

STUDI COST BENEFIT TATA KELOLA SAMPAH DI DARAT DAN DI LAUT

Nama Mahasiswa : Danang M Pratomo
NRP : 4109 100 066
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Firmanto Hadi, ST., M.Sc.
Siti Dwi Lazuardi, S.T.

ABSTRAK

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Benowo merupakan satu-satunya tempat pemrosesan akhir sampah Kota Surabaya dengan luas wilayah 34,7 ha. Kapasitas eksisting TPA saat ini hanya bisa menampung sampah maksimal 1.200 ton/hari. Data jumlah penduduk Surabaya pada tahun 2012 mencapai 3,1 juta jiwa dan diproyeksikan akan mencapai 3,6 juta jiwa pada tahun 2022. Dengan begitu pada tahun 2012-2012 akan terjadi peningkatan pertumbuhan penduduk sebesar 16,6%. Hal ini menyebabkan perkiraan umur operasional TPA tidak akan lebih lama dari umur perencanaannya. Sebagai solusi untuk mengantisipasi keterbatasan lahan dan kapasitas TPA adalah dengan menggunakan *Material Recovery Facilities* (MRF) Apung. MRF Apung merupakan penerapan konsep MRF pada sebuah moda apung yang beroperasi di laut dengan radius pengolahan yang diijinkan dalam *MARPOL 73/78 Annex V*. Untuk mengetahui dampak dari pengoperasian dari MRF Apung dalam penelitian ini digunakan metode *Cost – Benefit Analysis*. Dimana setiap komponen biaya dan manfaatnya dihitung baik internal maupun eksternal.

Dari hasil perhitungan didapat jumlah sampah penduduk Surabaya pada tahun 2022 diproyeksikan mencapai 1.385 ton/hari. Total biaya pengelolaan sampah di darat (eksisting) adalah sebesar 939,9 milyar rupiah. Untuk total biaya yang diperlukan dalam pengolahan sampah di laut (MRF Apung) adalah sebesar 542,2 milyar rupiah. Sedangkan total biaya yang diperlukan dalam pengolahan sampah di darat (MRF Darat) adalah sebesar 468,7 milyar rupiah. Manfaat dari konsep pengolahan sampah di laut adalah sebesar 54,7 milyar rupiah. Berdasarkan analisis biaya dan manfaat menunjukkan hasil dimana rasio B/C sebesar 0,10 yang berarti konsep MRF Apung tidak layak untuk dilaksanakan pada saat harga tanah masih senilai 1.5 juta rupiah per m². Namun pada saat harga tanah telah mencapai 13,890 juta rupiah per m² yang diestimasikan pada tahun 2021, maka alternatif pengolahan sampah dengan menggunakan MRF Apung akan layak dijalankan.

Kata Kunci: Sampah Kota, Kapasitas TPA, MRF Apung, *Cost – Benefit Analysis*

COST BENEFIT STUDY OF MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT BETWEEN IN THE LAND AND IN THE SEA

Author : Danang M Pratomo
ID No. : 4109 100 066
Dept. / Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine Technology
Supervisors : Firmanto Hadi, ST., M.Sc.
Siti Dwi Lazuardi, S.T.

ABSTRACT

Benowo landfill which has 34.7 ha area is the only place to final processing Municipal Solid Waste (MSW) of Surabaya. The current capacity of the existing landfill can only hold a maximum of 1,200 tons of MSW / day. The results obtained projection that by 2022 the amount of MSW entering the landfill Surabaya population of 1,385 tons / day. This condition may reduce the operational lifespan of the landfill compared to lifespan planning. One of the alternative solution to anticipate limited land and landfill capacity is to use the Material Recovery Facilities (MRF). Floating MRF is a MRF concept applied to a floating mode such as ship that operate at sea in allowable radius based on MARPOL 73/78 Annex V. To determine the impact of the operation of the Floating MRF used in this study of Cost - Benefit Analysis. Where each component is calculated costs and benefits both internal and external.

From the calculation of the amount of waste obtained Surabaya population in 2022 is projected to reach 1,385 tons / day. The total cost of waste management on land (existing) is Rp 939 859 849 840. The total cost required for the processing of waste at sea (Floating MRF) is Rp 542 161 450 229. While the total cost required in processing waste on land (MRF at land) is Rp 468 701 895 418. The benefits of the concept of waste at sea is Rp Rp54.705.983.542. Value Cost Benefit Ratio produced by Floating MRF is 0.10 which means that this concept is not eligible to run. However, based on the results of the sensitivity analysis of the price of land to waste management costs when land prices reached 13,890 million dollars per m² in 2021, the alternative waste treatment by using the Floating MRF will viable compared with waste management on land.

Keyword : Municipal Solid Waste, Landfill Capacity, Floating MRF, Cost – Benefit Analysis

BAB 2

STUDI LITERATUR

2.1. Sampah

Sampah adalah limbah padat yang terdiri dari zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola supaya tidak membahayakan bagi lingkungan dan melindungi investasi pembangunan (Budi Utomo dan Sulastoro, 1999).

Pada dasarnya sampah tersebut merupakan sisi dari segala aktivitas yang dilakukan manusia dan hewan. Awalnya sampah yang dibuang tersebut bukan merupakan masalah yang berarti, tapi pada masa sekarang ini permasalahan limbah padat telah melampaui ambang batas toleransi lingkungan dan telah mencemari air, udara dan tanah.

2.1.1. Jenis – Jenis Sampah

Menurut Budi Utomo dan Sulastoro (1999) macam sampah digolongkan menjadi dua, yaitu:

A. Berdasarkan jenisnya sampah dapat dipilahkan menjadi 3 macam yaitu:

1. Sampah yang mudah membusuk (garbage)

Sampah ini terdiri atas bahan-bahan organik, antara lain sisa makanan, sisa sayuran, sisa buah-buahan, yang kemudian sering disebut dengan sampah basah.

2. Sampah yang tak dapat/sukar membusuk (rubbish)

Sampah jenis ini terdiri atas bahan organik maupun anorganik, misalnya pecahan botol, kaca, besi, sisa bahan bangunan, yang kemudian disebut dengan sampah kering.

Kelompok rubbish ini dapat dipilahkan menjadi 2, yaitu:

a. Yang dapat dibakar (combustible rubbish)

Contoh: kertas, plastik, kayu, kulit, tekstil, karet.

b. Yang tidak dapat dibakar (non combustible rubbish)

Sampah ini juga dapat dikelompokkan menjadi:

1. Metallic rubbish, misalnya sampah besi, timah, seng, aluminium dan lain-lain.
2. Non metallic rubbish, misalnya pecahan botol, gelas, tembikar, kaca dan lain-lain.
3. Sampah yang berbentuk partikel halus (ashes and residues)

Sampah yang berasal dari sisa pembakaran kayu, batubara, arang dan sisa pembakaran lain dari semua fasilitas yang ada di rumah, toko, instansi dan industri yang digunakan untuk tujuan memasak, memanggang ataupun membakar.

Contoh: bubuk yang berasal dari material, abu api.

B. Berdasarkan teknik pengelolaan dan jenis pemanfaatannya sampah dapat dibedakan menjadi:

1. Sampah yang dapat dimanfaatkan kembali

Contoh: dibuat pupuk kompos, makanan ternak, bubur kertas.

2. Sampah yang dapat dibakar/digunakan untuk bahan bakar

Contoh: untuk briket, untuk biogas.

3. Harus dibuang karena pertimbangan ekonomis atau berbahaya

Contoh: sampah B3.

Sampah B3 adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan atau beracun yang karena sifat dan atau konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan atau merusak lingkungan hidup dan atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain.

2.1.2. Sumber Sampah

Menurut Budi Utomo dan Sulastoro (1999). Sumber/asal sampah dapat dipilahkan menjadi 7 macam, yaitu:

- A. Daerah pemukiman/rumah tangga

Umumnya merupakan sampah basah/organik.

B. Daerah komersial

Meliputi sampah yang berasal dari pasar, pertokoan, restoran. Umumnya dominan sampah organik.

C. Daerah institusional

Terdiri atas sampah yang berasal dari perkantoran, sekolah, tempat ibadah dan lain-lain. Umumnya merupakan sampah kering.

D. Daerah terbuka

Antara lain sampah yang berasal dari pembersihan jalan, trotoar, taman dan lain-lain. Umumnya merupakan sampah organik dan debu.

E. Daerah industri

Yaitu sampah yang berasal dari sisa-sisa kegiatan industri, sangat tergantung kepada jenis industrinya.

F. Daerah pembangunan, pemugaran dan pembongkaran

Semua bahan yang berasal dari kegiatan tersebut, dapat berupa pecahan bata, kayu, besi, dan lain-lain.

G. Rumah sakit/poliklinik

Sampah di lokasi ini dapat berasal dari sampah kantor, sampah bekas operasi, pembalut, dan lain-lain.

2.2. Peraturan Pengelolaan Sampah di Kapal

Hingga saat ini peraturan mengenai pencegahan polusi kapal ditangani oleh *International Maritime Organization* (IMO) yang mana diatur dalam *International Convention for the Prevention of Pollution* atau disingkat MARPOL 73/78. Secara spesifik peraturan pengelolaan sampah di kapal diatur dalam MARPOL AnnexV berisi sebagai berikut:

A. Definisi – definisi (Reg. 1)

1. Sampah adalah semua jenis sisa makanan dari atas kapal dan sisa operasional tidak termasuk ikan segar dan bagian – bagian lainnya, yang dihasilkan selama pengoperasian kapal secara normal yang diharuskan dibuang secara terus menerus atau secara berkala kecuali zat – zat yang mana telah dicantumkan dalam aturan – aturan lainnya pada konvensi terakhir.
2. Daerah Pantai / Nearest land. Istilah daerah pantai diukur dari garis pantai sampai garis teritorial laut yang mana telah ditentukan oleh peraturan International dan perkecualian untuk konvensi yang ditetapkan seperti pantai timur Australia.
3. Daerah khusus adalah wilayah laut karena alasan – alasan teknis yang diakui sehubungan dengan oseanografi dan ekologi serta sifat – sifat khusus lalu lintasnya, penerapan cara – cara khusus yang mengikat dalam hal pencegahan pencemaran laut oleh sampah.

B. Pemberlakuan / penerapan (Reg. 2)

Diberlakukan untuk semua kapal – kapal tidak terkecuali yang tercantum dalam Annex ini.

C. Pembuangan sampah di laut di luar daerah khusus

1. Tujuan dari peraturan 4, 5, 6 dari aturan ini adalah
 - a. Dilarang membuang sampah kelaut semua jenis plastik termasuk tali manila, jaring – jaring ikan sintetik, kantong sampah plastik dan abu produk plastik yang mana mengandung racun atau sisa / residu logam.
 - b. Dilarang membuang sampah didekat pantai sejauh dapat dilakukan dengan jarak tidak kurang dari :
 - 1) 25 Nautical mil untuk dunnage, lining, dan material yang dapat mengapung
 - 2) 12 Nautical mil untuk sisa makanan dan semua sampah termasuk kertas produk, kain, kaca, logam botol – botol dan barang perak.
 - c. Pembuangan sampah ke laut seperti sampah makanan dan sampah lainnya termasuk kertas, majun, kaca, logam, botol, dan barang – barang tembikar dapat dilakukan dengan sarat sudah dicampur dan dihancurkan dengan lebar

tidak boleh lebih 25 mm dan sejauh mungkin dari daratan tetapi tidak boleh kurang dari 3 mil.

D. Pembuangan sampah dengan persyaratan khusus (Reg. 4)

1. Dilarang membuang setiap bahan / materi dari Platform tetap atau yang mengapung yang melakukan eksplorasi, dan kegiatan eksplorasi sumber mineral did an didasar laut dan dari semua kapal – kapal pada waktu sandar atau berada disekitar 500 m dari platform (Rig)
2. Pembuangan sampah – sampah makanan setelah dicampurkan dan dihancurkan dengan lebar tidak boleh lebih dari 25 mm dari rig/platform tetap atau yang mengapung dengan lokasi tidak boleh kurang dari 12 nautical mil (nm) dan semua kapal – kapal yang sandar atau berada disekitar 500 m dari platform/rig.

E. Pembuangan sampah di daerah khusus (Reg.5)

Daerah khusus yang dimaksud dengan aturan ini adalah Laut Mediterania, Altik, Laut Hitam, Laut Merah, Teluk Meksiko dan Laut Karibia.

