	Maluku Barat Daya	RS Umum Daerah Tiakur	2	17.96	12.09
MALUKU	Maluku Tengah	RS Umum Daerah dr. Ishak Umarella	13	506.48	340.86
MALUKU	Maluku Tengah	RS Umum Masohi	13	113.78	76.57
MALUKU	Maluku Tengah	RS Umum Daerah Banda	13	45.95	30.92
MALUKU	Maluku Tengah	RSUD Kab. Buru	13	59.51	40.05
MALUKU	Maluku Tengah	RS Umum Saparua	13	65.23	43.90
MALUKU	Maluku Tenggara	RS Umum Karel Sadsuitubun	3	154.72	104.12
MALUKU	Maluku Tenggara	RS Hati Kudus Langgur	3	63.32	42.62

Provinsi	Kab / Kota	Nama Rumah Sakit	Estimasi Jumlah Pasien Masuk IGD (orang/hari)	Jumlah Limbah Medis (Kg/hari)	Jumlah Limbah Medis yang Harus Di-Insinerasi (Kg/hari)
MALUKU	Maluku Tenggara Barat	RS Umum Daerah Dr. P. P. Magretti Saumlaki	4	33.17	22.32
MALUKU	Maluku Tenggara Barat	RS Fatima Saumlaki	4	32.45	21.84
MALUKU	Maluku Tenggara Barat	RS Umum Daerah dr. D. Anatototi	4	32.45	21.84
MALUKU	Seram Bagian Barat	RS Umum Piru	6	113.37	76.30
MALUKU	Seram Bagian Timur	RS Umum Daerah Bula	4	96.11	64.68
MALUKU	Seram Bagian Timur	RS Umum Goran Riun	4	32.56	21.91
MALUKU UTARA	Halmahera Barat	RS Umum Daerah Jailolo	4	91.99	61.91
MALUKU UTARA	Halmahera Selatan	RS Umum Daerah Labuha	8	100.39	67.56
MALUKU UTARA	Halmahera Selatan	RS Umum Obi	8	22.56	15.19
MALUKU UTARA	Halmahera Tengah	RS Lanud Morotai	2	11.59	7.80
MALUKU UTARA	Halmahera Tengah	RS Umum Daerah Weda	2	36.58	24.62
MALUKU UTARA	Halmahera Timur	RS Umum Daerah Maba	3	121.05	81.46
MALUKU UTARA	Halmahera Utara	RS Umum Daerah Tobelo	7	108.70	73.16
MALUKU UTARA	Halmahera Utara	RS Bethesda GMIH Tobelo	7	33.02	22.22
MALUKU UTARA	Pulau Morotai	RS Umum Daerah Kab. Pulau Morotai	2	42.06	28.31
MALUKU UTARA	Kepulauan Sula	RS Umum Daerah Sanana	4	49.24	33.14
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Umum Daerah Dr. H. Chasan Boesoirie Ternate	8	230.32	155.00
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Islam PKU Muhammadiyah Maluku Utara	8	36.11	24.30
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Umum Dharma Ibu Ternate	8	65.38	44.00
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Bhayangkara Tk. IV Ternate	8	20.40	13.73
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Tk. IV 16.07.01 TNI AD Ternate	8	32.54	21.90
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Prima Ternate	8	46.82	31.51
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Medika Harifalm Ternate	8	31.11	20.94
MALUKU UTARA	Kota Tidore Kepulauan	RS Umum Daerah Kota Tidore Kepulauan	3	111.25	74.87

Provinsi	Kab / Kota	Nama Rumah Sakit	Estimasi Jumlah Pasien Masuk IGD (orang/hari)	Jumlah Limbah Medis (Kg/hari)	Jumlah Limbah Medis yang Harus Di-Insinerasi (Kg/hari)
MALUKU UTARA	Kota Tidore Kepulauan	RS Jiwa Sofifi	3	17.00	11.44
MALUKU UTARA	Kota Tidore Kepulauan	RS Umum Sofifi	3	34.85	23.46
MALUKU UTARA	Pulau Taliabu	RS Umum Daerah Bobong (RSUD Kab. Pulau Taliabu)	2	22.15	14.91
PAPUA	Asmat	RS Umum Daerah Agats Kab. Asmat	3	71.16	47.89
PAPUA	Biak Numfor	RS Lanu Manuhua	4	23.66	15.92
PAPUA	Biak Numfor	RS Umum Biak	4	160.03	107.70
PAPUA	Biak Numfor	RS Angkatan Laut dr. R Gandhi AT	4	32.94	22.17
PAPUA	Boven Digoel	RS Umum Daerah Boven Digoel	0	139.29	93.74
PAPUA	Kota Jayapura	RS Jiwa Abepura	13	64.04	43.10
PAPUA	Jayapura	RS Umum Jayapura	6	275.99	185.74
PAPUA	Jayapura	RS TNI Angkatan Darat Marthen Indey Jayapura	6	109.63	73.78
PAPUA	Jayapura	RS Provita Jayapura	6	98.92	66.57
PAPUA	Jayapura	RS Umum Daerah Yowari Sentani	6	106.77	71.86
PAPUA	Jayapura	RS TNI Angkatan Laut dr. Soedibjo Sardadi	6	81.07	54.56
PAPUA	Jayapura	RS Dian Harapan	6	141.04	94.92
PAPUA	Jayapura	RS Bhayangkara Jayapura	6	71.79	48.31
PAPUA	Jayapura	RS AU Tkt. IV Lanud Silas Papare	6	26.09	17.56
PAPUA	Jayapura	RS Muara Tami (RSUD Ramela Muara Tami)	6	34.66	23.33
PAPUA	Keerom	RS Umum Daerah Kwaingga Kabupaten Keerom	1	78.14	52.59
PAPUA	Kep. Yapen	RS Umum Daerah Serui	4	97.97	65.94
PAPUA	Kota Jayapura	RS Umum Abepura	13	204.70	137.76
PAPUA	Mappi	RS Umum Daerah Kabupaten Mappi	4	65.77	44.26
PAPUA	Merauke	RS Umum Merauke	9	256.33	172.51
PAPUA	Merauke	RS TNI Angkatan Laut Merauke	9	40.70	27.39
PAPUA	Merauke	RS Umum Bunda pengharapan	9	54.26	36.52
PAPUA	Mimika	RS Mitra Masyarakat Timika	6	98.24	66.11
PAPUA	Mimika	RS Umum Daerah Kabupaten Mimika	6	113.23	76.21
PAPUA	Mimika	RS PT. Freeport Indonesia	6	19.70	13.26
PAPUA	Mimika	Tjandra Medika Hospital	6	40.40	27.19
PAPUA	Mimika	RS Kasih Herlina Mimika	6	42.55	28.63
PAPUA	Nabire	RS Umum Nabire	4	148.52	99.95

Provinsi	Kab / Kota	Nama Rumah Sakit	Estimasi Jumlah Pasien Masuk IGD (orang/hari)	Jumlah Limbah Medis (Kg/hari)	Jumlah Limbah Medis yang Harus Di-Insinerasi (Kg/hari)
PAPUA	Sarmi	RS Hendrik Fintay Kabupaten Sarmi	1	18.59	12.51
PAPUA	Supiori	RS Umum Daerah Supiori	1	42.90	28.87
PAPUA BARAT	Fak-fak	RS Umum Daerah Fakfak	1	87.91	59.17
PAPUA BARAT	Kaimana	RS Umum Daerah Kaimana	1	44.71	30.09
PAPUA BARAT	Kota Sorong	RS TK IV dr. Aryoko	4	22.94	15.44
PAPUA BARAT	Kota Sorong	RS Umum Daerah Sele Be Solu	4	122.90	82.71
PAPUA BARAT	Kota Sorong	RS Pertamina Sorong	4	52.93	35.62
PAPUA BARAT	Kota Sorong	RS Mutiara	4	41.50	27.93
PAPUA BARAT	Manokwari	RS Umum Daerah Manokwari	3	92.67	62.37
PAPUA BARAT	Manokwari	RS Umum Daerah Provinsi Papua Barat	3	176.21	118.59
PAPUA BARAT	Manokwari	RS AL dr. Azhar Zahir Manokwari	3	70.53	47.47
PAPUA BARAT	Manokwari	RS Pratama Warmare	3	43.40	29.21
PAPUA BARAT	Manokwari	RS Bhayangkara Lodewijk Mandatjan	3	37.69	25.37
PAPUA BARAT	Kota Sorong	RS Angkatan Laut dr. R. Oetojo	4	75.77	51.00
PAPUA BARAT	Raja Ampat	RS Umum Daerah Raja Ampat	1	73.03	49.15
PAPUA BARAT	Sorong	RS Umum Daerah Kabupaten Sorong	1	103.12	69.40
PAPUA BARAT	Sorong	RS Kasih Herlina Sorong	1	50.28	33.84
PAPUA BARAT	Sorong	RS Maleo	1	32.43	21.83
PAPUA BARAT	Sorong Selatan	RS Umum Daerah Scholoo Keyen	1	50.89	34.25
PAPUA BARAT	Teluk Bintuni	RS Umum Daerah Teluk Bintuni	1	35.45	23.86
PAPUA BARAT	Teluk Wondama	RS Umum Daerah Kabupaten Teluk Wondama	1	77.72	52.30

Sehingga, dapat diketahui bahwa untuk 31 Rumah Sakit di Provinsi Maluku, total limbah medis yang ditimbulkan sebanyak 2,78 ton.hari, dan estimasi limbah yang harus diolah dengan insinerator sebanyak 1,87 ton/hari. Untuk Provinisi Maluku Utara, sebanyak 21 Rumah Sakit objek penelitian menimbulkan 1,27 ton limbah medis setiap harinya, kemudian limbah medis yang harus diolah dengan insinerator diestimasikan sejumlah 0,85 ton/hati. Sementara itu untuk Provinsi Papua, terdapat 30 Rumah Sakit objek, yang menimbulkan sebesar 2,76 ton

limbah medis per hari, 1,86 ton dari total limbah tersebut harus diolah menggunakan insinerator setiap harinya. Kemudian, di Provinsi Papua Barat, terdapat 19 Rumah Sakit objek penelitian, yang menghasilkan timbulan limbah medis sekitar 1,29 ton/hari, dan sebanyak 0,87 ton diantaranya harus diolah menggunakan insinerator.

5.2 Penentuan Lokasi Pengumpulan

Lokasi pengumpulan merupakan lokasi yang ditentukan untuk mengumpulkan dan menyimpan sementara limbah medis yang ditimbulkan dari tiap-tiap rumah sakit di satu pulau. Lokasi pengumpulan yang dipilih adalah lokasi terdekat dengan fasilitas dermaga/pelabuhan di tiap-tiap pulau. Berikut adalah daftar lokasi pengumpulan untuk tiap-tiap rumah sakit.

Tabel 5-2 Lokasi pengumpulan limbah medis untuk masing-masing rumah sakit

Provinsi	Kab / Kota	Nama Rumah Sakit	Lokasi Pengumpulan	Jarak Darat (km)	Waktu Tempuh (jam)
MALUKU	Buru Selatan	RS Umum Daerah Namrole (dr. Salim Alkatiri)	Pelabuhan Namlea	124	2.88
MALUKU	Buru Selatan	RS Pratama Raja Latubau Soel Negeri Fogi	Pelabuhan Namlea	151	3.23
MALUKU	Kepulauan Aru	RS Umum Daerah Cendrawasih Dobo	Pelabuhan Dobo	6.1	0.22
MALUKU	Kota Ambon	RS Tk. II Prof. dr. J. A. Latumeten	Pelabuhan Ambon	1.2	0.07
MALUKU	Kota Ambon	RSKD Provinsi Maluku	Pelabuhan Ambon	14.7	0.42
MALUKU	Kota Ambon	RS Umum Dr. M. Haulussy Ambon	Pelabuhan Ambon	3	0.13
MALUKU	Kota Ambon	RS Umum Pusat Dr. J. Leimena	Pelabuhan Ambon	7.6	0.25
MALUKU	Kota Ambon	RS Lanu Patimura	Pelabuhan Ambon	20.2	0.50
MALUKU	Kota Ambon	RS Alternatif BPSDM Provinsi Maluku	Pelabuhan Ambon	9	0.25
MALUKU	Kota Ambon	RS Sumber Hidup GPM	Pelabuhan Ambon	1	0.05
MALUKU	Kota Ambon	RS Al Fatah	Pelabuhan Ambon	1.6	0.08
MALUKU	Kota Ambon	Rumkital Dr. F. X. Suhardjo	Pelabuhan Ambon	8.4	0.27
MALUKU	Kota Ambon	RS Siloam Ambon	Pelabuhan Ambon	5.1	0.18
MALUKU	Kota Ambon	RS Hative	Pelabuhan Ambon	13.4	0.40
MALUKU	Kota Ambon	RS Umum Bakti Rahayu	Pelabuhan Ambon	1.6	0.08
MALUKU	Kota Ambon	RS Bhayangkara Ambon	Pelabuhan Ambon	4.4	0.18
MALUKU	Kota Tual	RS Umum Daerah Maren Kota Tual	Pelabuhan Tual	11.8	0.37
MALUKU	Maluku Barat Daya	RS Umum Daerah Tiakur	Pelabuhan Moa	7.4	0.20
MALUKU	Maluku Tengah	RS Umum Daerah dr. Ishak Umarella	Pelabuhan Ambon	26.6	0.77
MALUKU	Maluku Tengah	RS Umum Masohi	Pelabuhan Amahai	7.5	0.22

Provinsi	Kab / Kota	Nama Rumah Sakit	Lokasi Pengumpulan	Jarak Darat (km)	Waktu Tempuh (jam)
MALUKU	Maluku Tengah	RS Umum Daerah Banda	Pelabuhan Banda Naira	0.7	0.05
MALUKU	Maluku Tengah	RSUD Kab. Buru	Pelabuhan Namlea	6.4	0.18
MALUKU	Maluku Tengah	RS Umum Saparua	Pelabuhan Haria/Saparua	2.1	0.13
MALUKU	Maluku Tenggara	RS Umum Karel Sadsuitubun	Pelabuhan Tual	1.5	0.07
MALUKU	Maluku Tenggara	RS Hati Kudus Langgur	Pelabuhan Tual	1	0.05
MALUKU	Maluku Tenggara Barat	RS Umum Daerah Dr. P. P. Magretti Saumlaki	Pelabuhan Saumlaki	2.6	0.10
MALUKU	Maluku Tenggara Barat	RS Fatima Saumlaki	Pelabuhan Saumlaki	2.1	0.10
MALUKU	Maluku Tenggara Barat	RS Umum Daerah dr. D. Anatototi	Pelabuhan Saumlaki	153	3.72
MALUKU	Seram Bagian Barat	RS Umum Piru	Pelabuhan Amahai	188	3.73
MALUKU	Seram Bagian Timur	RS Umum Daerah Bula	Pelabuhan Bula	5.3	0.18
MALUKU	Seram Bagian Timur	RS Umum Goran Riun	Pelabuhan Gorom/Gorong	1	0.05
MALUKU UTARA	Halmahera Barat	RS Umum Daerah Jailolo	Pelabuhan Jailolo	17.2	0.27
MALUKU UTARA	Halmahera Selatan	RS Umum Daerah Labuha	Pelabuhan Babang/Labuha	10.9	0.33
MALUKU UTARA	Halmahera Selatan	RS Umum Obi	Pelabuhan Laiwui	2.2	0.13
MALUKU UTARA	Halmahera Tengah	RS Lanud Morotai	Pelabuhan Daruba (Morotai)	8.4	0.25
MALUKU UTARA	Halmahera Tengah	RS Umum Daerah Weda	Pelabuhan Weda	2.8	0.10
MALUKU UTARA	Halmahera Timur	RS Umum Daerah Maba	Pelabuhan Buli	42.6	1.05
MALUKU UTARA	Halmahera Utara	RS Umum Daerah Tobelo	Pelabuhan Tobelo	2.8	0.13
MALUKU UTARA	Halmahera Utara	RS Bethesda GMIH Tobelo	Pelabuhan Tobelo	2	0.10
MALUKU UTARA	Pulau Morotai	RS Umum Daerah Kab. Pulau Morotai	Pelabuhan Daruba (Morotai)	8.4	0.25
MALUKU UTARA	Kepulauan Sula	RS Umum Daerah Sanana	Pelabuhan Sanana	1.8	0.08
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Umum Daerah Dr. H. Chasan Boesoirie Ternate	Pelabuhan Ternate	2.2	0.12
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Islam PKU Muhammadiyah Maluku Utara	Pelabuhan Ternate	3.7	0.17
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Umum Dharma Ibu Ternate	Pelabuhan Ternate	1.2	0.07

Provinsi	Kab / Kota	Nama Rumah Sakit	Lokasi Pengumpulan	Jarak Darat (km)	Waktu Tempuh (jam)
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Bhayangkara Tk. IV Ternate	Pelabuhan Ternate	0.9	0.05
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Tk. IV 16.07.01 TNI AD Ternate	Pelabuhan Ternate	1.3	0.08
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Prima Ternate	Pelabuhan Ternate	2	0.10
MALUKU UTARA	Kota Ternate	RS Medika Harifalm Ternate	Pelabuhan Ternate	1	0.07
MALUKU UTARA	Kota Tidore Kepulauan	RS Umum Daerah Kota Tidore Kepulauan	Pelabuhan Trikora (Soasio)	1.3	0.07
MALUKU UTARA	Kota Tidore Kepulauan	RS Jiwa Sofifi	Pelabuhan Sofifi	8	0.23
MALUKU UTARA	Kota Tidore Kepulauan	RS Umum Sofifi	Pelabuhan Sofifi	1.6	0.07
MALUKU UTARA	Pulau Taliabu	RS Umum Daerah Bobong (RSUD Kab. Pulau Taliabu)	Pelabuhan Bobong	3.6	0.15
PAPUA	Asmat	RS Umum Daerah Agats Kab. Asmat	Pelabuhan Agats	0.5	0.05
PAPUA	Biak Numfor	RS Lanu Manuhua	Pelabuhan Biak	1.6	0.07
PAPUA	Biak Numfor	RS Umum Biak	Pelabuhan Biak	6	0.18
PAPUA	Biak Numfor	RS Angkatan Laut dr. R Gandhi AT	Pelabuhan Biak	2.2	0.08
PAPUA	Boven Digoel	RS Umum Daerah Boven Digoel	Pelabuhan Tanah Merah/Boven Digoel	8.4	0.27
PAPUA	Kota Jayapura	RS Jiwa Abepura	Pelabuhan Jayapura	12.7	0.40
PAPUA	Jayapura	RS Umum Jayapura	Pelabuhan Jayapura	3	0.12
PAPUA	Jayapura	RS TNI Angkatan Darat Marthen Indey Jayapura	Pelabuhan Jayapura	2.4	0.12
PAPUA	Jayapura	RS Provita Jayapura	Pelabuhan Jayapura	1.7	0.07
PAPUA	Jayapura	RS Umum Daerah Yowari Sentani	Pelabuhan Jayapura	41.8	1.10
PAPUA	Jayapura	RS TNI Angkatan Laut dr. Soedibjo Sardadi	Pelabuhan Jayapura	3	0.10
PAPUA	Jayapura	RS Dian Harapan	Pelabuhan Jayapura	17.2	0.52
PAPUA	Jayapura	RS Bhayangkara Jayapura	Pelabuhan Jayapura	10.8	0.32
PAPUA	Jayapura	RS AU Tkt. IV Lanud Silas Papare	Pelabuhan Jayapura	35.5	0.93
PAPUA	Jayapura	RS Muara Tami (RSUD Ramela Muara Tami)	Pelabuhan Jayapura	21.5	0.53
PAPUA	Keerom	RS Umum Daerah Kwaingga Kabupaten Keerom	Pelabuhan Jayapura	53.2	1.03
PAPUA	Kep. Yapen	RS Umum Daerah Serui	Pelabuhan Serui	3.8	0.15
PAPUA	Kota Jayapura	RS Umum Abepura	Pelabuhan Jayapura	12.6	0.42
PAPUA	Mappi	RS Umum Daerah Kabupaten Mappi	Pelabuhan Moor	56.2	1.55
PAPUA	Merauke	RS Umum Merauke	Pelabuhan Merauke	2.4	0.13
PAPUA	Merauke	RS TNI Angkatan Laut Merauke	Pelabuhan Merauke	2	0.10
PAPUA	Merauke	RS Umum Bunda pengharapan	Pelabuhan Merauke	8.9	0.30

Provinsi	Kab / Kota	Nama Rumah Sakit	Lokasi Pengumpulan	Jarak Darat (km)	Waktu Tempuh (jam)
PAPUA	Mimika	RS Mitra Masyarakat Timika	Pelabuhan Amamapare	50	1.20
PAPUA	Mimika	RS Umum Daerah Kabupaten Mimika	Pelabuhan Amamapare	38.4	0.93
PAPUA	Mimika	RS PT. Freeport Indonesia	Pelabuhan Amamapare	40.2	0.97
PAPUA	Mimika	Tjandra Medika Hospital	Pelabuhan Amamapare	43.7	1.08
PAPUA	Mimika	RS Kasih Herlina Mimika	Pelabuhan Amamapare	41.5	0.98
PAPUA	Nabire	RS Umum Nabire	Pelabuhan Nabire	18.7	0.72
PAPUA	Sarmi	RS Hendrik Fintay Kabupaten Sarmi	Pelabuhan Sarmi	54.2	1.30
PAPUA	Supiori	RS Umum Daerah Supiori	Pelabuhan Korido	20.3	0.55
PAPUA BARAT	Fak-fak	RS Umum Daerah Fakfak	Pelabuhan Fakfak	2.7	0.10
PAPUA BARAT	Kaimana	RS Umum Daerah Kaimana	Pelabuhan Kaimana	10.8	0.33
PAPUA BARAT	Kota Sorong	RS TK IV dr. Aryoko	Pelabuhan Sorong	6.8	0.23
PAPUA BARAT	Kota Sorong	RS Umum Daerah Sele Be Solu	Pelabuhan Sorong	11.5	0.32
PAPUA BARAT	Kota Sorong	RS Pertamina Sorong	Pelabuhan Sorong	2.9	0.10
PAPUA BARAT	Kota Sorong	RS Mutiara	Pelabuhan Sorong	3.2	0.18
PAPUA BARAT	Manokwari	RS Umum Daerah Manokwari	Pelabuhan Manokwari	0.45	0.02
PAPUA BARAT	Manokwari	RS Umum Daerah Provinsi Papua Barat	Pelabuhan Manokwari	5.7	0.20
PAPUA BARAT	Manokwari	RS AL dr. Azhar Zahir Manokwari	Pelabuhan Manokwari	4	0.15
PAPUA BARAT	Manokwari	RS Pratama Warmare	Pelabuhan Manokwari	47.9	1.22
PAPUA BARAT	Manokwari	RS Bhayangkara Lodewijk Mandatjan	Pelabuhan Manokwari	21.6	0.67
PAPUA BARAT	Kota Sorong	RS Angkatan Laut dr. R. Oetojo	Pelabuhan Sorong	4.7	0.15
PAPUA BARAT	Raja Ampat	RS Umum Daerah Raja Ampat	Pelabuhan Waisai	4.7	0.15
PAPUA BARAT	Sorong	RS Umum Daerah Kabupaten Sorong	Pelabuhan Sorong	21.4	0.57
PAPUA BARAT	Sorong	RS Kasih Herlina Sorong	Pelabuhan Sorong	6.2	0.22
PAPUA BARAT	Sorong	RS Maleo	Pelabuhan Sorong	3.4	0.13
PAPUA BARAT	Sorong Selatan	RS Umum Daerah Scholoo Keyen	Pelabuhan Teminabuan	9.2	0.35
PAPUA BARAT	Teluk Bintuni	RS Umum Daerah Teluk Bintuni	Pelabuhan Bintuni	0.9	0.03
PAPUA BARAT	Teluk Wondama	RS Umum Daerah Kabupaten Teluk Wondama	Pelabuhan Wasior	5.3	0.17

Sehingga untuk tiap pelabuhan yang menjadi lokasi pengumpulan sebagai berikut:

Tabel 5-3 Jumlah Muatan (limbah medis yang di-insinerasi) pada tiap Lokasi Pengumpulan

No	Provinsi	Nama Pelabuhan	Kode Pelabuhan	Jumlah Muatan (Limbah Medis yang Di-Insinerasi dalam satuan Kg/hari)
1	MALUKU	Pelabuhan Namlea	NAM	93.52
2	MALUKU	Pelabuhan Bula	BLA	64.68
3	MALUKU	Pelabuhan Gorom/Gorong	GMR	21.91
4	MALUKU	Pelabuhan Banda Naira	NDA	30.92
5	MALUKU	Pelabuhan Amahai	AHI	152.87
6	MALUKU	Pelabuhan Haria/Saparua	RUH	43.90
7	MALUKU	Pelabuhan Ambon	AMQ	1,173.82
8	MALUKU	Pelabuhan Tual	TUA	171.92
9	MALUKU	Pelabuhan Dobo	DOB	38.21
10	MALUKU	Pelabuhan Saumlaki	SXK	66.00
11	MALUKU	Pelabuhan Moa	KWU	12.09
12	MALUKU UTARA	Pelabuhan Bobong	BOG	14.91
13	MALUKU UTARA	Pelabuhan Sanana	SQN	33.14
14	MALUKU UTARA	Pelabuhan Laiwui	LWI	15.19
15	MALUKU UTARA	Pelabuhan Babang/Labuha	BBG	67.56
16	MALUKU UTARA	Pelabuhan Weda	WED	24.62
17	MALUKU UTARA	Pelabuhan Buli	BLI	81.46
18	MALUKU UTARA	Pelabuhan Tobelo	TBO	95.38
19	MALUKU UTARA	Pelabuhan Daruba (Morotai)	DRA	36.11
20	MALUKU UTARA	Pelabuhan Jailolo	JIO	61.91
21	MALUKU UTARA	Pelabuhan Ternate	TEI	311.38
22	MALUKU UTARA	Pelabuhan Trikora (Soasio)	SIO	74.87
23	MALUKU UTARA	Pelabuhan Sofifi	SFI	34.90
24	PAPUA	Pelabuhan Nabire	NBX	99.95
25	PAPUA	Pelabuhan Serui	ZRI	65.94
26	PAPUA	Pelabuhan Biak	BIK	145.79
27	PAPUA	Pelabuhan Korido	IKU	28.87
28	PAPUA	Pelabuhan Sarmi	ZRM	12.51
29	PAPUA	Pelabuhan Jayapura	DJJ	870.08
30	PAPUA	Pelabuhan Amamapare	AMA	211.40
31	PAPUA	Pelabuhan Agats	AGS	47.89
32	PAPUA	Pelabuhan Moor	MMR	44.26
33	PAPUA	Pelabuhan Tanah Merah/Boven Digoel	BDL	93.74
34	PAPUA	Pelabuhan Merauke	MKQ	236.42
35	PAPUA BARAT	Pelabuhan Kaimana	KNG	30.09
36	PAPUA BARAT	Pelabuhan FakFak	FKQ	59.17
37	PAPUA BARAT	Pelabuhan Bintuni	NTI	23.86
38	PAPUA BARAT	Pelabuhan Teminabuan	NAB	34.25
39	PAPUA BARAT	Pelabuhan Sorong	SOQ	337.76
40	PAPUA BARAT	Pelabuhan Waisai	WSA	49.15
41	PAPUA BARAT	Pelabuhan Manokwari	MKW	283.00
42	PAPUA BARAT	Pelabuhan Wasior	WSR	52.30
TOTAL				**5,448**

Dapat diketahui dari Tabel 5-3 bahwa terdapat 42 titik lokasi pengumpulan atau 42 pelabuhan, di Provinsi Maluku sebanyak 11 titik, Provinsi Maluku Utara sebanyak 12 titik, Provinsi Papua sebanyak 11 titik, dan Provinsi Papua Barat sebanyak 8 titik.

5.3 Alternatif Pola Operasi

Dalam penelitian ini, untuk dapat melayani pengelolaan limbah medis di wilayah Region VI dengan transportasi laut, dibuat 3 (tiga) alternatif pola operasi sebagai berikut:

Tabel 5-4 Alternatif Pola Operasi

	A	B	C
Pola Operasi	*Multi-Port Relay*	*Hub and Spoke*	*Multi-Port Relay*
Banyaknya Bagian	4 (empat)	8 (delapan)	2 (dua)
Dasar Pembagian	Provinsi	Jarak Terdekat	Klasterisasi
Daftar Wilayah	1. Prov. Maluku 2. Prov. Maluku Utara 3. Prov. Papua 4. Prov. Papua Barat	1. Prov. Maluku bagian Utara 2. Prov. Maluku bagian Selatan 3. Prov. Maluku Utara bagian Sentral 4. Prov. Maluku Utara bagian Utara 5. Prov. Maluku Utara bagian Selatan 6. Kepulauan Papua Bagian Tenggara 7. Kepulauan Papua Bagian Timur Laut 8. Kepulauan Papua Bagian Barat	1. Klaster Maluku 2. Klaster Papua

5.4 Penentuan Kandidat Lokasi Pangkal Pengolahan

Dari setiap alternatif dan wilayah operasi pada Tabel 5-4, dilakukan penentuan kandidat lokasi pangkal pengolahan. Lokasi pangkal pengolahan dalam Skenario 1 (*Land Facility)* merupakan lokasi pengumpulan (titik pelabuhan) yang paling dekat dengan lokasi pengolahan dan penimbunan di darat. Sementara itu, lokasi pangkal pengolahan dalam Skenario 2 (*Floating Facility)* merupakan lokasi pengumpulan (titik pelabuhan) yang menjadi *base* untuk kapal beroperasi, yakni menjadi titik awal dan titik akhir pelayaran, serta tempat kapal bersandar untuk menyelesaikan proses pengolahan limbah medis sebelum ditimbun ke TPA di darat.

Penentuan lokasi pangkal pengolahan dilakukan dengan meninjau terlebih dahulu ketersediaan lahan penimbunan limbah yang dikhususkan untuk limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Apabila terdapat lahan penimbunan limbah B3, maka lokasi pangkal pengolahan akan dipilih pada titik tersebut. Apabila tidak terdapat lahan penimbunan limbah B3, maka penentuan lokasi pangkal pengolahan dilakukan menggunakan metode *Center of Gravity*, yakni menentukan titik koordinat lokasi tersebut dengan memperhatikan bobot, yang dalam penelitian ini merupakan jumlah limbah pada tiap-tiap pelabuhan/lokasi pengumpulan.

Berikut merupakan formula *Center of Gravity* dalam menentukan koordinat lokasi pangkal pengolahan:

$$C_x = \frac{\sum Dp_x W_p}{\sum W_p}$$

$$C_y = \frac{\sum Dp_y W_p}{\sum W_p}$$

Dimana:
C_x = Koordinat X yang akan menjadi lokasi pangkal pengolahan
C_y = Koordinat Y yang akan menjadi lokasi pangkal pengolahan
Dp_x = Koordinat X pada lokasi (p)
Dp_y = Koordinat Y pada lokasi (p)
W_p = Jumlah limbah medis pada lokasi (p)

Berikut merupakan hasil penentuan kandidat lokasi pangkal pengolahan untuk tiap-tiap alternatif pola operasi dan wilayah operasi.

5.4.1 Alternatif Pola Operasi A

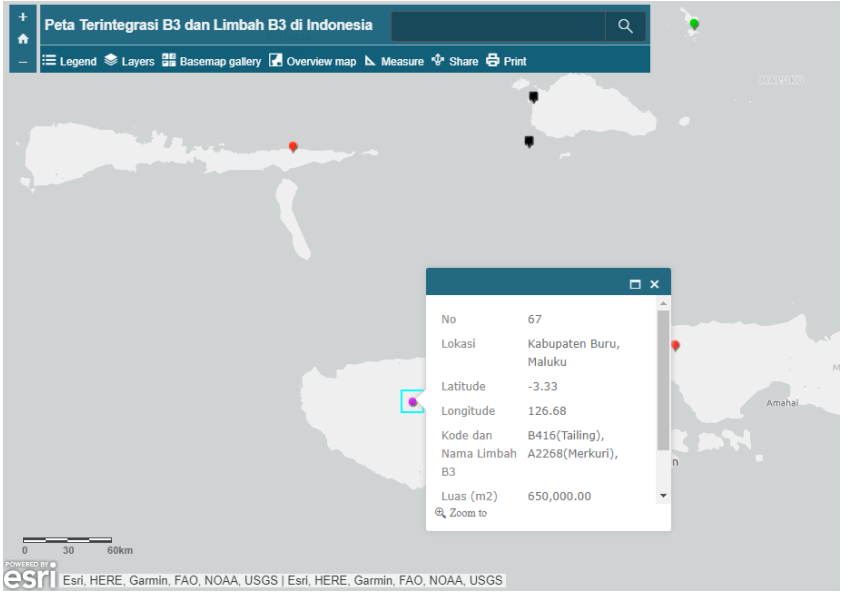
Pada alternatif ini, pola operasi yang digunakan adalah multiple relay dengan 4 (empat) pembagian wilayah berdasarkan provinsi, secara jelas sebagai berikut:

Gambar 5-1 Pembagian Wilayah Operasi Alternaif A

Pada Gambar 5-1, dapat diketahui bahwa I adalah wilayah operasi Provinsi Maluku, II merupakan wilayah Provinsi Maluku Utara, III merupakan wilayah Provinsi Papua, serta IV merupakan wilayah Provinsi Papua Barat. Berikut ini adalah penentuan kandidat lokasi pangkal untuk setiap wilayah operasi:

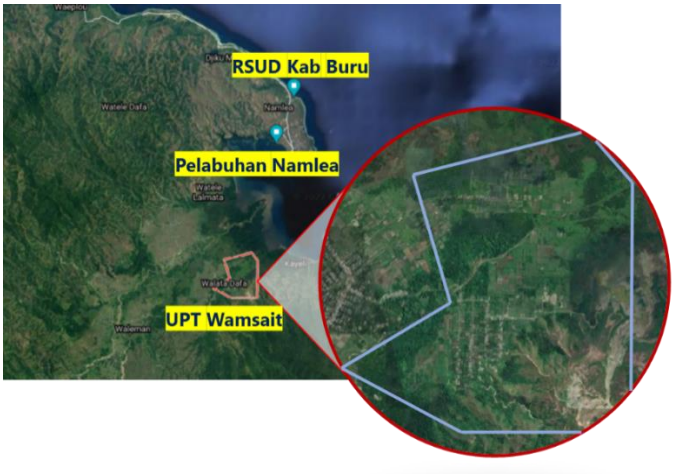
1. Wilayah Operasi Provinsi Maluku

Menurut peta terintegrasi B3 dan Limbah B3 di Indonesia, di Provinsi Maluku, telah terdapat lahan penimbunan limbah B3 yang bertempat di Pulau Buru, paling dekat dengan titik pengumpulan Pelabuhan Namlea. Sehingga, lokasi pangkal pengolahan untuk wilayah Provinsi Maluku adalah titik NAM.



Gambar 5-2 Lahan penimbunan B3 eksisting di Pulau Buru

Lokasi penimbunan tersebut terletak di daerah Wamsait, lebih jelas sebagai berikut.



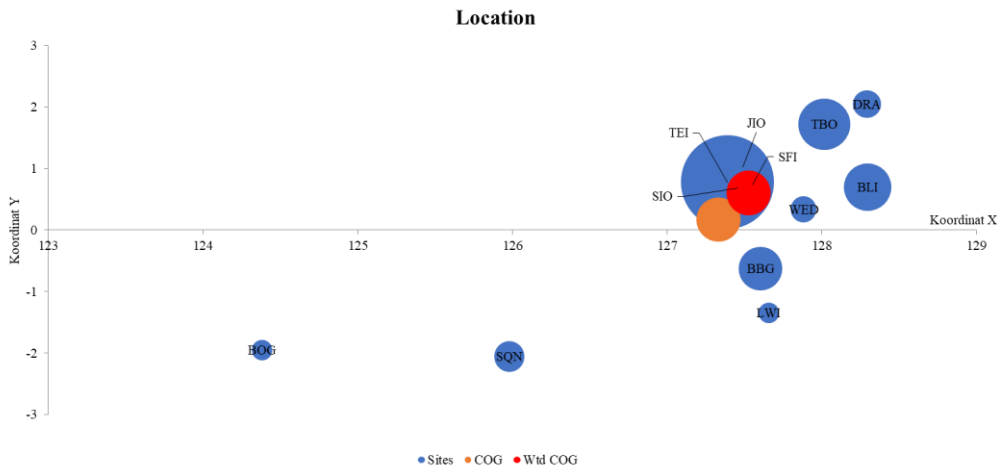
Gambar 5-3 Lokasi Lahan penimbunan B3 eksisting di Pulau Buru

2. Wilayah Operasi Provinsi Maluku Utara

Di Provinsi Maluku Utara belum terdapat lahan penimbunan limbah B3. Oleh karena itu, untuk menentukan lokasi pangkal pengolahan digunakan metode *center of gravity*. Berikut adalah hasil perhitungan menggunakan metode tersebut.