Dilarang membuang sampah :

1. Semua jenis plastik termasuk tali sintetis, jala ikan sintetis, kantong plastik dan abu plastik yang dihasilkan dari incenerator, yang mengandung racun atau sisa/residu logam. Semua sampah termasuk kertas, majun, kaca, logam, ganjal, pakaian dan jenis – jenis pembungkusan. Untuk sampah makanan sejauh mungkin dari daratan tidak boleh kurang dari 12 nm.
2. Membuang sampah makanan di laut Karibia harus dicampur dan dihancurkan dulu dengan lebar tidak boleh dari 25 mm, jarak dari pantai tidak boleh kurang dari 3 nm.

2.3. Kapal Pembakar Sampah (*Ship Incinerator*)

Insinerasi merupakan teknologi yang digunakan untuk menghancurkan limbah dengan kata lain menggunakan metode pembakaran. Pembakarannya menggunakan sistem modern yakni menggunakan suhu tinggi, udara yang terkontrol, dan pencampuran yang sangat baik untuk perubahan kimia, fisika, biologi atau komposisi bahan limbah.

Pada sistem yang terbaru sudah dilengkapi dengan perangkat pengendali pencemaran udara dengan menangkap partikel dan emisi gas tercemar. Masih ada masalah kesehatan yang berhubungan dengan sistem pembakaran dari insinerator ini terutama untuk penduduk yang tinggal di dekat insinerator. Namun peraturan ketat yang telah ditetapkan oleh negara dan regulator federal memastikan bahwa desain, operasi, pengujian dan pemeliharaan sistem ini memberikan keamanan maksimum dan risiko minimal untuk daerah sekitarnya dan penduduk. (Bradd 2009)

2.3.1. MT Vulcanus I

MT Vulcanus I merupakan kapal barang dengan nama **Erich Schröder** yang kemudian dikonversi menjadi kapal insinerator sampah di KA van Brink merupakan galangan kapal di Rotterdam. Pada kapal tersebut ditambahkan Tanki untuk transportasi limbah dan dua insinerator terletak memanjang di mana limbah tersebut akan dibakar pada suhu antara 1300 dan 1400° Celcius. Pengelolaan kapal tetap dengan Samudera Layanan Pembakaran. Kapal ini mampu membakar 400-500 metrik ton perhari, atau sekitar 100.000 metrik ton per tahun. Kapal ini dioperasikan di Laut Utara dari Rotterdam, pada tahun 1980 dan kapal insinerator lainnya terbakar diperkirakan 80.000 metrik ton limbah termasuk TCDD di Laut Utara.

Kapal ini memiliki ukuran utama dengan panjang keseluruhan (LOA) 97,08 meter, lebar moulded 16,03 meter, tinggi moulded 7,40 meter, pada kondisi muatan penuh kapal ini memiliki sarat 6,06 meter, tonase kotor sebesar 2.972 ton, tonase bersih sebesar 1.419 ton, bobot mati pada kondisi penuh 4.004 ton dan berlayar dengan kecepatan dinas 12,0 knots.

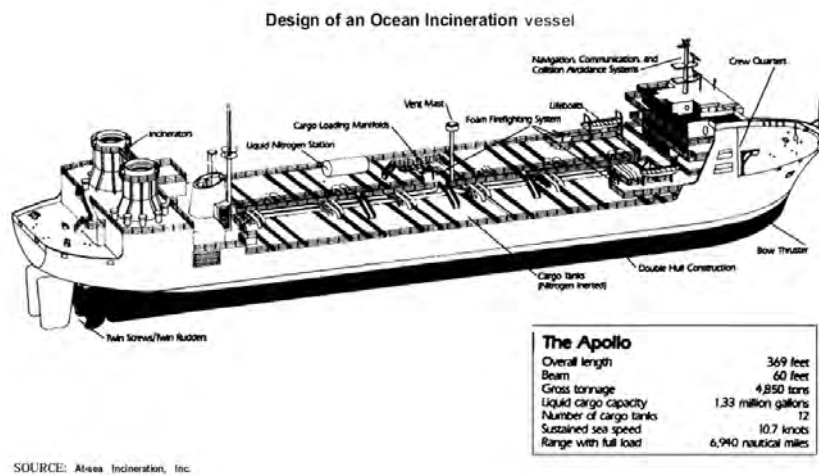


Gambar 2-1 Kapal Insinerator MT Vulcanus I

2.3.2. Apollo I

Apollo I merupakan kapal insinerator limbah berbahaya yang pertama kali berlayar, dirancang dan dibangun di AS, diluncurkan di galangan no.3 milik Tacoma Boatbuilding Company di Tacoma, Washington. Sedangkan kapal generasi kedua, Apollo Two dibangun untuk At-Sea Incinerator, Inc.(ASI) di Port Newark, New Jersey, anak perusahaan Tacoma Boat. Kapal ini dirancang untuk memenuhi semua standar lingkungan dan keselamatan yang telah ada dari US Coast Guard, Badan Perlindungan Lingkungan, Administrasi Maritim, dan Biro Standar Nasional terutama harus memenuhi kriteria ABS.

Apollo One dapat menghancurkan hingga 30 juta galon limbah berbahaya setiap tahun dengan aman. Apollo One didesain dengan akomodasi di depan, tangki kimia kargo limbah di tengah kapal, propulsi dan pembakaran di belakang. Memiliki dua belas tangki kargo tak terpisahkan. Sebuah batang pipa berada di center line sepanjang ruang kargo dari inner bottom ke dek utama. *Cofferdams Transverse* dipasang antara tangki kargo. Tangki ballast menempel di luar tangki kargo dan di ruang *double bottom*. Tangki bahan bakar terletak di buritan kapal dan tangki air tawar berada di anjungan.



Gambar 2-2 Kapal Insinerator Apollo I

Kapal ini memiliki panjang keseluruhan (LoA) 396 kaki, lebar moulded 60 kaki, tinggi moulded 31 kaki dan pada kondisi muatan penuh memiliki draft 23 kaki 6 inci. Bobot mati pada kondisi penuh adalah 7.317 ton. Kapasitas kargo cair (100 persen penuh) adalah 197.730 kaki kubik. Dengan memiliki ruang akomodasi untuk 25 orang. Sebuah ruang pompa kargo terletak di buritan kapal dari ruang kargo dengan akses ke dek utama.

Dua insinerator limbah cair dipasang di poop deck buritan yakni di atas propulsi dan ruang mesin bantu. Sebuah kamar insinerator *fourced-draft fan* tersedia lasung di bawah insinerator. Sebuah ruang kontrol pusat terletak di depan raung pembakaran untuk memantau dan mengendalikan semua penanganan kargo dan proses insinerasi limbah serta sebagai kontrol terpusat propulsi dan mesin bantu.

2.4. *Material Recovery Facilities* (MRF)

MRF merupakan salah satu bagian dari pengelolaan sampah. Pengelolaan sampah yang baik selain dapat mereduksi sampah namun juga dapat mereduksi Gas Rumah Kaca (GRK), terutama dalam konsumsi bahan bakar untuk transportasi sampah dan sampah yang ditimbun di TPA (US EPA, 2009). *Material recovery facility* (MRF) atau instalasi pengolahan sampah terpadu (MRF) merupakan fasilitas mengenai pengelolaan sampah dimana yang bertujuan untuk mengolah sampah dan memanfaatkannya kembali dengan harapan dapat mereduksi jumlah sampah yang dihasilkan (Wibowo, 2007).

Sebuah unit *Material Recovery Facilities* (MRF) dalam manajemen pengelolaan sampah dapat menjadi sebuah pengolahan sampah yang berkelanjutan pada wilayah perkotaan ketika pengelolaan di sumber sudah tidak efektif lagi. Adapun pertimbangan pembangunan *Material Recovery Facilities* (MRF) khususnya di wilayah perkotaan antara lain tingkat ekonomi, keterbatasan teknologi pengolah sampah di sumber, potensi daur ulang sampah, serta ketersediaan lahan. Pada era modernisasi, adanya konversi suatu material menjadi energi sangat dibutuhkan. *Material Recovery Facilities* (MRF) dapat menjadi salah satu fasilitas konversi sampah menjadi energi khususnya dalam sistem pengelolaan sampah (Chang, *et al*, 2005).

2.4.1. Desain Perencanaan *Material Recovery Facilities* (MRF)

Menurut Tchobanoglous, *et al* (1993), tahapan yang dilakukan dalam perencanaan *Material Recovery Facilities* (MRF) meliputi analisis kelayakan, rencana pengelolaan sampah, pertimbangan ekonomi, perancangan awal, perancangan akhir.

1. Analisis Kelayakan

Analisis kelayakan merupakan suatu tahap untuk menentukan layak atau tidaknya suatu lahan untuk MRF yang berkaitan dengan studi analisis yang meliputi:

2. Rencana pengelolaan sampah

Merupakan hubungan antara MRF dengan pengelolaan sampah. Desain konsep berkaitan dengan :

- 1) Tipe MRF yang dibangun
- 2) Jenis material yang akan diproses
- 3) Besar kapasitas desain MRF

3. Pertimbangan ekonomi

Pertimbangan ekonomi meliputi biaya :

- 1) Biaya operasi dan perawatan
- 2) Perkiraan balik modal dari hasil MRF
- 3) Desain MRF dibangun secara tradisional dan konstruksi dilakukan oleh kontraktor.
- 4) Desain dan konstruksi dibuat oleh suatu perusahaan sedangkan proses pengambilan
- 5) Menggunakan sistem kontrak.
- 6) Mulai dari desain, konstruksi, dan pengoperasian menggunakan sistem kontrak.

4. Perancangan Awal

Perancangan awal meliputi pembuatan diagram alir material yang merupakan pengumpulan unit operasi, fasilitas dan operasi manual untuk menyelesaikan tujuan pemilahan sampah atau tujuan lainnya. Adapun faktor-faktor yang melatarbelakangi pembuatan diagram alir material, yaitu :

- a. Identifikasi karakteristik sampah
- b. Jenis-jenis sampah yang akan diproses

c. Ketersediaan perlengkapan dan fasilitas yang sesuai meliputi :

1) *Mass balance* material

Dalam *mass balance* ini akan diuraikan proses yang terjadi pada pengelolaan dengan fasilitas daur ulang MRF, dimana proses perhitungan massa dimulai dari input sampah sampai output yang dihasilkan dalam fasilitas daur ulang.

2) *Loading rate* untuk unit operasi

Loading Rate merupakan perhitungan untuk mengetahui beban sampah yang dapat diolah setiap jamnya.

Loading rate (ton/jam) = waktu proses (jam/hari) dibagi berat sampah (ton/hari)

3) *Lay out* dari komponen fisik MRF

Lay out merupakan tata letak komponen fisik daur ulang dan fasilitas penunjang lainnya seperti; kantor, parkir, pos, dan sebagainya.

Perancangan Akhir

Perancangan akhir merupakan persiapan akhir dari *Material Recovery Facilities* (MRF) dan spesifikasi yang akan digunakan dalam pengoperasian serta perkiraan biaya akhir. Adapun terdapat beberapa peralatan khusus yang digunakan untuk menunjang kegiatan pengelolaan sampah pada *Material Recovery Facilities* (MRF). Peralatan tersebut tergolong peralatan mekanikal elektrik, sehingga diperlukan spesifikasi peralatan yang jelas.

5. Dasar Pengolahan di MRF

Teknik dasar pengolahan sampah di MRF terdiri dari (Shah,2000)

1. Proses awal

Pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui besar timbulan sampah yang masuk dalam suatu lokasi pengolahan, menentukan besarnya biaya dan menentukan laju penerimaan sampah. Pada proses awal ini terdiri dari kegiatan penimbangan, seta penerimaan dan penyimpanan.

2. Proses Fisik

Proses fisik dalam MRF berarti melakukan penyeragaman ukuran. Jenis kegiatan yang terjadi pada proses ini meliputi:

- a. Pemilahan
- b. Pencacahan dan reduksi ukuran
3. Proses pengolahan secara biologi

Secara umum pada proses pengolahan sampah di MRF yang juga memanfaatkan proses biologi melibatkan peran mikroorganisme dalam sampah untuk mengubah bahan-bahan organik menjadi gas, padatan dan energi. Salah satu hasil dari proses biologi ini adalah kompos.

2.5. Peramalan

Peramalan merupakan bagian awal dari suatu proses pengambilan suatu keputusan. Sebelum melakukan peramalan harus diketahui terlebih dahulu apa sebenarnya persoalan dalam pengambilan keputusan itu. Peramalan adalah pemikiran terhadap suatu besaran, misalnya permintaan terhadap satu atau beberapa produk pada periode yang akan datang. Pada hakekatnya peramalan hanya merupakan suatu perkiraan (*guess*), tetapi dengan menggunakan teknik-teknik tertentu, maka peramalan menjadi lebih sekedar perkiraan. Peramalan dapat dikatakan perkiraan yang ilmiah (*educated guess*). Setiap pengambilan keputusan yang menyangkut keadaan di masa yang akan datang, maka pasti ada peramalan yang melandasi pengambilan keputusan tersebut. Tujuan peramalan jika dilihat berdasarkan waktu dapat dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Jangka pendek (*Short Term*)

Menentukan kuantitas dan waktu dari item dijadikan produksi. Biasanya bersifat harian ataupun mingguan.