Tabel 5-5 Hasil Perhitungan *Center of Gravity* Wilayah Maluku Utara

Titik	Bobot	Koord. X	Koord. Y
BOG	14.91	124.38	-1.95
SQN	33.14	125.98	-2.06
LWI	15.19	127.66	-1.34
BBG	67.56	127.60	-0.63
WED	24.62	127.88	0.33
BLI	81.46	128.30	0.70
TBO	95.38	128.01	1.72
DRA	28.31	128.29	2.05
JIO	61.91	127.49	1.03
TEI	311.38	127.39	0.78
SIO	74.87	127.46	0.68
SFI	34.90	127.55	0.73
Jumlah	**843.62**	**1527.99**	**2.05**
Rata - Rata	**70.30**	**127.33**	**0.17**
***Weighted Ave* (COG)**		**127.53**	**0.61**



Gambar 5-4 *Center of Gravity* Wilayah Operasi Provinsi Maluku Utara

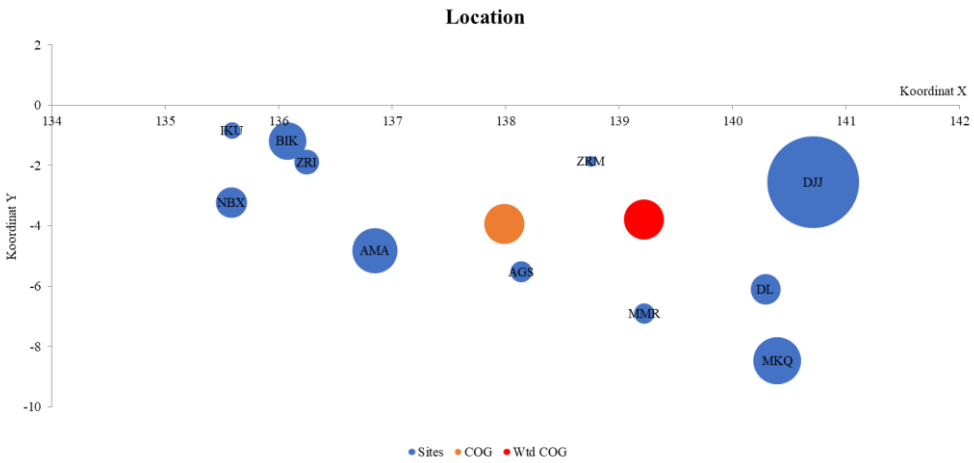
Koordinat hasil perhitungan pada Tabel 5-5 dan dilihat dari Gambar 5-4 berada di dekat 4 titik lokasi pengumpulan, yakni Pelabuhan Jailolo (titik JIO), Pelabuhan Sofifi (titik SFI), Pelabuhan Ternate (titik TEI), dan Pelabuhan Trikora/Soasio (titik SIO). Dari keempat titik tersebut, dipilih titik pelabuhan dengan jumlah limbah paling banyak. Sehingga untuk Wilayah Maluku Utara terpilih lokasi pangkalnya adalah titik TEI, Pelabuhan Ternate.

3. Wilayah Operasi Provinsi Papua

Di Provinsi Papua belum terdapat lahan penimbunan limbah B3. Oleh karena itu, untuk menentukan lokasi pangkal pengolahan digunakan metode *center of gravity*. Berikut adalah hasil perhitungan menggunakan metode tersebut.

Tabel 5-6 Hasil Perhitungan *Center of Gravity* Wilayah Papua

Titik	Bobot	Koord. X	Koord. Y
NBX	99.95	135.58	-3.23
ZRI	65.94	136.25	-1.89
BIK	145.63	136.08	-1.19
IKU	28.87	135.59	-0.84
ZRM	12.51	138.75	-1.86
DJJ	869.90	140.71	-2.54
AMA	211.40	136.85	-4.82
AGS	47.89	138.14	-5.52
MMR	44.26	139.22	-6.91
BDL	93.74	140.29	-6.10
MKQ	236.42	140.40	-8.47
NBX	99.95	135.58	-3.23
Jumlah	**1856.52**	**1517.85**	**-43.37**
Rata - Rata	**168.77**	**137.99**	**-3.94**
***Weighted Ave* (COG)**		**139.22**	**-3.79**



Gambar 5-5 *Center of Gravity* Wilayah Operasi Provinsi Papua

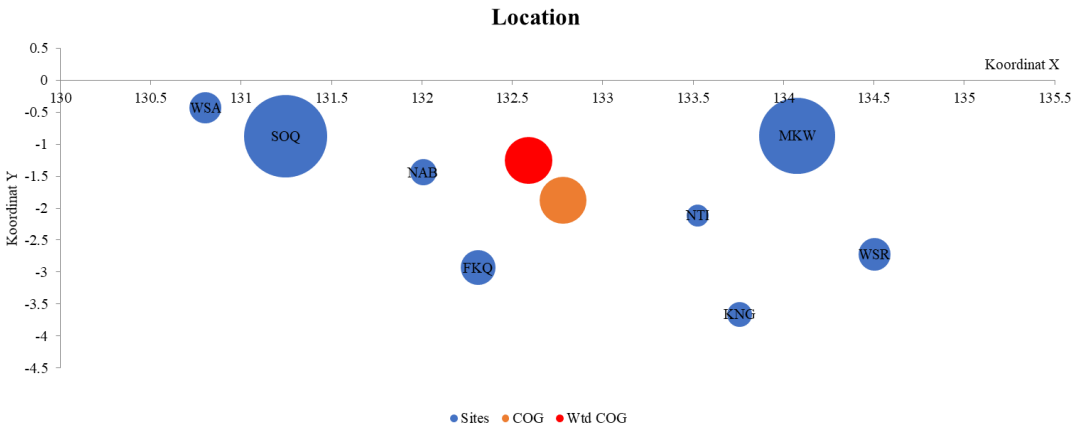
Koordinat hasil perhitungan pada Tabel 5-6 dan dilihat dari Gambar 5-5 berada di dekat 2 titik lokasi pengumpulan, yakni Pelabuhan Amamapare (titik AMA) dan Pelabuhan Agats (AGS). Dari kedua titik tersebut, dipilih titik pelabuhan dengan jumlah limbah paling banyak. Sehingga untuk Wilayah Papua terpilih lokasi pangkalnya adalah titik AMA, Pelabuhan Amamapare.

4. Wilayah Operasi Provinsi Papua Barat

Di Provinsi Papua Barat belum terdapat lahan penimbunan limbah B3. Oleh karena itu, untuk menentukan lokasi pangkal pengolahan digunakan metode *center of gravity*. Berikut adalah hasil perhitungan menggunakan metode tersebut.

Tabel 5-7 Hasil Perhitungan *Center of Gravity* Wilayah Papua Barat

Titik	Bobot	Koord. X	Koord. Y
KNG	30.09	133.76	-3.66
FKQ	59.17	132.31	-2.93
NTI	23.86	133.53	-2.11
NAB	34.25	132.01	-1.44
SOQ	337.76	131.25	-0.88
WSA	49.15	130.80	-0.43
MKW	283.00	134.08	-0.87
WSR	52.30	134.50	-2.73
Jumlah	869.58	1062.23	-15.05
Rata - Rata	108.70	132.78	-1.88
***Weighted Ave* (COG)**		132.59	-1.25

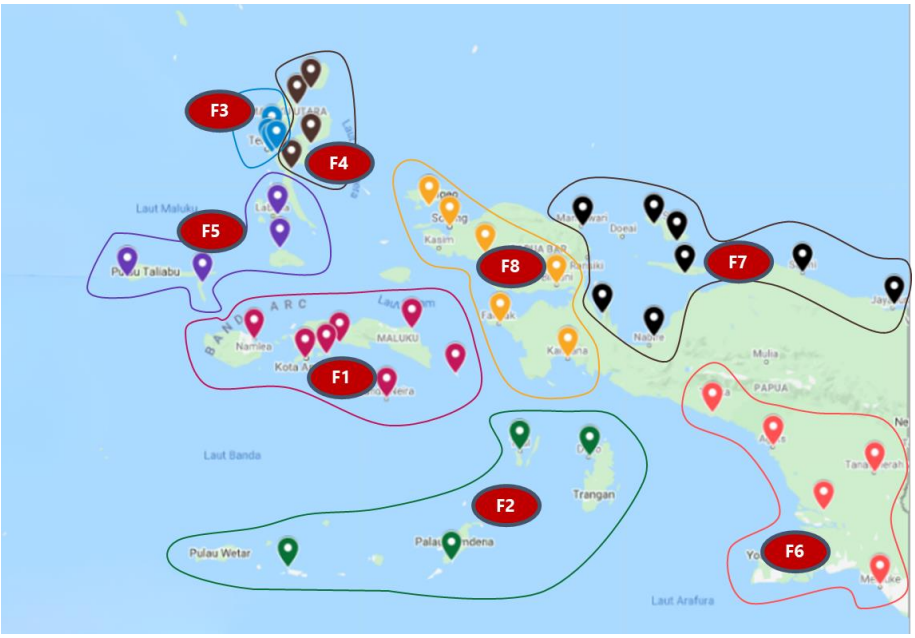


Gambar 5-6 *Center of Gravity* Wilayah Operasi Provinsi Papua Barat

Koordinat hasil perhitungan pada Tabel 5-7 dan dilihat dari Gambar 5-6 berada di dekat 3 titik lokasi pengumpulan, yakni Pelabuhan Teminabuan (titik NAB), Pelabuhan Fakfak (titik FKQ), dan Pelabuhan Bintuni (titik NTI). Dari ketiga titik tersebut, dipilih titik pelabuhan dengan jumlah limbah paling banyak. Sehingga untuk Wilayah Papua Barat terpilih lokasi pangkalnya adalah titik FKQ, Pelabuhan Fakfak.

5.4.2 Alternatif Pola Operasi B

Pada alternatif ini, pola operasi yang digunakan adalah *hub and spoke* dengan 8 (delapan) pembagian wilayah berdasarkan jarak terdekat, secara jelas sebagai berikut:

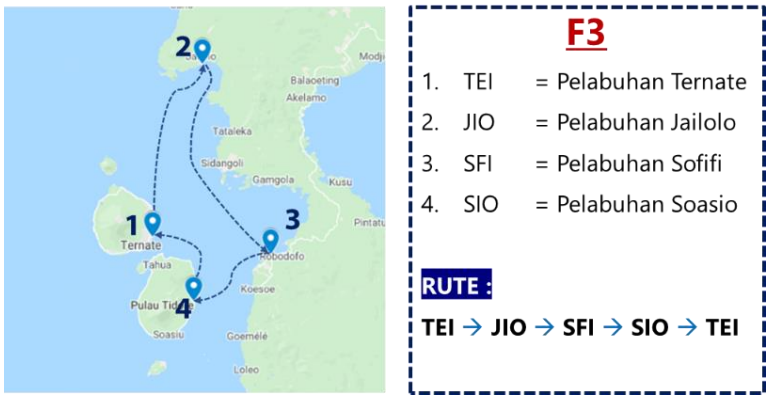


Gambar 5-7 Pembagian Wilayah Operasi Alternaif B

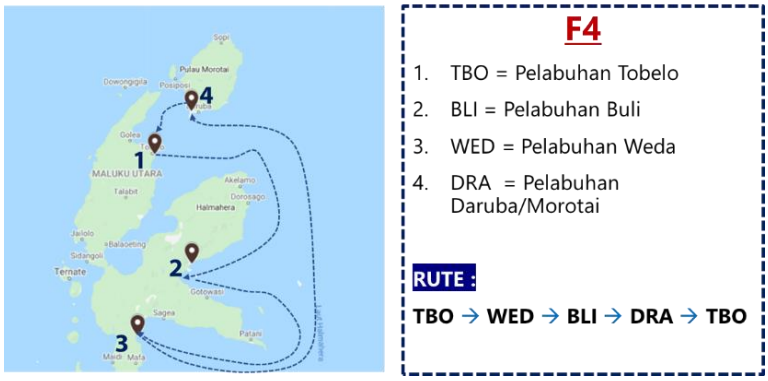
Pada Gambar 5-7, dapat diketahui bahwa terdapat 8 (delapan) pengelompokan wilayah berdasarkan jarak terdekat. 8 kelompok tersebut akan dilayani oleh masing-masing 1 (satu) kapal yang kemudian akan disebut dengan *feeder vessel*, dan rute operasi untuk tiap-tiap kelompok tersebut disebut dengan rute *feeder*. Adapun F1 merupakan wilayah Prov. Maluku bagian Utara, F2 merupakan Prov. Maluku bagian Selatan, F3 merupakan Prov. Maluku Utara bagian Sentral, F4 merupakan Prov. Maluku Utara bagian Utara, F5 merupakan Maluku Utara bagian Selatan, F6 merupakan wilayah Kepulauan Papua Bagian Tenggara, F7 merupakan wilayah Kepulauan Papua Bagian Timur Laut, serta F8 merupakan wilayah Kepulauan Papua Bagian Barat. Adapun rutenya adalah sebagai berikut:

Gambar 5-8 Rute *Feeder* F1 Alternatif B

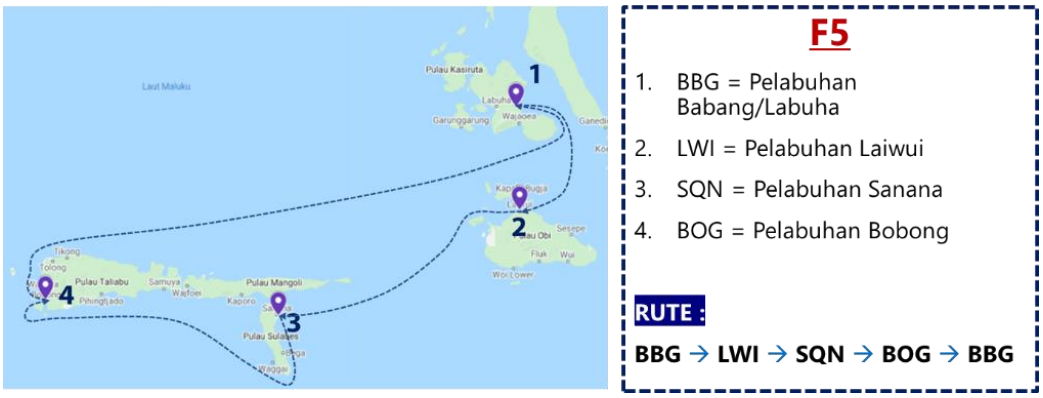
Gambar 5-9 Rute *Feeder* F2 Alternatif B



Gambar 5-10 Rute *Feeder* F3 Alternatif B



Gambar 5-11 Rute *Feeder* F4 Alternatif B



Gambar 5-12 Rute *Feeder* F5 Alternatif B

F6

1. NBX = Pelabuhan Nabire
2. ZRI = Pelabuhan Serui
3. IKU = Pelabuhan Korido
4. BIK = Pelabuhan Biak
5. ZRM = Pelabuhan Sarmi
6. DJJ = Pelabuhan Jayapura
7. MKW = Pelabuhan Manokwari
8. WSR = Pelabuhan Wasior

RUTE :

NBX → ZRI → IKU → BIK → ZRM → DJJ → MKW → WSR → NBX

Gambar 5-13 Rute *Feeder* F6 Alternatif B

F7

1. FKQ = Pelabuhan Fakfak
2. NTI = Pelabuhan Bintuni
3. NAB = Pelabuhan Teminabuan
4. WSA = Pelabuhan Waisai
5. SOQ = Pelabuhan Sorong
6. KNG = Pelabuhan Kaimana

RUTE :

FKQ → NTI → NAB → WSA → SOQ → KNG → FKQ

Gambar 5-14 Rute *Feeder* F7 Alternatif B

F8

1. AMA = Pelabuhan Amamapare
2. MKQ = Pelabuhan Merauke
3. MMR = Pelabuhan Moor
4. BDL = Pelabuhan Boven Digoel/ Tanah Merah
5. AGS = Pelabuhan Agats

RUTE :

AMA → MKQ → MMR → BDL → AGS → AMA

Gambar 5-15 Rute *Feeder* F8 Alternatif B

M1

1. NAM = Pelabuhan Namlea
2. TUA = Pelabuhan Tual
3. AMA = Pelabuhan Amamapare
4. FKQ = Pelabuhan Fakfak
5. NBX = Pelabuhan Nabire
6. TBO = Pelabuhan Tobelo
7. TEI = Pelabuhan Ternate
8. BBG = Pelabuhan Babang/Labuha

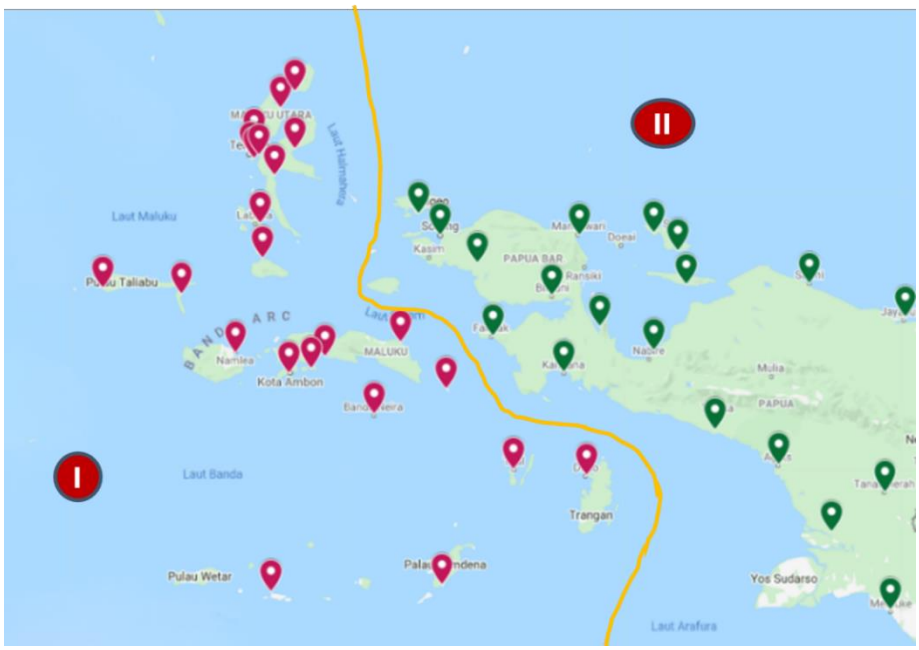
RUTE :

NAM → TUA → AMA → FKQ → NBX → TBO → TEI → BBG → NAM

Gambar 5-16 Rute *Mother Vessel* M1 Alternatif B

5.4.3 Alternatif Pola Operasi C

Pada alternatif ini, pola operasi yang digunakan adalah *multiple relay* dengan 2 (dua) pembagian wilayah berdasarkan klasterisasi, secara jelas sebagai berikut:



Gambar 5-17 Pembagian Wilayah Operasi Alternaif C

Pada Gambar 5-17, dapat diketahui bahwa I adalah wilayah operasi Klaster Maluku dan II merupakan wilayah Klaster Papua. Berikut ini adalah penentuan kandidat lokasi pangkal untuk setiap wilayah operasi:

1. Wilayah Operasi Klaster Maluku

Menurut peta terintegrasi B3 dan Limbah B3 di Indonesia, di Provinsi Maluku, telah terdapat lahan penimbunan limbah B3 yang bertempat di Pulau Buru, paling dekat dengan titik pengumpulan Pelabuhan Namlea. Sehingga, lokasi pangkal pengolahan untuk wilayah Provinsi Maluku adalah titik NAM. Hal ini sesuai pada sub-bab 5.4.1.

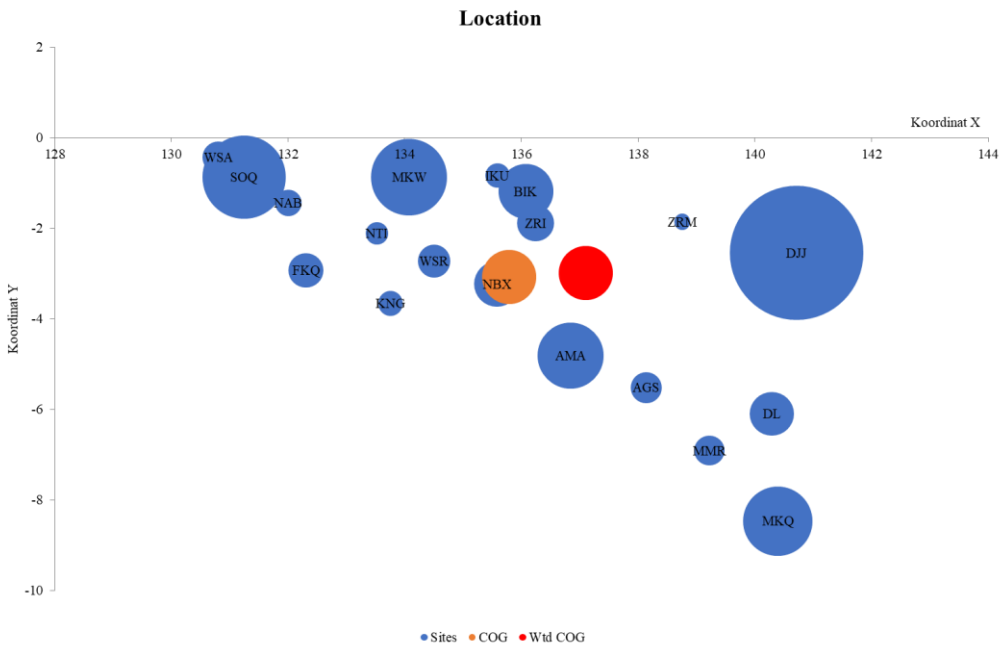
2. Wilayah Operasi Klaster Papua

Di Provinsi Papua maupun Papua Barat belum terdapat lahan penimbunan limbah B3. Oleh karena itu, untuk menentukan lokasi pangkal pengolahan digunakan metode *center of gravity*. Berikut adalah hasil perhitungan menggunakan metode tersebut.

Tabel 5-8 Hasil Perhitungan *Center of Gravity* Wilayah Klaster Papua

Titik	Bobot	Koord. X	Koord. Y
NBX	99.95	135.58	-3.23
ZRI	65.94	136.25	-1.89
BIK	145.63	136.08	-1.19
IKU	28.87	135.59	-0.84

Titik	Bobot	Koord. X	Koord. Y
ZRM	12.51	138.75	-1.86
DJJ	869.90	140.71	-2.54
AMA	211.40	136.85	-4.82
AGS	47.89	138.14	-5.52
MMR	44.26	139.22	-6.91
BDL	93.74	140.29	-6.10
MKQ	236.42	140.40	-8.47
KNG	30.09	133.76	-3.66
FKQ	59.17	132.31	-2.93
NTI	23.86	133.53	-2.11
NAB	34.25	132.01	-1.44
SOQ	337.76	131.25	-0.88
WSA	49.15	130.80	-0.43
MKW	283.00	134.08	-0.87
WSR	52.30	134.50	-2.73
Jumlah	**2726.10**	**2580.08**	**-58.42**
Rata - Rata	**143.48**	**135.79**	**-3.07**
***Weighted Ave* (COG)**		**137.10**	**-2.98**



Gambar 5-18 *Center of Gravity* Wilayah Operasi Klaster Papua

Koordinat hasil perhitungan pada Tabel 5-8 dan dilihat dari Gambar 5-18 berada di dekat titik NBX, Pelabuhan Nabire.

5.5 Hasil Analisis Skenario 1 (*Land Facility*)

Skenario 1 atau *land facility* adalah skenario pengelolaan limbah medis dengan kapal sebagai alat angkut limbah medis dan pengolahan dengan insinerator hingga penimbunan dilakukan di darat. Adapun alur pengangkutan dan pengolahan limbah medis Skenario 1 dapat dilihat pada sub-bab 3.3.

Dalam skenario 1, diterapkan 3 (tiga) alternatif pola operasi yang telah disebutkan pada sub-bab 5-4. Luaran dari optimasi skenario 1 ini adalah rute operasi, jenis dan ukuran kapal, serta jenis insinerator.

5.5.1 Skenario 1 Alternatif A

Dalam Alternatif A, terdapat 4 (empat) wilayah operasional yakni Wilayah Provinsi Maluku, Wilayah Provinsi Maluku Utara, Wilayah Provinsi Papua, dan Wilayah Provinsi Papua Barat.

1. Wilayah Operasi Provinsi Maluku

   a. Penentuan Opsi Rute

   Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan opsi rute yang dapat dioperasikan sesuai dengan pola operasi dan banyaknya titik pada wilayah operasional pada Alternatif A. Berikut adalah daftar opsi rute pada Skenario 1 dan Alternatif A untuk Wilayah Operasi Provinsi Maluku.

Tabel 5-9 Opsi Rute Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11
1	NAM	BLA	NAM									
2	NAM	GMR	NAM									
3	NAM	NDA	NAM									
4	NAM	AHI	NAM									
5	NAM	RUH	NAM									
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
55	NAM	SXK	KWU	NAM								
56	NAM	BLA	GMR	NDA	NAM							
57	NAM	BLA	GMR	AHI	NAM							
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
96	NAM	BLA	GMR	NDA	DOB	NAM						
97	NAM	BLA	GMR	NDA	SXK	NAM						
98	NAM	BLA	GMR	NDA	KWU	NAM						
99	NAM	BLA	GMR	AHI	RUH	NAM						
100	NAM	BLA	GMR	AHI	AMQ	NAM						
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
171	NAM	BLA	GMR	NDA	AHI	RUH	AMQ	SXK	KWU	NAM		
172	NAM	BLA	GMR	NDA	AHI	RUH	AMQ	TUA	DOB	SXK	NAM	

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11
173	NAM	BLA	GMR	NDA	AHI	RUH	AMQ	TUA	DOB	KWU	NAM	
174	NAM	BLA	GMR	NDA	AHI	RUH	AMQ	TUA	SXK	KWU	NAM	
175	NAM	BLA	GMR	NDA	AHI	RUH	AMQ	TUA	DOB	SXK	KWU	NAM

Terdapat total 175 opsi rute untuk skenario 1 alternatif A wilayah Provinsi Maluku, secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran.

b. Pengukuran Jarak dan Jumlah Muatan

Limbah medis yang akan diangkut dalam kemasan *reefer container* 20ft, dimana maksimal muatan dalam 1 TEU *reefer container* adalah sebesar 20 ton, dan tiap-tiap lokasi pengumpulan memiliki minimal 1 TEU *reefer container* sebagai tempat penyimpanan sementara limbah medis.

Berikut ini daftar jarak dan jumlah muatan yang diangkut untuk Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku.

Tabel 5-10 Jarak dan Jumlah Muatan Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku

Indeks Rute	TOTAL JARAK	TOTAL LIMBAH
	(nm)	(TEUs/trip)
1	**456**	**1**
2	**628**	**1**
3	**382**	**1**
4	**308**	**1**
5	**226**	**1**
……	**……**	**……**
175	**2,281**	**11**

c. Perhitungan Biaya Transportasi Laut

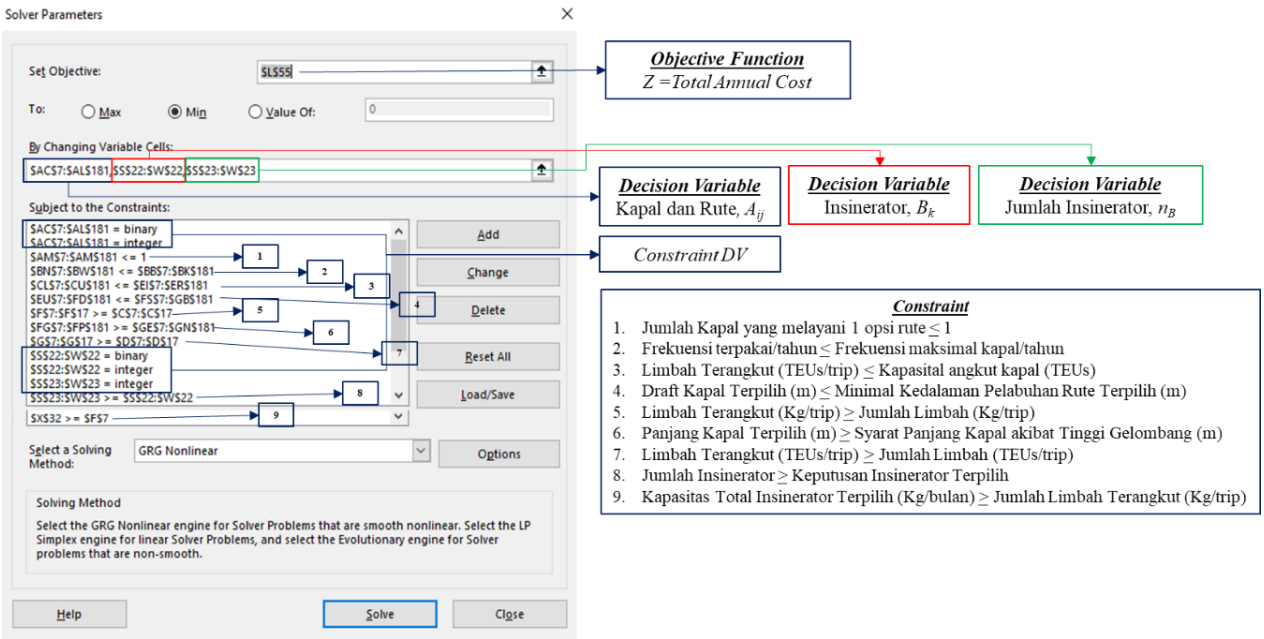
Perhitungan biaya transportasi laut perlu dilakukan untuk proses optimasiyang akan dilakukan. Biaya transportasi laut terdiri dari *Capital Cost, Operating Cost,* dan *Voyage Cost*. Berikut adalah contoh rincian perhitungan biaya transportasi laut untuk Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku menggunakan Alternatif Kapal A dan Opsi Rute ke-175.

Tabel 5-11 Rincian Perhitungan Biaya Transportasi Laut Skenari1-A Wilayah Prov. Maluku Kapal A Rute 175

Item	Satuan	Nilai
Capital Cost		
Investasi	**Rp/tahun**	**17,413,500,000**
Salvage Value	**Rp/tahun**	**1,741,350,000**
Operating Cost		
Biaya Air Tawar	Rp/tahun	22,440,000
Total Gaji Kru	Rp/tahun	1,950,000,000
Biaya Consumable	Rp/tahun	297,000,000
Biaya Maintenance	Rp/tahun	348,270,000
Biaya Asuransi	Rp/tahun	174,135,000
Biaya Pelumas	Rp/tahun	174,135,000
Biaya Administrasi	Rp/tahun	20,000,000
Annual Operating Cost	**Rp/tahun**	**2,985,980,000**
Voyage Cost		
Bahan Bakar		
Konsumsi Bahan Bakar ME	liter/round-trip	8,389
Konsumsi Bahan Bakar AE	liter/round-trip	4,478
Biaya Bahan Bakar	Rp/trip	66,261,285
Biaya Bahan Bakar	Rp/tahun	319,922,282
Biaya Jasa Kepelabuhanan	Rp/trip	3,902,003
Biaya Jasa Kepelabuhanan	Rp/tahun	46,824,036
Biaya Cargo Handling	Rp/trip	660,000
Biaya Cargo Handling	Rp/tahun	7,920,000
Voyage Cost	**Rp/trip**	**70,823,288**
Annual Voyage Cost	**Rp/tahun**	**374,666,318**
Anuitas Biaya Transportasi Laut	**Rp/tahun**	**5,310,330,711**

d. Running Model Optimasi

Dari model matematis yang telah ditetapkan sebelumnya, model optimasi penentuan pangkalan kapal ambulans untuk skenario ini pun dibuat. Susunan yang terdiri dari Decision Variable, Objective Function, dan Constraints untuk skenario ini dapat dilihat pada Gambar 5-19.



Gambar 5-19 Susunan Model Optimasi Skenario 1 Alternatif A Prov. Maluku pada *Solver Add-ins*

e. Hasil Optimasi dan Perhitungan Total Biaya

Terdapat beberapa hasil yang diperoleh melalui proses optimasi ini. Hasil yang didapatkan meliputi rute operasi, jenis dan ukuran kapal terpilih, jenis dan ukuran insinerator terpilih, serta jumlah insinerator. Berikut adalah penjabaran dari hasil optimasi yang dilakukan:

- Rute, Jenis dan Ukuran Kapal

Tabel 5-12 Rute dan Kapal Terpilih Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku

Indeks Rute	LCT 100	LCT 250	LCT 500	LCT 1000	LCT 2500	SPB 500	SPB 1000	SPB 2500	SPB 5000	SPB 7500
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
173	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
174	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
175	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Rute operasi terpilih adalah rute ke-175 menggunakan kapal jenis *Self Propelled Barge* ukuran 500 DWT.

- Jenis dan Kapasitas Insinerator, Jumlah Insinerator

Tabel 5-13 Insinerator Terpilih dan Jumlah Insinerator Skenario 1 Alternatif A Provinsi Maluku

Tipe MWD + Insinerator	FMD20 - M20	FMD30 – M30	FMD50 – M50	FMD75 – M75	FMD100 – M100
Keputusan Terpilih	0	0	1	0	1
Jumlah	0	0	1	0	2

Alat Terpilih adalah berkapasitas 50 Kg/jam sebanyak 1 alat dan berkapasitas 100 Kg/jam sebanyak 2 alat.

- Perhitungan Total Biaya

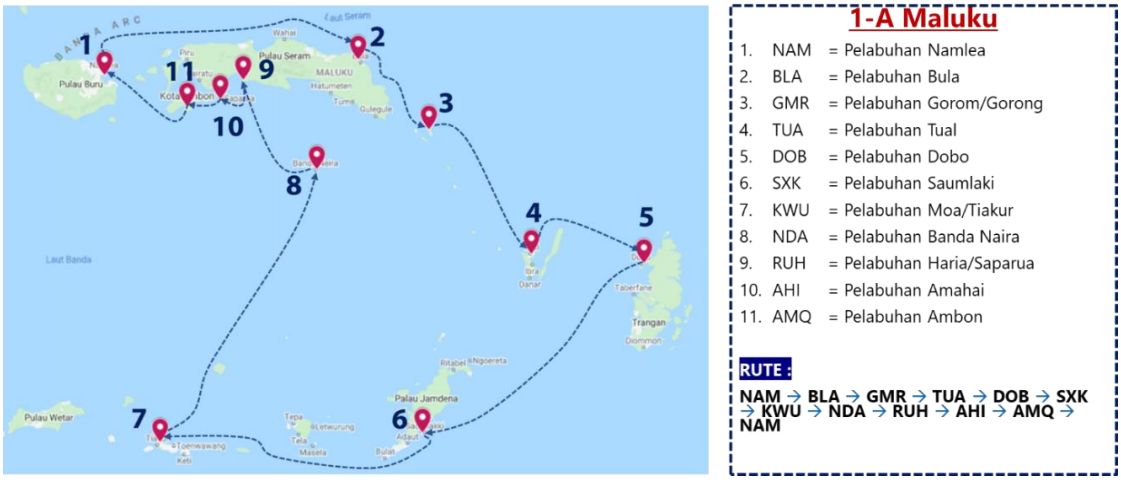
Tabel 5-14 Perhitungan Total Biaya Skenario 1 Alternatif A Provinsi Maluku

Item	Nilai	Satuan
Biaya Transportasi Laut	5,437,562,486	Rp/tahun
Biaya Pengadaan *Reefer Container*	620,738,935	Rp/tahun
Biaya Pemasangan Instalasi Listrik di Pelabuhan	126,468,442	Rp/tahun
Biaya Pemakaian Listrik Pelabuhan	5,086,035,542	Rp/tahun
Biaya Modifikasi Pelabuhan	6,776,815,913	Rp/tahun
Biaya Pembangunan *Plant* Pengolahan dan Penimbunan	2,737,168,107	Rp/tahun
Biaya operasional	**20,784,789,425**	**Rp /tahun**

Jumlah total biaya operasional tahunan untuk Skenario 1 Alternatif A Wilayah Provinsi Maluku sebesar Rp. 20,78 Milyar/tahun.

f. Rute Operasional Terpilih

Dari hasil optimasi pada poin e di ats, dapat digambarkan rute yang terpilih adalah sebagai berikut:



Gambar 5-20 Rute Terpilih (Rute 175) untuk Skenario 1 Alternatif A Prov. Maluku

2. Wilayah Operasi Provinsi Maluku Utara

   a. Penentuan Opsi Rute

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan opsi rute yang dapat dioperasikan sesuai dengan pola operasi dan banyaknya titik pada wilayah operasional pada Alternatif A. Berikut adalah daftar opsi rute pada Skenario 1 dan Alternatif A untuk Wilayah Operasi Provinsi Maluku Utara.