2. Jangka Menengah (*Medium Term*)

Menentukan kuantitas dan waktu dari kapasitas produksi. Biasanya bersifat bulanan atau taupun kuartal.

3. Jangka Panjang (*Long Term*)

Merencanakan kuantitas dan waktu dari fasilitas produksi. Biasanya bersifat tahunan, 5 tahun, 10 tahun, ataupun 20 tahun.

2.5.1. Metode Peramalan Kausal (Analisis Regresi)

Teknik dalam metode peramalan kausal membahas pendekatan sebab akibat (kausal) atau yang bersifat menjelaskan (eksplanatoris), dan bertujuan untuk meramalkan keadaan di masa yang akan datang dengan menemukan dan mengukur beberapa variabel bebas (independen) yang penting beserta pengaruhnya tidak bebas/terikat (dependen) yang akan diramalkan.

a) Metode Linier Regresi Sederhana

Merupakan metode yang digunakan untuk memodelkan hubungan linear antara variabel terikat dengan variabel bebas. Kegunaannya yaitu untuk meramalkan nilai variabel terikat (Y) terhadap variabel bebasnya (X). Persamaannya dirumuskan sebagai berikut :

$$Y = a + bX$$

Dimana:

Y = variable terikat

a = konstanta

b = koefisien regresi

b) Metode Linier Regresi Ganda

Merupakan metode yang digunakan untuk memodelkan hubungan linear antara variabel terikat dengan dua/lebih variabel bebas atau bisa disebut Regresi linier yang digunakan untuk memprediksi variabel terikat dari dua/lebih variabel bebas. Analisis regresi ganda merupakan pengembangan dari analisis regresi sederhana. Kegunaannya yaitu untuk meramalkan nilai variabel terikat (Y) apabila variabel bebasnya (X) dua atau lebih. Analisis regresi ganda adalah alat untuk meramalkan nilai pengaruh dua variabel bebas atau lebih terhadap satu variabel terikat (untuk membuktikan ada tidaknya hubungan fungsional atau hubungan kausal antara dua atau lebih variabel bebas $X_1, X_2, \dots, X_i$ terhadap suatu variabel terikat Y).

Persamaan regresi ganda dirumuskan sebagai berikut :

- a. Dua variabel bebas : $Y = a + b_1X_1 + b_2 X_2$
- b. Tiga variabel bebas : $Y = a + b_1X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$
- c. n variabel bebas : $Y = a + b_1X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$

Dimana:

- Y = variable terikat
- a = konstanta
- $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ = koefisien regresi
- $X_1, X_2, X_3, \dots, X_i$ = variabel bebas

2.6. Biaya Transportasi Laut

Pada operasi suatu moda transportasi laut, memiliki 4 macam biaya (Wijnolst, N., & Wergeland, T. 1997), yaitu:

1. Biaya modal (*capital cost*)
2. Biaya operasional (*operational cost*)
3. Biaya pelayaran (*voyage cost*)
4. Biaya bongkar muat (*cargo handling cost*)

2.6.1. Biaya Modal (*Capital Cost*)

Biaya modal adalah harga kapal ketika dibeli atau dibangun. Biaya modal disertakan dalam kalkulasi biaya untuk menutup pembayaran bunga pinjaman dan pengembalian modal tergantung bagaimana pengadaan kapal tersebut, Pengembalian nilai capital ini direfleksikan sebagai pembayaran tahunan.

2.6.2. Biaya Operasional (*Operational Cost*)

Biaya operasional adalah biaya-biaya tetap yang dikeluarkan untuk aspek operasional sehari-hari kapal untuk membuat kapal selalu dalam keadaan siap berlayar. Yang termasuk dalam biaya operasional adalah biaya ABK, perawatan dan perbaikan kapal, bahan makanan, minyak pelumas, asuransi dan administrasi. Rumus untuk biaya operasional adalah sebagai berikut:

$$OC = M + ST + MN + I + AD$$

Keterangan:

OC = Operation Cost

M = Manning Cost

ST = Store Cost

I = Insurance Cost

AD = Administration Cost

1. *Manning cost*

Manning cost (crew cost) adalah biaya-biaya langsung maupun tidak langsung untuk anak buah kapal termasuk di dalamnya adalah gaji pokok dan tunjangan, asuransi sosial, dan uang pensiun. Besarnya *crew cost* ditentukan oleh jumlah dan struktur pembagian kerja yang tergantung pada ukuran teknis kapal. Struktur kerja pada sebuah biasanya dibagi menjadi 3 departemen, yaitu *deck departemen*, *engine departemen*, dan *catering departemen*.

2. *Store, supplies and lubricating oils*

Jenis biaya ini dikategorikan menjadi 3 macam yaitu *marine stores* (cat, tali, besi), *engine room stores* (spare part, lubricating oils), dan *steward's stores* (bahan makanan).

3. *Maintenance and repair cost*

Maintenance and repair cost merupakan biaya perawatan dan perbaikan yang mencakup semua kebutuhan untuk mempertahankan kondisi kapal agar sesuai dengan standart kebijakan perusahaan maupun persyaratan badan klasifikasi. Biaya ini dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

4. Survey klasifikasi

Kapal harus menjalani *survey regular dry docking* tiap dua tahun dan *special survey* tiap empat tahun untuk mempertahankan kelas untuk tujuan asuransi.

5. Perawatan rutin

Perawatan rutin meliputi perawatan mesin induk dan mesin bantu, cat, bangunan atas dan pengedokan untuk memelihara lambung dari pertumbuhan biota laut yang bisa

mengurangi efisiensi operasi kapal. Biaya perawatan ini cenderung bertambah seiring dengan bertambahnya umur kapal.

6. Perbaikan

Biaya perbaikan muncul karena adanya kerusakan kapal secara tiba-tiba dan harus segera diperbaiki.

7. *Insurance cost*

Insurance cost merupakan biaya asuransi, yaitu komponen pembiayaan yang dikeluarkan sehubungan dengan resiko pelayaran yang dilimpahkan kepada perusahaan asuransi. Komponen pembiayaan ini berbentuk pembayaran premi asuransi kapal yang besarnya tergantung pertanggungan dan umur kapal. Hal ini menyangkut sampai sejauh mana resiko yang dibebankan melalui klaim pada perusahaan asuransi. Semakin tinggi resiko yang dibebankan, semakin tinggi pula premi asuransinya. Umur kapal juga memperngaruhi biaya premi asuransi, yaitu biaya premi asuransi akan dikenakan pada kapal yang umurnya lebih tua. Terdapat dua jenis asuransi yang dipakai perusahaan pelayaran terhadap kapalnya, yaitu *hull and machinery insurance* dan *protection and indemnity insurance*.

8. Administrasi

Biaya administrasi diantaranya adalah biaya pengurusan surat-surat kapal, biaya sertifikat dan pengurusannya, biaya pengurusan ijin kepelabuhan maupun fungsi administratif lainnya. Biaya ini juga disebut biaya *overhead* yang besarnya tergantung dari besar kecilnya perusahaan dan jumlah armada yang dimiliki.

2.6.3. Biaya Pelayaran (*Voyage Cost*)

Biaya pelayaran adalah biaya-biaya variabel yang dikeluarkan kapal untuk kebutuhan selama pelayaran. Komponen biaya pelayaran adalah bahan bakar untuk mesin induk dan mesin bantu, biaya pelabuhan, biaya pandu dan tunda. Rumus untuk biaya pelayaran adalah :

$$VC = FC + PD$$

Keterangan:

$$VC = \text{voyage cost}$$

$PD = \text{port cost}$ (ongkos pelabuhan)

$FC = \text{fuel cost}$

1. *Port cost*

Pada saat kapal dipelabuhan, biaya-biaya yang dikeluarkan meliputi *port dues* dan *service charges*. *Port dues* adalah biaya yang dikenakan atas penggunaan fasilitas pelabuhan seperti dermaga, tambatan, kolam pelabuhan, dan infrastruktur lainnya yang besarnya tergantung volume dan berat muatan, GRT dan NRT kapal. *Service charge* meliputi jasa yang dipakai kapal selama dipelabuhan, yaitu jasa pandu dan tunda, jasa labuh, dan jasa tambat.

2. *Fuel cost*

Konsumsi bahan bakar kapal tergantung dari beberapa variabel seperti ukuran, bentuk dan kondisi lambung, pelayaran bermuatan atau ballast, kecepatan, cuaca, jenis dan kapasitas mesin induk dan motor bantu, jenis dan kualitas bahan bakar. Biaya bahan bakar tergantung pada konsumsi harian bahan bakar selama berlayar di laut dan di pelabuhan dan harga bahan bakar. Terdapat tiga jenis bahan bakar yang dipakai, yaitu HSD, MDO, dan MFO.

2.6.4. 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, batubara, 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.

Muatan seperti minyak, bahan kimia, dan segala hal yang berbentuk cair yang ditransportasikan dengan menggunakan kapal tanker mempunyai proses bongkar muat yang sangat sederhana. Minyak atau zat cair lainnya hanya perlu dipompa dari tangki

penyimpanan di terminal ke kapal atau sebaliknya tanpa memerlukan bantuan buruh pelabuhan.

2.7. Analisis Manfaat Biaya

Analisis manfaat dan biaya digunakan untuk mengevaluasi penggunaan sumber-sumber ekonomi agar sumber yang langka tersebut dapat digunakan secara efisien. Pemerintah mempunyai banyak program atau proyek yang harus dilaksanakan sedangkan biaya yang tersedia sangat terbatas. Dengan analisis ini pemerintah menjamin penggunaan sumber-sumber ekonomi yang efisien dengan memilih program-program yang memenuhi kriteria efisiensi. Analisis manfaat dan biaya merupakan alat bantu untuk membuat keputusan publik dengan mempertimbangkan kesejahteraan masyarakat. Ada dua pihak yang menaruh perhatian pada analisis ini, yaitu pertama, para praktisi teknis dan ekonom yang berperan dalam mengembangkan metode analisis, pengumpulan data, dan membuat analisis serta rekomendasi. Kedua, pemegang kekuasaan eksekutif yang berwenang untuk membuat peraturan dan prosedur untuk melaksanakan keputusan publik. (Sugiyono 2011)

Saat ini analisis manfaat dan biaya merupakan alat utama dalam membuat evaluasi program atau proyek untuk kepentingan publik, seperti : manajemen sumber daya alam dan pengembangan sumber energi alternatif (Field, 1994). Biasanya analisis ini terintegrasi dengan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) yang dilakukan untuk mengevaluasi dampak suatu proyek atau program terhadap lingkungan hidup. Sehingga analisis ini tidak hanya melihat manfaat dan biaya individu, tetapi secara menyeluruh memperhitungkan manfaat dan biaya sosial dan selanjutnya dapat disebut sebagai analisis manfaat dan biaya sosial. (Sugiyono 2011)

Suatu proyek dikatakan layak atau bisa dilaksanakan apabila rasio antara manfaat terhadap biaya yang dibutuhkannya lebih besar dari satu. Oleh karenanya, dalam melakukan analisis manfaat-biaya kita harus berusaha mengkuantifikasi manfaat dari suatu usulan proyek, bila perlu dalam bentuk satuan mata uang.

Analisis manfaat-biaya biasanya dilakukan dengan melihat rasio antara manfaat dari suatu proyek pada masyarakat umum terhadap ongkos-ongkos yang dikeluarkan oleh pemerintah. Secara matematis hal ini bisa diformulasikan sebagai berikut:

$$B/C = \frac{\text{Benefit (manfaat)}}{\text{Cost (biaya)}} \geq 1$$

Dengan demikian maka rasio B/C lebih dari 1 merefleksikan manfaat yang ditimbulkan proyek > biaya yang diperlukan secara ekonomi sehingga proyek layak dilaksanakan. Apabila rasio B/C sama dengan 1 menunjukkan manfaat yang ditimbulkan proyek sama dengan biaya yang diperlukan secara ekonomi sehingga proyek layak untuk dilaksanakan. Jika B/C kurang dari 1 menunjukkan manfaat yang ditimbulkan proyek biaya yang diperlukan secara ekonomi sehingga proyek tidak layak untuk dilaksanakan.