Tabel 5-15 Opsi Rute Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku Utara

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	NODE 12
1	TEI	BOG	TEI										
2	TEI	SQN	TEI										
3	TEI	LWI	TEI										
4	TEI	BBG	TEI										
5	TEI	WED	TEI										
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……		……
55	TEI	BLI	SIO	TEI									
56	TEI	BLI	SFI	TEI									
57	TEI	TBO	DRA	TEI									
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……		……
96	TEI	BOG	WED	SFI	TEI								
97	TEI	BOG	BLI	TBO	TEI								
98	TEI	BOG	BLI	DRA	TEI								
99	TEI	BOG	BLI	JIO	TEI								
100	TEI	BOG	BLI	SIO	TEI								
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……		……
227	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	TBO	SIO	SFI	TEI		
228	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	TBO	DRA	JIO	SIO	TEI	
229	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	TBO	DRA	JIO	SFI	TEI	
230	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	TBO	DRA	SIO	SFI	TEI	
231	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	TBO	DRA	JIO	SIO	SFI	TEI

Terdapat total 231 opsi rute untuk skenario 1 alternatif A wilayah Provinsi Maluku Utara, secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran.

b. Pengukuran Jarak dan Jumlah Muatan

Limbah medis yang akan diangkut dalam kemasan *reefer container* 20ft, dimana maksimal muatan dalam 1 TEU *reefer container* adalah sebesar 20 ton, dan tiap-tiap lokasi pengumpulan memiliki minimal 1 TEU *reefer container* sebagai tempat penyimpanan sementara limbah medis.

Berikut ini daftar jarak dan jumlah muatan yang diangkut untuk Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku Utara.

Tabel 5-16 Jarak dan Jumlah Muatan Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku Utara

Indeks Rute	TOTAL JARAK	TOTAL LIMBAH
	(nm)	(TEUs/trip)
1	**605**	**1**
2	**431**	**1**
3	**351**	**1**
4	**220**	**1**
5	**318**	**1**
……	**……**	**……**
231	**1,225**	**11**

c. Perhitungan Biaya Transportasi Laut

Perhitungan biaya transportasi laut perlu dilakukan untuk proses optimasiyang akan dilakukan. Biaya transportasi laut terdiri dari *Capital Cost*, *Operating Cost*, dan *Voyage Cost*. Berikut adalah contoh rincian perhitungan biaya transportasi laut untuk Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku Utara menggunakan Alternatif Kapal A dan Opsi Rute ke-175.

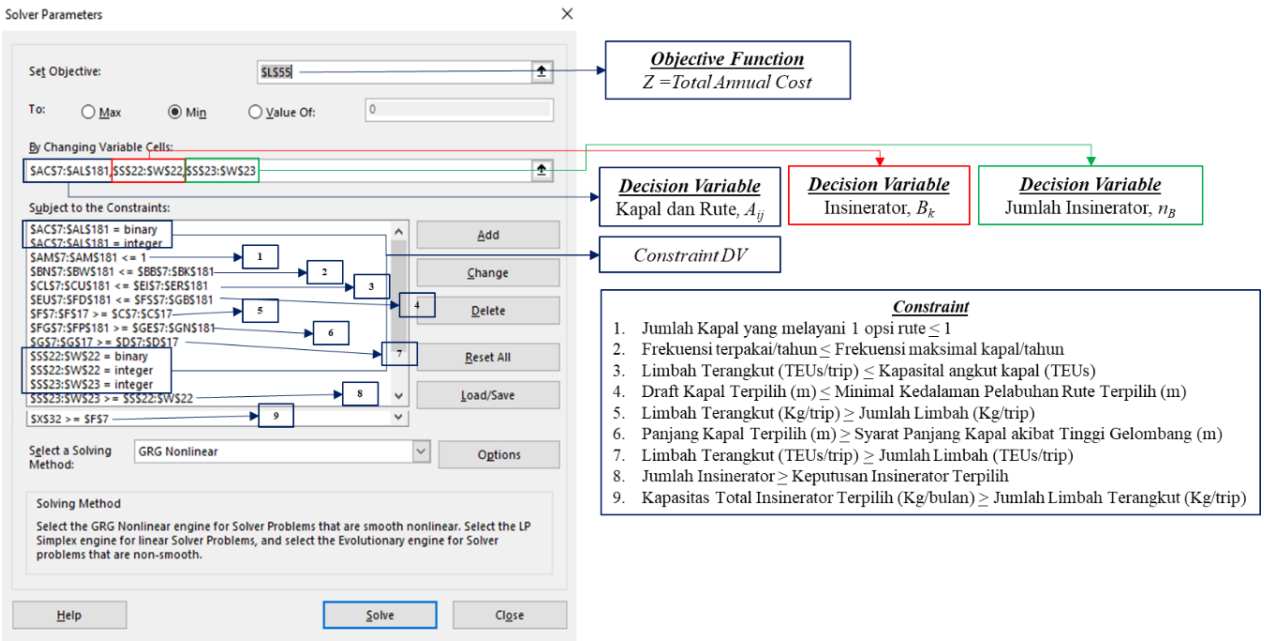
Tabel 5-17 Rincian Perhitungan Biaya Transportasi Laut Skenari1-A Wilayah Prov. Maluku Kapal A Rute 175

Item	Satuan	Nilai
Capital Cost		
Investasi	**Rp/tahun**	**17,413,500,000**
Salvage Value	**Rp/tahun**	**1,741,350,000**
Operating Cost		
Biaya Air Tawar	Rp/tahun	22,440,000
Total Gaji Kru	Rp/tahun	1,950,000,000

Item	Satuan	Nilai
Biaya Consumable	Rp/tahun	297,000,000
Biaya Maintenance	Rp/tahun	348,270,000
Biaya Asuransi	Rp/tahun	174,135,000
Biaya Pelumas	Rp/tahun	174,135,000
Biaya Administrasi	Rp/tahun	20,000,000
Annual Operating Cost	**Rp/tahun**	**2,985,980,000**
Voyage Cost		
Bahan Bakar		
Konsumsi Bahan Bakar ME	liter/round-trip	3,045
Konsumsi Bahan Bakar AE	liter/round-trip	1,856
Biaya Bahan Bakar	Rp/trip	25,239,624
Biaya Bahan Bakar	Rp/tahun	130,388,008
Biaya Jasa Kepelabuhanan	Rp/trip	3,914,003
Biaya Jasa Kepelabuhanan	Rp/tahun	46,968,036
Biaya Cargo Handling	Rp/trip	715,000
Biaya Cargo Handling	Rp/tahun	8,580,000
Voyage Cost	**Rp/trip**	**29,868,627**
Annual Voyage Cost	**Rp/tahun**	**185,936,044**
Anuitas Biaya Transportasi Laut	**Rp/tahun**	**5,089,836,423**

d. Running Model Optimasi

Dari model matematis yang telah ditetapkan sebelumnya, model optimasi penentuan pangkalan kapal ambulans untuk skenario ini pun dibuat. Susunan yang terdiri dari *Decision Variable*, *Objective Function*, dan *Constraints* untuk skenario ini dapat dilihat pada Gambar 5-21.



Gambar 5-21 Susunan Model Optimasi Skenario 1 Alternatif A Prov. Maluku Utara pada *Solver Add-ins*

e. Hasil Optimasi dan Perhitungan Total Biaya

Terdapat beberapa hasil yang diperoleh melalui proses optimasi ini. Hasil yang didapatkan meliputi rute operasi, jenis dan ukuran kapal terpilih, jenis dan ukuran insinerator terpilih, serta jumlah insinerator. Berikut adalah penjabaran dari hasil optimasi yang dilakukan:

- Rute, Jenis dan Ukuran Kapal

Tabel 5-18 Rute dan Kapal Terpilih Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Maluku Utara

Indeks Rute	LCT 100	LCT 250	LCT 500	LCT 1000	LCT 2500	SPB 500	SPB 1000	SPB 2500	SPB 5000	SPB 7500
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
228	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
231	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Rute operasi terpilih adalah rute ke-231 menggunakan kapal jenis *Self Propelled Barge* ukuran 500 DWT.

- Jenis dan Kapasitas Insinerator, Jumlah Insinerator

Tabel 5-19 Insinerator Terpilih dan Jumlah Insinerator Skenario 1 Alternatif A Provinsi Maluku Utara

Tipe MWD + Insinerator	FMD20 - M20	FMD30 – M30	FMD50 – M50	FMD75 – M75	FMD100 – M100
Keputusan Terpilih	0	0	1	1	0
Jumlah	0	0	1	1	0

Alat Terpilih adalah berkapasitas 50 Kg/jam sebanyak 1 alat dan berkapasitas 75 Kg/jam sebanyak 1 alat.

- Perhitungan Total Biaya

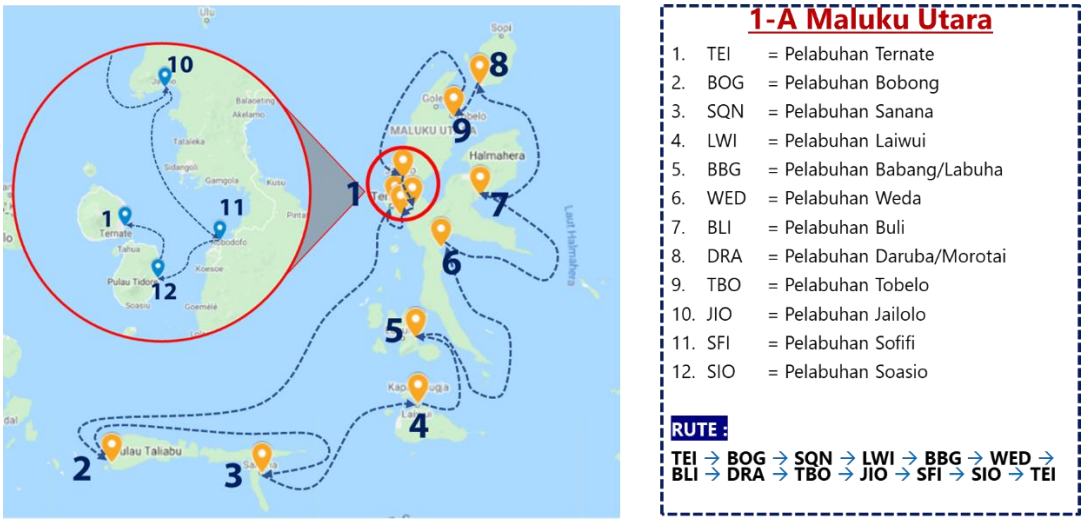
Tabel 5-20 Perhitungan Total Biaya Skenario 1 Alternatif A Provinsi Maluku Utara

Item	Nilai	Satuan
Biaya Transportasi Laut	5,050,643,371	Rp/tahun
Biaya Pengadaan *Reefer Container*	620,738,935	Rp/tahun
Biaya Pemasangan Instalasi Listrik di Pelabuhan	147,546,515	Rp/tahun
Biaya Pemakaian Listrik Pelabuhan	5,086,035,542	Rp/tahun
Biaya Modifikasi Pelabuhan	6,658,050,152	Rp/tahun
Biaya Pembangunan *Plant* Pengolahan dan Penimbunan	1,446,176,530	Rp/tahun
Biaya operasional	**19,009,191,045**	**Rp /tahun**

Jumlah total biaya operasional tahunan untuk Skenario 1 Alternatif A Wilayah Provinsi Maluku sebesar Rp. 19,01 Milyar/tahun.

f. Rute Operasional Terpilih

Dari hasil optimasi pada poin e di ats, dapat digambarkan rute yang terpilih adalah sebagai berikut:



Gambar 5-22 Rute Terpilih (Rute 231) untuk Skenario 1 Alternatif A Prov. Maluku Utara

3. Wilayah Operasi Provinsi Papua

a. Penentuan Opsi Rute

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan opsi rute yang dapat dioperasikan sesuai dengan pola operasi dan banyaknya titik pada wilayah operasional pada Alternatif A. Berikut adalah daftar opsi rute pada Skenario 1 dan Alternatif A untuk Wilayah Operasi Provinsi Papua.

Tabel 5-21 Opsi Rute Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11
1	AMA	AGS	AMA									
2	AMA	MMR	AMA									
3	AMA	BDL	AMA									
4	AMA	MKQ	AMA									
5	AMA	DJJ	AMA									
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
55	AMA	BIK	IKU	AMA								
56	AMA	AGS	MMR	BDL	AMA							
57	AMA	AGS	MMR	MKQ	AMA							
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
96	AMA	AGS	MMR	BDL	NBX	AMA						
97	AMA	AGS	MMR	BDL	BIK	AMA						
98	AMA	AGS	MMR	BDL	IKU	AMA						
99	AMA	AGS	MMR	MKQ	DJJ	AMA						
100	AMA	AGS	MMR	MKQ	ZRM	AMA						
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
171	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	BIK	IKU	AMA		
172	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	ZRI	NBX	BIK	AMA	
173	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	ZRI	NBX	IKU	AMA	
174	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	ZRI	BIK	IKU	AMA	
175	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	ZRI	NBX	BIK	IKU	AMA

Terdapat total 175 opsi rute untuk skenario 1 alternatif A wilayah Provinsi Papua, secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran.

b. Pengukuran Jarak dan Jumlah Muatan

Limbah medis yang akan diangkut dalam kemasan *reefer container* 20ft, dimana maksimal muatan dalam 1 TEU *reefer container* adalah sebesar 20 ton, dan tiap-tiap lokasi pengumpulan memiliki minimal 1 TEU *reefer container* sebagai tempat penyimpanan sementara limbah medis.

Berikut ini daftar jarak dan jumlah muatan yang diangkut untuk Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua.

Tabel 5-22 Jarak dan Jumlah Muatan Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua

Indeks Rute	TOTAL JARAK	TOTAL LIMBAH
	(nm)	(TEUs/trip)
1	**154**	**1**
2	**437**	**1**
3	**1,001**	**1**
4	**714**	**1**
5	**2,164**	**1**
……	**……**	**……**
175	**3,614**	**10**

c. Perhitungan Biaya Transportasi Laut

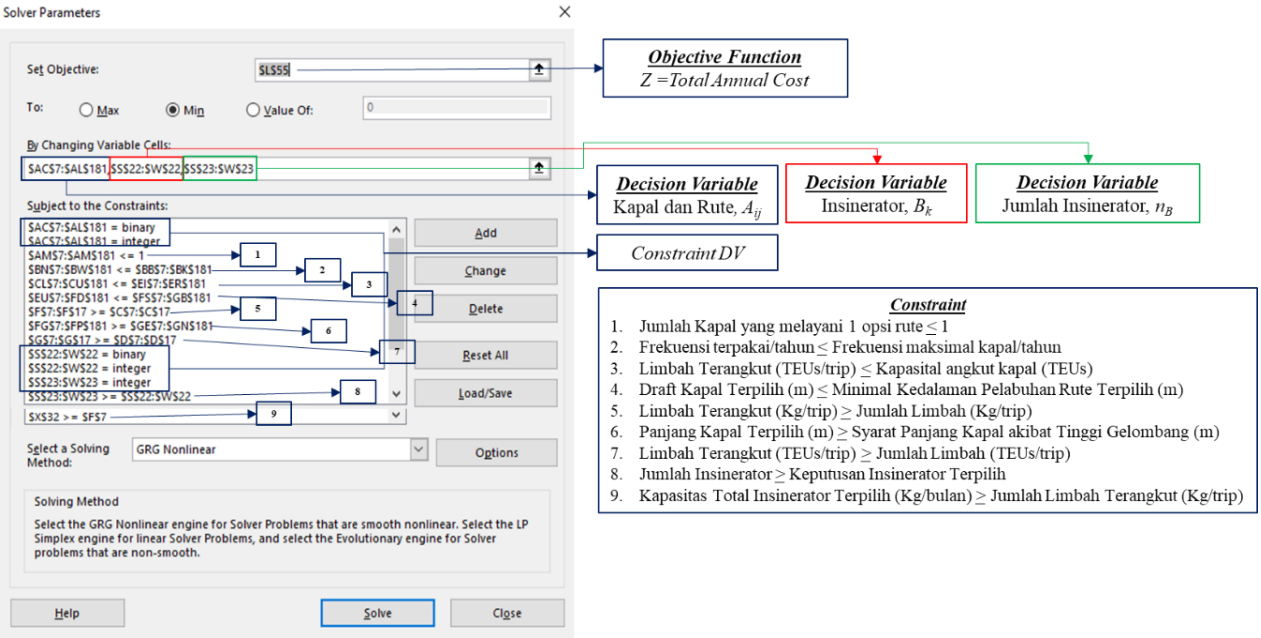
Perhitungan biaya transportasi laut perlu dilakukan untuk proses optimasiyang akan dilakukan. Biaya transportasi laut terdiri dari *Capital Cost*, *Operating Cost*, dan *Voyage Cost*. Berikut adalah contoh rincian perhitungan biaya transportasi laut untuk Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua menggunakan Alternatif Kapal A dan Opsi Rute ke-175.

Tabel 5-23 Rincian Perhitungan Biaya Transportasi Laut Skenario1-A Wilayah Prov. Papua Kapal A Rute 175

Item	Satuan	Nilai
Capital Cost		
Investasi	**Rp/tahun**	**17,413,500,000**
Salvage Value	**Rp/tahun**	**1,741,350,000**
Operating Cost		
Biaya Air Tawar	Rp/tahun	22,440,000
Total Gaji Kru	Rp/tahun	1,950,000,000
Biaya Consumable	Rp/tahun	297,000,000
Biaya Maintenance	Rp/tahun	348,270,000
Biaya Asuransi	Rp/tahun	174,135,000
Biaya Pelumas	Rp/tahun	174,135,000
Biaya Administrasi	Rp/tahun	20,000,000
Annual Operating Cost	**Rp/tahun**	**2,985,980,000**
Voyage Cost		
Bahan Bakar		
Konsumsi Bahan Bakar ME	liter/round-trip	15,076
Konsumsi Bahan Bakar AE	liter/round-trip	7,784
Biaya Bahan Bakar	Rp/trip	117,729,645
Biaya Bahan Bakar	Rp/tahun	558,704,858
Biaya Jasa Kepelabuhanan	Rp/trip	3,902,003
Biaya Jasa Kepelabuhanan	Rp/tahun	46,824,036
Biaya Cargo Handling	Rp/trip	660,000
Biaya Cargo Handling	Rp/tahun	7,920,000
Voyage Cost	**Rp/trip**	**122,291,648**
Annual Voyage Cost	**Rp/tahun**	**613,448,894**
Anuitas Biaya Transportasi Laut	**Rp/tahun**	**5,589,301,291**

d. Running Model Optimasi

Dari model matematis yang telah ditetapkan sebelumnya, model optimasi penentuan pangkalan kapal ambulans untuk skenario ini pun dibuat. Susunan yang terdiri dari *Decision Variable*, *Objective Function*, dan *Constraints* untuk skenario ini dapat dilihat pada Gambar 5-23.



Gambar 5-23 Susunan Model Optimasi Skenario 1 Alternatif A Prov. Papua pada *Solver Add-ins*

e. Hasil Optimasi dan Perhitungan Total Biaya

Terdapat beberapa hasil yang diperoleh melalui proses optimasi ini. Hasil yang didapatkan meliputi rute operasi, jenis dan ukuran kapal terpilih, jenis dan ukuran insinerator terpilih, serta jumlah insinerator. Berikut adalah penjabaran dari hasil optimasi yang dilakukan:

- Rute, Jenis dan Ukuran Kapal

Tabel 5-24 Rute dan Kapal Terpilih Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua

Indeks Rute	LCT 100	LCT 250	LCT 500	LCT 1000	LCT 2500	SPB 500	SPB 1000	SPB 2500	SPB 5000	SPB 7500
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Indeks Rute	LCT 100	LCT 250	LCT 500	LCT 1000	LCT 2500	SPB 500	SPB 1000	SPB 2500	SPB 5000	SPB 7500
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
173	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
174	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
175	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Rute operasi terpilih adalah rute ke-175 menggunakan kapal jenis *Self Propelled Barge* ukuran 500 DWT.

- Jenis dan Kapasitas Insinerator, Jumlah Insinerator

Tabel 5-25 Insinerator Terpilih dan Jumlah Insinerator Skenario 1 Alternatif A Provinsi Papua

Tipe MWD + Insinerator	FMD20 - M20	FMD30 – M30	FMD50 – M50	FMD75 – M75	FMD100 – M100
Keputusan Terpilih	0	0	1	0	1
Jumlah	0	0	1	0	2

Alat Terpilih adalah berkapasitas 50 Kg/jam sebanyak 1 alat dan berkapasitas 100 Kg/jam sebanyak 2 alat.

- Perhitungan Total Biaya

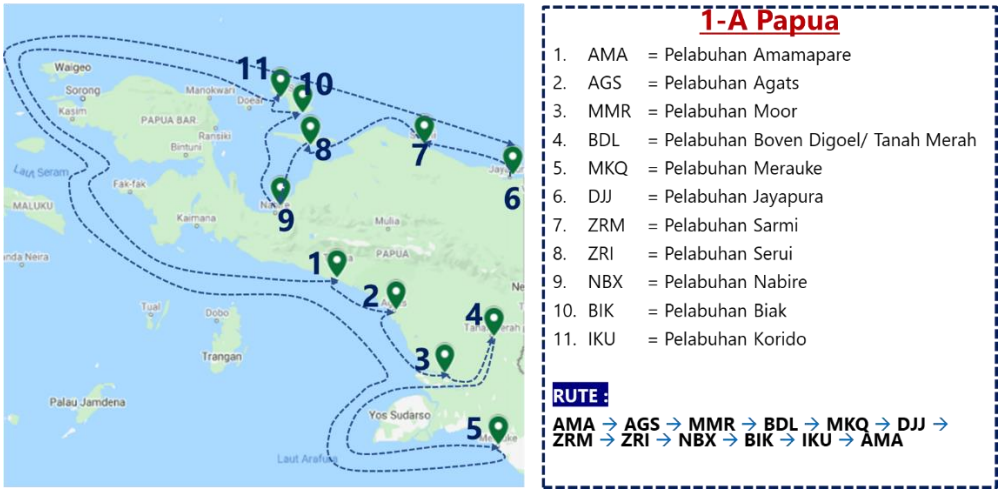
Tabel 5-26 Perhitungan Total Biaya Skenario 1 Alternatif A Provinsi Papua

Item	Nilai	Satuan
Biaya Transportasi Laut	6,068,493,489	Rp/tahun
Biaya Pengadaan *Reefer Container*	620,738,935	Rp/tahun
Biaya Pemasangan Instalasi Listrik di Pelabuhan	63,234,221	Rp/tahun
Biaya Pemakaian Listrik Pelabuhan	5,086,035,542	Rp/tahun
Biaya Modifikasi Pelabuhan	6,369,603,612	Rp/tahun
Biaya Pembangunan *Plant* Pengolahan dan Penimbunan	2,798,338,480	Rp/tahun
Biaya operasional	**21,006,444,279**	**Rp /tahun**

Jumlah total biaya operasional tahunan untuk Skenario 1 Alternatif A Wilayah Provinsi Papua sebesar Rp. 21,01 Milyar/tahun.

f. Rute Operasional Terpilih

Dari hasil optimasi pada poin e di ats, dapat digambarkan rute yang terpilih adalah sebagai berikut:



Gambar 5-24 Rute Terpilih (Rute 175) untuk Skenario 1 Alternatif A Prov. Papua

4. Wilayah Operasi Provinsi Papua Barat

a. Penentuan Opsi Rute

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan opsi rute yang dapat dioperasikan sesuai dengan pola operasi dan banyaknya titik pada wilayah operasional pada Alternatif A. Berikut adalah daftar opsi rute pada Skenario 1 dan Alternatif A untuk Wilayah Operasi Provinsi Papua Barat.

Tabel 5-27 Opsi Rute Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua Barat

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8
1	FKQ	SOQ	FKQ						
2	FKQ	KNG	FKQ						
3	FKQ	NTI	FKQ						
4	FKQ	NAB	FKQ						
5	FKQ	WSA	FKQ						
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
25	FKQ	NAB	WSR	FKQ					
26	FKQ	WSA	MKW	FKQ					
27	FKQ	WSA	WSR	FKQ					
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
36	FKQ	SOQ	NTI	MKW	FKQ				
37	FKQ	SOQ	NTI	WSR	FKQ				
38	FKQ	SOQ	NAB	WSA	FKQ				
39	FKQ	SOQ	NAB	MKW	FKQ				
40	FKQ	SOQ	NAB	WSR	FKQ				
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
59	FKQ	SOQ	KNG	NTI	MKW	WSR	FKQ		
60	FKQ	SOQ	KNG	NTI	NAB	WSA	MKW	FKQ	
61	FKQ	SOQ	KNG	NTI	NAB	WSA	WSR	FKQ	
62	FKQ	SOQ	KNG	NTI	NAB	MKW	WSR	FKQ	
63	FKQ	SOQ	KNG	NTI	NAB	WSA	MKW	WSR	FKQ

Terdapat total 63 opsi rute untuk skenario 1 alternatif A wilayah Provinsi Papua Barat, secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran.

b. Pengukuran Jarak dan Jumlah Muatan

Limbah medis yang akan diangkut dalam kemasan *reefer container* 20ft, dimana maksimal muatan dalam 1 TEU *reefer container* adalah sebesar 20 ton, dan tiap-tiap lokasi pengumpulan memiliki minimal 1 TEU *reefer container* sebagai tempat penyimpanan sementara limbah medis.

Berikut ini daftar jarak dan jumlah muatan yang diangkut untuk Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua Barat.

Tabel 5-28 Jarak dan Jumlah Muatan Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua Barat

Indeks Rute	TOTAL JARAK	TOTAL LIMBAH
	(nm)	(TEUs/trip)
1	**432**	**1**
2	**298**	**1**
3	**320**	**1**
4	**262**	**1**
5	**511**	**1**
……	**……**	**……**
175	**2,090**	**7**

c. Perhitungan Biaya Transportasi Laut

Perhitungan biaya transportasi laut perlu dilakukan untuk proses optimasiyang akan dilakukan. Biaya transportasi laut terdiri dari *Capital Cost*, *Operating Cost*, dan *Voyage Cost*. Berikut adalah contoh rincian perhitungan biaya transportasi laut untuk Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua Baratmenggunakan Alternatif Kapal A dan Opsi Rute ke-63.

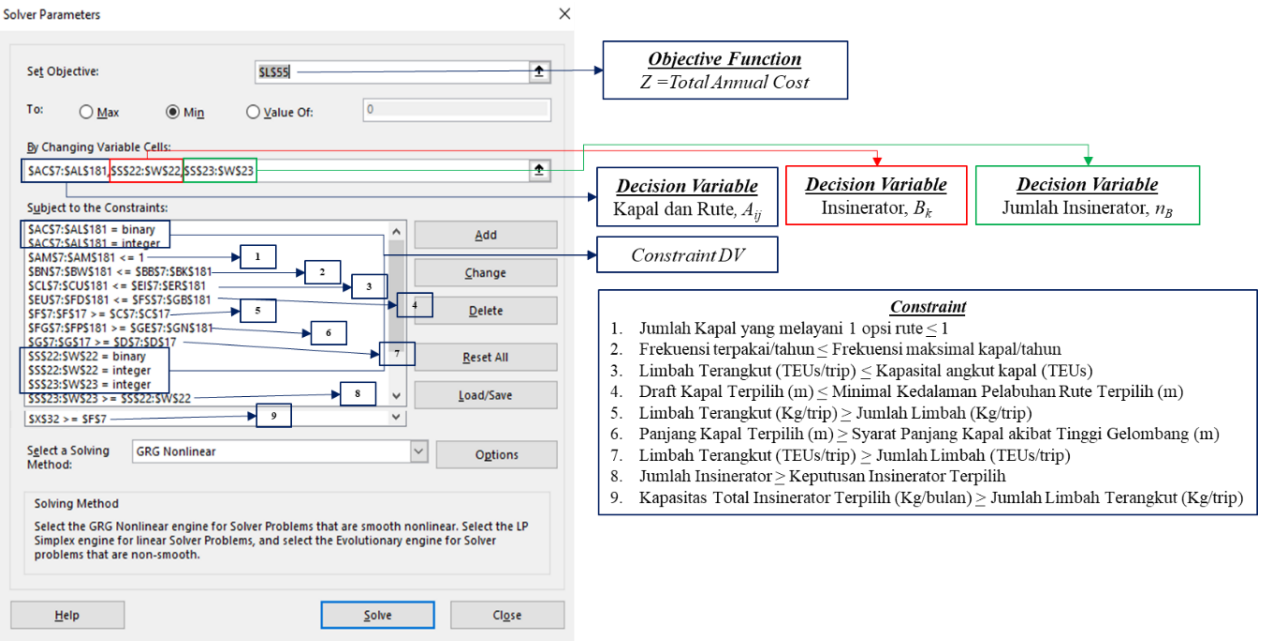
Tabel 5-29 Rincian Perhitungan Biaya Transportasi Laut Skenario1-A Wilayah Prov. Papua Barat Kapal A Rute 63

Item	Satuan	Nilai
Capital Cost		
Investasi	**Rp/tahun**	**17,413,500,000**
Salvage Value	**Rp/tahun**	**1,741,350,000**
Operating Cost		
Biaya Air Tawar	Rp/tahun	22,440,000
Total Gaji Kru	Rp/tahun	1,950,000,000

Item	Satuan	Nilai
Biaya Consumable	Rp/tahun	297,000,000
Biaya Maintenance	Rp/tahun	348,270,000
Biaya Asuransi	Rp/tahun	174,135,000
Biaya Pelumas	Rp/tahun	174,135,000
Biaya Administrasi	Rp/tahun	20,000,000
Annual Operating Cost	**Rp/tahun**	**2,985,980,000**
Voyage Cost		
Bahan Bakar		
Konsumsi Bahan Bakar ME	liter/round-trip	7,278
Konsumsi Bahan Bakar AE	liter/round-trip	3,867
Biaya Bahan Bakar	Rp/trip	57,397,422
Biaya Bahan Bakar	Rp/tahun	276,453,731
Biaya Jasa Kepelabuhanan	Rp/trip	3,866,003
Biaya Jasa Kepelabuhanan	Rp/tahun	46,392,036
Biaya Cargo Handling	Rp/trip	495,000
Biaya Cargo Handling	Rp/tahun	5,940,000
Voyage Cost	**Rp/trip**	**61,758,425**
Annual Voyage Cost	**Rp/tahun**	**328,785,767**
Anuitas Biaya Transportasi Laut	**Rp/tahun**	**5,256,728,291**

d. Running Model Optimasi

Dari model matematis yang telah ditetapkan sebelumnya, model optimasi penentuan pangkalan kapal ambulans untuk skenario ini pun dibuat. Susunan yang terdiri dari *Decision Variable*, *Objective Function*, dan *Constraints* untuk skenario ini dapat dilihat pada Gambar 5-23.



Gambar 5-25 Susunan Model Optimasi Skenario 1 Alternatif A Prov. Papua Barat pada *Solver Add-ins*

e. Hasil Optimasi dan Perhitungan Total Biaya

Terdapat beberapa hasil yang diperoleh melalui proses optimasi ini. Hasil yang didapatkan meliputi rute operasi, jenis dan ukuran kapal terpilih, jenis dan ukuran insinerator terpilih, serta jumlah insinerator. Berikut adalah penjabaran dari hasil optimasi yang dilakukan:

- Rute, Jenis dan Ukuran Kapal

Tabel 5-30 Rute dan Kapal Terpilih Skenario 1 Alternatif A Wilayah Operasi Provinsi Papua Barat

Indeks Rute	LCT 100	LCT 250	LCT 500	LCT 1000	LCT 2500	SPB 500	SPB 1000	SPB 2500	SPB 5000	SPB 7500
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Rute operasi terpilih adalah rute ke-63 menggunakan kapal jenis *Self Propelled Barge* ukuran 500 DWT.

- Jenis dan Kapasitas Insinerator, Jumlah Insinerator

Tabel 5-31 Insinerator Terpilih dan Jumlah Insinerator Skenario 1 Alternatif A Provinsi Papua Barat

Tipe MWD + Insinerator	FMD20 - M20	FMD30 – M30	FMD50 – M50	FMD75 – M75	FMD100 – M100
Keputusan Terpilih	0	0	0	1	0
Jumlah	0	0	0	2	0

Alat Terpilih adalah berkapasitas 75 Kg/jam sebanyak 2 alat.

- Perhitungan Total Biaya

Tabel 5-32 Perhitungan Total Biaya Skenario 1 Alternatif A Provinsi Papua Barat

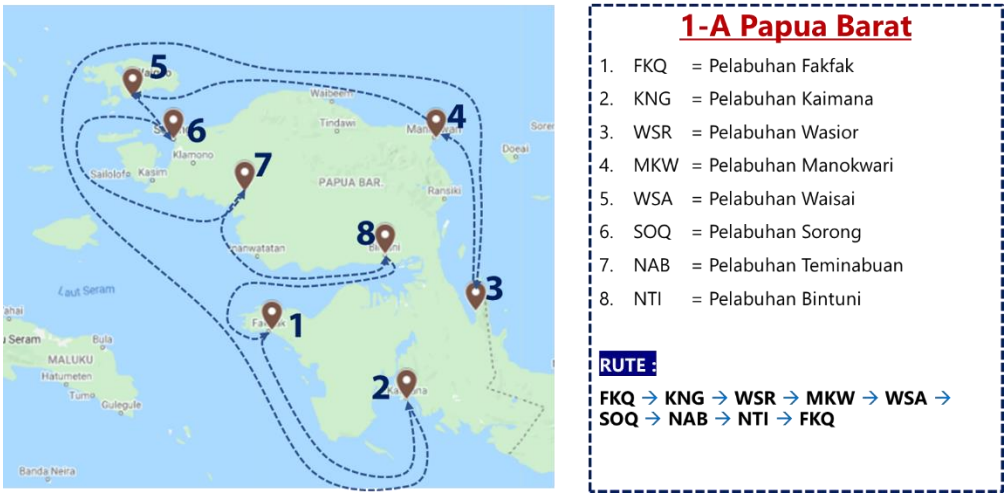
Item	Nilai	Satuan
Biaya Transportasi Laut	5,352,413,187	Rp/tahun

Item	Nilai	Satuan
Biaya Pengadaan *Reefer Container*	413,825,957	Rp/tahun
Biaya Pemasangan Instalasi Listrik di Pelabuhan	105,390,368	Rp/tahun
Biaya Pemakaian Listrik Pelabuhan	2,260,460,241	Rp/tahun
Biaya Modifikasi Pelabuhan	6,003,148,554	Rp/tahun
Biaya Pembangunan *Plant* Pengolahan dan Penimbunan	1,867,403,009	Rp/tahun
Biaya operasional	**16,002,641,316**	**Rp /tahun**

Jumlah total biaya operasional tahunan untuk Skenario 1 Alternatif A Wilayah Provinsi Papua Barat sebesar Rp. 16 Milyar/tahun.

f. Rute Operasional Terpilih

Dari hasil optimasi pada poin e di ats, dapat digambarkan rute yang terpilih adalah sebagai berikut:



Gambar 5-26 Rute Terpilih (Rute 63) untuk Skenario 1 Alternatif A Prov. Papua Barat

5. Total Biaya Operasional Tahunan Skenario 1 Alternatif A

Tabel 5-33 Total Biaya Operasional Tahunan Skenario 1 Alternatif A

Wilayah Operasi	Satuan	Nilai
Prov. Maluku	Rp/tahun	20,784,789,425
Prov. Maluku Utara	Rp/tahun	19,009,191,045
Prov. Papua	Rp/tahun	21,006,444,279
Prov. Papua Barat	Rp/tahun	16,002,641,316
Total	**Rp/tahun**	**76,803,066,065**

Total Biaya Operasional Tahunan yang harus dikeluarkan untuk Skenario 1 adalah sebesar Rp. 76,8 Milyar/tahun.

5.5.2 Skenario 1 Alternatif B

Dalam Alternatif B, pola operasi yang diterapkan adalah pola *hub and spoke*, dimana terdapat 8 (empat) wilayah operasional untuk rute *feeder* dan 1 (satu) rute *mother vessel* seperti yang telah dijabarkan pada sub-bab 5.4.2.