2.7.1. Memperkirakan Nilai Yang Tidak Berwujud (*Intangible Value*)

Manfaat dan biaya tidak berwujud yang tidak dapat dipasarkan sulit dihitung. Ada beberapa pendekatan untuk menentukan manfaat dan biaya yang tidak berwujud (Field, 1994; Reksohadiprodjo dan Brodjonegoro, 1997; Whiting, 2000), yaitu:

a. Manfaat

Manfaat tidak berwujud dapat ditentukan berdasarkan pengukuran langsung. Penentuan manfaat secara langsung ini secara konsep dapat diterapkan, tetapi banyak kendala dalam melakukan pengukuran yang sebenarnya. Untuk mengatasi kendala ini maka nilai manfaat diperkirakan berdasarkan willingness to pay (WTP) atau kesediaan orang untuk membayar. Beberapa pendekatan dari konsep WTP yang penting adalah:

b. Nilai Kesehatan

Kesediaan orang untuk mengeluarkan biaya pengobatan atau untuk menghindari sakit akibat pencemaran udara dapat dipakai sebagai ukuran manfaat dari program penanggulangan pencemaran.

c. Nilai Kehidupan

Pengendalian pencemaran udara dan perbaikan keindahan kota akan dapat mengurangi risiko sakit atau meninggal, atau dapat dikatakan mempertinggi nilai kehidupan. Nilai kehidupan ini sangat kompleks karena berhubungan dengan statistik, baik menyangkut umur rata-rata manusia maupun penghasilan sekelompok masyarakat dan bukan hanya individu.

d. Biaya Perjalanan

Pendekatan biaya perjalanan dipakai untuk menilai barang yang pada umumnya oleh masyarakat dinilai terlalu rendah, misalnya barang rekreasi (keindahan dan kenyamanan). Untuk memperkirakan manfaat barang tersebut maka digunakan proksi biaya perjalanan untuk mencapai tempat tersedianya barang rekreasi tersebut. Secara tidak langsung dapat ditentukan biaya perjalanan orang untuk menikmati barang rekreasi tersebut. Dengan menggunakan data biaya perjalanan pada sampel yang besar maka dapat diperkirakan willingness to pay (WTP) untuk suatu kenyamanan lingkungan hidup.

e. Contingent Valuation(CV)

Untuk mengukur keinginan seseorang membayar barang dan jasa yang tidak dimilikinya ketika teknik pasar secara langsung (direct) atau tidak langsung (indirect) tidak tersedia, yang disebut sebagai contingent valuation (Field, 1994, 2001). Teknik surveinya berdasarkan pada asumsi bahwa keinginan untuk membayar atau menerima dapat ditentukan dengan menanyakannya secara langsung. Teknik contingent valuation berusaha untuk mengetahui penilaian seseorang yang bersifat hipotetik terhadap sesuatu atau situasi tertentu.

Metode contingent valuation (CVM) pada hakikatnya digunakan untuk mengetahui keinginan untuk membayar (WTP) dan keinginan untuk menerima (WTA). Karena menurut Garrod and Willis (1999) teknik CVM didasarkan pada asumsi mendasar mengenai hak kepemilikan, maka jika individu yang ditanya tidak memiliki hak atas barang dan jasa yang dihasilkan, pengukuran yang relevan adalah pengukuran keinginan membayar yang maksimum untuk memperoleh barang tersebut. Sebaliknya jika individu yang menjadi responden tidak memiliki hak atas sumber daya, pengukuran yang relevan adalah keinginan untuk menerima (Fawzi, 2006).

Willingness to pay (WTP) dapat juga diperkirakan berdasarkan survei atau kuesioner langsung ke masyarakat. Masalah utama dari pendekatan ini adalah hasil yang didapat belum mencerminkan karakter masyarakat yang sebenarnya. Oleh karena itu, digunakan beberapa teknik untuk mengurangi kelemahan tersebut. Beberapa teknik yang dapat digunakan adalah dengan pendekatan tawar menawar, alokasi anggaran, dan permainan trade-off. Hasil dari survei menggambarkan kurva permintaan (Reksohadiprodjo dan Brodjonegoro, 1997).

f. Biaya

Biaya sosial dapat diperkirakan dengan menggunakan prinsip opportunity cost, untuk membedakan dengan biaya untuk pembelian barang bagi individu. Opportunity cost dalam penggunaan sumber daya alam merupakan nilai tertinggi bagi masyarakat dari berbagai alternatif penggunaan sumber daya tersebut. Sehingga pendekatan opportunity cost merupakan pendekatan yang terbaik untuk menentukan nilai dari biaya yang tidak berwujud (intangible value).

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tahap Identifikasi Permasalahan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi mengenai permasalahan dari tugas ini. Beberapa hal yang diidentifikasi adalah berapa jumlah volume sampah yang dihasilkan kota Surabaya, bagaimana kondisi Tempat Pembuangan Akhir yang digunakan untuk menimbun sampah kota Surabaya. Selain itu bagaimana dampak dari adanya sistem pengolahan yang ada di TPA terhadap lingkungan sekitar. Tema ini pernah diangkat sebelumnya namun lebih berfokus pada konsep umum operasi kapal pengolah sampah. Oleh karena itu perlu dianalisis tata kelola sampah antara di darat dengan di laut untuk mengetahui strategis kedepan nilai tambah atau seberapa besar manfaat sesungguhnya yang dihasilkan maupun besar biaya yang dikeluarkan dari dua pengelolaan tersebut.

3.2. Tahap Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang terkait dengan permasalahan pada tugas ini. Materi-materi yang dijadikan sebagai tinjauan pustaka adalah peraturan tentang pengelolaan sampah, kapal pengolah sampah yang pernah ada, teknologi pengolahan sampah, biaya-biaya pelayaran, dan analisi manfaat biaya.

3.3. Tahap Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam tugas ini adalah metode pengumpulan data secara langsung (primer), dan tidak langsung (sekunder). Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam tugas ini. Adapun data-data yang diperoleh antara lain:

1. Jumlah penduduk kota Surabaya
2. Jumlah sampah rumah tangga kota Surabaya
3. Alat pengolah sampah
4. Kapal pembanding

3.4. Tahap Perhitungan

Pada tahap ini dilakukan perhitungan setiap komponen yang berhubungan dengan biaya dan manfaat dari pengoperasian pengolahan sampah apung. Perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan proyeksi jumlah sampah
2. Perhitungan operasional pengolahan sampah apung
3. Perhitungan biaya pengelolaan sampah eksisting
4. Perhitungan biaya pengolahan sampah apung
5. Perhitungan manfaat pengolahan sampah apung

3.5. Analisa Biaya - Manfaat

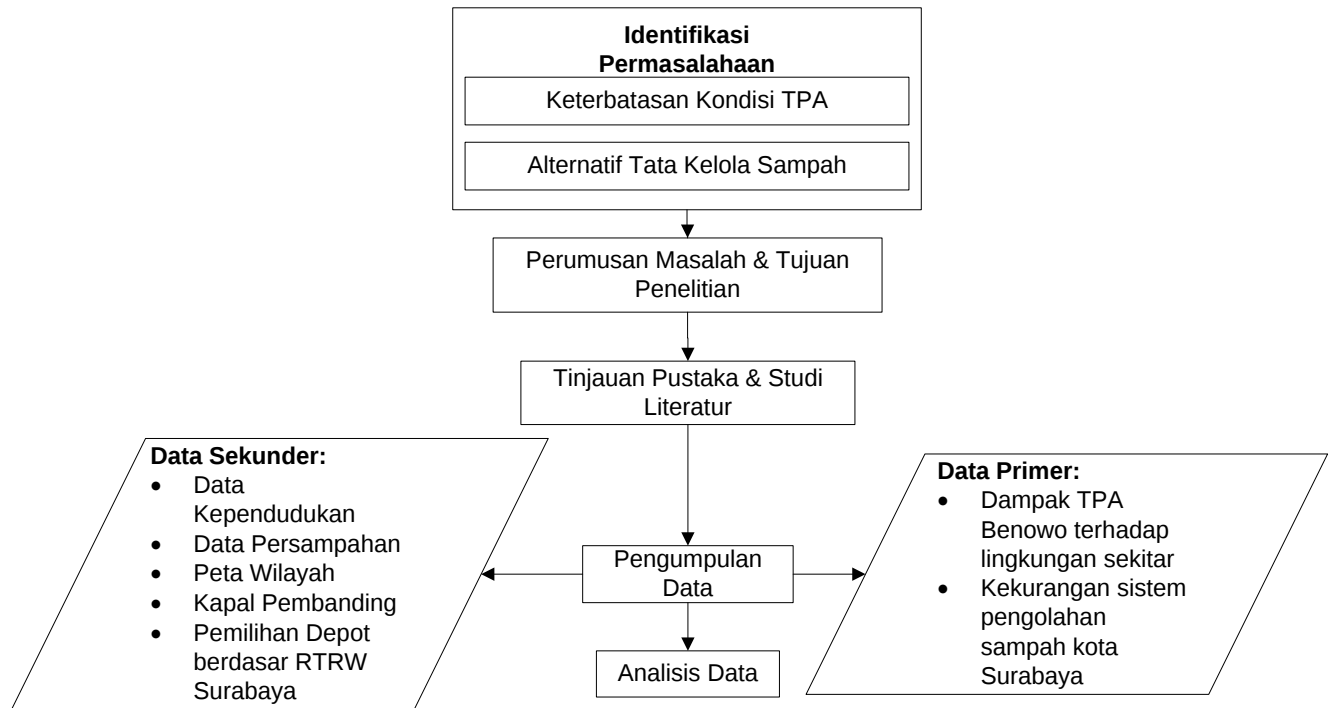
Pada tahap ini dilakukan analisis mengenai perbandingan manfaat dan biaya dari pengoperasian pengolahan sampah apung. Dari analisis ini akan dihasilkan seberapa besar nilai rasio dari manfaat yang didapat dibanding biaya yang dikeluarkan.

3.6. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dirangkum hasil analisis dan evaluasi yang didapat dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