1. Pengukuran jarak dan jumlah muatan

Untuk melakukan proses optimasi skenario 1 alternatif B ini, langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan pengukuran jarak dan penentuan jumlah muatan bagi tiap-tiap rute, sebagai berikut:

Tabel 5-34 Jarak dan Jumlah Muatan pada Skenario 1 Alternatif B

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
F1	NAM	AMQ	RUH	AHI	NDA	GMR	BLA	NAM		**753**	**8**
F2	TUA	DOB	SXK	KWU	TUA					**1,293**	**4**
F3	TEI	JIO	SFI	SIO	TEI					**52**	**4**
F4	TBO	WED	BLI	DRA	TBO					**469**	**4**
F5	BBG	LWI	SQN	BOG	BBG					**579**	**4**
F6	NBX	ZRI	IKU	BIK	ZRM	DJJ	MKW	WSR	NBX	**1,304**	**9**
F7	FKQ	NTI	NAB	WSA	SOQ	KNG	FKQ			**984**	**6**
F8	AMA	MKQ	MMR	BDL	AGS	AMA				**1,498**	**5**
M1	NAM	TUA	AMA	FKQ	NBX	TBO	TEI	BBG	NAM	**2,792**	**44**

2. Perhitungan Biaya Transportasi Laut

Perhitungan biaya transportasi laut perlu dilakukan untuk proses optimasiyang akan dilakukan. Biaya transportasi laut terdiri dari *Capital Cost*, *Operating Cost*, dan *Voyage Cost*. Berikut adalah contoh rincian perhitungan biaya transportasi laut untuk Skenario 1 Alternatif B menggunakan Alternatif Kapal A dan Rute M1.

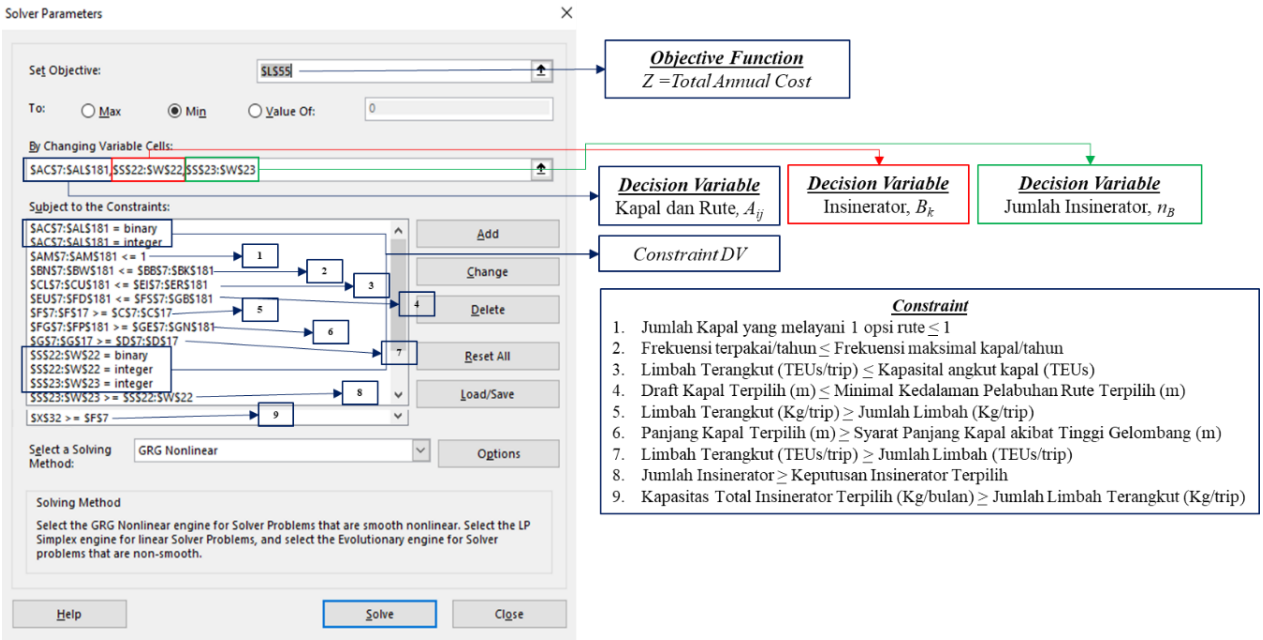
Tabel 5-35 Rincian Perhitungan Biaya Transportasi Laut Skenario1-B Kapal A Rute M1

Item	Satuan	Nilai
Capital Cost		
Investasi	**Rp/tahun**	**17,413,500,000**
Salvage Value	**Rp/tahun**	**1,741,350,000**
Operating Cost		
Biaya Air Tawar	Rp/tahun	22,440,000
Total Gaji Kru	Rp/tahun	1,950,000,000
Biaya Consumable	Rp/tahun	297,000,000
Biaya Maintenance	Rp/tahun	348,270,000
Biaya Asuransi	Rp/tahun	174,135,000
Biaya Pelumas	Rp/tahun	174,135,000
Biaya Administrasi	Rp/tahun	20,000,000
Annual Operating Cost	**Rp/tahun**	**2,985,980,000**

Item	Satuan	Nilai
Voyage Cost		
Bahan Bakar		
Konsumsi Bahan Bakar ME	liter/round-trip	11,648
Konsumsi Bahan Bakar AE	liter/round-trip	6,028
Biaya Bahan Bakar	Rp/trip	91,031,833
Biaya Bahan Bakar	Rp/tahun	432,497,391
Biaya Jasa Kepelabuhanan	Rp/trip	3,866,003
Biaya Jasa Kepelabuhanan	Rp/tahun	46,392,036
Biaya Cargo Handling	Rp/trip	495,000
Biaya Cargo Handling	Rp/tahun	5,940,000
Voyage Cost	**Rp/trip**	**95,392,836**
Annual Voyage Cost	**Rp/tahun**	**484,829,427**
Anuitas Biaya Transportasi Laut	**Rp/tahun**	**5,439,034,685**

3. *Running* Model Optimasi

Dari model matematis yang telah ditetapkan sebelumnya, model optimasi penentuan pangkalan kapal ambulans untuk skenario ini pun dibuat. Susunan yang terdiri dari Decision Variable, Objective Function, dan Constraints untuk skenario ini dapat dilihat pada Gambar 5-23.



Gambar 5-27 Susunan Model Optimasi Skenario 1 Alternatif B pada *Solver Add-ins*

4. Hasil Optimasi dan Perhitungan Total Biaya

Terdapat beberapa hasil yang diperoleh melalui proses optimasi ini. Hasil yang didapatkan meliputi rute operasi, jenis dan ukuran kapal terpilih, jenis dan ukuran insinerator terpilih, serta jumlah insinerator. Berikut adalah penjabaran dari hasil optimasi yang dilakukan:

- Rute, Jenis dan Ukuran Kapal

Tabel 5-36 Rute dan Kapal Terpilih Skenario 1 Alternatif B

Indeks Rute	LCT 100	LCT 250	LCT 500	LCT 1000	LCT 2500	SPB 500	SPB 1000	SPB 2500	SPB 5000	SPB 7500
F1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
F2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
F3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
F4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
F5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
F6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
F7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
F8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
M1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

- Jenis dan Kapasitas Insinerator, Jumlah Insinerator

Tabel 5-37 Insinerator Terpilih dan Jumlah Insinerator Skenario 1 Alternatif B

Tipe MWD + Insinerator	FMD20 - M20	FMD30 – M30	FMD50 – M50	FMD75 – M75	FMD100 – M100
Keputusan Terpilih	0	0	0	0	1
Jumlah	0	0	0	0	7

Alat Terpilih adalah berkapasitas 100 Kg/jam sebanyak 7 alat.

- Perhitungan Total Biaya

Tabel 5-38 Perhitungan Total Biaya Skenario 1 Alternatif B

Item	Nilai	Satuan
Biaya Transportasi Laut	46,984,085,799	Rp/tahun
Biaya Pengadaan *Reefer Container*	2,276,042,763	Rp/tahun
Biaya Pemasangan Instalasi Listrik di Pelabuhan	379,405,325	Rp/tahun
Biaya Pemakaian Listrik Pelabuhan	68,378,922,287	Rp/tahun
Biaya Modifikasi Pelabuhan	7,506,268,864	Rp/tahun
Biaya Pembangunan *Plant* Pengolahan dan Penimbunan	8,315,906,045	Rp/tahun
Biaya operasional	**133,840,631,083**	**Rp /tahun**

Jumlah total biaya operasional tahunan untuk Skenario 1 Alternatif B sebesar Rp. 133,84 Milyar/tahun.

5.5.3 Skenario 1 Alternatif C

Dalam Alternatif C, pola operasi yang diterapkan adalah pola *multi-port relay*, dimana terdapat 2 (empat) wilayah operasional seperti yang telah dijabarkan pada sub-bab 5.4.3.

1. Pengukuran jarak dan jumlah muatan

Untuk melakukan proses optimasi skenario 1 alternatif C ini, langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan pengukuran jarak dan penentuan jumlah muatan bagi tiap-tiap rute, sebagai berikut:

Tabel 5-39 Jarak dan Jumlah Muatan pada Skenario 1 Alternatif C

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	…	NODE 19	…	NODE 23	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
MAL	NAM	BLA	GMR	NDA	AHI	…	JIO	…	NAM	**3,718**	**24**
PAP	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	…	AMA			**4,452**	**20**

2. Perhitungan Biaya Transportasi Laut

Perhitungan biaya transportasi laut perlu dilakukan untuk proses optimasiyang akan dilakukan. Biaya transportasi laut terdiri dari *Capital Cost*, *Operating Cost*, dan *Voyage Cost.* Berikut adalah contoh rincian perhitungan biaya transportasi laut untuk Skenario 1 Alternatif C menggunakan Alternatif Kapal A dan Rute MAL.

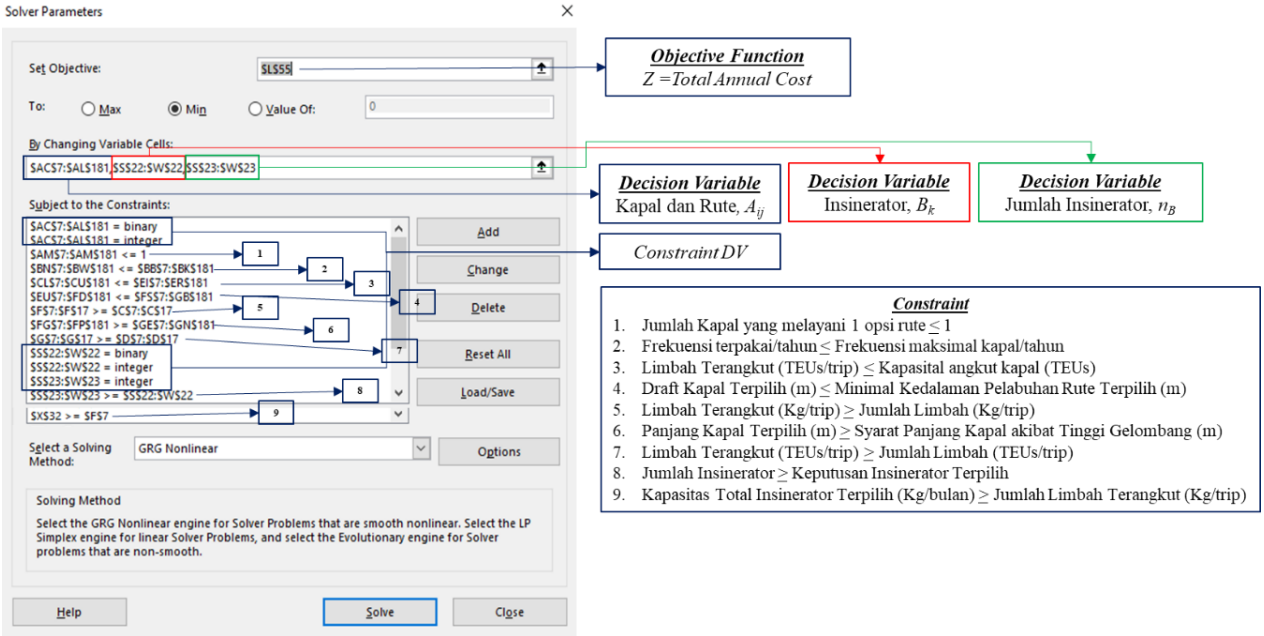
Tabel 5-40 Rincian Perhitungan Biaya Transportasi Laut Skenario1-C Kapal A Rute MAL

Item	Satuan	Nilai
Capital Cost		
Investasi	**Rp/tahun**	**17,413,500,000**
Salvage Value	**Rp/tahun**	**1,741,350,000**
Operating Cost		
Biaya Air Tawar	Rp/tahun	22,440,000
Total Gaji Kru	Rp/tahun	1,950,000,000
Biaya Consumable	Rp/tahun	297,000,000
Biaya Maintenance	Rp/tahun	348,270,000
Biaya Asuransi	Rp/tahun	174,135,000
Biaya Pelumas	Rp/tahun	174,135,000
Biaya Administrasi	Rp/tahun	20,000,000
Annual Operating Cost	**Rp/tahun**	**2,985,980,000**
Voyage Cost		
Bahan Bakar		
Konsumsi Bahan Bakar ME	liter/round-trip	15,509
Konsumsi Bahan Bakar AE	liter/round-trip	8,225
Biaya Bahan Bakar	Rp/trip	122,234,011
Biaya Bahan Bakar	Rp/tahun	588,202,602
Biaya Jasa Kepelabuhanan	Rp/trip	4,046,003
Biaya Jasa Kepelabuhanan	Rp/tahun	48,552,036

Item	Satuan	Nilai
Biaya Cargo Handling	Rp/trip	1,320,000
Biaya Cargo Handling	Rp/tahun	15,840,000
Voyage Cost	**Rp/trip**	**127,600,014**
Annual Voyage Cost	**Rp/tahun**	**652,594,638**
Anuitas Biaya Transportasi Laut	**Rp/tahun**	**5,635,035,411**

3. *Running* Model Optimasi

Dari model matematis yang telah ditetapkan sebelumnya, model optimasi penentuan pangkalan kapal ambulans untuk skenario ini pun dibuat. Susunan yang terdiri dari Decision Variable, Objective Function, dan Constraints untuk skenario ini dapat dilihat pada Gambar 5-23.



Gambar 5-28 Susunan Model Optimasi Skenario 1 Alternatif C pada *Solver Add-ins*

4. Hasil Optimasi dan Perhitungan Total Biaya

Terdapat beberapa hasil yang diperoleh melalui proses optimasi ini. Hasil yang didapatkan meliputi rute operasi, jenis dan ukuran kapal terpilih, jenis dan ukuran insinerator terpilih, serta jumlah insinerator. Berikut adalah penjabaran dari hasil optimasi yang dilakukan:

- Rute, Jenis dan Ukuran Kapal

Tabel 5-41 Rute dan Kapal Terpilih Skenario 1 Alternatif C

Indeks Rute	LCT 100	LCT 250	LCT 500	LCT 1000	LCT 2500	SPB 500	SPB 1000	SPB 2500	SPB 5000	SPB 7500
MAL	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
PAP	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

- Jenis dan Kapasitas Insinerator, Jumlah Insinerator

Tabel 5-42 Insinerator Terpilih dan Jumlah Insinerator Skenario 1 Alternatif C

Tipe MWD + Insinerator	FMD20 - M20	FMD30 – M30	FMD50 – M50	FMD75 – M75	FMD100 – M100
Keputusan Terpilih	0	0	0	0	1
Jumlah	0	0	0	0	7

Alat Terpilih adalah berkapasitas 100 Kg/jam sebanyak 7 alat.

- Perhitungan Total Biaya

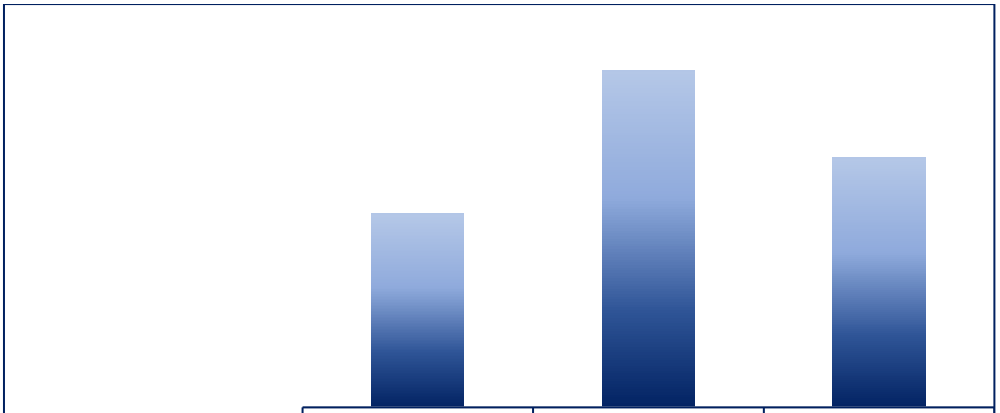
Tabel 5-43 Perhitungan Total Biaya Skenario 1 Alternatif C

Item	Nilai	Satuan
Biaya Transportasi Laut	13,314,672,130	Rp/tahun
Biaya Pengadaan *Reefer Container*	2,276,042,763	Rp/tahun
Biaya Pemasangan Instalasi Listrik di Pelabuhan	758,810,650	Rp/tahun
Biaya Pemakaian Listrik Pelabuhan	68,378,922,287	Rp/tahun
Biaya Modifikasi Pelabuhan	6,182,506,888	Rp/tahun
Biaya Pembangunan *Plant* Pengolahan dan Penimbunan	8,315,906,045	Rp/tahun
Biaya operasional	**99,226,860,763**	**Rp /tahun**

Jumlah total biaya operasional tahunan untuk Skenario 1 Alternatif C sebesar Rp. 99,23 Milyar/tahun.

5.5.4 Perbandingan Tiap Alternatif untuk Skenario 1

Dalam skenario 1, terdapat 3 (tiga) alternatif pola operasi dan pembagian wilayah. Dari ketiga alternatif tersebut, dilakukan perbandingan total biaya operasional tahunan untuk mengetahui alternatif dengan biaya minimum.



	Skenario 1 Alternatif A	Skenario 1 Alternatif B	Skenario 1 Alternatif C
Total Biaya Operasional (Rp/tahun)	76,803,066,066	133,840,631,083	99,226,860,763

Gambar 5-29 Perbandingan Total Biaya Operasional tahunan untuk tiap alternatif pada Skenario 1

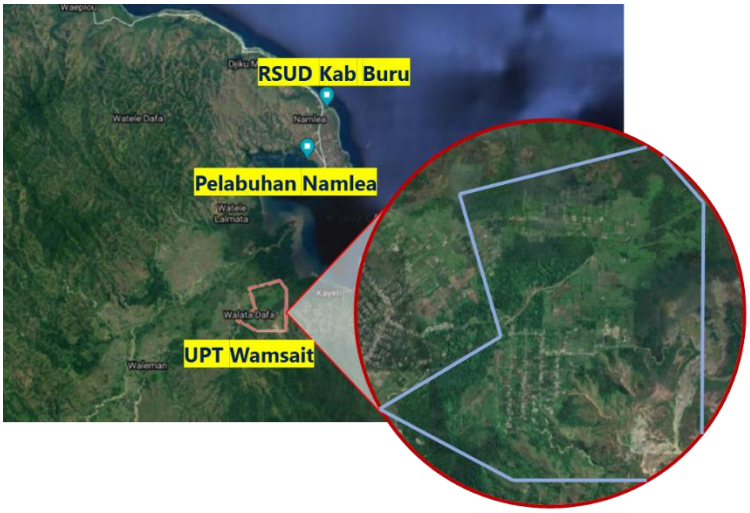
Total Biaya Operasional Tahunan yang paling minimal adalah Alternatif A dengan total biaya sebesar Rp. 76,8 Milyar/tahun. Sehingga untuk penerapan skenario 1, alternatif yang terpilih adalah alternatif A.

5.5.5 Perencanaan Tempat Pengolahan dan Penimbunan Limbah Medis Terpadu (TPLMT) Pada Alternatif Terpilih

Dalam skenario 1, lokasi pengolahan limbah medis berada di darat, lokasi tersebut dipilih dekat dengan titik terpilih dari proses penentuan kandidat lokasi pangkal pengolahan pada sub-bab 5.4. Berikut ini rencana lokasi dan perencanaan Tempat Pengolahan dan Penimbunan Limbah Medis Terpadu untuk Skenario 1 Alternatif A (alternatif terpilih).

1. Wilayah Operasi Provinsi Maluku

Menurut peta terintegrasi B3 dan Limbah B3 di Indonesia, di Provinsi Maluku, telah terdapat lahan penimbunan limbah B3 yang bertempat di Pulau Buru, paling dekat dengan titik pengumpulan Pelabuhan Namlea. Sehingga, lokasi pangkal pengolahan untuk wilayah Provinsi Maluku adalah titik NAM. Lokasi penimbunan tersebut terletak di daerah Wamsait, lebih jelas sebagai berikut.



Gambar 5-30 Lokasi Lahan penimbunan B3 eksisting di Pulau Buru

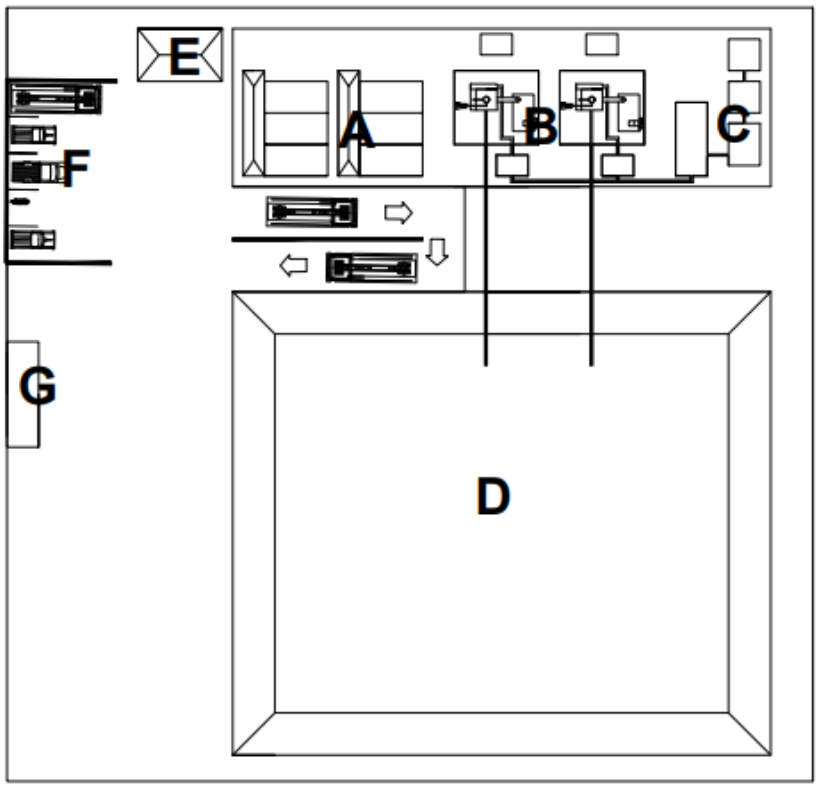
TPLMT untuk Provinsi Maluku direncanakan berlokasi di UPT Wamsait, di lahan penimbunan limbah B3 Wamsait. Sehingga tidak memerlukan pembelian lahan unutk penimbunan maupun pengolahan. TPLMT akan dibangun dengan mengambil sebagian lahan penimbunan limbah B3 eksisting di UPT Wamsait.

Perencanaan TPLMT dimulai dengan menentukan jumlah insinerator dan menentukan luas lahan penimbunan. Jumlah insinerator disesuaikan dengan hasil optimasi dari Skenario 1 Alternatif A untuk Wilayah Maluku, yakni sebanyak 2 insinerator. Kemudian, untuk menentukan luas lahan penimbunan limbah didapat dari formulasi yang dikeluarkan oleh KLHK sebagai berikut:

$$L = \left(\frac{A \times E \times 300}{T} \times 0{,}7 \times 1{,}15\right)$$

Dimana:
L = Luas lahan total (m^2)
A = Volume limbah yang akan dibuang (m^3)
E = Tingkat pemadatan (rata-rata 600 kg/m^3)
T = Ketinggian timbunan yang direncanakan (diasumsikan 0,75 m)

Sehingga dengan total volume limbah medis hasil olahan yang akan ditimbun sebesar 7,85 m^3/bulan, didapati bahwa luas lahan penimbunan yang dibutuhkan adlah sebesar 1.518 m^2. Berikut adalah perencanaan *layout* TPLMT Provinsi Maluku.

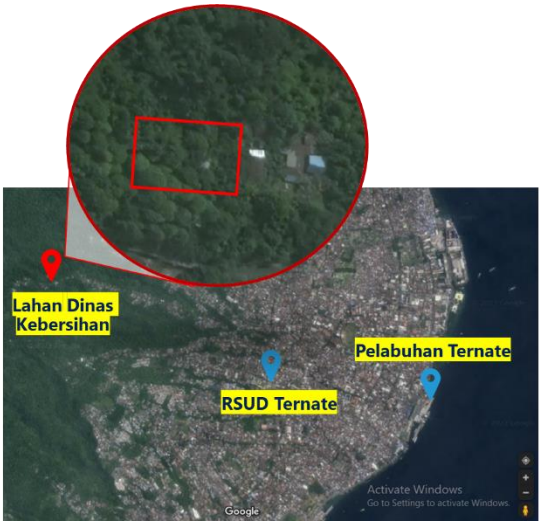


Gambar 5-31 *Layout* TPLMT Provinsi Maluku

Keterangan:
A = Tempat Penyimpanan Limbah Sementara (Kapasitas 12 TEUs)
B = Area Pengelolaan Limbah (2 Insinerator dan 2 Medical Waste Destroyer)
C = Kolam IPAL
D = Tempat Penimbusan Akhir / Sanitary Landfill (Luas= 1.548 m^2)
E = Kantor 8 x 5 meter
F = Gate

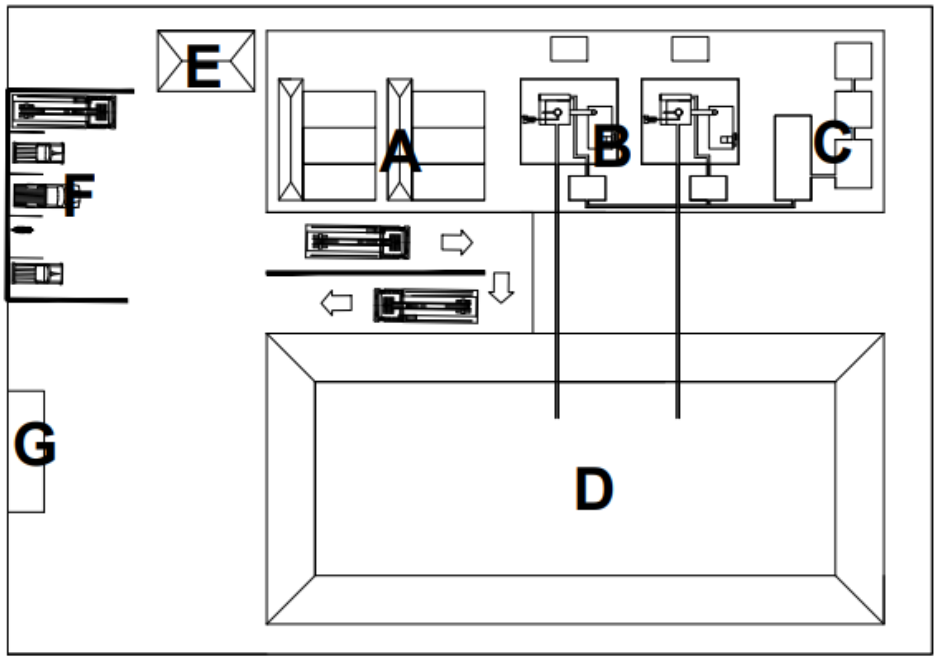
2. Wilayah Operasi Provinsi Maluku Utara

Lokasi pangkal pengolahan untuk wilayah Provinsi Maluku Utara adalah titik TEI. Lokasi penimbunan tersebut terletak di dekat tanah milik Dinas Kebersihan Kota Ternate, lebih jelas sebagai berikut.



Gambar 5-32 Lokasi Rencana Lahan penimbunan Limbah Medis Prov. Maluku Utara

Dengan total volume limbah medis hasil olahan yang akan ditimbun sebesar 3,58 m^3/bulan, didapati bahwa luas lahan penimbunan yang dibutuhkan adlah sebesar 692 m^2. Berikut adalah perencanaan *layout* TPLMT Provinsi Maluku.



Gambar 5-33 *Layout* TPLMT Provinsi Maluku Utara

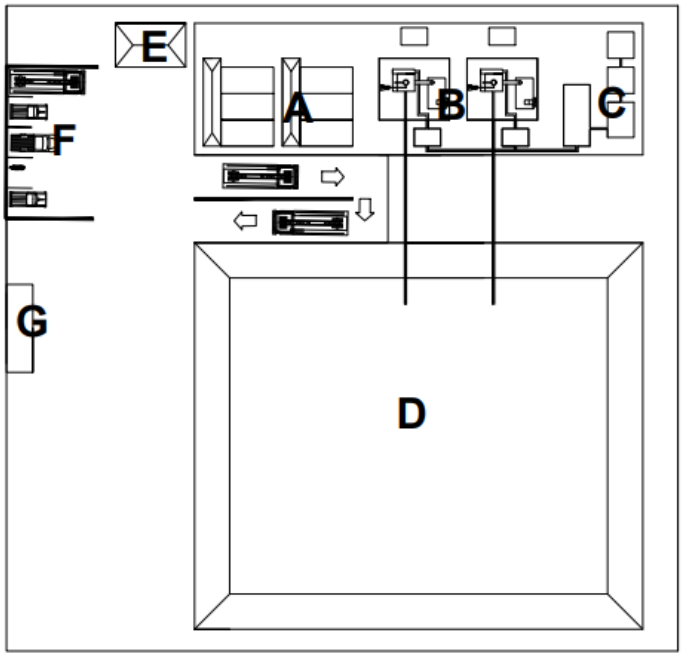
Keterangan:
A = Tempat Penyimpanan Limbah Sementara (Kapasitas 12 TEUs)
B = Area Pengelolaan Limbah (2 Insinerator dan 2 Medical Waste Destroyer)
C = Kolam IPAL
D = Tempat Penimbusan Akhir / Sanitary Landfill (Luas= 692 m^2)
E = Kantor 8 x 5 meter
F = Gate

3. Wilayah Operasi Provinsi Papua

Lokasi pangkal pengolahan untuk wilayah Provinsi Papua adalah titik AMA, direncanakan terletak di dekat RS Mitra Masyarakat Timika, lebih jelas sebagai berikut.

Gambar 5-34 Lokasi Rencana Lahan penimbunan Limbah Medis Prov. Papua

Dengan total volume limbah medis hasil olahan yang akan ditimbun sebesar 7,50 m^3/bulan, didapati bahwa luas lahan penimbunan yang dibutuhkan adlah sebesar 1.507 m^2. Berikut adalah perencanaan *layout* TPLMT Provinsi Papua.

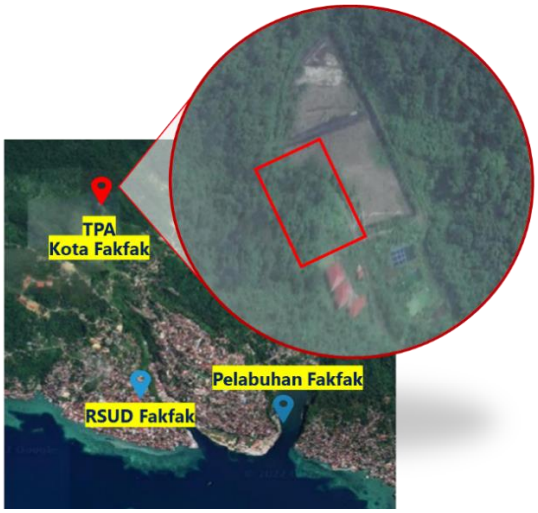


Gambar 5-35 *Layout* TPLMT Provinsi Papua

Keterangan:
A = Tempat Penyimpanan Limbah Sementara (Kapasitas 12 TEUs)
B = Area Pengelolaan Limbah (2 Insinerator dan 2 Medical Waste Destroyer)
C = Kolam IPAL
D = Tempat Penimbusan Akhir / Sanitary Landfill (Luas= 1,548 m^2)
E = Kantor 8 x 5 meter
F = Gate

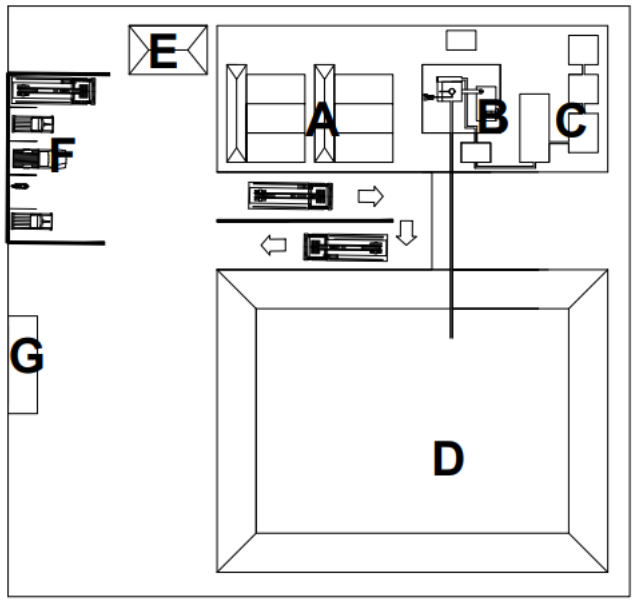
4. Wilayah Operasi Provinsi Papua Barat

Lokasi pangkal pengolahan untuk wilayah Provinsi Papua Barat adalah titik FKQ, direncanakan terletak di dekat TPA Kota Fakfak, lebih jelas sebagai berikut.



Gambar 5-36 Lokasi Rencana Lahan penimbunan Limbah Medis Prov. Papua Barat

Dengan total volume limbah medis hasil olahan yang akan ditimbun sebesar 3,65 m^3/bulan, didapati bahwa luas lahan penimbunan yang dibutuhkan adlah sebesar 706 m^2. Berikut adalah perencanaan *layout* TPLMT Provinsi Papua Barat.



Gambar 5-37 *Layout* TPLMT Provinsi Papua Barat

Keterangan:
A = Tempat Penyimpanan Limbah Sementara (Kapasitas 12 TEUs)
B = Area Pengelolaan Limbah (2 Insinerator dan 2 Medical Waste Destroyer)
C = Kolam IPAL
D = Tempat Penimbusan Akhir / Sanitary Landfill (Luas= 736 m^2)
E = Kantor 8 x 5 meter
F = Gate

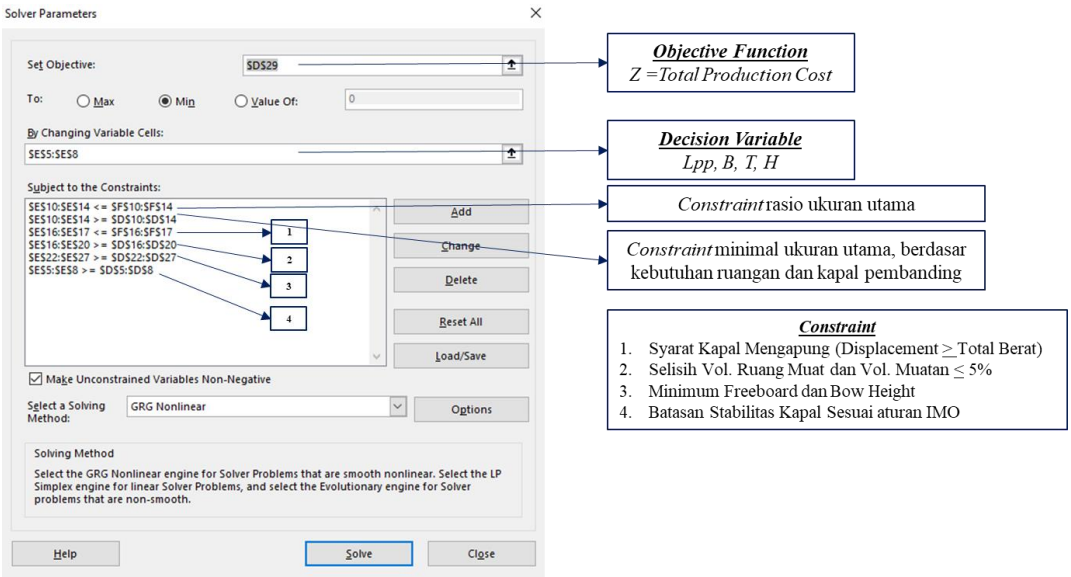
5.6 Hasil Analisis Skenario 2 (*Folating Facility*)

Skenario 2 atau *floating facility* adalah skenario pengelolaan limbah medis dengan kapal sebagai alat angkut limbah medis sekaligus tempat pengolahan dengan insinerator, sementara penimbunan dilakukan di darat. Adapun alur pengangkutan dan pengolahan limbah medis Skenario 2 dapat dilihat pada sub-bab 3.3.