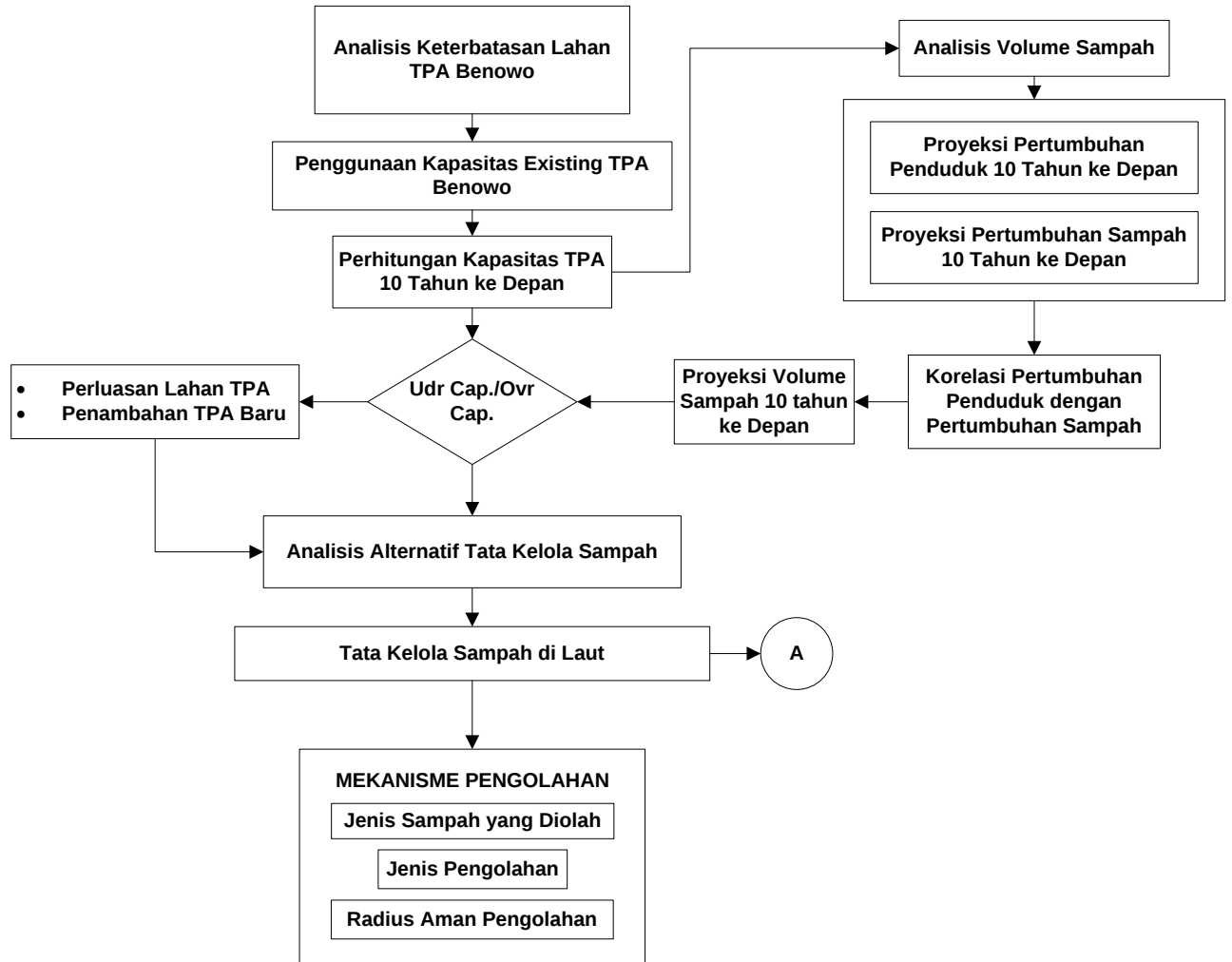
3.7. Bagan Alir

3.7.1. Tahap Identifikasi

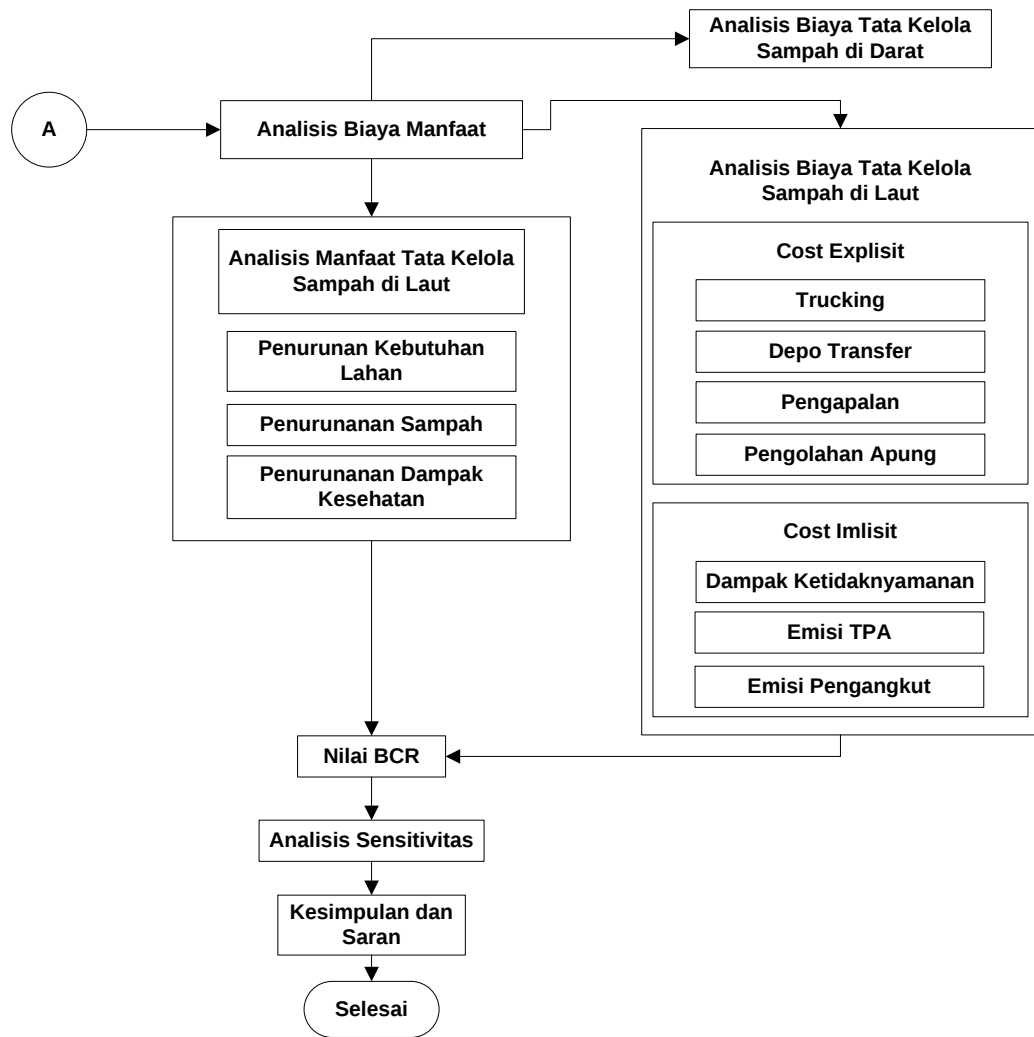


Gambar 3-1 Diagram Alir Tahap Identifikasi

3.7.2. Tahap Analisis



Gambar 3-2 Diagram Alir Tahap Analisis Tata Kelola Sampah Kondisi Eksisting



Gambar 3-3 Diagram Alir Tahap Analisis Biaya Manfaat

BAB 4

GAMBARAN UMUM TATA KELOLA SAMPAH SURABAYA

4.1. Persampahan Kota Surabaya

Surabaya merupakan kota metropolitan terbesar kedua setelah Jakarta. Kota terbesar dan sekaligus sebagai ibukota provinsi di Jawa Timur ini menjadi kawasan padat penduduk. Hal ini terlihat dari jumlah penduduk kota Surabaya hingga akhir tahun 2010 adalah 2.929.528 jiwa yang tersebar di 31 kecamatan, 160 kelurahan, 1.405 RW dan 9.271 RT. Luas wilayah Kota 33.048 Ha, maka tingkat kepadatan Kota Surabaya sebesar 8.864 jiwa /km². Tentunya hal ini akan berdampak pada jumlah produksi sampah yang dihasilkan oleh penduduk di Kota Surabaya. Per tahun 2011 volume sampah yang masuk ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Benowo (Surabaya Barat) tercatat sebanyak ± 8.900 meter kubik (m³)/hari, dan kini menjadi sekitar 1.200 ton/hari seiring dengan peningkatan pertumbuhan penduduk Surabaya.

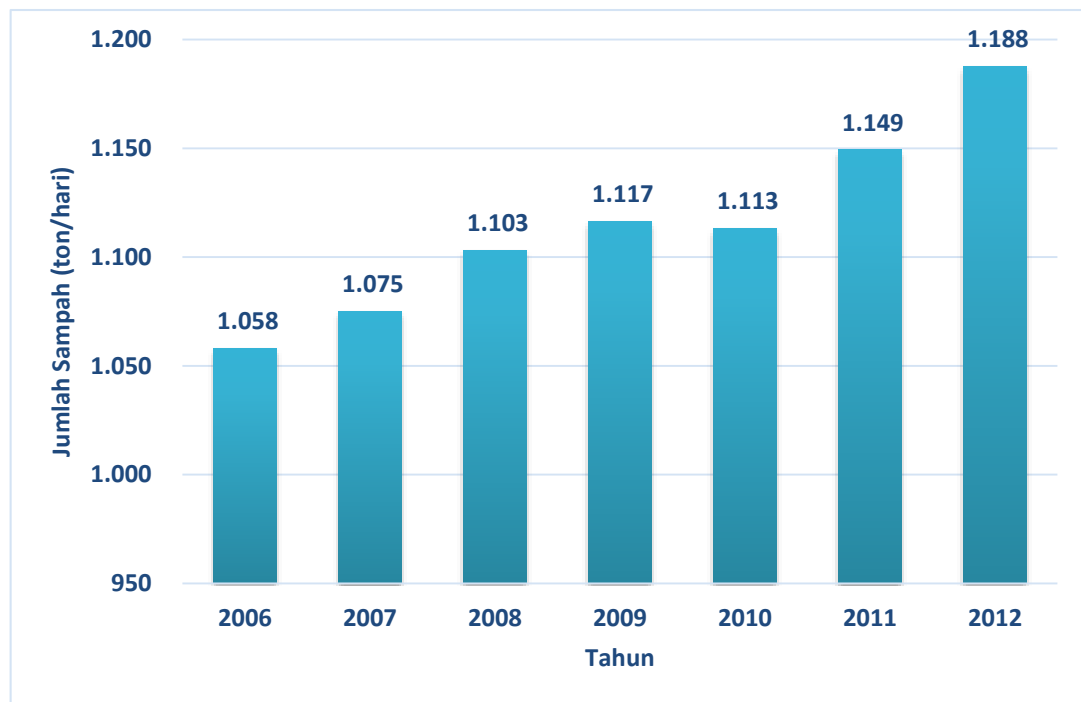
Sumber sampah bisa bermacam-macam diantaranya adalah dari rumah tangga, pasar, warung, kantor, bangunan umum, industri, dan jalan. Sampah di Kota Surabaya berasal dari berbagai kegiatan manusia, diantaranya: kegiatan rumah tangga (domestik), jasa, transportasi, kantor, jalan, industri, dan lain-lain (Sulistyorini 2006).

Sampah Organik terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam atau dihasilkan dari kegiatan pertanian, perikanan atau yang lain. Sampah ini dengan mudah diuraikan dalam proses alami. Sampah rumah tangga sebagian besar merupakan bahan organik. Termasuk sampah organik, misalnya sampah dari dapur, sisa tepung, sayuran, kulit buah, dan daun (Sulistyorini 2006).

Sampah Anorganik, berasal dari sumber daya alam tak terbarui seperti mineral dan minyak bumi, atau dari proses industri. Beberapa dari bahan ini tidak terdapat di alam seperti plastik dan aluminium. Sebagian zat anorganik secara keseluruhan tidak dapat diuraikan oleh alam, sedang sebagian lainnya hanya dapat diuraikan dalam waktu yang sangat lama. Sampah jenis ini pada tingkat rumah tangga, misalnya berupa botol, botol plastik, tas plastik, dan kaleng (Sulistyorini 2006).

Berbagai aktivitas yang dilakukan penduduk dalam hal ini rumah tangga merupakan kontribusi utama pada munculnya timbulan sampah. Sehingga timbulan sampah di Kota Surabaya terbesar disumbangkan oleh sektor permukiman.

Gambar 4-1 menunjukkan grafik jumlah sampah yang dihasilkan oleh penduduk Surabaya dari tahun 2006 hingga tahun 2012.



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 4-1 Grafik Data Jumlah Sampah Surabaya Tahun 2006 – 2012

4.2. Permasalahan Sampah Surabaya

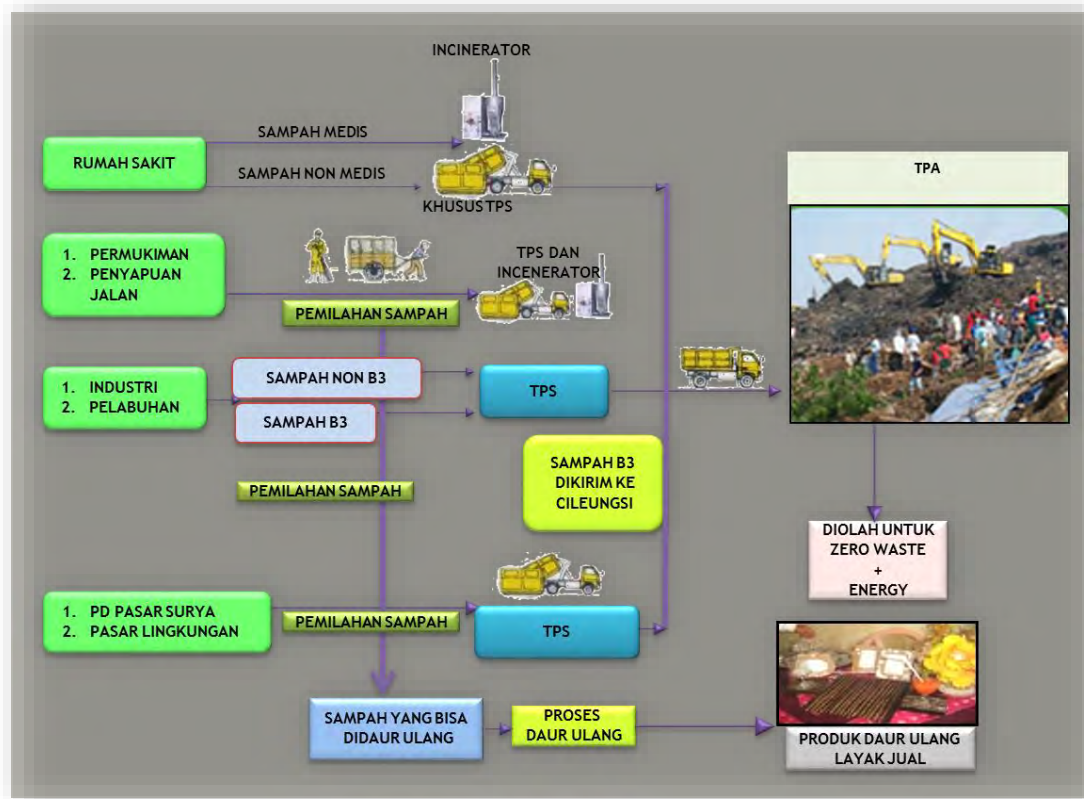
Berdasarkan hasil survey/pendataan dari (Kelompok Kerja Sanitasi Kota Surabaya, 2011), beberapa permasalahan sanitasi terkait sub sektor persampahan di Kota Surabaya, antara lain adalah sebagai berikut:

1. Proses pemilahan sampah organik dan anorganik di lokasi sumber sampah maupun TPS sebagian besar masih tercampur.
2. Tidak tersedianya TPS/jauhnya letak TPS
3. Pengumpulan sampah dari sumber sampah menuju TPS tidak semuanya dilakukan setiap hari sehingga mengakibatkan penumpukan pada wadah sampah yang berpotensi menimbulkan bau serta berserakan.

4. Keterbatasan sarana angkutan sampah dan tenaga operasionalnya.
5. Komposisi sampah yang masih didominasi oleh sampah organik yaitu $\pm 71,85\%$ dari total sampah. Karena sampah organik lebih cepat membusuk, maka dibutuhkan pengelolaan sampah yang cepat dan tepat.
6. Masih tingginya prosentase sampah plastik yaitu 7.6 %. Hal ini menyebabkan TPA Benowo menjadi lebih cepat penuh, karena sampah jenis ini sulit terdegradasi.
7. TPA Benowo terletak di wilayah Barat Surabaya, terlalu jauh dari area pelayanan, terutama dari wilayah Surabaya Timur.
8. Keterbatasan lahan TPA di masa depan. Proporsi penggunaan lahan di Kota Surabaya untuk area perumahan sebesar 42,00%, area yang masih berupa sawah, tegalan sebesar 16,24%, area tambak sebesar 15,20%, area untuk penggunaan kegiatan jasa dan perdagangan sebesar 10,76%, area untuk kegiatan industri sebesar 07,30% dan lahan yang masih kosong sebesar 05,50%.

4.3. Pengelolaan Sampah Eksisting Surabaya

Kegiatan pengelolaan persampahan di Kota Surabaya difokuskan pada upaya pengurangan sampah dari sumbernya, dan melakukan pengolahan sampah di TPA dengan mempergunakan teknologi yang ramah lingkungan. Gambar 4-2 akan menampilkan skema pengelolaan sampah sekaligus pengangkutannya dari sumber sampah sampai ke TPA Benowo, Surabaya.



Sumber: (Kelompok Kerja Sanitasi Kota Surabaya, 2011)

Gambar 4-2 Skema Pengelolaan dan Pengangkutan Sampah

Profil penanganan persampahan Kota Surabaya adalah sebagai berikut:

4.3.1. Area Pelayanan

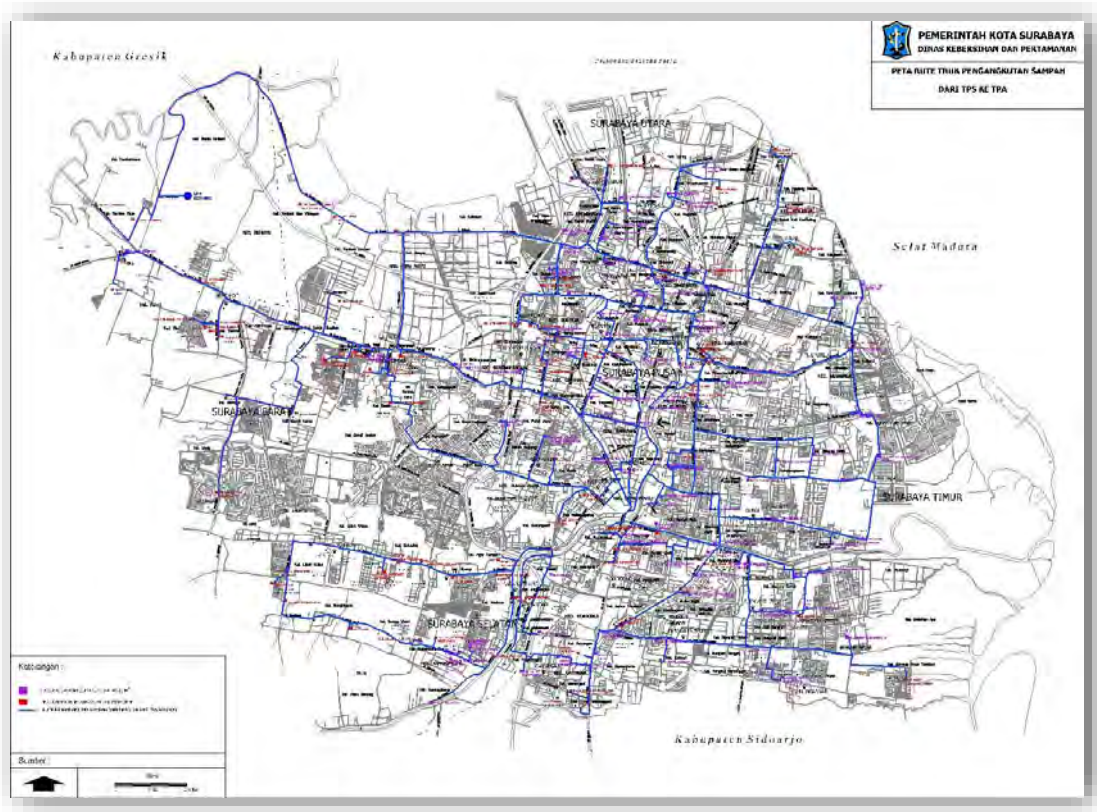
Pelaksanaan penanganan persampahan di wilayah Kota Surabaya terbagi menjadi 5 (lima) zona daerah pelayanan yaitu Surabaya Pusat (terdiri dari 4 kecamatan), Surabaya Timur (terdiri dari 7 Kecamatan), Surabaya Selatan (terdiri dari 7 Kecamatan), Surabaya Utara (terdiri dari 7 Kecamatan) dan Surabaya Barat (terdiri dari 6 Kecamatan). Pembagian ini sangat membantu dan mempermudah Dinas Kebersihan dan Pertamanan untuk memantau baik dalam pelaksanaan penanganan sampah maupun pengawasannya.

4.3.2. Prakiraan Timbulan Sampah

Timbulan sampah yang akan dihasilkan di Kota Surabaya berasal dari kawasan perumahan (domestik), industri, kawasan komersil, wisata dan fasilitas umum lainnya. Timbulan sampah yang dikelola adalah timbulan sampah non B-3 (Bahan Berbahaya dan Beracun/*Hazardous Waste*). Laju timbulan sampah domestik adalah 3 L/orang/hari.

Dengan penduduk di Kota Surabaya $\pm$ 3 juta jiwa, maka produksi sampah sekitar 8.904 m³/hari.

4.3.3. Tempat Pembuangan Sementara (TPS) dan Depo



Sumber: (Kelompok Kerja Sanitasi Kota Surabaya, 2011)

Gambar 4-3 Peta Lokasi Depo / TPS di Surabaya

Pada tahun 2010, jumlah TPS/ Depo yang beroperasi sebanyak 171 lokasi dan 13 lokasi penempatan container yang tersebar di 31 Kecamatan di Kota Surabaya,.

4.3.4. Pengangkutan Sampah

Sistem pengumpulan sampah di pemukiman dilakukan dengan *pick up* sedang untuk pemukiman yang tidak dapat dilalui dengan *pick up* dilakukan dengan grobak sampah. Sampah yang telah diangkut dengan *pick up* dan grobak sampah selanjutnya akan ditampung sementara di Tempat Pembuangan Sementara atau dibawa ke Depo. Jumlah kendaraan operasional pengangkut sampah sebanyak 128 kendaraan yang terdiri dari *Compactor* 17 unit, *Dump Truck* 16 unit dan *Amroll* 95 unit. Truk pengangkut sampah ini bervariasi ukurannya, yaitu: 8 m³, 12 m³, dan 20 m³. Truk milik pemerintah

Kota Surabaya dalam hal ini Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Surabaya berukuran 8 m³ dan 12 m³, sedangkan truk yang berukuran 20 m³ adalah milik swasta (Sulistyorini 2006).

4.3.5. Tempat Pembuangan Akhir (TPA)

Pada awal tahun 2000, terjadi masalah besar pada sektor persampahan di Kota Surabaya. Pada saat itu, Kota Surabaya memiliki 2 TPA, yaitu TPA Sukolilo yang luasnya 40,5 Ha dan TPA Lakarsantri yang luasnya 8,5 Ha. Namun karena protes dari warga sekitar TPA karena pencemaran dan ketidaknyamanan dengan adanya TPA tersebut, akhirnya pada pertengahan tahun 2001 kedua TPA tersebut ditutup dan saat ini tidak lagi beroperasi. Saat ini, sampah dari Kota Surabaya yang dapat dikelola, dibuang ke TPA Benowo yang berada di Kecamatan Benowo. **Error! Reference source not found.** menyajikan data TPA Surabaya yang masih beroperasi maupun yang tidak lagi dioperasikan.

Tabel 4-1 Data TPA di Surabaya

No	Lokasi TPA	Sistem Pengolahan	Luas (Ha)	Jarak dari Pemukiman Terdekat	Keterangan
1	Keputih	Controlled Landfill	40,50	500 meter	Tidak Beroperasi
2	Lakarsatri	Controlled Landfill	8,50	3000 meter	Tidak Beroperasi
3	Benowo	Open Dumping	37,4	250 meter	Beroperasi Penuh

Sumber : Surabaya dalam Angka 2002, diolah kembali

TPA Kota Surabaya yang beroperasi adalah TPA Benowo di wilayah Surabaya Barat, dengan sistem *controlled landfill* dan luas lahan 37,4 Ha. Alat berat yang ada adalah 7 unit *Escavator*, 7 unit *Buldozer*, 1 unit *Dump Truck*, 3 unit *Wheel Loader*, 1 unit *Back Hoe Loader* dan 1 unit *Forklift*.

Lokasi TPA Benowo terletak di Kelurahan Romokalisari yang berbatasan langsung dengan Kabupaten Gresik, dengan luas lahan ± 37 Ha sudah termasuk daerah pengembangan seluas 3,43Ha. Saat ini pengelolaan timbunan sampah di TPA Benowo dibagi dalam 5 (lima) sel, dimana 2 (dua) sel timbunan sampah yaitu sel IA dan IB dalam tahap stabilisasi dan 3 (tiga) sel lainnya masih dilakukan penambahan timbunan

sampah. Total volume sampah pada 2 (dua) sel timbunan sampah yang telah ditutup tersebut adalah $\pm 312.960 \text{ m}^3$. Sel timbunan sampah yang ditutup tersebut kemudian dilapisi tanah liat (clay) setebal 30 cm dan dipadatkan dengan bantuan mesin pemadat tanah (Badan Lingkungan Hidup 2009).

a. Batas Lokasi Tapak

Batas lokasi tapak yang merupakan luasan dan ruang rencana untuk TPA Benowo saat ini, adalah meliputi :

- Sebelah Utara : Sebagian besar berupa tambak garam dan tambak ikan milik penduduk atau lahan pemukiman penduduk berkepadatan rendah.
- Sebelah Selatan : Rencana kawasan stadion Surabaya Barat.
- Sebelah Timur : Lahan kosong berupa tambak milik penduduk.
- Sebelah Barat : Jalan Tambak Dono.

b. Status Tanah

Berdasarkan analisa Peta Data Pokok Kota Surabaya Tahun 1992, termasuk hasil survei lapangan dan wawancara dengan Lurah Romokalisari, menyatakan bahwa status kepemilikan lahan di wilayah TPA Benowo dan sekitarnya adalah milik perseorangan, swasta (investor/developer), maupun Pemerintah dan sebagian besar sudah bersertifikat. Status lahan TPA Benowo saat ini sudah sepenuhnya dimiliki oleh Pemerintah Kota Surabaya, tetapi untuk kebutuhan lahan penimbunan sampah dan area terbuka hijau untuk mereduksi bau dan kebutuhan meningkatkan estetika lokasi yang direncanakan berjarak 500 m hingga 2 km sekeliling TPA maka dibutuhkan luas daerah yang lebih besar lagi untuk dibebaskan (Badan Lingkungan Hidup 2009).