Dalam skenario 1, telah terpilih pola operasi dengan biaya operasional tahunan paling minimum, yakni Pola Operasi Alternatif A, yakni pelayaran *multi-port relay*, dimana terdapat 4 (empat) wilayah operasi berdasarkan provinsi. Dalam skenario 1 yangn terpilih, kapal yang digunakan adalah jenis *Self-Propelled Container Barge (*SPCB). Dua hal tersebut menjadi input atau masukan untuk melakukan proses optimasi skenario 2. Luaran dari optimasi skenario 2 ini adalah ukuran utama kapal paling optimum.

5.6.1 *Running* Model Optimasi

Dari model matematis yang telah ditetapkan sebelumnya, model optimasi penentuan pangkalan kapal ambulans untuk skenario ini pun dibuat. Susunan yang terdiri dari *Decision Variable, Objective Function, dan Constraints* untuk skenario ini dapat dilihat pada Gambar 5-38.



Gambar 5-38 Susunan Model Optimasi Skenario 2 pada *Solver Add-ins*

5.6.2 Hasil Optimasi dan Total Biaya

Berikut adalah hasil optimasi skenario 2

Tabel 5-44 Hasil Optimasi Skenario 2

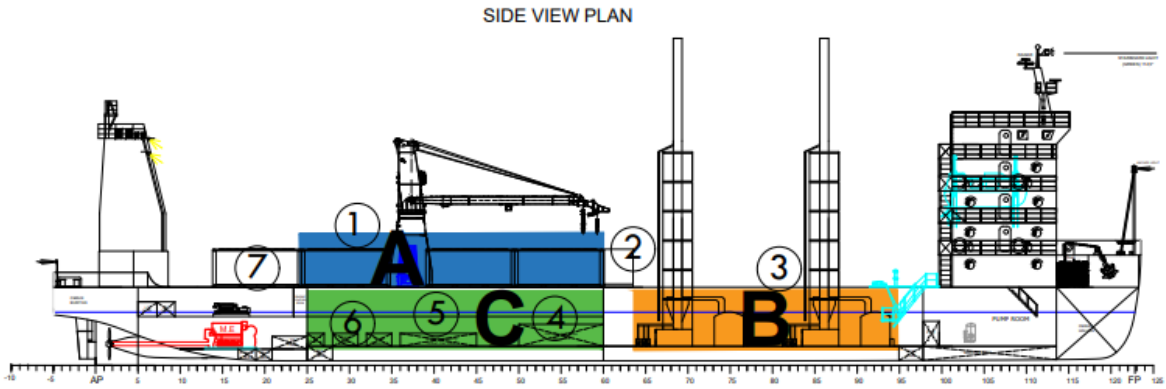
Item	Nilai
L_{PP}	70.99
B	13.80
H	5.60
T	2.48
Biaya Produksi (USD)	**5,923,731**
Jumlah Kapal yang Dibangun	**4**
Biaya Operasional Tahunan (Rp/tahun)	
A. Maluku	16,241,486,361
B. Maluku Utara	15,535,369,027
C. Papua	17,046,921,473
D. Papua Barat	14,313,736,917
Total Biaya Tahunan	63,137,513,778

Dengan menerapkan Skenario 2, yakni dengan membangun kapal baru yang diperuntukkan pengangkutan dan pengolahan limbah medis, total biaya operasional per tahun didapati sebesar Rp. 63,14 Milyar.

5.6.3 Perencanaan Operasional Kapal Pengangkut dan Pengolah Limbah Medis

1. Operasional di atas Kapal

Berikut adalah *layout* penataan ruang-ruang yang ada di atas kapal pengangkut dan pengolah limbah medis.



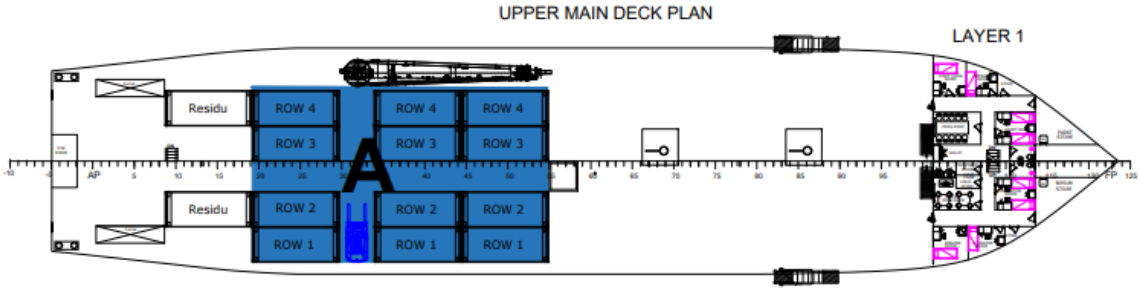
Gambar 5-39 Tampak Samping Kapal Pengangkut dan Pengolah Limbah Medis

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa A merupakan Zona Penyimpanan Sementara Limbah Medis dengan kapasitas 12 TEUs. Kemudian, B merupakan Zona Pengolahan Limbah Medis, yang terdiri dari 2 Insinerator dan 2 *Medical Waste Destroyer*. Sementara itu, C adalah Zona Penampung Limbah Cair dan Residu hasil olahan limbah medis. Pada Zona C, terdapat 4 ruang utama, Ruang Penampung Residu berukuran 6 m x 6 m x 1,5 m; Tangki Penampung Limbah Cair Awal berukuran 6 m x 6 m x 1 m; Tangki Stabilisasi berukuran 1,8 m x 6 m x 1 m; Tangki Aerasi berukuran sama dengan Tangki Stabilisasi, dan terakhir Tangki Maturasi yang berukuran 1,2 m x 6 m x 1 m.

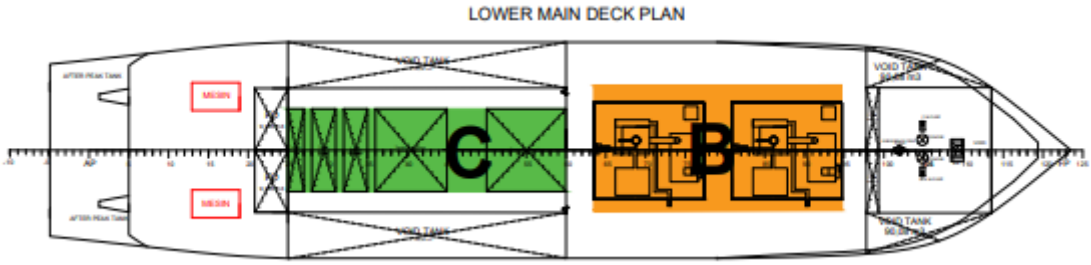
Sementara itu, proses pengolahan limbah medis di atas kapal dapat dilihat melalui notasi angka yang terdapat pada gambar di atas, secara rinci sebagai berikut:

a. Limbah dikeluarkan dari Tempat Penyimpanan Sementara (A)
b. Limbah dipindahkan dari dalam kontainer menuju lift menggunakan forklift
c. Pencacahan dalam Medical Waste Destroyer (B) dan Limbah tercacah dimasukkan dalam insinerator (B)
d. Residu (fly ash) ditampung dalam Ruang Penampung Residu (C)
e. Limbah Cair hasil pengolahan disimpan dalam Tangki Penampung Limbah Cair (C)
f. Limbah Cair dalam Tangki Penampung Limbah Cair Awal diolah dalam Tangki Stabilisasi, Tangki Aerasi, dan Tangki Maturasi (C)
g. Limbah dari dalam Ruang Penampung Residu dipindahkan ke dalam Dry Container sebelum ditimbun, sementara limbah cair dikeluarkan dengan dipompa ketika kapal sandar.

Zona Penyimpanan Sementara berada di atas geladak utama, sedangkan Zona Pengolahan Limbah Medis dan Zona Penampung dan Pengolah Limbah Cair dan Residu berada di bawah geladak utama, hal tersebut dikarenakan untuk menghindari cuaca buruk ketika kapal sedang berlayar. Secara jelas, dapat dilihat dari tampak atas kapal pada 2 (dua) gambar di bawah ini.



Gambar 5-40 Tampak Atas Dek Di atas Geladak Utama Kapal Pengangkut dan Pengolah Limbah Medis

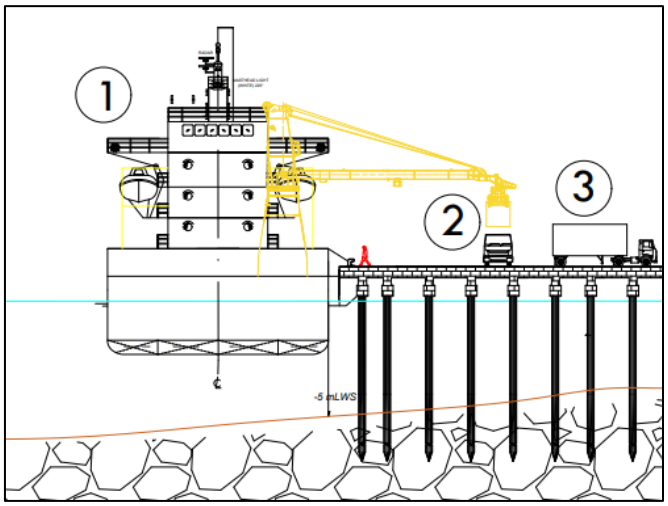


Gambar 5-41 Tampak Atas Dek Di Bawah Geladak Utama Kapal Pengangkut dan Pengolah Limbah Medis

2. Operasional di Pelabuhan

Kapal Pengangkut dan Pengolah Limbah dirancang dengan dilengkapi oleh *container crane*, sehingga untuk proses bongkar dan muat di pelabuhan akan menggunakan *crane* kapal. Kapal akan beroperasi berpangkal pada lokasi pangkal pengolahan yang terpilih sesuai alternatif pola operasi terpilih. Hal ini berarti kapal akan berhenti dan menyelesaikan pengolahan limbah medis dengan bersandar pada pelabuhan terdekat dari lokasi penimbunan limbah B3 di darat, kemudian berangkat lagi untuk memulai pelayaran menjemput limbah medis ke lokasi-lokasi pengumpulan.

Berikut ini alur bongkar muat limbah medis dengan kemasan *reefer container* dari dan ke kapal pengangkut dan pengolah limbah medis.



Gambar 5-42 Tampak Samping Dermaga Pelabuhan Lokasi Pengumpulan Limbah Medis

Proses bongkar muat limbah medis dari dan ke kapal dapat dilihat melalui notasi angka yang terdapat pada gambar di atas, secara rinci sebagai berikut:

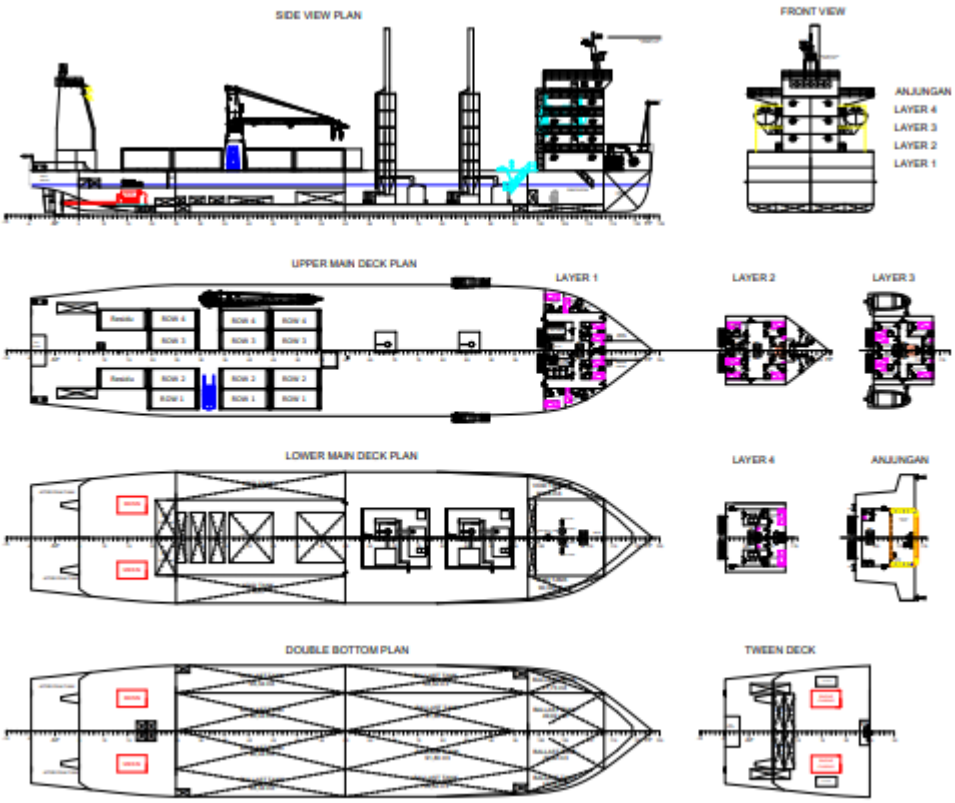
a. Kapal Sandar ke dermaga

b. Container crane mengambil petikemas kosong dari kapal ke atas truk/ mengambil petikemas terisi dari truk ke atas kapal

c. Truk melakukan proses receiving/delivery, yakni membawa petikemas kosong kembali ke lokasi pengumpulan untuk kemudian menyimpan timbulan limbah medis dan/atau mengantar petikemas terisi ke dermaga

5.6.4 Rencana Umum Kapal Pengangkut dan Pengolah Limbah Medis

Berikut merupakan rencana umum/*general arrangement* dari kapal pengangkut dan pengolah limbah medis.



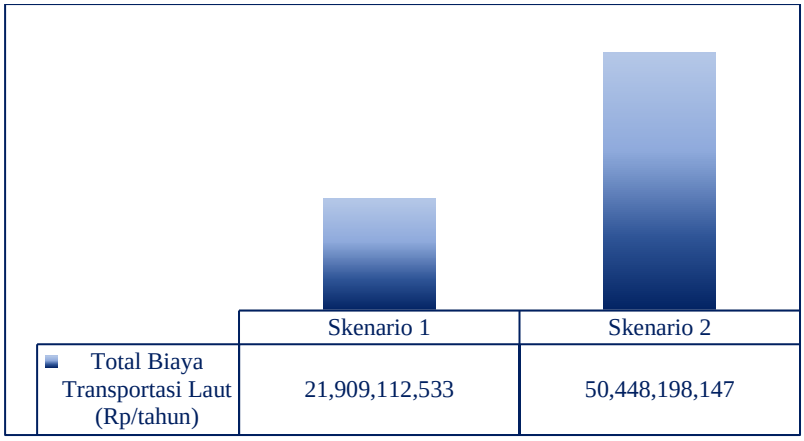
Gambar 5-43 Rencana Umum Kapal Pengangkut dan Pengolah Limbah Medis

5.7 Perbandingan Skenario

Setelah melakukan optimasi kedua skenario, analisis perbandingan antara kedua skenario tersebut pun dapat dilakukan. Perbandingan ini dilakukan untuk menentukan skenario mana yang sebaiknya digunakan.

1. Perbandingan Biaya Transportasi Laut

   Biaya Transportasi Laut adalah biaya kapital *(capital cost)* ditambah dengan biaya operasional *(operating cost)* dan biaya pelayaran (*voyage cost).*

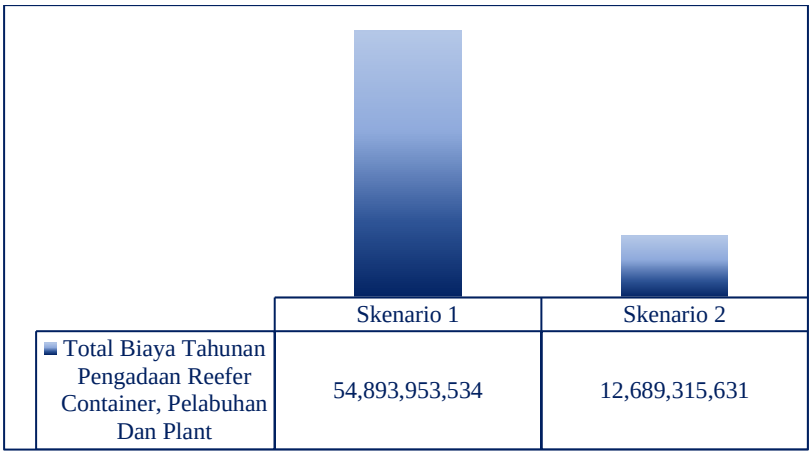


Gambar 5-44 Perbandingan Biaya Transportasi Laut Kedua Skenario

Dari gambar di atas diketahui bahwa Biaya Transportasi Laut untuk Skenario 2 lebih tinggi apabila dibandingkan dengan skenario 1, yakni sebesr 1,3 kali lipat. Biaya Transportasi Laut untuk Skenario 1 sebesar Rp. 21,91 Milyar/tahun, sementara untuk Skenario 2 sebesar Rp. 50,45 Milyar/tahun. Hal ini dikarenakan pada skenario 1, biaya kapital merupakan biaya pembelian kapal bekas, sedangkan dalam skenario 2, biaya kapital merupakan biaya pembangunan kapal baru.

2. Perbandingan Biaya Tahunan Lainnya

Biaya Tahunan Lainnya terdiri dari biaya pengadaan *reefer container*, biaya pemasangan instalasi listrik di pelabuhan untuk *plug-in refer*, biaya pemakaian listrik di pelabuhan, biaya modifikasi dermaga, serta biaya pembelian lahan untuk lokasi penimbunan dan pengolahan ditambah biaya pembangunan *plant* pengolahan.



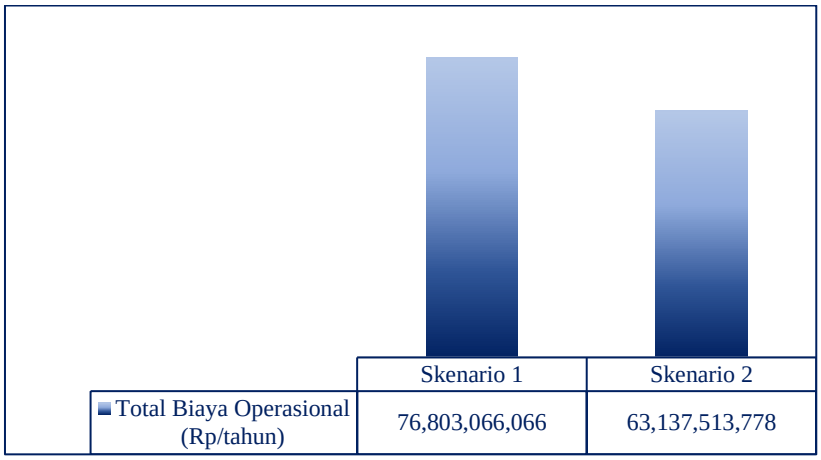
Gambar 5-45 Perbandingan Biaya Tahunan Lainnya Kedua Skenario

Dari gambar di atas diketahui bahwa Biaya Tahunan Lainnya untuk Skenario 2 lebih rendah apabila dibandingkan dengan skenario 1, yakni sebesar 4.3 kali lipat lebih rendah. Biaya Tahunan Lainnya untuk Skenario 1 sebesar Rp. 51,89 Milyar/tahun,

sementara untuk Skenario 2 sebesar Rp. 12,67 Milyar/tahun. Hal ini dikarenakan pada skenario 1, biaya modifikasi dermaga juga termasuk biaya pembelian *quay crane* untuk tiap-tiap dermaga yang tidak memiliki *crane*, kemudian termasuk di dalamnya juga biaya pembelian lahan dan *plant* pengolahan, yang tentu lebih mahal apabila dibandingkan dengan skenario 2 yang tidak memerlukan *plant* pengolahan di darat.

3. Perbandingan Total Biaya Operasional Tahunan

Total Biaya Operasional Tahunan terdiri dari biaya transportasi laut dan biaya tahunan lainnya.



Gambar 5-46 Perbandingan Biaya Operasional Tahunan Kedua Skenario

Dari gambar di atas, diketahui bahwa total biaya operasional tahunan skenario 1 lebih tinggi dibandingkan dengan dengan skenario 2. Terdapat selih sebesar Rp. 13,66 Milyar/tahun atau sebesar 21,6% lebih tinggi dari skenario 1.

4. Skenario Terpilih

Skenario terpilih merupakan skenario dengan total biaya operasional per tahun paling minimum. Dari penjelasan pada poin 1 hingga poin 3, didapati bahwa skenario yang terpilih merupakan skenario 2, yakni dengan membangun kapal pengangkut sekaligus pengolah limbah dengan total biaya operasional tahunan sebesar Rp. 63,14 Milyar.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 6
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan setelah pengerjaan Tugas Akhir ini adalah:

1. Pengelolaan Limbah Medis di Region VI masih belum sesuai standar, penyebabnya antara lain:
   a. Tidak adanya rumah sakit yang memiliki insinerator berizin KLHK
   b. Belum adanya pihak swasta yang berencana untuk mengoperasikan incinerator di wilayah Region VI hingga tahun 2022
   c. Terdapat 3 RS di Papua Barat yang melaporkan kondisi pengelolaan limbah B3 kepada Dirkesling, bahwa proses insinerasi dilakukan dengan Kerjasama dengan pihak Pemerintah Daerah, memanfaatkan klin semen yang tersedia
   d. Pengelolaan paling maksimal yang dilakukan di Region VI adalah dengan melakukan pencacahan limbah dan pembakaran terbuka, yang kemudian ditimbun ke Tempat Penimbusan Akhir.
2. Hasil Identifikasi Jumlah Limbah Medis adalah sebagai berikut:

   I = Prov. Maluku ➔ 56,08 ton/bulan

   II = Prov. Maluku Utara ➔ 25,32 ton/bulan

   III = Prov. Papua Barat ➔ 55,70 ton/bulan

   IV = Prov. Papua ➔ 26,09 ton/bulan

3. Lokasi Pangkal Pengolahan Limbah Medis berbeda pada masing-masing skenario.

   Terdapat 2 Skenario pengelolaan limbah medis, sebagai berikut:

   a. Skenario 1 (Kapal sebagai alat pengangkut, instalasi pengolahan di darat)

   - Skenario 1 – Alternatif A Wilayah Maluku berpangkal di titik NAM, Wilayah Maluku Utara berpangkal di titik TEI, Wilayah Papua berpangkal di titik AMA, dan Wilayah Papua Barat berpangkal di titik FKQ
   - Skenario 1 – Alternatif B berpangkal di titik NAM
   - Skenario 1- Alternatif C Klaster Maluku berpangkal di titik NAM, Klaster Papua berpangkal di titik NBX

b. Skenario 2 (Kapal sebagai alat pengangkut sekaligus pengolah)

Berdasar pada alternatif terbaik skenario 1, yakni alternatif A sehingga memiliki 4 pangkal untuk 4 wilayah (Wilayah Maluku berpangkal di titik NAM, Wilayah Maluku Utara berpangkal di titik TEI, Wilayah Papua berpangkal di titik AMA, dan Wilayah Papua Barat berpangkal di titik FKQ)

4. Skenario yang terpilih adalah skenario dengan total biaya operasional minimal, yakni Skenario 2 dengan membangun 4 (empat) kapal pengangkut dan pengolah limbah medis dengan jenis SPCB pada masing-masing provinsi (sesuai dengan pola operasi terpilih, yakni alternatif A, beroperasi dengan pola *multi-port relay).* Ukuran utama optimum yang didapat adalah Lpp 70,99 m, B 13,80 m, T 2,48 m, dan H 5,60 m dengan total biaya operasional Rp. 61,14 Milyar/tahun.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh melalui penelitian ini, saran penulis untuk pengembangan topik ini adalah:

1. Model yang dikembangkan akan akan menjadi semakin realistis apabila meninjau seluruh jenis fasilitas pelayanan kesehatan.
2. Diperlukan peninjauan lebih lanjut untuk mendapat data jumlah penduduk yang dicakup oleh sebuah rumah sakit atau fasilitas pelayanan kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

Bdour, A., Altrabsheh, B., Hadadin, N., & Al-Shareif, M. (2007). Assessment of medical wastes management practice: A case study of the northern part of Jordan. *Waste Management, XXVII*, 746-759.

detiknews. (2019, July 9). *detiknews*. Opgeroepen op January 15, 2021, van detiknews: https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-4616879/bea-cukai-perak-amankan-8-kontainer-sampah-isi-limbah-b3-dari-australia

Direktorat Kesehatan Lingkungan. (2019). *Kebijakan dan Strategi Kementerian Kesehatan dalam Pengelolaan Limbah Fasilitas Pelayanan Kesehatan.* Jakarta: Direktorat Kesehatan Lingkungan, Direktorat Jenderal Kesehatan Masyarakat, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Direktorat Kesehatan Lingkungan. (2020, January 15). *Pantau Data Pengelolaan Limbah Media (PLM)*. Opgehaald van Direktorat Kesehatan Lingkungan, Direktorat Jenderal Kesehatan Masyarakat, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia: http://kesling.kesmas.kemkes.go.id/limbahfasyankes

Direktort Kesehatan Lingkungan. (2020). *Kegiatan Prioritas Dorektorat Kesehatan Lingkungan Tahun 2020 - 2024.* Jakarta: Direktorat Kesling, Dirjen Kesmas, Kemenkes RI.

Febrian, S., Buwono, A., & Muslim, M. (2019). Desain Kapal Apung untuk Pembangkit Listrik Berbasis Limbah. *Jurnal Penelitian Transportasi Laut, XXI*, 30-34.

halloriau.com. (2019, July 29). *halloriau.com*. Opgeroepen op January 15, 2021, van halloriau.com: https://www.halloriau.com/read-dumai-117389-2019-07-29-angkut-limbah-b3-ksop-minta-pt-tpac-patuhi-aturan-yang-berlaku.html

Idowu, I., Alo, B., Atherton, W., & Khaddar, R. A. (2013). Profile of medical waste management in two healthcare facilities in Lagos, Nigeria: a case study. *Waste Management and Research 31, XXXI*(5), 494-501.

Kemenkes RI. (2004). *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. KEPMEN 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit.* Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Kemenkes RI. (2019). *Profil Kesehatan Republik Indonesia.* Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

KLHK RI. (2014). *Pedoman Kriteria Teknologi Pengolahan Limbah Medis Ramah Lingkungan.* Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.

Malayadi, A. F. (2017). *Karakteristik dan Sistem Pengelolaan Limbah B3 Laboratorium Universitas Hasanuddin Kota Makassar.* Makassar: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.

Svensk Kärnbränslehantering. (2016, January). *Svensk Kärnbränslehantering.* Opgeroepen op January 15, 2021, van https://www.skb.se/publikation/2674384/Fact-sheet_Sigrid.pdf

Tesfahun, E., Kumie, A., & Beyene, A. (2015). Developing models for the prediction of hospital healthcare waste generation rate. *Waste Management and Research*, 1-6.

WHO. (2014). *Safe management of wastes from health-care activities: 2nd Edition.* Malta: World Health Organization.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Kapal Pengangkut Limbah B3 Berizin KLHK

Lampiran 2 Daftar Pelaporan Pengelolaan Limbah Medis Region VI kepada Kemenkes

Lampiran 3 Opsi Rute, Jarak, dan Jumlah Muatan Skenario 1

Lampiran 4 *Layout* TPLMT Provinsi Maluku

Lampiran 5 *Layout* TPLMT Provinsi Maluku Utara

Lampiran 6 *Layout* TPLMT Provinsi Papua

Lampiran 7 *Layout* TPLMT Provinsi Papua Barat

Lampiran 8 Kebutuhan Ruangan dan Payload Kapal

Lampiran 9 Perhitungan Koefisien Kapal, Displasmen Kapal dan LCB

Lampiran 10 Perhitungan Hambatan Kapal

Lampiran 11 Perhitungan Propulsi Kapal

Lampiran 12 Pemilihan Mesin Kapal

Lampiran 13 Perhitungan Berat Kapal

Lampiran 14 Perhitungan Trim

Lampiran 15 Perhitungan Stabilitas

Lampiran 16 *General Arrangement* Kapal Pengolah Limbah Medis

Lampiran 17 Operasinal dan Penataan Ruang pada Kapal

Lampiran 18 Operasional di Pelabuhan

Lampiran 1 Daftar Kapal Pengangkut Limbah B3 Berizin KLHK

COMPANY	SHIP NAME	TYPE	BUILT YEAR	IMO	LOA	B	T	H	GT
INTI INTIM SAMUDRA	EVEREST XL	LCT	2010	8749638	47.4	8	2	2.75	329
INTI INTIM SAMUDRA	LIBERTI STAR	GC	1975	7365875	76	13.09			1549
INTI INTIM SAMUDRA	LUCKY STAR	BC	2009	9542582	153	26	9.3	13.75	14851
Cindara Pratama Lines	SV Twin Sister 307	Offshore Tug/ Supply Ship	2013	9688300	37	9	3.4	4	371
Grogol Sarana Utama	TK ER 302	Barge	2009	18672	91.5	24.4	3.9	5.5	3143
Grogol Sarana Utama	TK ER 305	Barge	2010	17555	91.44	24.38		5.49	3147
Grogol Sarana Utama	TK Lestari 3005	Barge	2009	13103	91.44	24.38		5.49	3080
Grogol Sarana Utama	TB Grogol 02	Tug Boat	2012	8677548	27	7.5	3	3.6	181
Grogol Sarana Utama	TB Laksamana M. Zain 88	Tug Boat	2008	8735443	57.5	7.5		3.6	189
Grogol Sarana Utama	TB Prima Star 3	Tug Boat	2009	8655540	28.6	8		3.75	211
PT. ANDALAN LANCAR NIAGA	TB Michelle I	Tug Boat	2009	8652691	28.25	8.3	3.1	3.9	208
PT. ANDALAN LANCAR NIAGA	TB Michelle II	Tug Boat	2011	8658293	28.25	8.3	3.1	3.9	208
PT. ANDALAN LANCAR NIAGA	TB Michelle III	Tug Boat	2011	8674209	28.25	8.3	3.1	3.9	208
PT. ANDALAN LANCAR NIAGA	TB Michelle V	Tug Boat	2013	8691221	28.25	8.3	3.1	3.9	208
PT. ANDALAN LANCAR NIAGA	TB Michelle VI	Tug Boat	2013	8691893	28.25	8.3	3.1	3.9	208
PT. ANDALAN LANCAR NIAGA	TB Michelle VII	Tug Boat	2018	22714	26.25	8	2.5	3.3	168
PT. ANDALAN LANCAR NIAGA	TB Michelle VIII	Tug Boat	2018	22944	26.25	8	2.5	3.3	171
PT. ANDALAN LANCAR NIAGA	BG Benami I	Barge	2009	12474	91.44	24.38	4.26	5.48	3066
PT. ANDALAN LANCAR NIAGA	BG Benami II	Barge	2011	15459	91.5	24.38	4.28	5.5	3034
PT. ANDALAN LANCAR NIAGA	BG Benami III	Barge	2011	16523	91.5	24.38	4.28	5.5	3034
PT. ANDALAN LANCAR NIAGA	BG Benami V	Barge	2013	17802	91.44	24.38	4.26	5.48	3103
PT. ANDALAN LANCAR NIAGA	TK Benami VI	Barge	2013	19378	94.44	24.99	4.21	5.48	3110
PT. ANDALAN LANCAR NIAGA	BG Benami VII	Barge	2018	22603	91.44	24.38	4.26	5.48	3053
PT. ANDALAN LANCAR NIAGA	BG Benami VIII	Barge	2019	23537	91.44	24.38	4.26	5.48	3050
Pelayaran Tanjung Bahari Perkasa	TB Tanjung Bahari 28	Tug Boat	2013	9852195	23.5	7.31	2.69	3.2	148
Pelayaran Tanjung Bahari Perkasa	TB Tanjung Bahari 29	Tug Boat	2018	9852339	26	8		3.65	192
Pelayaran Tanjung Bahari Perkasa	BG Bahari 30015	Barge	2018	22838	91.44	24		5.49	3173
Pelayaran Tanjung Bahari Perkasa	BG Bahari 30017	Barge	2018	22536	91.44	24.38		5.48	3115
GLOBAL MARINDO PERKASA	BIWIN 8	Tug Boat	2007	9487457	24	7.2	2.8	3.5	146
GLOBAL MARINDO PERKASA	BIL 8	Barge	2008	10848	73.15	21.33		4.26	1610
MORO CITRA SAMUDRA	TB Citra Moro III	Tug Boat	2013	8691867	21	6.5		3	113
MORO CITRA SAMUDRA	TB Citra Murni	Tug Boat	2011	8674637	23.5	7.32		3.2	147
MORO CITRA SAMUDRA	TK Samudra V	Barge	2011	14497	76.2	24.38	3.88	4.87	2200
MORO CITRA SAMUDRA	TK Samudra IX	Barge	2012	17326	76.2	21.9		4.87	2243
Sinar Pagoda	KM Sejahtera 36								
Sinar Pagoda	KM Sejahtera 18	GC	1989	8824529	55.99	11	3.65	5.6	807
Sinar Pagoda	KM Sejahtera 20	GC	2008	8746571	55.77	9.6	4.39	5.35	715
Sinar Pagoda	KM Sejahtera 21	GC	1991	8850889	60.3	10.5	3.3	5.2	776
Sinar Pagoda	KM Sejahtera 30	GC	1990	8840987	70.83	11.5	2.89	5.25	1118
Sinar Pagoda	KM Sejahtera 33	GC	2012	9665322	55.6	9	3.99	5.3	739
Sinar Pagoda	KM Golden Cow 1	GC	1992	9042867	51.08	12	4	4.75	789
Sinar Pagoda	KM Wiras Permata No.1	GC	1990	9006162	62.85	11	4.2	5	947
Pelayaran Samudera Rizqi	TB Shienny 03	Tug Boat	2010	8656116	21.75	6.5	1.97	2.65	116
Pelayaran Samudera Rizqi	BG Rhonda	Barge	2004	8981	54.86	15.24		3.05	618
Pelayaran Samudera Rizqi	TB Mitra Pacific 03	Tug Boat	2013	18317	23.5	7.32	2.7	3.32	139
Pelayaran Samudera Rizqi	BG Sarana Mitra 03	Barge	2013	17994	76.2	24.38	3.91	4.75	2099
Pelayaran Samudera Rizqi	TB Prima Power 01	Tug Boat	2010	9608233	29	8	3	3.7	211
Pelayaran Samudera Rizqi	BG Pelita 05	Barge	2011	13711	91.44	24.38		5.48	3103
Citra Maritime	Citra 02	Tug Boat	2012	9657181	23.5	7.32	2.7	3.2	153
Citra Maritime	CITRA 03	Tug Boat	2013	9655157	23.5	7.32	2.7	3.2	153
Citra Maritime	CITRA 60	Tug Boat		9822293	24	7	3.4		141
Citra Maritime	CITRA 76	Tug Boat		9859038	24	8			
Citra Maritime	CITRA 250								
Citra Maritime	CITRA 2501	Barge	2012	15356	76.2	22.5	3.87	4.87	2057
Citra Maritime	CITRA 2502	Barge	2013	17035	76.2	22.5	3.87	4.87	2070
Citra Maritime	CITRA 2503								
PT. TRANS MARITIM PRATAMA	TB Bloro 15	Tug Boat	1997	8995495	23	7.3		2.75	127
PT. TRANS MARITIM PRATAMA	TK Asgar 2503	Barge	2013	18984	76.2	24.38	3.97	5	2446
Indo Shipping Operator	A1	GC	1986	8520238		12			434
Indo Shipping Operator	KIN	GC	1988	8808434	75.25	12		5.25	1202