4.4. Proyeksi Jumlah Sampah Kota Surabaya

Sebelum memperkirakan volume jumlah sampah kota Surabaya yang akan diolah oleh Pengolah Sampah Apung ini, terlebih dahulu harus diramalkan jumlah penduduk kota Surabaya. Hal ini karena jumlah sampah yang dihasilkan tergantung dari pertumbuhan jumlah penduduk kota Surabaya. Proyeksi jumlah penduduk Kota Surabaya dilakukan untuk mengetahui berapa jumlah penduduk Kota Surabaya pada sepuluh tahun

ke depan. Dengan diketahuinya jumlah penduduk Kota Surabaya pada sepuluh tahun ke depan maka didapat jumlah sampah yang dihasilkan oleh penduduk Kota Surabaya.

4.4.1. Proyeksi Jumlah Penduduk Kota Surabaya

Proyeksi penduduk bukan merupakan ramalan jumlah penduduk yang bersifat *black box*, artinya tanpa memperhatikan faktor atau komponen penyusun bertambahnya jumlah penduduk. Proyeksi penduduk merupakan suatu perhitungan ilmiah yang didasarkan pada asumsi dan komponen – komponen laju pertumbuhan penduduk, yaitu kelahiran, kematian, dan perpindahan penduduk (imigrasi). Ketiga komponen inilah yang menentukan besarnya jumlah penduduk dan struktur umur penduduk di masa yang akan datang. Untuk itu dalam mendapatkan hasil proyeksi jumlah penduduk yang lebih akurat maka kita gunakan hasil proyeksi dari Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Surabaya.

Tabel 4-2 menunjukkan data jumlah penduduk Surabaya dari Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Surabaya tahun 2006 – 2012 yang telah diolah.

Tabel 4-2 Jumlah Data Penduduk Tahun 2006 – 2012

DATA	Periode	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)		
			Pesimis	Moderat	Optimis
	1	2006	2.784.196	2.784.196	2.784.196
	2	2007	2.829.552	2.829.552	2.829.552
	3	2008	2.903.382	2.903.382	2.903.382
	4	2009	2.938.225	2.938.225	2.938.225
	5	2010	2.929.528	2.929.528	2.929.528
	6	2011	3.024.321	3.024.321	3.024.321
	7	2012	3.125.576	3.125.576	3.125.576

Sumber : Data Jumlah Penduduk Moderat Dinas Kependudukan Surabaya 2013, diolah kembali

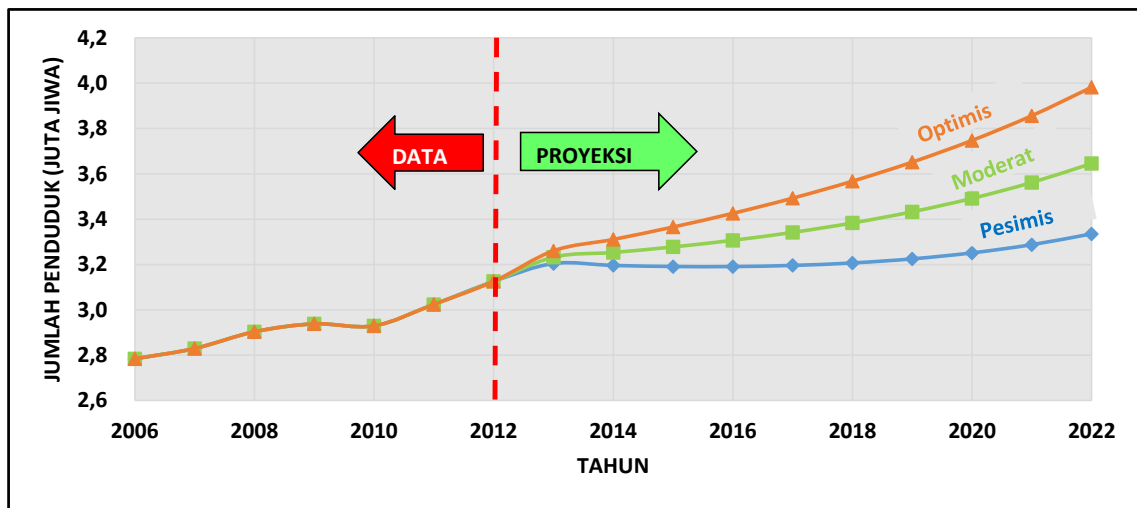
Kolom jumlah penduduk akan dibagi menjadi tiga skenario, skenario kedua adalah moderat dimana hasil proyeksi penduduk adalah proyeksi dari Dispenduk Capil. Interpretasi bahwa jika proyeksi kedepannya mendekati hasil peroyeksi Dispenduk Capil. Sedangkan skenario kedua adalah pesimis dimana hasil proyeksi diinterpretasikan sebagai proyeksi dimana pertumbuhan penduduk dibawah proyeksi moderat. Terakhir adalah skenario moderat dimana hasil proyeksi dimana pertumbuhan penduduk berada diatas proyeksi moderat. Tabel 4-3 menunjukkan hasil proyeksi dari masing-masing

skenario pertumbuhan penduduk. Sedangkan Gambar 4-4 menunjukkan grafik proyeksi jumlah penduduk dengan setiap skenario.

Tabel 4-3 Proyeksi Jumlah Penduduk

PROYEKSI	Periode	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)		
			Pesimis	Moderat	Optimis
	8	2013	3.204.314	3.232.444	3.260.574
	9	2014	3.195.928	3.253.077	3.310.732
	10	2015	3.191.300	3.277.643	3.365.530
	11	2016	3.191.068	3.306.904	3.425.865
	12	2017	3.195.984	3.341.761	3.492.809
	13	2018	3.206.942	3.383.294	3.567.655
	14	2019	3.224.993	3.432.788	3.651.954
	15	2020	3.251.383	3.491.773	3.747.573
	16	2021	3.287.587	3.562.080	3.856.759
	17	2022	3.335.346	3.645.885	3.982.207

Sumber : Proyeksi Jumlah Penduduk Moderat Dinas Kependudukan Surabaya 2013, diolah kembali



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 4-4 Grafik Data dan Proyeksi Jumlah Penduduk Surabaya

4.4.2. Perkiraan Jumlah Sampah yang Dihasilkan Kota Surabaya

Setelah kita bisa memperkirakan jumlah penduduk kota Surabaya sampai tahun 2022, maka kita juga bisa memperkirakan berapa jumlah timbulan sampah yang dihasilkan oleh penduduk kota Surabaya. pada dasarnya setiap orang pasti akan menghasilkan sampah setiap harinya. Dikarenakan sampah dihasilkan bukan karena individu saja, maka kita memakai asumsi setiap orang akan menghasilkan sampah sebanyak 3,8 liter/hari. Hal ini dikarenakan sampah yang dihasilkan kota Surabaya juga

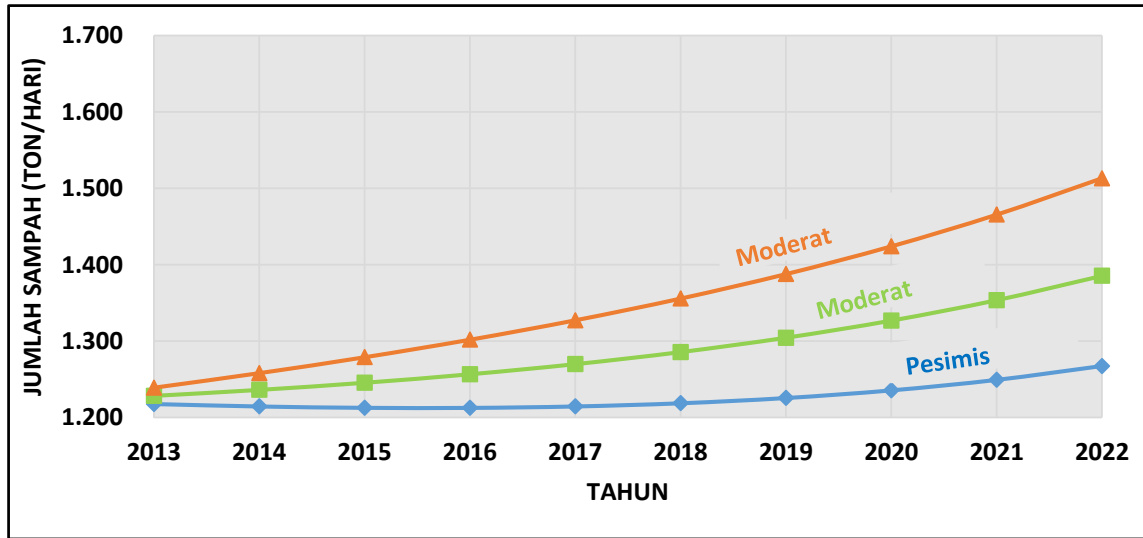
berasal dari sampah perkotaan sehingga kita memakai asumsi setiap orang akan menghasilkan sampah sebesar 3,8 liter/hari. Berikut ini adalah hasil dari jumlah sampah yang dihasilkan kota Surabaya sampai tahun 2022. Penyajian data sampah tersebut berupa satuan berat (ton) yang didapat dari konversi volume ke berat dengan massa jenis sampah 100 kg/m^3 . Tabel 4-4 menunjukkan proyeksi jumlah sampah yang dihasilkan penduduk dari tahun 2012 hingga 2022.

Tabel 4-4 Total Sampah yang Dihasilkan Kota Surabaya Tahun 2013 -2022

PROYEKSI	Periode	Tahun	Jumlah Timbulan Sampah (ton/hari)		
			Pesimis	Moderat	Optimis
	8	2013	1.218	1.228	1.239
	9	2014	1.214	1.236	1.258
	10	2015	1.213	1.246	1.279
	11	2016	1.213	1.257	1.302
	12	2017	1.214	1.270	1.327
	13	2018	1.219	1.286	1.356
	14	2019	1.225	1.304	1.388
	15	2020	1.236	1.327	1.424
	16	2021	1.249	1.354	1.466
	17	2022	1.267	1.385	1.513

Sumber: Hasil Analisis

Setelah dilakukan proyeksi dapat diketahui bahwa pada tahun 2022 sampah yang dihasilkan kota Surabaya adalah 1385 ton/hari maka jumlah tersebut dijadikan acuan sebagai jumlah sampah yang harus ditangani dengan konsep pengolahan sampah apung ini. Berikut merupakan grafik dari proyeksi jumlah sampah dari tahun 2013 hingga tahun 2022.



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 4-5 Grafik Proyeksi Jumlah Sampah Tahun 2013 -2022

BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Analisis Pengelolaan Sampah Di Darat (Eksisting)

5.1.1. Umur Operasional TPA

TPA didesain dengan memiliki umur operasional tertentu. Dalam melakukan perkiraan umur operasional diperlukan pendekatan perhitungan kapasitas yang tersedia di TPA, desain lahan TPA dan metode penumpukan sampah. Sejak awal pengelolaan sampah TPA Benowo didesain dengan menggunakan sistem *Sanitary Landfill* namun pada kenyataan di lapangan sampah hanya ditumpuk terus menerus atau sistem yang digunakan telah berubah ke Open Dumping. Sedangkan untuk metode penumpukan sampah yang dilakukan di TPA sudah dikerjakan secara aman yakni mendesain kemiringan lahan 1:2, ketinggian tiap tumpukan 2,5 m dan ketinggian tumpukan maksimal 20 m atau setara dengan tumpukan sampah 8 lapis. Dengan perhitungan beban sampah yang ditanggung sebesar 1200 ton per hari dengan luas lahan 37 ha maka umur operasional TPA hanya akan mampu dioperasikan hingga 4 tahun sejak 2009. Berdasarkan laporan Status Lingkungan Hidup Kota Surabaya tahun 2012 menyebutkan lahan TPA menjadi 37,4 ha dengan begitu terdapat upaya penambahan lahan sebesar 0,4 ha. Untuk mengetahui umur dari kemampuan kapasitas TPA dari penambahan lahan tersebut maka perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Tabel 5-1 Umur Operasional TPA Eksisting

Tipe Landfill		Open Dumping	
Item	Nilai	Satuan	
Ketinggian timbunan 1 lift	2,5	m	
Rencana jumlah lift	8,0	lift	
Kedalaman galian di bawah tanah	10,0	m	
Ketinggian timbunan di atas tanah	10,0	m	
Total ketinggian timbunan sampah	20,0	m	
Densitas sampah masuk TPA	500,0	kg/m ³	
Berat sampah	35.190,0	ton/tahun	
Volume Sampah setelah dipadatkan	70.380,0	m ³ /tahun	
Kebutuhan lahan	28.152,0	m ² /tahun	
Panjang	300,0	m	

Tipe Landfill		Open Dumping	
Item	Nilai	Satuan	
Lebar	93,8	m	
Jumlah waktu operasi	345,0	hari	
Luas TPA Benowo (2009)	37,0	Ha	
Luas lahan hingga 4 tahun	11,3	Ha	
Luas lahan yang sudah terpakai hingga tahun 2009	25,7	Ha	
Luas lahan per 2012	37,4	Ha	
Kemampuan umur operasi dari penambahan 0,4 Ha	1,1	tahun	

Hasil perhitungan diatas menunjukkan umur operasional TPA Benowo hanya akan bisa mampu menampung sampah hingga 1,1 tahun terhitung mulai dari tahun 2012. Dengan begitu TPA Benowo hanya akan bisa menampung sampah penduduk kota Surabaya hingga akhir tahun 2014 kecuali dengan menambah luas lahan TPA.