Lampiran 2 Daftar Pelaporan Pengelolaan Limbah Medis Region VI kepada Kemenkes

Tahun	Provinsi	Kabupaten	Rumah Sakit	Insinerasi	Izin Insinerasi	Non-Insinerasi	Kerja Sama Swasta	Kerja Sama Pemda
2020	MALUKU UTARA	KABUPATEN HALMAHERA UTARA	RSU Daerah Tobelo	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	Tidak
2020	PAPUA	KABUPATEN JAYAPURA	RS Bhayangkara Papua	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Tidak
2020	PAPUA	KABUPATEN KEPULAUAN YAPEN	RSU Serui	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
2020	PAPUA	KABUPATEN BOVEN DIGOEL	RSUD BOVEN DIGOEL	Tidak	Ya	Tidak	Tidak	Ya
2020	PAPUA	KABUPATEN NABIRE	RSU Nabire	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Tidak
2020	PAPUA	KABUPATEN MIMIKA	RSUD Kab. Mimika	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
2020	PAPUA	KABUPATEN MIMIKA	RS Mitra Masy.Timika	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
2020	PAPUA BARAT	KABUPATEN TELUK BINTUNI	RSU Bintuni	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
2021	PAPUA	KABUPATEN MIMIKA	RS Mitra Masy.Timika	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
2021	PAPUA BARAT	KABUPATEN KAIMANA	RSUD KAIMANA	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
2021	PAPUA BARAT	KABUPATEN FAKFAK	RSU Fak Fak	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Ya

Lampiran 3 Opsi Rute, Jarak, dan Jumlah Muatan Skenario 1

Skenari 1 Alternatif A Wilayah Provinsi Maluku

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
1	NAM	BLA	NAM										**456**	**1**
2	NAM	GMR	NAM										**628**	**1**
3	NAM	TUA	NAM										**862**	**1**
4	NAM	DOB	NAM										**970**	**1**
5	NAM	SXK	NAM										**792**	**1**
6	NAM	KWU	NAM										**630**	**1**
7	NAM	NDA	NAM										**382**	**1**
8	NAM	RUH	NAM										**226**	**1**
9	NAM	AHI	NAM										**308**	**1**
10	NAM	AMQ	NAM										**164**	**2**
11	NAM	BLA	GMR	NAM									**636**	**2**
12	NAM	BLA	TUA	NAM									**885**	**2**
13	NAM	BLA	DOB	NAM									**994**	**2**
14	NAM	BLA	SXK	NAM									**995**	**2**
15	NAM	BLA	KWU	NAM									**1,049**	**2**
16	NAM	BLA	NDA	NAM									**634**	**2**
17	NAM	BLA	RUH	NAM									**567**	**2**
18	NAM	BLA	AHI	NAM									**602**	**2**
19	NAM	BLA	AMQ	NAM									**583**	**3**
20	NAM	GMR	TUA	NAM									**916**	**2**
21	NAM	GMR	DOB	NAM									**1,010**	**2**
22	NAM	GMR	SXK	NAM									**1,022**	**2**
23	NAM	GMR	KWU	NAM									**992**	**2**
24	NAM	GMR	NDA	NAM									**647**	**2**
25	NAM	GMR	RUH	NAM									**613**	**2**
26	NAM	GMR	AHI	NAM									**633**	**2**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
27	NAM	GMR	AMQ	NAM									**663**	**3**
28	NAM	TUA	DOB	NAM									**1,063**	**2**
29	NAM	TUA	SXK	NAM									**1,312**	**2**
30	NAM	TUA	KWU	NAM									**1,110**	**2**
31	NAM	TUA	NDA	NAM									**836**	**2**
32	NAM	TUA	RUH	NAM									**848**	**2**
33	NAM	TUA	AHI	NAM									**890**	**2**
34	NAM	TUA	AMQ	NAM									**879**	**3**
35	NAM	DOB	SXK	NAM									**1,444**	**2**
36	NAM	DOB	KWU	NAM									**1,223**	**2**
37	NAM	DOB	NDA	NAM									**951**	**2**
38	NAM	DOB	RUH	NAM									**969**	**2**
39	NAM	DOB	AHI	NAM									**1,022**	**2**
40	NAM	DOB	AMQ	NAM									**1,004**	**3**
41	NAM	SXK	KWU	NAM									**930**	**2**
42	NAM	SXK	NDA	NAM									**892**	**2**
43	NAM	SXK	RUH	NAM									**829**	**2**
44	NAM	SXK	AHI	NAM									**881**	**2**
45	NAM	SXK	AMQ	NAM									**955**	**3**
46	NAM	KWU	NDA	NAM									**767**	**2**
47	NAM	KWU	RUH	NAM									**709**	**2**
48	NAM	KWU	AHI	NAM									**774**	**2**
49	NAM	KWU	AMQ	NAM									**673**	**3**
50	NAM	NDA	RUH	NAM									**403**	**2**
51	NAM	NDA	AHI	NAM									**446**	**2**
52	NAM	NDA	AMQ	NAM									**462**	**3**
53	NAM	RUH	AHI	NAM									**317**	**2**
54	NAM	RUH	AMQ	NAM									**251**	**3**
55	NAM	AHI	AMQ	NAM									**333**	**3**
56	NAM	BLA	GMR	TUA	NAM								**924**	**3**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
57	NAM	BLA	GMR	DOB	NAM								**1,018**	**3**
58	NAM	BLA	GMR	SXK	NAM								**1,030**	**3**
59	NAM	BLA	GMR	KWU	NAM								**1,000**	**3**
60	NAM	BLA	GMR	NDA	NAM								**655**	**3**
61	NAM	BLA	GMR	RUH	NAM								**621**	**3**
62	NAM	BLA	GMR	AHI	NAM								**641**	**3**
63	NAM	BLA	GMR	AMQ	NAM								**671**	**4**
64	NAM	BLA	TUA	DOB	NAM								**1,086**	**3**
65	NAM	BLA	TUA	SXK	NAM								**1,335**	**3**
66	NAM	BLA	TUA	KWU	NAM								**1,133**	**3**
67	NAM	BLA	TUA	NDA	NAM								**859**	**3**
68	NAM	BLA	TUA	RUH	NAM								**871**	**3**
69	NAM	BLA	TUA	AHI	NAM								**913**	**3**
70	NAM	BLA	TUA	AMQ	NAM								**902**	**4**
71	NAM	BLA	DOB	SXK	NAM								**1,468**	**3**
72	NAM	BLA	DOB	KWU	NAM								**1,247**	**3**
73	NAM	BLA	DOB	NDA	NAM								**975**	**3**
74	NAM	BLA	DOB	RUH	NAM								**993**	**3**
75	NAM	BLA	DOB	AHI	NAM								**1,046**	**3**
76	NAM	BLA	DOB	AMQ	NAM								**1,028**	**4**
77	NAM	BLA	SXK	KWU	NAM								**1,133**	**3**
78	NAM	BLA	SXK	NDA	NAM								**1,095**	**3**
79	NAM	BLA	SXK	RUH	NAM								**1,032**	**3**
80	NAM	BLA	SXK	AHI	NAM								**1,084**	**3**
81	NAM	BLA	SXK	AMQ	NAM								**1,158**	**4**
82	NAM	BLA	KWU	NDA	NAM								**1,186**	**3**
83	NAM	BLA	KWU	RUH	NAM								**1,128**	**3**
84	NAM	BLA	KWU	AHI	NAM								**1,193**	**3**
85	NAM	BLA	KWU	AMQ	NAM								**1,092**	**4**
86	NAM	BLA	NDA	RUH	NAM								**655**	**3**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
87	NAM	BLA	NDA	AHI	NAM								**698**	**3**
88	NAM	BLA	NDA	AMQ	NAM								**714**	**4**
89	NAM	BLA	RUH	AHI	NAM								**658**	**3**
90	NAM	BLA	RUH	AMQ	NAM								**592**	**4**
91	NAM	BLA	AHI	AMQ	NAM								**627**	**4**
92	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	NAM							**1,125**	**4**
93	NAM	BLA	GMR	TUA	SXK	NAM							**1,374**	**4**
94	NAM	BLA	GMR	TUA	KWU	NAM							**1,172**	**4**
95	NAM	BLA	GMR	TUA	NDA	NAM							**898**	**4**
96	NAM	BLA	GMR	TUA	RUH	NAM							**910**	**4**
97	NAM	BLA	GMR	TUA	AHI	NAM							**952**	**4**
98	NAM	BLA	GMR	TUA	AMQ	NAM							**941**	**5**
99	NAM	BLA	GMR	DOB	SXK	NAM							**1,492**	**4**
100	NAM	BLA	GMR	DOB	KWU	NAM							**1,271**	**4**
101	NAM	BLA	GMR	DOB	NDA	NAM							**999**	**4**
102	NAM	BLA	GMR	DOB	RUH	NAM							**1,017**	**4**
103	NAM	BLA	GMR	DOB	AHI	NAM							**1,070**	**4**
104	NAM	BLA	GMR	DOB	AMQ	NAM							**1,052**	**5**
105	NAM	BLA	GMR	SXK	KWU	NAM							**1,168**	**4**
106	NAM	BLA	GMR	SXK	NDA	NAM							**1,130**	**4**
107	NAM	BLA	GMR	SXK	RUH	NAM							**1,067**	**4**
108	NAM	BLA	GMR	SXK	AHI	NAM							**1,119**	**4**
109	NAM	BLA	GMR	SXK	AMQ	NAM							**1,193**	**5**
110	NAM	BLA	GMR	KWU	NDA	NAM							**1,137**	**4**
111	NAM	BLA	GMR	KWU	RUH	NAM							**1,079**	**4**
112	NAM	BLA	GMR	KWU	AHI	NAM							**1,144**	**4**
113	NAM	BLA	GMR	KWU	AMQ	NAM							**1,043**	**5**
114	NAM	BLA	GMR	NDA	RUH	NAM							**676**	**4**
115	NAM	BLA	GMR	NDA	AHI	NAM							**719**	**4**
116	NAM	BLA	GMR	NDA	AMQ	NAM							**735**	**5**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
117	NAM	BLA	GMR	RUH	AHI	NAM							**712**	**4**
118	NAM	BLA	GMR	RUH	AMQ	NAM							**646**	**5**
119	NAM	BLA	GMR	AHI	AMQ	NAM							**666**	**5**
120	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	NAM						**1,599**	**5**
121	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	KWU	NAM						**1,378**	**5**
122	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	NDA	NAM						**1,106**	**5**
123	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	RUH	NAM						**1,124**	**5**
124	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	AHI	NAM						**1,177**	**5**
125	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	AMQ	NAM						**1,159**	**6**
126	NAM	BLA	GMR	TUA	SXK	KWU	NAM						**1,512**	**5**
127	NAM	BLA	GMR	TUA	SXK	NDA	NAM						**1,474**	**5**
128	NAM	BLA	GMR	TUA	SXK	RUH	NAM						**1,411**	**5**
129	NAM	BLA	GMR	TUA	SXK	AHI	NAM						**1,463**	**5**
130	NAM	BLA	GMR	TUA	SXK	AMQ	NAM						**1,537**	**6**
131	NAM	BLA	GMR	TUA	KWU	NDA	NAM						**1,309**	**5**
132	NAM	BLA	GMR	TUA	KWU	RUH	NAM						**1,251**	**5**
133	NAM	BLA	GMR	TUA	KWU	AHI	NAM						**1,316**	**5**
134	NAM	BLA	GMR	TUA	KWU	AMQ	NAM						**1,215**	**6**
135	NAM	BLA	GMR	TUA	NDA	RUH	NAM						**919**	**5**
136	NAM	BLA	GMR	TUA	NDA	AHI	NAM						**962**	**5**
137	NAM	BLA	GMR	TUA	NDA	AMQ	NAM						**978**	**6**
138	NAM	BLA	GMR	TUA	RUH	AHI	NAM						**1,001**	**5**
139	NAM	BLA	GMR	TUA	RUH	AMQ	NAM						**935**	**6**
140	NAM	BLA	GMR	TUA	AHI	AMQ	NAM						**977**	**6**
141	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	KWU	NAM					**1,737**	**6**
142	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	NDA	NAM					**1,699**	**6**
143	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	RUH	NAM					**1,636**	**6**
144	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	AHI	NAM					**1,688**	**6**
145	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	AMQ	NAM					**1,762**	**7**
146	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	KWU	NDA	NAM					**1,515**	**6**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
147	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	KWU	RUH	NAM					**1,457**	**6**
148	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	KWU	AHI	NAM					**1,522**	**6**
149	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	KWU	AMQ	NAM					**1,421**	**7**
150	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	NDA	RUH	NAM					**1,127**	**6**
151	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	NDA	AHI	NAM					**1,170**	**6**
152	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	NDA	AMQ	NAM					**1,186**	**7**
153	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	RUH	AHI	NAM					**1,215**	**6**
154	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	RUH	AMQ	NAM					**1,149**	**7**
155	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	AHI	AMQ	NAM					**1,202**	**7**
156	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	KWU	NDA	NAM				**1,874**	**7**
157	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	KWU	RUH	NAM				**1,816**	**7**
158	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	KWU	AHI	NAM				**1,881**	**7**
159	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	KWU	AMQ	NAM				**1,780**	**8**
160	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	NDA	RUH	NAM				**1,720**	**7**
161	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	NDA	AHI	NAM				**1,763**	**7**
162	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	NDA	AMQ	NAM				**1,779**	**8**
163	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	RUH	AHI	NAM				**1,727**	**7**
164	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	RUH	AMQ	NAM				**1,661**	**8**
165	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	AHI	AMQ	NAM				**1,713**	**8**
166	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	KWU	NDA	RUH	NAM			**1,895**	**8**
167	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	KWU	NDA	AHI	NAM			**1,938**	**8**
168	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	KWU	NDA	AMQ	NAM			**1,954**	**9**
169	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	KWU	RUH	AHI	NAM			**1,907**	**8**
170	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	KWU	RUH	AMQ	NAM			**1,841**	**9**
171	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	KWU	AHI	AMQ	NAM			**1,906**	**9**
172	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	KWU	NDA	RUH	AHI	NAM		**1,986**	**9**
173	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	KWU	NDA	RUH	AMQ	NAM		**1,920**	**10**
174	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	KWU	NDA	AHI	AMQ	NAM		**1,963**	**10**
175	NAM	BLA	GMR	TUA	DOB	SXK	KWU	NDA	RUH	AHI	AMQ	NAM	**2,011**	**11**

Skenario 1 Alternatif A Provinsi Maluku Utara

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	NODE 12	TOTAL JARAK	TOTAL LIMBAH
														(nm)	(TEUs/trip)
1	TEI	BOG	TEI											**606**	**1**
2	TEI	SQN	TEI											**432**	**1**
3	TEI	LWI	TEI											**351**	**1**
4	TEI	BBG	TEI											**221**	**1**
5	TEI	WED	TEI											**318**	**1**
6	TEI	BLI	TEI											**599**	**1**
7	TEI	DRA	TEI											**296**	**1**
8	TEI	TBO	TEI											**316**	**1**
9	TEI	JIO	TEI											**33**	**1**
10	TEI	SFI	TEI											**21**	**1**
11	TEI	SIO	TEI											**19**	**1**
12	TEI	BOG	SQN	TEI										**637**	**2**
13	TEI	BOG	LWI	TEI										**710**	**2**
14	TEI	BOG	BBG	TEI										**695**	**2**
15	TEI	BOG	WED	TEI										**919**	**2**
16	TEI	BOG	BLI	TEI										**1,047**	**2**
17	TEI	BOG	DRA	TEI										**891**	**2**
18	TEI	BOG	TBO	TEI										**916**	**2**
19	TEI	BOG	JIO	TEI										**641**	**2**
20	TEI	BOG	SFI	TEI										**621**	**2**
21	TEI	BOG	SIO	TEI										**617**	**2**
22	TEI	SQN	LWI	TEI										**508**	**2**
23	TEI	SQN	BBG	TEI										**500**	**2**
24	TEI	SQN	WED	TEI										**717**	**2**
25	TEI	SQN	BLI	TEI										**851**	**2**
26	TEI	SQN	DRA	TEI										**719**	**2**
27	TEI	SQN	TBO	TEI										**739**	**2**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	NODE 12	TOTAL JARAK	TOTAL LIMBAH
														(nm)	(TEUs/trip)
28	TEI	SQN	JIO	TEI										**466**	**2**
29	TEI	SQN	SFI	TEI										**440**	**2**
30	TEI	SQN	SIO	TEI										**434**	**2**
31	TEI	LWI	BBG	TEI										**348**	**2**
32	TEI	LWI	WED	TEI										**624**	**2**
33	TEI	LWI	BLI	TEI										**846**	**2**
34	TEI	LWI	DRA	TEI										**639**	**2**
35	TEI	LWI	TBO	TEI										**662**	**2**
36	TEI	LWI	JIO	TEI										**388**	**2**
37	TEI	LWI	SFI	TEI										**362**	**2**
38	TEI	LWI	SIO	TEI										**355**	**2**
39	TEI	BBG	WED	TEI										**489**	**2**
40	TEI	BBG	BLI	TEI										**620**	**2**
41	TEI	BBG	DRA	TEI										**511**	**2**
42	TEI	BBG	TBO	TEI										**533**	**2**
43	TEI	BBG	JIO	TEI										**260**	**2**
44	TEI	BBG	SFI	TEI										**235**	**2**
45	TEI	BBG	SIO	TEI										**228**	**2**
46	TEI	WED	BLI	TEI										**539**	**2**
47	TEI	WED	DRA	TEI										**472**	**2**
48	TEI	WED	TBO	TEI										**454**	**2**
49	TEI	WED	JIO	TEI										**395**	**2**
50	TEI	WED	SFI	TEI										**368**	**2**
51	TEI	WED	SIO	TEI										**363**	**2**
52	TEI	BLI	DRA	TEI										**572**	**2**
53	TEI	BLI	TBO	TEI										**578**	**2**
54	TEI	BLI	JIO	TEI										**632**	**2**
55	TEI	BLI	SFI	TEI										**603**	**2**
56	TEI	BLI	SIO	TEI										**690**	**2**
57	TEI	DRA	TBO	TEI										**333**	**2**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	NODE 12	TOTAL JARAK	TOTAL LIMBAH
														(nm)	(TEUs/trip)
58	TEI	DRA	JIO	TEI										**304**	**2**
59	TEI	DRA	SFI	TEI										**312**	**2**
60	TEI	DRA	SIO	TEI										**312**	**2**
61	TEI	TBO	JIO	TEI										**326**	**2**
62	TEI	TBO	SFI	TEI										**335**	**2**
63	TEI	TBO	SIO	TEI										**335**	**2**
64	TEI	JIO	SFI	TEI										**46**	**2**
65	TEI	JIO	SIO	TEI										**48**	**2**
66	TEI	SFI	SIO	TEI										**27**	**2**
67	TEI	BOG	SQN	LWI	TEI									**713**	**3**
68	TEI	BOG	SQN	BBG	TEI									**706**	**3**
69	TEI	BOG	SQN	WED	TEI									**922**	**3**
70	TEI	BOG	SQN	BLI	TEI									**1,056**	**3**
71	TEI	BOG	SQN	DRA	TEI									**925**	**3**
72	TEI	BOG	SQN	TBO	TEI									**944**	**3**
73	TEI	BOG	SQN	JIO	TEI									**672**	**3**
74	TEI	BOG	SQN	SFI	TEI									**646**	**3**
75	TEI	BOG	SQN	SIO	TEI									**639**	**3**
76	TEI	BOG	LWI	BBG	TEI									**706**	**3**
77	TEI	BOG	LWI	WED	TEI									**982**	**3**
78	TEI	BOG	LWI	BLI	TEI									**1,204**	**3**
79	TEI	BOG	LWI	DRA	TEI									**997**	**3**
80	TEI	BOG	LWI	TBO	TEI									**1,020**	**3**
81	TEI	BOG	LWI	JIO	TEI									**746**	**3**
82	TEI	BOG	LWI	SFI	TEI									**720**	**3**
83	TEI	BOG	LWI	SIO	TEI									**713**	**3**
84	TEI	BOG	BBG	WED	TEI									**963**	**3**
85	TEI	BOG	BBG	BLI	TEI									**1,094**	**3**
86	TEI	BOG	BBG	DRA	TEI									**985**	**3**
87	TEI	BOG	BBG	TBO	TEI									**1,007**	**3**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	NODE 12	TOTAL JARAK	TOTAL LIMBAH
														(nm)	(TEUs/trip)
88	TEI	BOG	BBG	JIO	TEI									**734**	**3**
89	TEI	BOG	BBG	SFI	TEI									**709**	**3**
90	TEI	BOG	BBG	SIO	TEI									**702**	**3**
91	TEI	BOG	WED	BLI	TEI									**1,140**	**3**
92	TEI	BOG	WED	DRA	TEI									**1,073**	**3**
93	TEI	BOG	WED	TBO	TEI									**1,055**	**3**
94	TEI	BOG	WED	JIO	TEI									**996**	**3**
95	TEI	BOG	WED	SFI	TEI									**969**	**3**
96	TEI	BOG	WED	SIO	TEI									**964**	**3**
97	TEI	BOG	BLI	DRA	TEI									**1,021**	**3**
98	TEI	BOG	BLI	TBO	TEI									**1,027**	**3**
99	TEI	BOG	BLI	JIO	TEI									**1,081**	**3**
100	TEI	BOG	BLI	SFI	TEI									**1,052**	**3**
101	TEI	BOG	BLI	SIO	TEI									**1,139**	**3**
102	TEI	BOG	DRA	TBO	TEI									**928**	**3**
103	TEI	BOG	DRA	JIO	TEI									**899**	**3**
104	TEI	BOG	DRA	SFI	TEI									**907**	**3**
105	TEI	BOG	DRA	SIO	TEI									**907**	**3**
106	TEI	BOG	TBO	JIO	TEI									**926**	**3**
107	TEI	BOG	TBO	SFI	TEI									**934**	**3**
108	TEI	BOG	TBO	SIO	TEI									**934**	**3**
109	TEI	BOG	JIO	SFI	TEI									**654**	**3**
110	TEI	BOG	JIO	SIO	TEI									**656**	**3**
111	TEI	BOG	SFI	SIO	TEI									**627**	**3**
112	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	TEI								**710**	**4**
113	TEI	BOG	SQN	LWI	WED	TEI								**986**	**4**
114	TEI	BOG	SQN	LWI	BLI	TEI								**1,208**	**4**
115	TEI	BOG	SQN	LWI	DRA	TEI								**1,001**	**4**
116	TEI	BOG	SQN	LWI	TBO	TEI								**1,024**	**4**
117	TEI	BOG	SQN	LWI	JIO	TEI								**750**	**4**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	NODE 12	TOTAL JARAK	TOTAL LIMBAH
														(nm)	(TEUs/trip)
118	TEI	BOG	SQN	LWI	SFI	TEI								**724**	**4**
119	TEI	BOG	SQN	LWI	SIO	TEI								**717**	**4**
120	TEI	BOG	SQN	BBG	WED	TEI								**974**	**4**
121	TEI	BOG	SQN	BBG	BLI	TEI								**1,105**	**4**
122	TEI	BOG	SQN	BBG	DRA	TEI								**995**	**4**
123	TEI	BOG	SQN	BBG	TBO	TEI								**1,018**	**4**
124	TEI	BOG	SQN	BBG	JIO	TEI								**745**	**4**
125	TEI	BOG	SQN	BBG	SFI	TEI								**719**	**4**
126	TEI	BOG	SQN	BBG	SIO	TEI								**713**	**4**
127	TEI	BOG	SQN	WED	BLI	TEI								**1,143**	**4**
128	TEI	BOG	SQN	WED	DRA	TEI								**1,076**	**4**
129	TEI	BOG	SQN	WED	TBO	TEI								**1,058**	**4**
130	TEI	BOG	SQN	WED	JIO	TEI								**1,000**	**4**
131	TEI	BOG	SQN	WED	SFI	TEI								**973**	**4**
132	TEI	BOG	SQN	WED	SIO	TEI								**967**	**4**
133	TEI	BOG	SQN	BLI	DRA	TEI								**1,029**	**4**
134	TEI	BOG	SQN	BLI	TBO	TEI								**1,036**	**4**
135	TEI	BOG	SQN	BLI	JIO	TEI								**1,089**	**4**
136	TEI	BOG	SQN	BLI	SFI	TEI								**1,061**	**4**
137	TEI	BOG	SQN	BLI	SIO	TEI								**1,148**	**4**
138	TEI	BOG	SQN	DRA	TBO	TEI								**962**	**4**
139	TEI	BOG	SQN	DRA	JIO	TEI								**933**	**4**
140	TEI	BOG	SQN	DRA	SFI	TEI								**941**	**4**
141	TEI	BOG	SQN	DRA	SIO	TEI								**941**	**4**
142	TEI	BOG	SQN	TBO	JIO	TEI								**954**	**4**
143	TEI	BOG	SQN	TBO	SFI	TEI								**963**	**4**
144	TEI	BOG	SQN	TBO	SIO	TEI								**963**	**4**
145	TEI	BOG	SQN	JIO	SFI	TEI								**685**	**4**
146	TEI	BOG	SQN	JIO	SIO	TEI								**686**	**4**
147	TEI	BOG	SQN	SFI	SIO	TEI								**652**	**4**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	NODE 12	TOTAL JARAK	TOTAL LIMBAH
														(nm)	(TEUs/trip)
148	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	TEI							**978**	**5**
149	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	BLI	TEI							**1,109**	**5**
150	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	DRA	TEI							**1,000**	**5**
151	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	TBO	TEI							**1,022**	**5**
152	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	JIO	TEI							**749**	**5**
153	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	SFI	TEI							**724**	**5**
154	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	SIO	TEI							**717**	**5**
155	TEI	BOG	SQN	LWI	WED	BLI	TEI							**1,207**	**5**
156	TEI	BOG	SQN	LWI	WED	DRA	TEI							**1,140**	**5**
157	TEI	BOG	SQN	LWI	WED	TBO	TEI							**1,122**	**5**
158	TEI	BOG	SQN	LWI	WED	JIO	TEI							**1,063**	**5**
159	TEI	BOG	SQN	LWI	WED	SFI	TEI							**1,036**	**5**
160	TEI	BOG	SQN	LWI	WED	SIO	TEI							**1,031**	**5**
161	TEI	BOG	SQN	LWI	BLI	DRA	TEI							**1,181**	**5**
162	TEI	BOG	SQN	LWI	BLI	TBO	TEI							**1,187**	**5**
163	TEI	BOG	SQN	LWI	BLI	JIO	TEI							**1,241**	**5**
164	TEI	BOG	SQN	LWI	BLI	SFI	TEI							**1,212**	**5**
165	TEI	BOG	SQN	LWI	BLI	SIO	TEI							**1,299**	**5**
166	TEI	BOG	SQN	LWI	DRA	TBO	TEI							**1,038**	**5**
167	TEI	BOG	SQN	LWI	DRA	JIO	TEI							**1,008**	**5**
168	TEI	BOG	SQN	LWI	DRA	SFI	TEI							**1,017**	**5**
169	TEI	BOG	SQN	LWI	DRA	SIO	TEI							**1,017**	**5**
170	TEI	BOG	SQN	LWI	TBO	JIO	TEI							**1,034**	**5**
171	TEI	BOG	SQN	LWI	TBO	SFI	TEI							**1,042**	**5**
172	TEI	BOG	SQN	LWI	TBO	SIO	TEI							**1,042**	**5**
173	TEI	BOG	SQN	LWI	JIO	SFI	TEI							**763**	**5**
174	TEI	BOG	SQN	LWI	JIO	SIO	TEI							**765**	**5**
175	TEI	BOG	SQN	LWI	SFI	SIO	TEI							**730**	**5**
176	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	TEI						**1,199**	**6**
177	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	DRA	TEI						**1,132**	**6**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	NODE 12	TOTAL JARAK	TOTAL LIMBAH
														(nm)	(TEUs/trip)
178	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	TBO	TEI						**1,114**	**6**
179	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	JIO	TEI						**1,055**	**6**
180	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	SFI	TEI						**1,028**	**6**
181	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	SIO	TEI						**1,023**	**6**
182	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	BLI	DRA	TEI						**1,082**	**6**
183	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	BLI	TBO	TEI						**1,089**	**6**
184	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	BLI	JIO	TEI						**1,142**	**6**
185	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	BLI	SFI	TEI						**1,114**	**6**
186	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	BLI	SIO	TEI						**1,201**	**6**
187	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	DRA	TBO	TEI						**1,037**	**6**
188	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	DRA	JIO	TEI						**1,007**	**6**
189	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	DRA	SFI	TEI						**1,016**	**6**
190	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	DRA	SIO	TEI						**1,016**	**6**
191	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	TBO	JIO	TEI						**1,032**	**6**
192	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	TBO	SFI	TEI						**1,041**	**6**
193	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	TBO	SIO	TEI						**1,041**	**6**
194	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	JIO	SFI	TEI						**762**	**6**
195	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	JIO	SIO	TEI						**764**	**6**
196	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	SFI	SIO	TEI						**730**	**6**
197	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	DRA	TEI					**1,172**	**7**
198	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	TBO	TEI					**1,179**	**7**
199	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	JIO	TEI					**1,232**	**7**
200	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	SFI	TEI					**1,203**	**7**
201	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	SIO	TEI					**1,290**	**7**
202	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	DRA	TBO	TEI					**1,169**	**7**
203	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	DRA	JIO	TEI					**1,140**	**7**
204	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	DRA	SFI	TEI					**1,148**	**7**
205	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	DRA	SIO	TEI					**1,148**	**7**
206	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	TBO	JIO	TEI					**1,124**	**7**
207	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	TBO	SFI	TEI					**1,133**	**7**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	NODE 12	TOTAL JARAK	TOTAL LIMBAH
														(nm)	(TEUs/trip)
208	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	TBO	SIO	TEI					**1,133**	**7**
209	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	JIO	SFI	TEI					**1,068**	**7**
210	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	JIO	SIO	TEI					**1,070**	**7**
211	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	SFI	SIO	TEI					**1,034**	**7**
212	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	DRA	TBO	TEI				**1,209**	**8**
213	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	DRA	JIO	TEI				**1,180**	**8**
214	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	DRA	SFI	TEI				**1,188**	**8**
215	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	DRA	SIO	TEI				**1,188**	**8**
216	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	TBO	JIO	TEI				**1,188**	**8**
217	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	TBO	SFI	TEI				**1,197**	**8**
218	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	TBO	SIO	TEI				**1,197**	**8**
219	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	JIO	SFI	TEI				**1,245**	**8**
220	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	JIO	SIO	TEI				**1,247**	**8**
221	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	SFI	SIO	TEI				**1,209**	**8**
222	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	DRA	TBO	JIO	TEI			**1,219**	**9**
223	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	DRA	TBO	SFI	TEI			**1,228**	**9**
224	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	DRA	TBO	SIO	TEI			**1,228**	**9**
225	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	DRA	JIO	SFI	TEI			**1,193**	**9**
226	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	DRA	JIO	SIO	TEI			**1,195**	**9**
227	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	DRA	SFI	SIO	TEI			**1,195**	**9**
228	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	DRA	TBO	JIO	SFI	TEI		**1,232**	**10**
229	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	DRA	TBO	JIO	SIO	TEI		**1,234**	**10**
230	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	DRA	TBO	SFI	SIO	TEI		**1,234**	**10**
231	TEI	BOG	SQN	LWI	BBG	WED	BLI	DRA	TBO	JIO	SFI	SIO	TEI	**1,238**	**11**

Skenario 1 Alternatif A Provinsi Papua

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
1	AMA	AGS	AMA										**154**	**1**
2	AMA	MMR	AMA										**437**	**1**
3	AMA	BDL	AMA										**1,001**	**1**
4	AMA	MKQ	AMA										**714**	**1**
5	AMA	DJJ	AMA										**2,164**	**2**
6	AMA	ZRM	AMA										**1,914**	**1**
7	AMA	ZRI	AMA										**1,624**	**1**
8	AMA	NBX	AMA										**1,666**	**1**
9	AMA	BIK	AMA										**1,576**	**1**
10	AMA	IKU	AMA										**1,705**	**1**
11	AMA	AGS	MMR	AMA									**436**	**2**
12	AMA	AGS	BDL	AMA									**1,000**	**2**
13	AMA	AGS	MKQ	AMA									**815**	**2**
14	AMA	AGS	DJJ	AMA									**2,378**	**3**
15	AMA	AGS	ZRM	AMA									**2,127**	**2**
16	AMA	AGS	ZRI	AMA									**1,838**	**2**
17	AMA	AGS	NBX	AMA									**1,881**	**2**
18	AMA	AGS	BIK	AMA									**1,787**	**2**
19	AMA	AGS	IKU	AMA									**1,865**	**2**
20	AMA	MMR	BDL	AMA									**1,001**	**2**
21	AMA	MMR	MKQ	AMA									**935**	**2**
22	AMA	MMR	DJJ	AMA									**2,719**	**3**
23	AMA	MMR	ZRM	AMA									**2,457**	**2**
24	AMA	MMR	ZRI	AMA									**2,161**	**2**
25	AMA	MMR	NBX	AMA									**2,200**	**2**
26	AMA	MMR	BIK	AMA									**2,116**	**2**
27	AMA	MMR	IKU	AMA									**2,127**	**2**
28	AMA	BDL	MKQ	AMA									**1,077**	**2**
29	AMA	BDL	DJJ	AMA									**3,283**	**3**
30	AMA	BDL	ZRM	AMA									**3,021**	**2**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
31	AMA	BDL	ZRI	AMA									**2,724**	**2**
32	AMA	BDL	NBX	AMA									**2,764**	**2**
33	AMA	BDL	BIK	AMA									**2,679**	**2**
34	AMA	BDL	IKU	AMA									**2,591**	**2**
35	AMA	MKQ	DJJ	AMA									**2,896**	**3**
36	AMA	MKQ	ZRM	AMA									**2,645**	**2**
37	AMA	MKQ	ZRI	AMA									**2,356**	**2**
38	AMA	MKQ	NBX	AMA									**2,399**	**2**
39	AMA	MKQ	BIK	AMA									**2,305**	**2**
40	AMA	MKQ	IKU	AMA									**2,476**	**2**
41	AMA	DJJ	ZRM	AMA									**2,170**	**3**
42	AMA	DJJ	ZRI	AMA									**2,191**	**3**
43	AMA	DJJ	NBX	AMA									**2,298**	**3**
44	AMA	DJJ	BIK	AMA									**2,175**	**3**
45	AMA	DJJ	IKU	AMA									**2,280**	**3**
46	AMA	ZRM	ZRI	AMA									**1,930**	**2**
47	AMA	ZRM	NBX	AMA									**2,037**	**2**
48	AMA	ZRM	BIK	AMA									**1,915**	**2**
49	AMA	ZRM	IKU	AMA									**2,024**	**2**
50	AMA	ZRI	NBX	AMA									**1,744**	**2**
51	AMA	ZRI	BIK	AMA									**1,708**	**2**
52	AMA	ZRI	IKU	AMA									**1,772**	**2**
53	AMA	NBX	BIK	AMA									**1,772**	**2**
54	AMA	NBX	IKU	AMA									**1,832**	**2**
55	AMA	BIK	IKU	AMA									**1,683**	**2**
56	AMA	AGS	MMR	BDL	AMA								**1,000**	**3**
57	AMA	AGS	MMR	MKQ	AMA								**934**	**3**
58	AMA	AGS	MMR	DJJ	AMA								**2,719**	**4**
59	AMA	AGS	MMR	ZRM	AMA								**2,456**	**3**
60	AMA	AGS	MMR	ZRI	AMA								**2,160**	**3**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
61	AMA	AGS	MMR	NBX	AMA								**2,199**	**3**
62	AMA	AGS	MMR	BIK	AMA								**2,115**	**3**
63	AMA	AGS	MMR	IKU	AMA								**2,127**	**3**
64	AMA	AGS	BDL	MKQ	AMA								**1,077**	**3**
65	AMA	AGS	BDL	DJJ	AMA								**3,283**	**4**
66	AMA	AGS	BDL	ZRM	AMA								**3,020**	**3**
67	AMA	AGS	BDL	ZRI	AMA								**2,724**	**3**
68	AMA	AGS	BDL	NBX	AMA								**2,763**	**3**
69	AMA	AGS	BDL	BIK	AMA								**2,679**	**3**
70	AMA	AGS	BDL	IKU	AMA								**2,590**	**3**
71	AMA	AGS	MKQ	DJJ	AMA								**2,997**	**4**
72	AMA	AGS	MKQ	ZRM	AMA								**2,746**	**3**
73	AMA	AGS	MKQ	ZRI	AMA								**2,457**	**3**
74	AMA	AGS	MKQ	NBX	AMA								**2,500**	**3**
75	AMA	AGS	MKQ	BIK	AMA								**2,406**	**3**
76	AMA	AGS	MKQ	IKU	AMA								**2,577**	**3**
77	AMA	AGS	DJJ	ZRM	AMA								**2,384**	**4**
78	AMA	AGS	DJJ	ZRI	AMA								**2,405**	**4**
79	AMA	AGS	DJJ	NBX	AMA								**2,512**	**4**
80	AMA	AGS	DJJ	BIK	AMA								**2,389**	**4**
81	AMA	AGS	DJJ	IKU	AMA								**2,494**	**4**
82	AMA	AGS	ZRM	ZRI	AMA								**2,143**	**3**
83	AMA	AGS	ZRM	NBX	AMA								**2,250**	**3**
84	AMA	AGS	ZRM	BIK	AMA								**2,128**	**3**
85	AMA	AGS	ZRM	IKU	AMA								**2,237**	**3**
86	AMA	AGS	ZRI	NBX	AMA								**1,958**	**3**
87	AMA	AGS	ZRI	BIK	AMA								**1,922**	**3**
88	AMA	AGS	ZRI	IKU	AMA								**1,986**	**3**
89	AMA	AGS	NBX	BIK	AMA								**1,987**	**3**
90	AMA	AGS	NBX	IKU	AMA								**2,047**	**3**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
91	AMA	AGS	BIK	IKU	AMA								**1,894**	**3**
92	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	AMA							**1,077**	**4**
93	AMA	AGS	MMR	BDL	DJJ	AMA							**3,283**	**5**
94	AMA	AGS	MMR	BDL	ZRM	AMA							**3,020**	**4**
95	AMA	AGS	MMR	BDL	ZRI	AMA							**2,724**	**4**
96	AMA	AGS	MMR	BDL	NBX	AMA							**2,763**	**4**
97	AMA	AGS	MMR	BDL	BIK	AMA							**2,679**	**4**
98	AMA	AGS	MMR	BDL	IKU	AMA							**2,590**	**4**
99	AMA	AGS	MMR	MKQ	DJJ	AMA							**3,116**	**5**
100	AMA	AGS	MMR	MKQ	ZRM	AMA							**2,865**	**4**
101	AMA	AGS	MMR	MKQ	ZRI	AMA							**2,576**	**4**
102	AMA	AGS	MMR	MKQ	NBX	AMA							**2,619**	**4**
103	AMA	AGS	MMR	MKQ	BIK	AMA							**2,525**	**4**
104	AMA	AGS	MMR	MKQ	IKU	AMA							**2,697**	**4**
105	AMA	AGS	MMR	DJJ	ZRM	AMA							**2,725**	**5**
106	AMA	AGS	MMR	DJJ	ZRI	AMA							**2,746**	**5**
107	AMA	AGS	MMR	DJJ	NBX	AMA							**2,853**	**5**
108	AMA	AGS	MMR	DJJ	BIK	AMA							**2,730**	**5**
109	AMA	AGS	MMR	DJJ	IKU	AMA							**2,835**	**5**
110	AMA	AGS	MMR	ZRM	ZRI	AMA							**2,472**	**4**
111	AMA	AGS	MMR	ZRM	NBX	AMA							**2,579**	**4**
112	AMA	AGS	MMR	ZRM	BIK	AMA							**2,457**	**4**
113	AMA	AGS	MMR	ZRM	IKU	AMA							**2,566**	**4**
114	AMA	AGS	MMR	ZRI	NBX	AMA							**2,280**	**4**
115	AMA	AGS	MMR	ZRI	BIK	AMA							**2,244**	**4**
116	AMA	AGS	MMR	ZRI	IKU	AMA							**2,308**	**4**
117	AMA	AGS	MMR	NBX	BIK	AMA							**2,305**	**4**
118	AMA	AGS	MMR	NBX	IKU	AMA							**2,365**	**4**
119	AMA	AGS	MMR	BIK	IKU	AMA							**2,222**	**4**
120	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	AMA						**3,259**	**6**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
121	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	ZRM	AMA						**3,008**	**5**
122	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	ZRI	AMA						**2,719**	**5**
123	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	NBX	AMA						**2,762**	**5**
124	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	BIK	AMA						**2,668**	**5**
125	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	IKU	AMA						**2,839**	**5**
126	AMA	AGS	MMR	BDL	DJJ	ZRM	AMA						**3,289**	**6**
127	AMA	AGS	MMR	BDL	DJJ	ZRI	AMA						**3,310**	**6**
128	AMA	AGS	MMR	BDL	DJJ	NBX	AMA						**3,417**	**6**
129	AMA	AGS	MMR	BDL	DJJ	BIK	AMA						**3,294**	**6**
130	AMA	AGS	MMR	BDL	DJJ	IKU	AMA						**3,399**	**6**
131	AMA	AGS	MMR	BDL	ZRM	ZRI	AMA						**3,036**	**5**
132	AMA	AGS	MMR	BDL	ZRM	NBX	AMA						**3,143**	**5**
133	AMA	AGS	MMR	BDL	ZRM	BIK	AMA						**3,021**	**5**
134	AMA	AGS	MMR	BDL	ZRM	IKU	AMA						**3,130**	**5**
135	AMA	AGS	MMR	BDL	ZRI	NBX	AMA						**2,844**	**5**
136	AMA	AGS	MMR	BDL	ZRI	BIK	AMA						**2,808**	**5**
137	AMA	AGS	MMR	BDL	ZRI	IKU	AMA						**2,871**	**5**
138	AMA	AGS	MMR	BDL	NBX	BIK	AMA						**2,869**	**5**
139	AMA	AGS	MMR	BDL	NBX	IKU	AMA						**2,929**	**5**
140	AMA	AGS	MMR	BDL	BIK	IKU	AMA						**2,786**	**5**
141	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	AMA					**3,265**	**7**
142	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRI	AMA					**3,286**	**7**
143	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	NBX	AMA					**3,393**	**7**
144	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	BIK	AMA					**3,270**	**7**
145	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	IKU	AMA					**3,375**	**7**
146	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	ZRM	ZRI	AMA					**3,024**	**6**
147	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	ZRM	NBX	AMA					**3,131**	**6**
148	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	ZRM	BIK	AMA					**3,009**	**6**
149	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	ZRM	IKU	AMA					**3,118**	**6**
150	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	ZRI	NBX	AMA					**2,839**	**6**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	NODE 9	NODE 10	NODE 11	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
151	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	ZRI	BIK	AMA					**2,803**	**6**
152	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	ZRI	IKU	AMA					**2,867**	**6**
153	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	NBX	BIK	AMA					**2,868**	**6**
154	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	NBX	IKU	AMA					**2,928**	**6**
155	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	BIK	IKU	AMA					**2,775**	**6**
156	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	ZRI	AMA				**3,281**	**8**
157	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	NBX	AMA				**3,388**	**8**
158	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	BIK	AMA				**3,266**	**8**
159	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	IKU	AMA				**3,375**	**8**
160	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRI	NBX	AMA				**3,406**	**8**
161	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRI	BIK	AMA				**3,370**	**8**
162	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRI	IKU	AMA				**3,434**	**8**
163	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	NBX	BIK	AMA				**3,499**	**8**
164	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	NBX	IKU	AMA				**3,559**	**8**
165	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	BIK	IKU	AMA				**3,377**	**8**
166	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	ZRI	NBX	AMA			**3,401**	**9**
167	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	ZRI	BIK	AMA			**3,365**	**9**
168	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	ZRI	IKU	AMA			**3,429**	**9**
169	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	NBX	BIK	AMA			**3,494**	**9**
170	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	NBX	IKU	AMA			**3,554**	**9**
171	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	BIK	IKU	AMA			**3,373**	**9**
172	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	ZRI	NBX	BIK	AMA		**3,507**	**10**
173	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	ZRI	NBX	IKU	AMA		**3,567**	**10**
174	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	ZRI	BIK	IKU	AMA		**3,472**	**10**
175	AMA	AGS	MMR	BDL	MKQ	DJJ	ZRM	ZRI	NBX	BIK	IKU	AMA	**3,614**	**11**

Skenario 1 Alternatif A Provinsi Papua Barat

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
1	FKQ	KNG	FKQ							**298**	**1**
2	FKQ	WSR	FKQ							**1,074**	**1**
3	FKQ	MKW	FKQ							**722**	**1**
4	FKQ	WSA	FKQ							**512**	**1**
5	FKQ	SOQ	FKQ							**432**	**1**
6	FKQ	NAB	FKQ							**263**	**1**
7	FKQ	NTI	FKQ							**320**	**1**
8	FKQ	KNG	WSR	FKQ						**1,374**	**2**
9	FKQ	KNG	MKW	FKQ						**997**	**2**
10	FKQ	KNG	WSA	FKQ						**817**	**2**
11	FKQ	KNG	SOQ	FKQ						**664**	**2**
12	FKQ	KNG	NAB	FKQ						**567**	**2**
13	FKQ	KNG	NTI	FKQ						**661**	**2**
14	FKQ	WSR	MKW	FKQ						**1,015**	**2**
15	FKQ	WSR	WSA	FKQ						**1,136**	**2**
16	FKQ	WSR	SOQ	FKQ						**1,067**	**2**
17	FKQ	WSR	NAB	FKQ						**1,185**	**2**
18	FKQ	WSR	NTI	FKQ						**1,322**	**2**
19	FKQ	MKW	WSA	FKQ						**850**	**2**
20	FKQ	MKW	SOQ	FKQ						**788**	**2**
21	FKQ	MKW	NAB	FKQ						**890**	**2**

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
22	FKQ	MKW	NTI	FKQ						**1,030**	**2**
23	FKQ	WSA	SOQ	FKQ						**511**	**2**
24	FKQ	WSA	NAB	FKQ						**559**	**2**
25	FKQ	WSA	NTI	FKQ						**711**	**2**
26	FKQ	SOQ	NAB	FKQ						**541**	**2**
27	FKQ	SOQ	NTI	FKQ						**658**	**2**
28	FKQ	NAB	NTI	FKQ						**456**	**2**
29	FKQ	KNG	WSR	MKW	FKQ					**1,315**	**3**
30	FKQ	KNG	WSR	WSA	FKQ					**1,436**	**3**
31	FKQ	KNG	WSR	SOQ	FKQ					**1,367**	**3**
32	FKQ	KNG	WSR	NAB	FKQ					**1,485**	**3**
33	FKQ	KNG	WSR	NTI	FKQ					**1,622**	**3**
34	FKQ	KNG	MKW	WSA	FKQ					**1,125**	**3**
35	FKQ	KNG	MKW	SOQ	FKQ					**1,063**	**3**
36	FKQ	KNG	MKW	NAB	FKQ					**1,165**	**3**
37	FKQ	KNG	MKW	NTI	FKQ					**1,305**	**3**
38	FKQ	KNG	WSA	SOQ	FKQ					**817**	**3**
39	FKQ	KNG	WSA	NAB	FKQ					**865**	**3**
40	FKQ	KNG	WSA	NTI	FKQ					**1,016**	**3**
41	FKQ	KNG	SOQ	NAB	FKQ					**773**	**3**
42	FKQ	KNG	SOQ	NTI	FKQ					**890**	**3**
43	FKQ	KNG	NAB	NTI	FKQ					**760**	**3**
44	FKQ	KNG	WSR	MKW	WSA	FKQ				**1,443**	**4**
45	FKQ	KNG	WSR	MKW	SOQ	FKQ				**1,381**	**4**
46	FKQ	KNG	WSR	MKW	NAB	FKQ				**1,483**	**4**
47	FKQ	KNG	WSR	MKW	NTI	FKQ				**1,623**	**4**
48	FKQ	KNG	WSR	WSA	SOQ	FKQ				**1,435**	**4**
49	FKQ	KNG	WSR	WSA	NAB	FKQ				**1,483**	**4**
50	FKQ	KNG	WSR	WSA	NTI	FKQ				**1,635**	**4**
51	FKQ	KNG	WSR	SOQ	NAB	FKQ				**1,476**	**4**

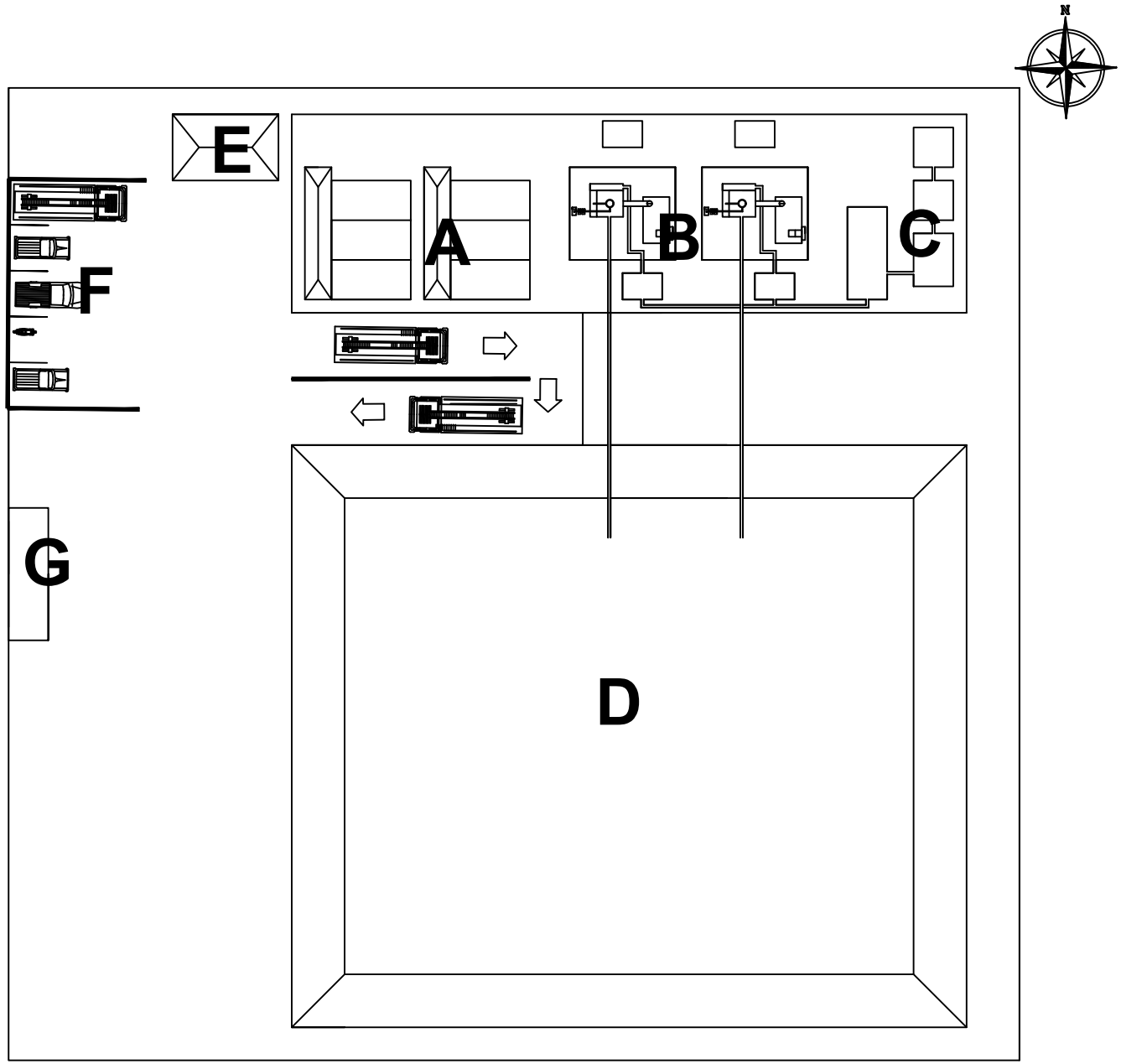
Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
52	FKQ	KNG	WSR	SOQ	NTI	FKQ				**1,593**	**4**
53	FKQ	KNG	WSR	NAB	NTI	FKQ				**1,678**	**4**
54	FKQ	KNG	WSR	MKW	WSA	SOQ	FKQ			**1,442**	**5**
55	FKQ	KNG	WSR	MKW	WSA	NAB	FKQ			**1,491**	**5**
56	FKQ	KNG	WSR	MKW	WSA	NTI	FKQ			**1,642**	**5**
57	FKQ	KNG	WSR	MKW	SOQ	NAB	FKQ			**1,490**	**5**
58	FKQ	KNG	WSR	MKW	SOQ	NTI	FKQ			**1,607**	**5**
59	FKQ	KNG	WSR	MKW	NAB	NTI	FKQ			**1,676**	**5**
60	FKQ	KNG	WSR	MKW	WSA	SOQ	NAB	FKQ		**1,552**	**6**
61	FKQ	KNG	WSR	MKW	WSA	SOQ	NTI	FKQ		**1,668**	**6**
62	FKQ	KNG	WSR	MKW	WSA	NAB	NTI	FKQ		**1,684**	**6**
63	FKQ	KNG	WSR	MKW	WSA	SOQ	NAB	NTI	FKQ	**1,745**	**7**

Skenario 1 Alternatif B

Indeks Rute	START	NODE 1	NODE 2	NODE 3	NODE 4	NODE 5	NODE 6	NODE 7	NODE 8	TOTAL JARAK (nm)	TOTAL LIMBAH (TEUs/trip)
F1	NAM	AMQ	RUH	AHI	NDA	GMR	BLA	NAM		**753**	**8**
F2	TUA	DOB	SXK	KWU	TUA					**1,293**	**4**
F3	TEI	JIO	SFI	SIO	TEI					**52**	**4**
F4	TBO	WED	BLI	DRA	TBO					**469**	**4**
F5	BBG	LWI	SQN	BOG	BBG					**579**	**4**
F6	NBX	ZRI	IKU	BIK	ZRM	DJJ	MKW	WSR	NBX	**1,304**	**9**
F7	FKQ	NTI	NAB	WSA	SOQ	KNG	FKQ			**984**	**6**
F8	AMA	MKQ	MMR	BDL	AGS	AMA				**1,498**	**5**
M1	NAM	TUA	AMA	FKQ	NBX	TBO	TEI	BBG	NAM	**2,792**	**44**

Lampiran 4

Layout Tempat Pengelolaan Limbah Medis Terpadu (TPLMT) Provinsi Maluku



DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Keterangan:

A. Tempat Penyimpanan Limbah Sementara (Kapasitas 12 TEUs)
B. Area Pengelolaan Limbah (2 Insinerator dan 2 Medical Waste Destroyer)
C. Kolam IPAL
D. Tempat Penimbusan Akhir / Sanitary Landfill (Luas= 1.548 m2)
E. Kantor 8 x 5 meter
F. Area Parkir
G. Gate

Proses pengolahan limbah medis:

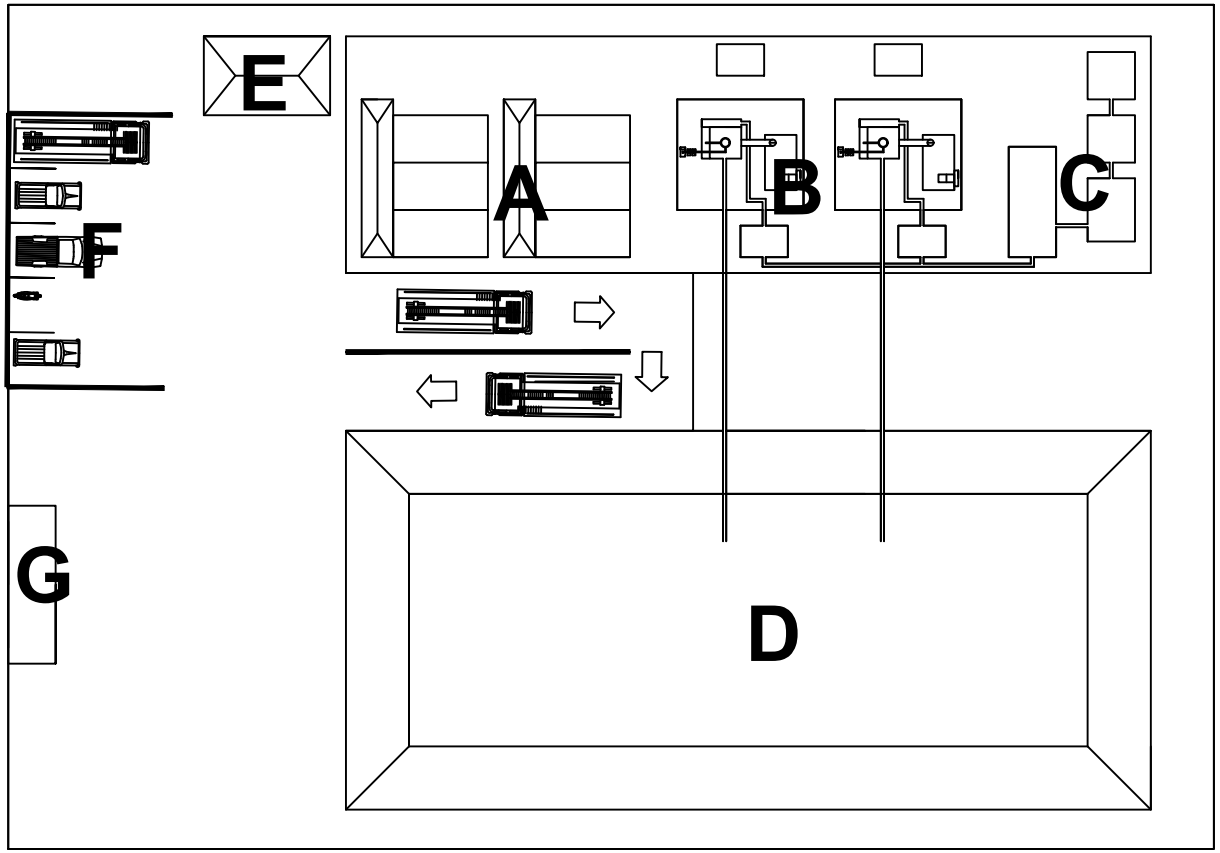
1. Limbah dikeluarkan dari Tempat Penyimpanan Sementara (A)
2. Pencacahan dalam Medical Waste Destroyer (B) dan Limbah tercacah dimasukkan dalam insinerator (B)
3. Limbah Cair hasil pengolahan disimpan dalam Tangki Penampung Limbah Cair Awal, kemudian diolah dalam Tangki Stabilisasi, Tangki Aerasi, dan Tangki Maturasi yang semuanya berada di Kolam IPAL (C)
4. Residu (fly ash) ditimbun pada Tempat Penimbusan Akhir Residu (D)

LAYOUT
TEMPAT PENGELOLAAN LIMBAH MEDIS TERPADU
PROVINSI MALUKU

Skala	1 : 1000	NRP	Tanggal	Remark
Nama	Yusri Rahmatul Izza	04411740000012	2 Feb 2022	
Disetujui oleh	Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.			
	Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.			

Lampiran 5

Layout Tempat Pengelolaan Limbah Medis Terpadu (TPLMT) Provinsi Maluku Utara



DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Keterangan:

A. Tempat Penyimpanan Limbah Sementara (Kapasitas 12 TEUs)
B. Area Pengelolaan Limbah (2 Insinerator dan 2 Medical Waste Destroyer)
C. Kolam IPAL
D. Tempat Penimbusan Akhir / Sanitary Landfill (Luas= 688 m2)
E. Kantor 8 x 5 meter
F. Area Parkir
G. Gate

Proses pengolahan limbah medis:

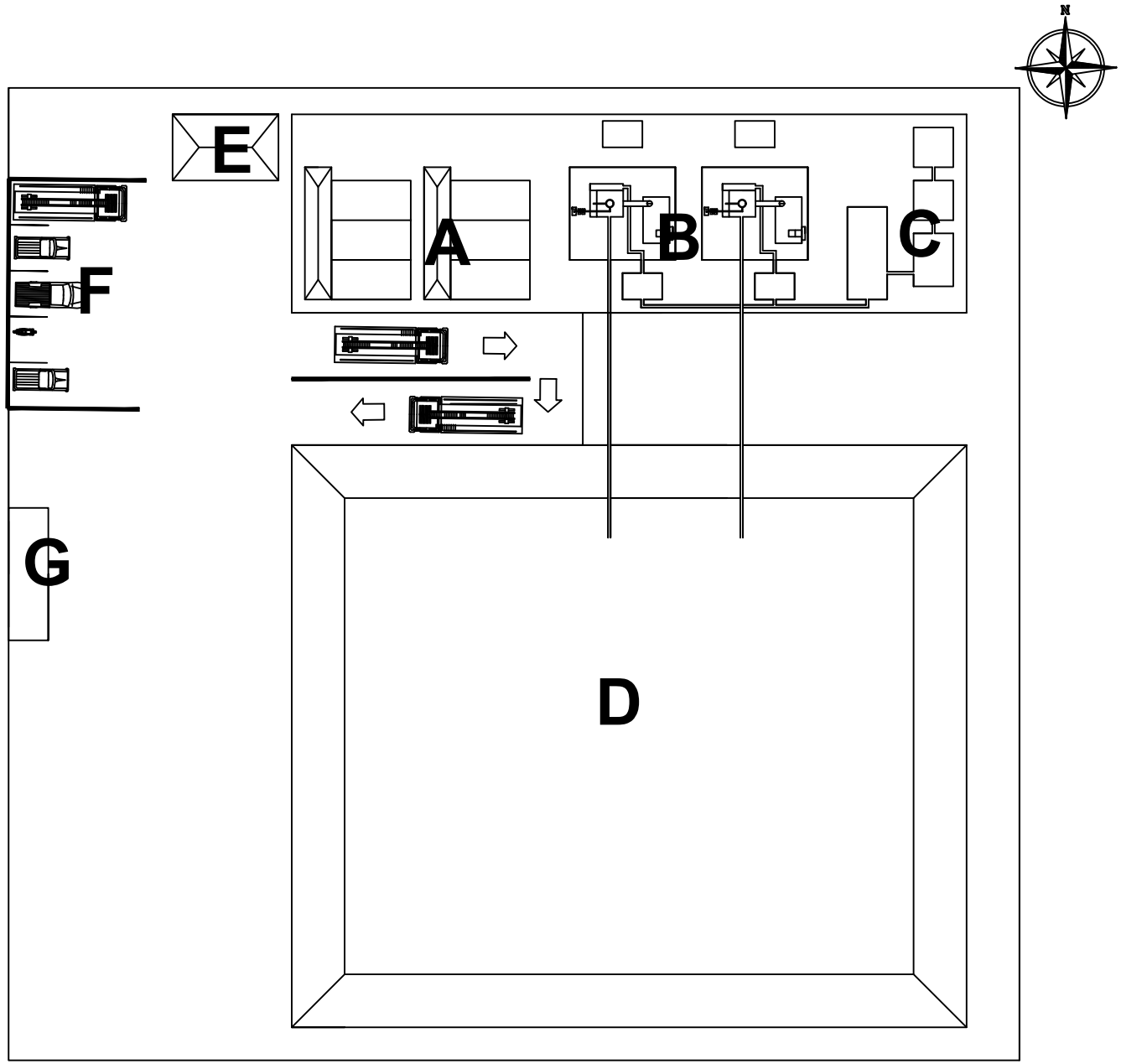
1. Limbah dikeluarkan dari Tempat Penyimpanan Sementara (A)
2. Pencacahan dalam Medical Waste Destroyer (B) dan Limbah tercacah dimasukkan dalam insinerator (B)
3. Limbah Cair hasil pengolahan disimpan dalam Tangki Penampung Limbah Cair Awal, kemudian diolah dalam Tangki Stabilisasi, Tangki Aerasi, dan Tangki Maturasi yang semuanya berada di Kolam IPAL (C)
4. Residu (fly ash) ditimbun pada Tempat Penimbusan Akhir Residu (D)

LAYOUT
TEMPAT PENGELOLAAN LIMBAH MEDIS TERPADU
PROVINSI MALUKU UTARA

Skala	1 : 1000	NRP	Tanggal	Remark
Nama	Yusri Rahmatul Izza	04411740000012	2 Feb 2022	
Disetujui oleh	Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.			
	Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.			

Lampiran 6

Layout Tempat Pengelolaan Limbah Medis Terpadu (TPLMT) Provinsi Papua



DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Keterangan:

A. Tempat Penyimpanan Limbah Sementara (Kapasitas 12 TEUs)
B. Area Pengelolaan Limbah (2 Insinerator dan 2 Medical Waste Destroyer)
C. Kolam IPAL
D. Tempat Penimbusan Akhir / Sanitary Landfill (Luas= 1.548 m2)
E. Kantor 8 x 5 meter
F. Area Parkir
G. Gate

Proses pengolahan limbah medis:

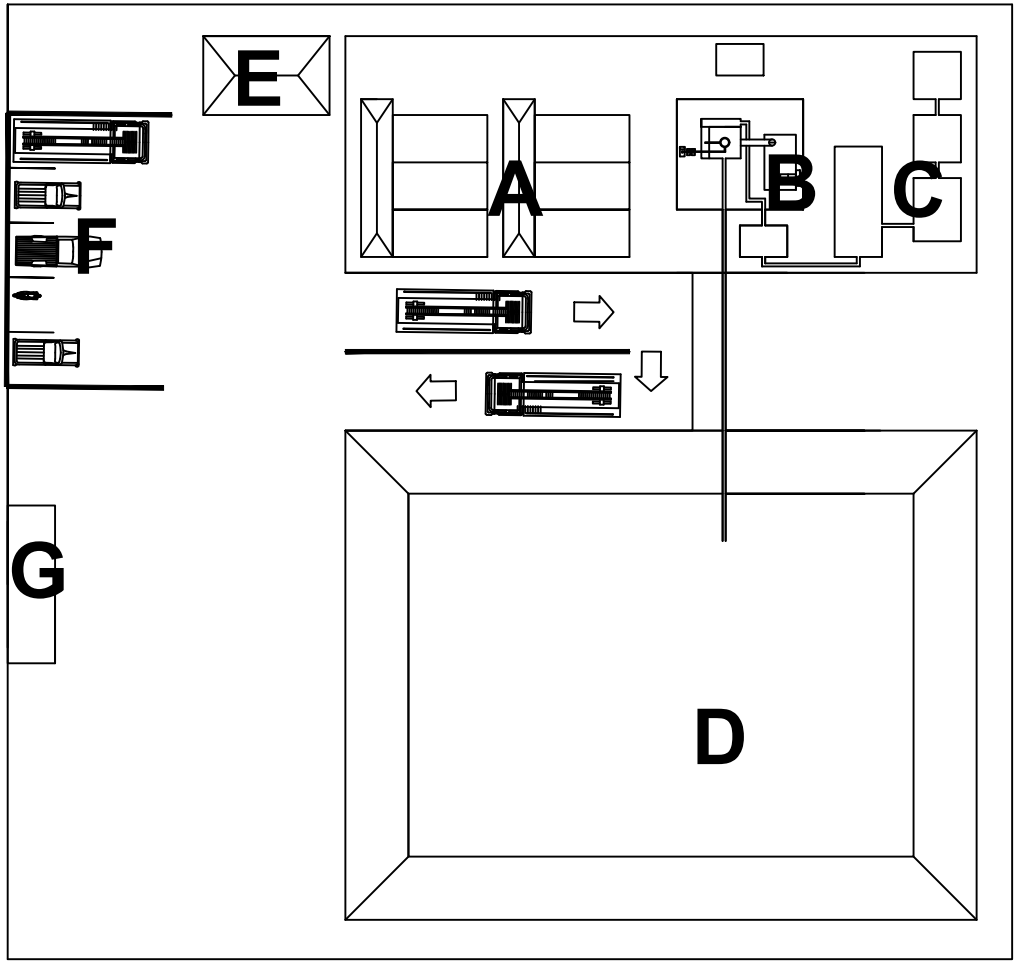
1. Limbah dikeluarkan dari Tempat Penyimpanan Sementara (A)
2. Pencacahan dalam Medical Waste Destroyer (B) dan Limbah tercacah dimasukkan dalam insinerator (B)
3. Limbah Cair hasil pengolahan disimpan dalam Tangki Penampung Limbah Cair Awal, kemudian diolah dalam Tangki Stabilisasi, Tangki Aerasi, dan Tangki Maturasi yang semuanya berada di Kolam IPAL (C)
4. Residu (fly ash) ditimbun pada Tempat Penimbusan Akhir Residu (D)

LAYOUT
TEMPAT PENGELOLAAN LIMBAH MEDIS TERPADU
PROVINSI PAPUA

Skala	1 : 1000	NRP	Tanggal	Remark
Nama	Yusri Rahmatul Izza	04411740000012	2 Feb 2022	
Disetujui oleh	Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.			
	Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.			

Lampiran 7

Layout Tempat Pengelolaan Limbah Medis Terpadu (TPLMT) Provinsi Papua Barat



DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Keterangan:

A. Tempat Penyimpanan Limbah Sementara (Kapasitas 12 TEUs)
B. Area Pengelolaan Limbah (1 Insinerator dan 1 Medical Waste Destroyer)
C. Kolam IPAL
D. Tempat Penimbusan Akhir / Sanitary Landfill (Luas= 736 m2)
E. Kantor 8 x 5 meter
F. Area Parkir
G. Gate

Proses pengolahan limbah medis:

1. Limbah dikeluarkan dari Tempat Penyimpanan Sementara (A)
2. Pencacahan dalam Medical Waste Destroyer (B) dan Limbah tercacah dimasukkan dalam insinerator (B)
3. Limbah Cair hasil pengolahan disimpan dalam Tangki Penampung Limbah Cair Awal, kemudian diolah dalam Tangki Stabilisasi, Tangki Aerasi, dan Tangki Maturasi yang semuanya berada di Kolam IPAL (C)
4. Residu (fly ash) ditimbun pada Tempat Penimbusan Akhir Residu (D)

LAYOUT
TEMPAT PENGELOLAAN LIMBAH MEDIS TERPADU
PROVINSI PAPUA BARAT

Skala	1 : 1000	NRP	Tanggal	Remark
Nama	Yusri Rahmatul Izza	04411740000012	2 Feb 2022	
Disetujui oleh	Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.			
	Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.			

Lampiran 8 Kebutuhan Ruangan dan Payload Kapal

Daerah	R. Limbah	R. Pengolahan	R. Residu dan Limbah	Nilai Minimal 70% L_{PP}	Payload
Maluku	32.23	10.00	10.00	52.23	1230
Maluku Utara	32.23	10.00	10.00	52.23	1200
Papua	32.23	10.00	10.00	52.23	1230
Papua Barat	24.17	10.00	10.00	44.17	990

Lampiran 9 Perhitungan Koefisien Kapal, Displasmen Kapal dan LCB

FROUDE NUMBER		
FORMULA (SNAME Ch.11: Parametric Design, p. 11-11)		
$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L_{WL}}}$		
ITEM	**NILAI**	**SATUAN**
Vs	5.14	m/s
g	9.81	m/s²
L_{WL}	73.83	m
Fn	0.19	
CONSTRAINT (PNA II p. 90)		
Batas Atas	0.45	for Containerships
Batas Bawah	0.00	
Constraint Status	Fullfilled	✔

C_B (Block Coefficient) - Watson&Gilfillan		
FORMULA (SNAME Ch.11: Parametric Design, p. 11-11)		
C_B =	$-4.22 + 27.8\sqrt{Fn} - 39.1\,Fn + 46.6\,Fn^3$	
ITEM	**NILAI**	**SATUAN**
C_B	0.77	
CONSTRAINT (Ship Design for Efficiency and Economy)		
Batas Atas	0.80	
Batas Bawah	0.52	
Constraint Status	Fullfilled	✔

C_M (Midship Area Coefficient)		
FORMULA (SNAME Ch.11: Parametric Design, p. 11-11)		
C_M =	$0.977 + 0.085\,(C_B - 0.60)$	
ITEM	**NILAI**	**SATUAN**
C_M	0.99	

C_P (Prismatic Coefficient)		
FORMULA (SNAME Ch.11: Parametric Design, p. 11-11)		
C_P =	C_B / C_M	
ITEM	**NILAI**	**SATUAN**
C_P	0.77	
CONSTRAINT (Ship Design for Efficiency and Economy)		
Batas Atas	0.80	for Cargoliners
Batas Bawah	0.56	for Cargoliners
Constraint Status	Fullfilled	✔

C_{WP} (Water Plan Area Coefficient)		
FORMULA (SNAME Ch.11: Parametric Design, p. 11-11)		
$C_{WP} = C_B / (0.471+(0.551 \cdot C_B))$		
ITEM	**NILAI**	**SATUAN**
C_{WP}	0.86	

DISPLACEMENT VOLUME		
FORMULA		
∇	$L_{WL} \cdot B \cdot T \cdot C_B$	
ITEM	**NILAI**	**SATUAN**
L_{WL}	73.83	m
B	13.80	m
T	2.48	m
C_B	0.77	
∇	1,935	m³

DISPLACEMENT		
FORMULA		
Δ	$L_{WL} \cdot B \cdot T \cdot C_B \cdot P$	
ITEM	**NILAI**	**SATUAN**
L_{WL}	73.83	m
B	13.80	m
T	3.38	m
C_B	0.77	
ρ	1.03	ton/m³
Δ	2,703	ton

LCB (Longitudinal Center of Bouyancy)		
FORMULA (SNAME Ch.11: Parametric Design, p. 11-19)		
Value (%)	$-13.5 + 19.4\,C_P$	
Location (m from Midship)	Value (%) . L_{PP}	
Location (m from After Peak)	$0.5\,L_{PP}$ + Location from Midship	
Location (m from Fore Peak)	L_{PP} - Location from After Peak	
ITEM	**NILAI**	**SATUAN**
Value (%)	1.49	%
Location (m from Midship)	1.06	
Location (m from After Peak)	36.55	
Location (m from Fore Peak)	34.44	

Lampiran 10 Perhitungan Hambatan Kapal

RESISTANCE				
ITEM		FORMULA	NILAI	SATUAN
VISCOUS RESISTANCE				
C_{FO}				
Rn	Reynold Number	$(L_{WL} . Vs)/(1.18831 \times 10^{-6})$	319,596,285.818	
C_{FO}	Koefisien Tahanan Gesek	$0,075/(\log Rn - 2)^2$	0.002	
$1 + k_1$				
C	Koefisien Bentuk Badan Kapal	$1 + (0.011 \cdot C_{stern})$	1.000	
L_R/L		$(1 - C_P + 0,06.C_P.LCB)/ (4.C_P - 1)$	0.439	
L_{WL}^3/∇		$L_{WL}^3/(L_{WL}.B.T.C_B)$	207.955	
1+k1	form factor of bare hull	$0,93 + 0,4871.C.(B/L)^{1,0681}.(T/L)^{0,4611}.(L/L_R)^{0,1216}(L^3/\nabla)^{0,3649}(1-C_P)^{-0,6042}$	1.272	
APPENDAGES RESISTANCE				
Wetted Surface Area (S)				
A_{BT}	Luas Area Bulbous Bow		1.000	m^2
S	Luas Permukaan Basah	$L(2T + B)C_M^{0.5}(0.453 + 0.4425 C_B - 0.2862C_M - 0.003467 B/T + 0.3696 C_{WP}) + 2.38 A_{BT}/C_B$	1,157.115	m^2
Wetted Surface Area of Appendages (S_{app})				
S_{rudder}	Luas Permukaan Rudder	$c_1.c_2.c_3.c_4(1,75.L.T/100)$; c1=2;c2=1;c3=1;c4=1 karena dianggap general	6.162	m^2
$S_{bilgekeel}$	Luas Permukaan Bilge Keel	$4\cdot(0.6\cdot C_B\cdot L_{PP})\cdot(0.18/(C_B-0.2))$	0.000	m^2
S_{app}	Luas Permukaan Appendages	$S_{rudder} + S_{bilgekeel}$	6.162	m^2
S_{total}	Luas Permukaan Total	$S + S_{app}$	1,163.277	m^2
$1 + k_2$	form factor of appendages	Lihat Tabel 3. ;$(1,3 . S_{rudder} + 1,4 . S_{bilgekeel}) / (S_{rudder} + S_{bilgekeel})$	1.300	
1 + k		$1 + k1 + [1 + k2 - (1 + k1)] . S_{app}/S_{tot}$	1.272	

WAVE MAKING RESISTANCE				
C_1				
B/L_{WL}			0.187	
C_4		Lihat Tabel 4	0.187	
T_a	Molded draft at the aft perpendicular	Interpolasi	2.480	m
T_f	Sarat		2.480	m
i_E		$125.67\ B/L - 162.25C_P^2 + 234.32\ C_P^3 + 0.1551\ (LCB + 6.8\ (T_a - T_f)/T)^3$	35.752	
d		-0.900	-0.900	
C_1		$2223105\ C_4^{3.7861}\ (T/B)^{1.0796}\ (90 - i_E)^{-1.3757}$	2.504	
m_1				
C_5		Lihat Tabel 5	3.068	
$\nabla^{1/3}/L$			0.176	
m_1		$0.01404\ L/T - 1.7525\ \nabla^{1/3}/L - 4.7932\ B/L - C_5$	-3.905	
λ		Lihat Tabel 6	0.963	
m_2				
L^3/∇			184.871	
C_6		Lihat Tabel 7	-1.694	
m_2		$C_6.0.4e^{-0.034Fn-3.29}$	0.000	
C_2				
A_{BT}	Luas Bulbous Bow		1.000	m^2
r_B	Radius Bulbous Bow	$0.56\ /\ (\sqrt{(A_{BT})})$	0.560	m
h_B	Tinggi Bulbous Bow		1.000	m
i	Effective submergence of bulb	$T_f - h_B - 0.4464.r_B$	1.230	
C_2	Coeeficient (affected by bulb)	$e^{-1.80}\ [(A_{BT}.r_B)/(B.T.(r_B+i))]$;if there is no bulb fitted C_2 is 1,	0.002	
A_T	Luas Transom	;0 jika tidak memiliki transom	0.000	m^2
C_3	Final coefficient	$1 - 0.8\ A_T\ /(B.T.C_M)$	1.000	
R_W/W	Wave Making Resistance	$[C_1\ .\ C_2\ .\ C_3\ .\ e^{(m1Fn^d)}] + [m_2 \cos(\lambda\ .\ Fn^{-2})]$	0.000	
Final Calculation				
T_f/L_{WL}			0.034	
C_A	Correction Allowance	Lihat Tabel 8	0.024	
W	Bouyancy	Disp · g	26,520	N
R_{total}	Total Resistance	$\frac{1}{2}\ .\ \rho\ .\ v^2\ .\ S_{tot}\ [\ C_F(1 + k) + C_A\ ] + R_W/W\ .\ W$	35,905	N
	Total Resistance + Margin	$R_{total} + 15\%\ R_{total}$	41.291	N

Lampiran 11 Perhitungan Propulsi Kapal

PROPULSION				
ITEM		FORMULA	NILAI	SATUAN
INPUT AND COEFFICIENT				
1+k		Lihat Kalkulasi Resistance	1.272	
C_{FO}	Koefisien Tahanan Gesek	Lihat Kalkulasi Resistance	0.002	
C_A	Correction Allowance	Lihat Kalkulasi Resistance	0.024	
C_v	Viscous Resistance Coefficient	$(1+k)\ C_{FO} + C_A$	0.026	
w		$0.3\ C_B + 10\ C_V\ C_B - 0.1$	0.333	
t	Thrust deduction friction	0.1	0.100	
V_a	Speed of Advantages	$V_s\ (1-w)$	3.433	
EFFECTIVE HORSE POWER				
PE		$RT.V_s$	212.40	kW
THRUST HORSE POWER				
PT		PE·(1−w)/(1−t)	157.49	kW
PROPULSIVE COEFFICIENT CALCULATION				
η_H	Hull Efficiency	(1 - t)/(1 - w)	1.349	
η_O	Open Water Test Propeller Efficiency	(J/(2·n))·(KT/KQ) ; propeller B-series = 0.5 - 0.6	0.600	
η_r	Rotative Efficiency	0.985	0.985	
η_D	Quasi-Propulsive Coefficient	$\eta_o \eta_r$	0.591	
DELIVERED HORSE POWER				
PD	Delivered Power at Propeller	PE/ηD	359.39	kW
SHAFT HORSE POWER				
η_S	Shaft Efficiency	; for machine located near afterpeak = 0.981 ~ 0.985	0.985	
PS	Shaft Power	PD/ηS	364.86	kW
BRAKE HORSE POWER				
η_R	Reduction Gear Efficiency	0.980	0.980	
PB_0	Brake Horse Power (BHP_0)	PS/ηR	372.31	kW
MARGIN				
PB		115% · PB_0	428.16	kW
BHP		PB_0 · (kW to HP)	499.27	HP

Lampiran 12 Pemilihan Mesin Kapal

MAIN ENGINE		
ITEM	NILAI	SATUAN
BHP	428	kW
	499	HP
MAIN ENGINE CHOSE		
MERK	Yuchai	
TYPE	YC6C650L-C25	
POWER	455	kW
	610	HP
SFOC	0.000195	ton/kW.hr
SLOC	0.0000008	ton/kW.hr
SPEED	1000	rpm
L	2.82	m
W	1.26	m
H	2.14	m
DRY MASS ENGINE	4.70	ton

AUXILIARY ENGINE		
ITEM	NILAI	
BHP	108	kW
	125	HP
AUXILIARY ENGINE CHOSE		
MERK	Yanmar	
TYPE	6CH-HTE-L	
POWER	125	kW
	168	HP
SFOC	0.00023	ton/kW.hr
SLOC	0.0000007	ton/kW.hr
SPEED	2600	rpm
L	1.58	m
W	0.74	m
H	1.10	m
DRY MASS ENGINE	0.80	ton

Lampiran 13 Perhitungan Berat Kapal

TOTAL WEIGHT AND TOTAL CENTER OF WEIGHT ESTIMATION		
ITEM	**NILAI**	**SATUAN**
LIGHTWEIGHT TONNAGE (LWT)		
Steel Weight		
W_{ST}	655.21	ton
KG_{ST}	4.05	m dari keel
LCG_{ST}	0.95	m dari midship
Equipment and Outfitting Weight		
$W_{E\&O}$	133.71	ton
$KG_{E\&O}$	7.16	m dari keel
$LCG_{E\&O}$	1.22	m dari midship
Machinery Weight		
W_M	30.91	ton
KG_M	2.61	m dari keel
LCG_M	-27.66	m dari midship
Total LWT	**819.83**	**ton**
LWT Center of Weight		
KG LWT	**4.50**	**m dari keel**
LCG LWT	**-0.08**	**m dari midship**
DEADWEIGHT TONNAGE (DWT)		
Consumable Weight		
W_{CONS}	138.33	ton
KG_{CONS}	3.07	m dari keel
LCG_{CONS}	-27.01	m dari midship
Payload		
$W_{payload}$	1,538	ton
$KG_{Payload}$	7.10	m dari keel
$LCG_{Payload}$	-6.73	m dari midship
Total DWT	**1,675.83**	**ton**
DWT Center of Weight		
KG DWT	**6.77**	**m dari keel**
LCG DWT	**-8.40**	**m dari midship**
TOTAL		
Total Weight	2,495.67	ton
KG Total	6.02	m dari keel
LCG Total	-5.67	m dari midship
SYARAT KAPAL MENGAPUNG (Total Weight < Displacement)		
Displacement - Total Weight	8%	✔

Lampiran 14 Perhitungan Trim

TRIM CALCULATION			
ITEM	**FORMULA**	**NILAI**	**SATUAN**
KB			
KB/T	$0.9 - 0.3 \cdot C_M - 0.1 \cdot C_B$	0.53	
KB	(KB/T) . T	1.30	m
BM_T			
C_I	Transverse Inertia Coefficient; $0.1216 \cdot C_{WP} - 0.041$	0.06	
I_T	$C_I \cdot L_{PP} \cdot B^3$	11,807.85	
BM_T	I_T / Disp.	4.37	
BM_L			
C_{IL}	Longitudinal Inertia Coefficient; $0.350 \cdot C_{WP}^2 - 0.405 \cdot C_{WP} + 0.146$	0.06	
I_L	$C_{IL} \cdot L_{PP}^3 \cdot B$	276,964.91	
BM_L	I_L / Disp.	102.45	
GM_L			
GM_L	KB + BM_L - KG	97.73	
Trim			
Trim	$((LCG-LCB) \cdot L_{PP}) / GM_L$	-4.89	
Batasan Trim			
	Δ (LCG - LCB) < 0.01 LPP	-6.73	
	Kondisi Trim	Trim Buritan	✔

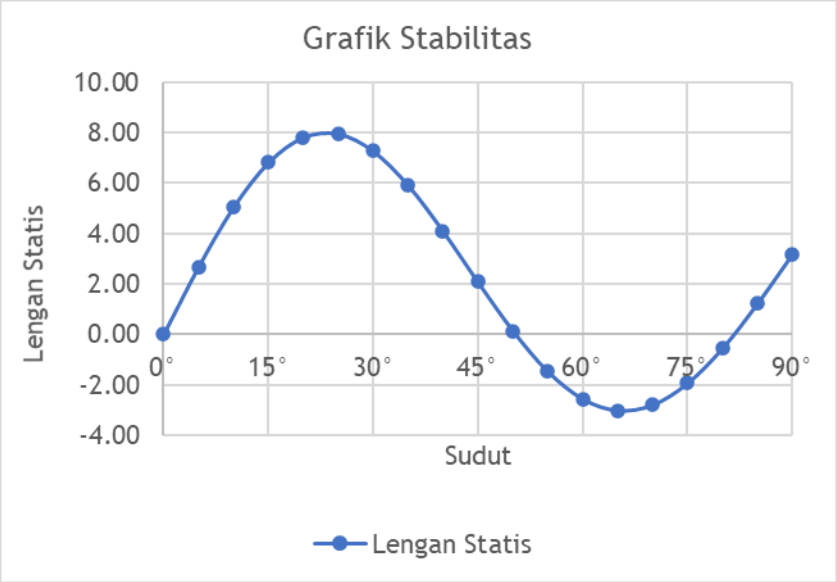
Lampiran 15 Perhitungan Stabilitas

PERHITUNGAN LENGAN STABILITAS					
Φ	0°	5°	10°	15°	20°
GG' . sin (x° . 1 . Φ)	0.00000	0.91175	1.81656	2.70754	3.57792
b_1 . sin (x° . 2 . Φ)	0.00000	0.12166	0.23963	0.35032	0.45036
b_2 . sin (x° . 4 . Φ)	0.00000	7.12380	13.38836	18.03809	20.51216
b_3 . sin (x° . 6 . Φ)	0.00000	0.63617	1.10188	1.27234	1.10188
GZ (ft)	0.00000	8.79338	16.54643	22.36829	25.64232
GZ (m)	0.00000	2.68022	5.04335	6.81785	7.81578

Φ	25°	30°	35°	40°	45°
GG' . sin (x° . 1 . Φ)	4.42107	5.23057	6.00026	6.72429	7.39714
b_1 . sin (x° . 2 . Φ)	0.53672	0.60677	0.65838	0.68999	0.70064
b_2 . sin (x° . 4 . Φ)	20.51216	18.03809	13.38836	7.12380	0.00000
b_3 . sin (x° . 6 . Φ)	0.63617	0.00000	-0.63617	-1.10188	-1.27234
GZ (ft)	26.10612	23.87543	19.41084	13.43620	6.82544
GZ (m)	7.95714	7.27723	5.91642	4.09535	2.08039

Φ	50°	55°	60°	65°	70°
GG' . sin (x° . 1 . Φ)	8.01369	8.56926	9.05961	9.48101	9.83025
b_1 . sin (x° . 2 . Φ)	0.68999	0.65838	0.60677	0.53672	0.45036
b_2 . sin (x° . 4 . Φ)	-7.12380	-13.38836	-18.03809	-20.51216	-20.51216
b_3 . sin (x° . 6 . Φ)	-1.10188	-0.63617	0.00000	0.63617	1.10188
GZ (ft)	0.47801	-4.79689	-8.37171	-9.85826	-9.12967
GZ (m)	0.14570	-1.46209	-2.55170	-3.00480	-2.78272

Φ	75°	80°	85°	90°
GG' . sin (x° . 1 . Φ)	10.10468	10.30221	10.42133	10.46114
b_1 . sin (x° . 2 . Φ)	0.35032	0.23963	0.12166	0.00000
b_2 . sin (x° . 4 . Φ)	-18.03809	-13.38836	-7.12380	0.00000
b_3 . sin (x° . 6 . Φ)	1.27234	1.10188	0.63617	0.00000
GZ (ft)	-6.31075	-1.74465	4.05536	10.46114
GZ (m)	-1.92352	-0.53177	1.23607	3.18855



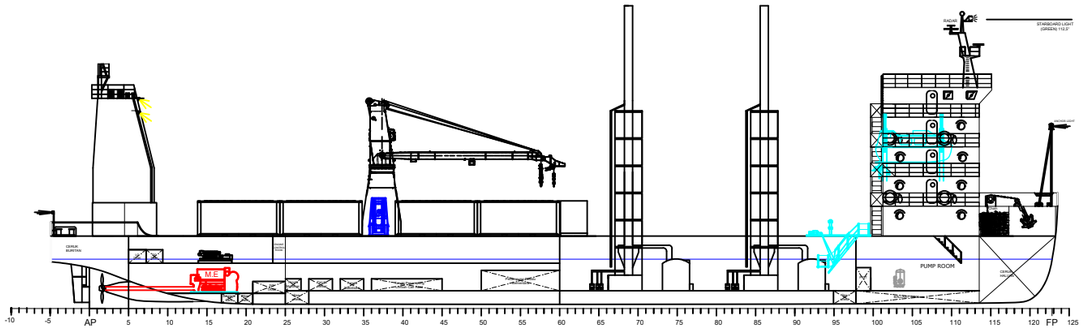
IMO STABILITY CRITERIA				
Resolution MSC.267(85)—Adoption of The International Code on Intact Stability, 2008				
ITEM	FORMULA	NILAI	SATUAN	STATUS
INPUT AND COEEFICIENT				
e_{30°		39.333	m.rad	
e_{40°		27.973	m.rad	
e	e_{40° - e_{30°	11.360	m.rad	
GZ_{30°		7.277	m	
θ_{max}		23.36°		
GM_0		-0.086	ft	
GM_0		-0.026	m	
B		13.800	m	
$G'M_0$		10.375	ft	
$G'M_0$		3.162	m	
STATUS				
1. e_{30°				
e_{30°		39.333	0.055	✔
2. e_{40°				
e_{40°		27.973	0.09	✔
3. Delta e_{30° ~ e_{40°				
Delta e_{30° ~ e_{40°		11.360	0.03	✔
4. h_{30°				
h_{30°		7.277	0.2	✔
5. θ_{max}				
θ_{max}		25.86°	25°	✔
6. $G'M_0$				
$G'M_0$		3.162	0.15	✔
SIMPULAN				✔

PERIODE ROLLING				
ITEM	FORMULA	NILAI	SATUAN	STATUS
T	(0.79 B) / √ ($G'M_0$)	3.385	detik	

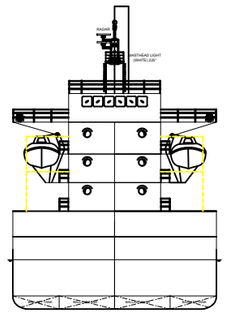
Lampiran 16

General Arrangement Kapal Pengolah Limbah Medis

SIDE VIEW PLAN

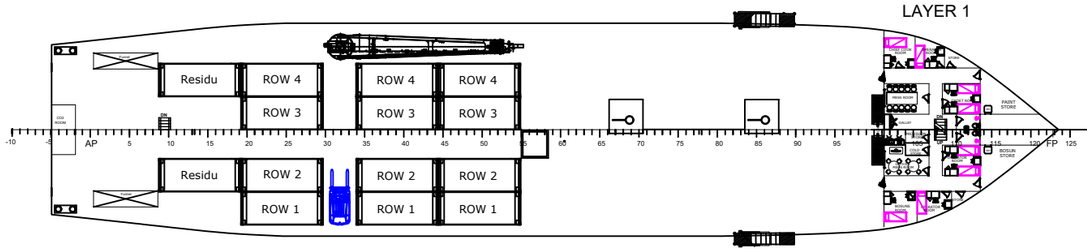


FRONT VIEW



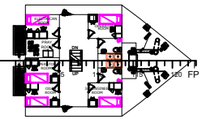
ANJUNGAN
LAYER 4
LAYER 3
LAYER 2
LAYER 1

UPPER MAIN DECK PLAN

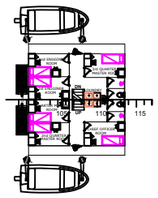


LAYER 1

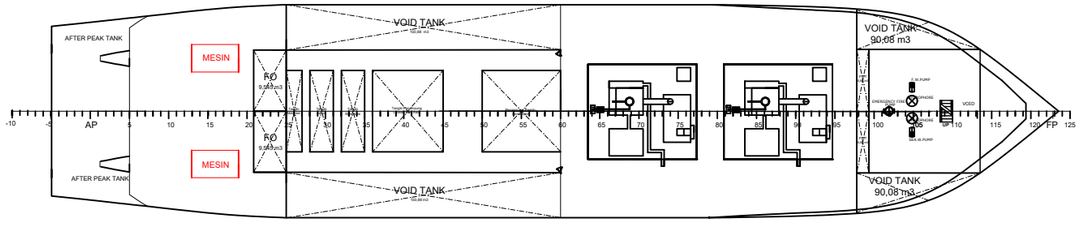
LAYER 2



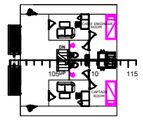
LAYER 3



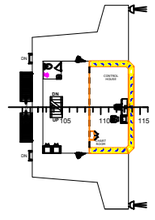
LOWER MAIN DECK PLAN



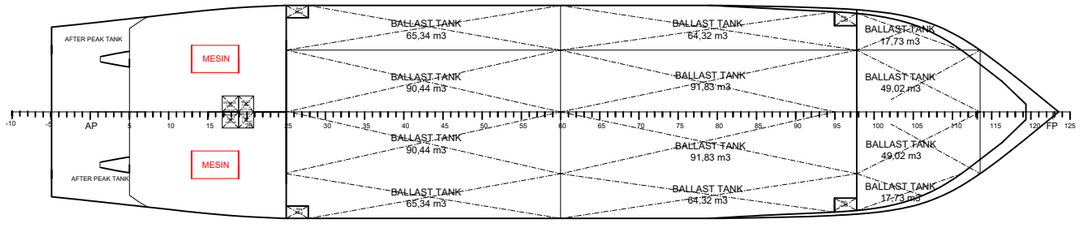
LAYER 4



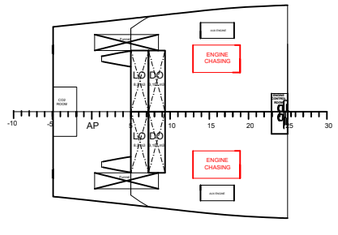
ANJUNGAN



DOUBLE BOTTOM PLAN



TWEEN DECK



DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Ship Particular:

SHIP TYPE	:	SPCB
LENGTH OVER ALL	:	74,18 M
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR	:	70,99 M
MOULDED BREADTH	:	13,80 M
MOULDED DEPTH	:	5,60 M
MOULDED DRAUGHT	:	3,31 M
BLOCK COEFFICIENT	:	0.77
DESIGNED SERVICE SPEED	:	10 KNOTS

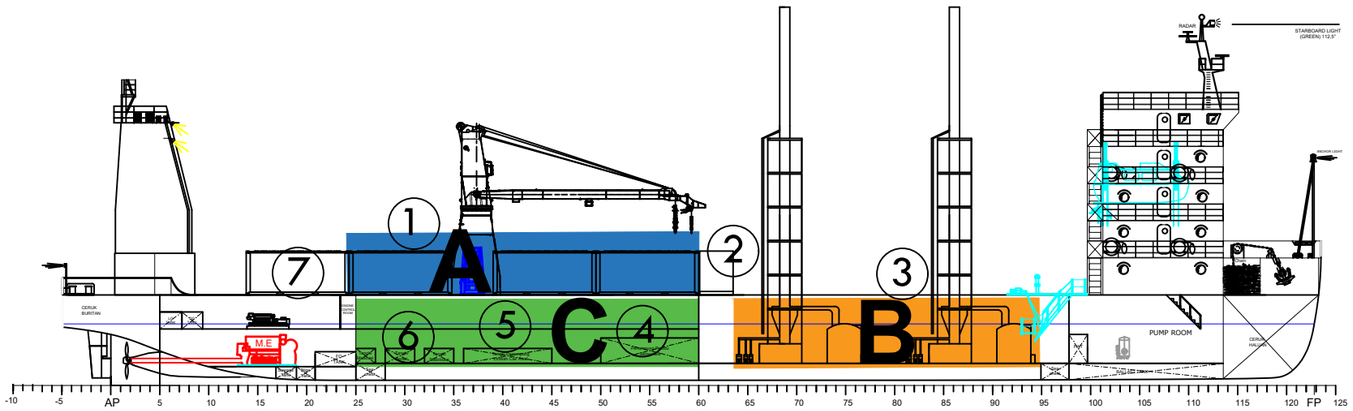
GENERAL ARRANGEMENT
MV. INDONESIA MAJU
KAPAL PENGANGKUT DAN PENGOLAH LIMBAH MEDIS

Skala	1 : 750	NRP	Tanggal	Remark
Nama	Yusri Rahmatul Izza	0441740000012	2 Feb 2022	
Disetujui oleh	Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.			
	Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.			

Lampiran 17

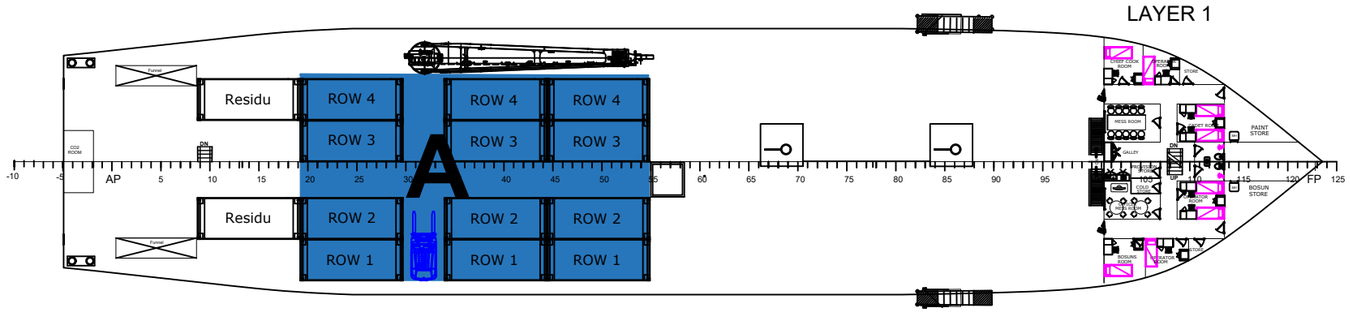
Operasinal dan Penataan Ruang pada Kapal

SIDE VIEW PLAN

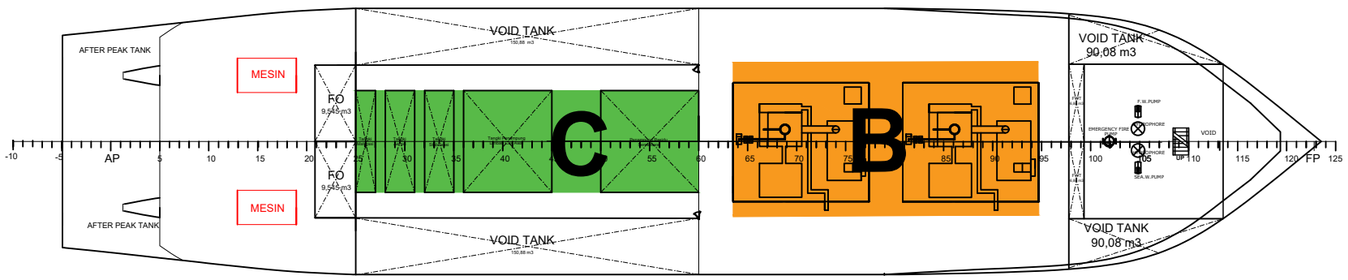


UPPER MAIN DECK PLAN

LAYER 1



LOWER MAIN DECK PLAN



DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Ship Particular:

SHIP TYPE	:	SPCB
LENGTH OVER ALL	:	74,18 M
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR	:	70,99 M
MOULDED BREADTH	:	13,80 M
MOULDED DEPTH	:	5,60 M
MOULDED DRAUGHT	:	3,31 M
BLOCK COEFFICIENT	:	0.77
DESIGNED SERVICE SPEED	:	10 KNOTS

Keterangan:

A. Penyimpanan Sementara Limbah Medis
(12 TEUs Reefer Container)
B. Pengolahan Limbah Medis
(2 unit Insinerator Kapasitas 100 Kg/jam dan
2 unit Medical Waste Destroyer Kapasitas 100 Kg/jam)
C. Penyimpanan Sementara Residu (Fly Ash) dan Limbah Air Hasil Pengolahan, yang terdiri dari:
1. Ruang Penampung Residu: 6 m x 6 m x 1,5 m
2. Tangki Penampung Limbah Cair Awal: 6 m x 6 m x 1 m
3. Tangki Stabilisasi: 1,8 m x 6 m x 1 m
4. Tangki Aerasi: 1,8 m x 6 m x 1 m
5. Tangki Maturasi: 1,2 m x 6 m x 1 m

Proses pengolahan limbah medis:

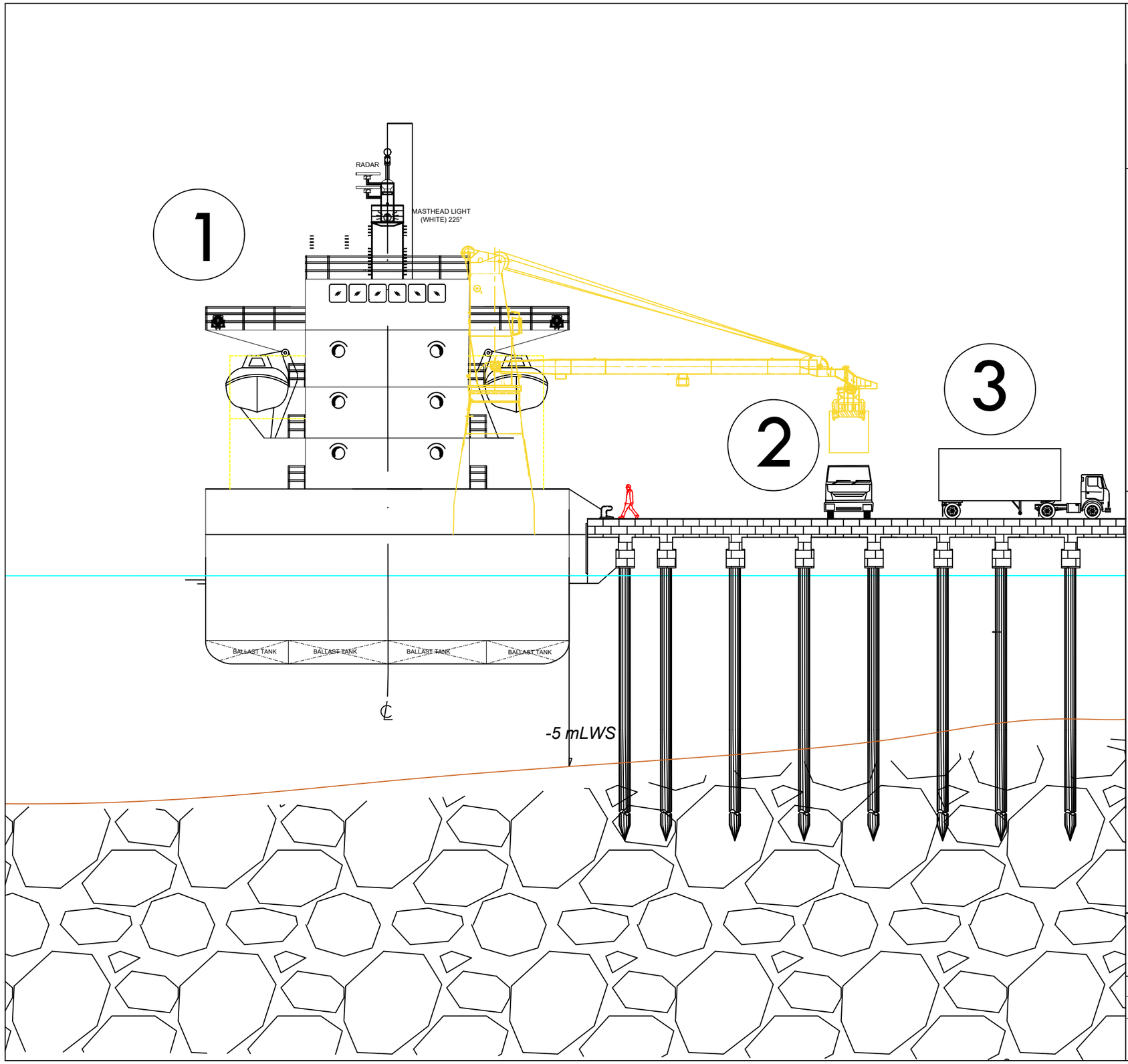
1. Limbah dikeluarkan dari Tempat Penyimpanan Sementara (A)
2. Limbah dipindahkan dari dalam kontainer menuju lift menggunakan forklift
3. Pencacahan dalam Medical Waste Destroyer (B) dan Limbah tercacah dimasukkan dalam insinerator (B)
4. Residu (fly ash) ditampung dalam Ruang Penampung Residu (C)
5. Limbah Cair hasil pengolahan disimpan dalam Tangki Penampung Limbah Cair Awal (C)
6. Limbah Cair dalam Tangki Penampung Limbah Cair Awal diolah dalam Tangki Stabilisasi, Tangki Aerasi, dan Tangki Maturasi (C)
7. Limbah dari dalam Ruang Penampung Residu dipindahkan ke dalam Dry Container sebelum ditimbun, sementara limbah cair dikeluarkan dengan dipompa ketika kapal sandar

LAYOUT
TEMPAT PENGOLAHAN LIMBAH MEDIS DI ATAS KAPAL MV. INDONESIA MAJU

Skala	1 : 500	NRP	Tanggal	Remark
Nama	Yusri Rahmatul Izza	0441740000012	2 Feb 2022	
Disetujui oleh	Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.			
	Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.			

Lampiran 18

Operasional di Pelabuhan



DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Ship Particular:

SHIP TYPE	:	SPCB
LENGTH OVER ALL	:	74,18 M
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR	:	70,99 M
MOULDED BREADTH	:	13,80 M
MOULDED DEPTH	:	5,60 M
MOULDED DRAUGHT	:	3,31 M
BLOCK COEFFICIENT	:	0.77
DESIGNED SERVICE SPEED	:	10 KNOTS

Alat Bongkar Muat:
Ship Container Crane 30 ton

Proses bongkar empty container limbah medis:

1. Kapal Sandar ke dermaga
2. Container crane mengambil petikemas kosong dari kapal ke atas truk
3. Truk membawa petikemas kosong kembali ke lokasi pengumpulan untuk kemudian menyimpan timbulan limbah medis

Proses muat full container limbah medis:

1. Kapal Sandar ke dermaga
2. Truk membawa petikemas dari lokasi pengumpulan menuju dermaga
3. Container crane mengambil petikemas dari truk ke atas kapal

LAYOUT DERMAGA
TEMPAT PENGUMPULAN LIMBAH MEDIS

Skala	1 : 200	NRP	Tanggal	Remark
Nama	Yusri Rahmatul Izza	0441740000012	2 Feb 2022	
Disetujui oleh	Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.			
	Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.			

BIODATA PENULIS

Yusri Rahmatul Izza adalah nama penulis Tugas Akhir ini. Penulis dilahirkan di Pasuruan, pada tahun 1999. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Lumbangrejo I pada tahun 2005-2011, SMPN 1 Prigen tahun 2011-2014, dan SMAN 1 Pandaan tahun 2014-2017. Pada tahun 2017, penulis diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada Departemen Teknik Transportasi Laut, Fakultas Teknologi Kelautan.

Selama menempuh pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, penulis ikut serta dan aktif dalam berbagai organisasi dan kegiatan. Penulis saat ini aktif sebagai asisten di Laboratorium Transportasi Laut dan Logistik dan pernah bekerja sebagai reporter dalam Tim ITS Online, Unit Komunikasi Publik ITS tahun 2018-2020. Penulis tergabung dalam tim jurnalistik HIMASEATRANS pada 2017-2021, pernah aktif sebagai Tim *Big Event* sebagai *Streeting Committee* pada 2018-2019, Staff Pengembangan Sumber Daya Anggota UKM Maritime Challenge ITS periode 2018-2019. Penulis merupakan *awardee* Djarum Beasiswa Plus Batch 35, dan pernah berlatih dalam program *Character Building, Leadership Development,* serta *Nation Building.* Dalam bidang kepelatihan, penulis pernah mengikuti Kursus *Project Risk Management, Project Budget Planning & Controlling,* serta *Corporate Strategy Formulation* dari Persatuan Insinyur Indonesia (PII), dan Pelatihan *Ship Chartering* dari Samudera Indonesia Maritime and Logistics Training Center. Apabila pembaca ingin menghubungi penulis, dapat melalui https://www.linkedin.com/in/yusri-rahma/