Kebutuhan lahan dihitung dengan memodelkan terlebih dahulu antara jumlah sampah yang masuk dengan jumlah sampah yang keluar setiap tahun sehingga akan diketahui hingga tahun seberapa jumlah sampah di TPA akan penuh. Untuk menghitungnya dapat digunakan rumus sebagai berikut:

- Massa sampah di TPA = Massa sampah masuk – Massa sampah keluar
- Massa sampah masuk = massa sampah per per tahun
- Massa sampah keluar = massa sampah per tahun x *diversion factor*(faktor pengalihan)

Massa sampah yang dimasukkan adalah massa sampah pada tahun 2012 sebesar 1228 ton/hari kemudian waktu operasi TPA yaitu 345 sehingga didapat nilai 423.773 ton/tahun. Massa sampah keluar adalah sampah yang masuk setelah dikali faktor pengalihan. Faktor pengalihan di TPA bisa berupa kegiatan pemilahan sampah yang dilakukan pemulung untuk mereka jual kembali. Faktor pengalihan yang diasumsikan sebesar 15% yakni pengurangan sampah di TPA yang dilakukan oleh pemulung. Kondisi TPA akan penuh jika massa di TPA melebihi kapasitas TPA per tahun. Kapasitas TPA yang digunakan adalah 1200 ton/hari pada tahun 2012.

Tabel 5-2 Perhitungan Kondisi Kapasitas TPA

No	Tahun ke-		Massa Sampah Masuk (ton/tahun)	Massa Sampah Keluar (ton/tahun)	Massa TPA Benowo (ton/tahun)	Kondisi
1	0	2012	423.773	63.566	0	0
2	1	2013	423.773	63.566	360.207	0
3	2	2014	423.773	63.566	720.415	1
4	3	2015	423.773	63.566	1.080.622	1
5	4	2016	423.773	63.566	1.440.830	1
6	5	2017	423.773	63.566	1.801.037	1
7	6	2018	423.773	63.566	2.161.244	1
8	7	2019	423.773	63.566	2.521.452	1
9	8	2020	423.773	63.566	2.881.659	1
10	9	2021	423.773	63.566	3.241.867	1
11	10	2022	423.773	63.566	3.602.074	1

Keterangan: Kondisi TPA 0 = kapasitas tersedia, kondisi 1 = kapasitas penuh

Dari hasil pemodelan di Ms.Excell didapat pada tahun 2014 sampah di TPA penuh jika tidak dilakukan penambahan lahan. Untuk menghitung luas lahan yang dibutuhkan TPA adalah dengan mencari volume sampah masuk setelah dipadatkan dibagi dengan tinggi penimbunan. Maka dapat dihitung dengan rumus berikut:

- Luas unit pengolahan sampah = Jumlah sampah(net) / densitas sampah di TPA / tinggi tumpukan sampah / faktor bentuk lahan
- Jumlah sampah(net) = Jumlah sampah masuk – Jumlah sampah x *diversion factor*

Asumsi:

- Densitas sampah di TPA = 600 kg/m³
- Faktor bentuk lahan = 1,25

Tinggi tingkat penimbunan yang dipakai adalah 2,5 m dengan perancangan jumlah tingkat sebanyak 8 tingkat. Dengan memasukkan jumlah sampah yang masuk pada tahun 2013 - 2022 sebesar 4.705.765 ton pada rumus tersebut maka akan didapatkan hasil total luas kebutuhan lahan 266.660,0 m² untuk perencanaan umur TPA 10 tahun mendatang. Berikut adalah tabel rekapitulasi kebutuhan lahan TPA untuk menampung jumlah sampah 10 tahun mendatang.

Tabel 5-3 Kebutuhan Lahan TPA Eksisting

Periode	Tahun	Kebutuhan Lahan TPA Eksisting (m ²)		
		Pesimis	Moderat	Optimis
1	2013	-	-	-
2	2014	25.118,93	25.568,10	26.021,25
3	2015	25.082,55	25.761,18	26.451,94
4	2016	25.080,73	25.991,16	26.926,16
5	2017	25.119,37	26.265,13	27.452,31
6	2018	25.205,49	26.591,56	28.040,58
7	2019	25.347,37	26.980,57	28.703,14
8	2020	25.554,79	27.444,17	29.454,67
9	2021	25.839,34	27.996,76	30.312,84
10	2022	26.214,71	28.655,44	31.298,82

5.1.2. Biaya Kebutuhan Lahan Pengelolaan Sampah Eksisting

Biaya kebutuhan lahan didapat dari kebutuhan lahan per tahun dikali harga tanah saat ini (2014). Hasil perhitungan kebutuhan lahan eksisting adalah 29.252 m²/tahun sedangkan harga tanah di sekitar TPA Benowo telah mencapai Rp 1.500.000/m² sehingga akan didapat biaya kebutuhan lahan eksisting seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut

Tabel 5-4 Perhitungan Biaya Kebutuhan Lahan TPA Eksisting

Tahun	Biaya Lahan TPA Eksisting		
	Lahan (m ²)	Biaya (Rp)	Pinjaman (Rp)
2013	-	-	-
2014	25.568	38.352.151.292	6.376.325.914
2015	193	289.620.857	6.424.477.502
2016	230	344.972.559	6.481.831.715
2017	274	410.946.601	6.550.154.596
2018	326	489.653.304	6.631.563.042
2019	389	583.509.513	6.728.575.770
2020	464	695.403.658	6.844.191.719
2021	553	828.884.377	6.981.999.815
2022	659	988.019.047	7.146.265.214

Skema yang dipakai untuk biaya modal pembelian tanah adalah pinjaman 100% dari bank, dengan suku bunga 10,5%, dan cicilan selama 10.

5.1.3. Biaya *Tipping* Pengelolaan Sampah di Darat (Eksisting)

Biaya *tipping* adalah biaya yang harus dibayar baik Pemerintah Kota Surabaya maupun pihak swasta atau industri untuk setiap ton sampah yang masuk di TPA Benowo.

Sebelum sampah yang diangkut dengan *Compactor Truck* atau *Dump Truck* ditimbun terlebih dahulu sampah ditimbang di jembatan timbang pada pintu gerbang TPA. Sehingga akan diketahui berapa jumlah sampah yang nantinya akan dikelola oleh pihak TPA. Biaya *tipping* di TPA Benowo adalah sebesar Rp116.000/ton sampah yang masuk. Berikut adalah tabel perhitungan biaya *tipping*:

Tabel 5-5 Biaya *Tipping* Pegelolan Sampah di Darat (Eksisting)

Tahun	Biaya Tipping Eksisting	
	Jumlah Sampah Masuk (ton/th)	Biaya (Rp)
2013	448.340	52.007.438.005
2014	451.202	52.339.406.468
2015	454.609	52.734.653.756
2016	458.668	53.205.439.837
2017	463.502	53.766.261.081
2018	469.263	54.434.493.825
2019	476.128	55.230.812.690
2020	484.309	56.179.834.152
2021	494.060	57.311.017.536
2022	505.684	58.659.372.942

5.1.4. Biaya Emisi TPA Eksisting

Sampah yang ditimbun setiap harinya di TPA menjadi salah satu penyebab dari timbulnya polusi udara. Hal ini dikarenakan salah satu komponen sampah yang ditimbun merupakan jenis sampah basah dan kering yang berasal dari sampah rumah tangga. Jika sampah tersebut ditimbun secara terus menerus maka akan menyebabkan terjadinya proses penguraian anaerobik (*Anaerobic Digestion*) oleh mikroorganisme anaerob. Menurut (Shailesh 2013) penguraian anaerobik merupakan proses dimana material organik dipecah oleh mikroorganisme dalam kondisi dimana tidak ada oksigen. Dalam proses tersebut akan terjadi pelepasan metana(CH₄). CH₄ merupakan gas rumah kaca (GRK) yang berpotensi sebagai kontributor pada pemanasan global.

Emisi metana yang ditimbulkan dari penimbunan sampah di TPA dapat dihitung dengan metode yang terdapat pada *Clean Development Mechanism* (CDM). CDM merupakan sebuah alat atau tatacara untuk menghitung emisi gas rumah kaca yang disebabkan oleh sampah di Tempat Pembuangan Akhir. CDM ini diatur oleh Konvensi

Kerangka Kerja PBB mengenai Perubahan Iklim (*United Nations Framework Convention on Climate Change /UNFCCC*). Tujuan UNFCCC adalah “untuk menstabilkan konsentrasi atmosfer emisi gas rumah kaca di tingkat yang dapat mencegah penyebab tindakan manusia yang mengarah ke ‘gangguan berbahaya’ dengan sistem iklim global” (forestclimatecenter.org 2014). Dengan memasukkan jumlah ton sampah per tahun pada rumus *CDM tool* maka akan didapat jumlah ton emisi metana pada tahun tersebut. Perhitungan emisi metana dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

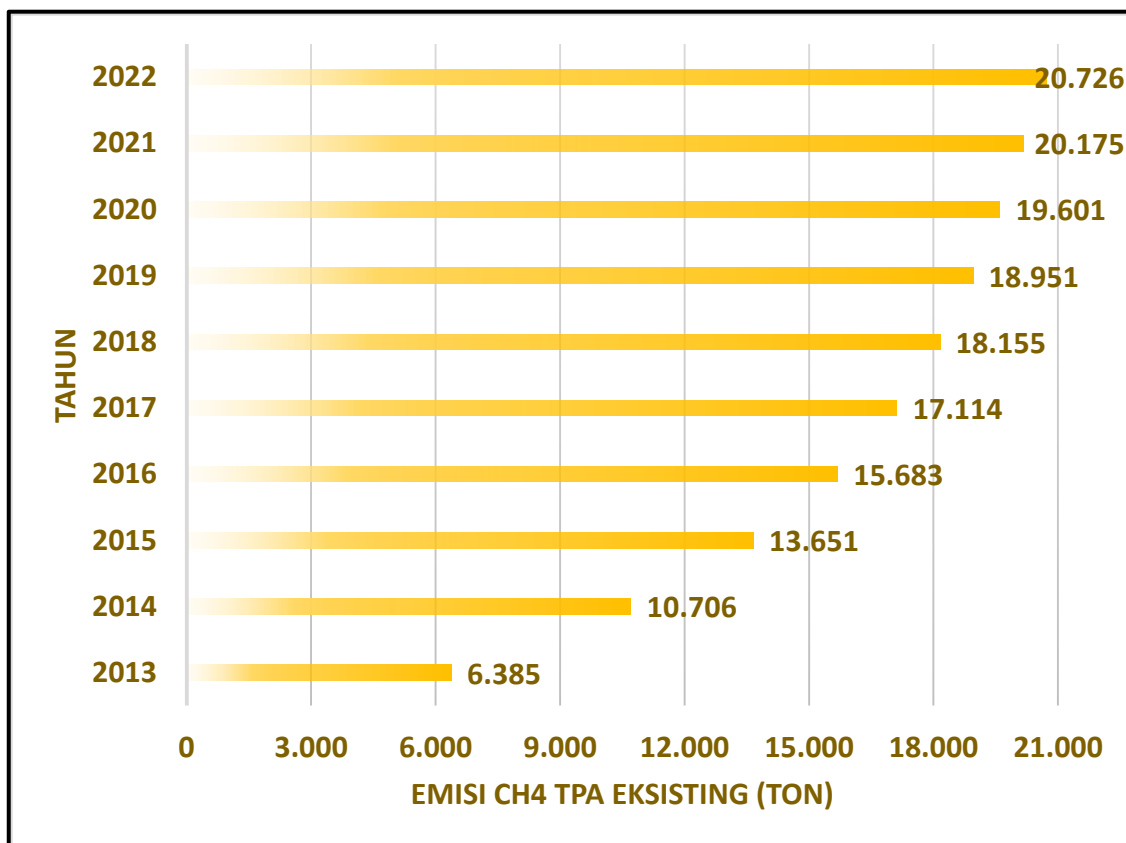
$$\text{Emisi GRK di TPA} = \phi_y \cdot (1 - f_y) \cdot \text{GWP}_{\text{CH}_4} \cdot (1 - \text{OX}) \cdot \frac{16}{12} \cdot F \cdot \text{DOC}_{f,y} \cdot \text{MCF}_y \cdot \sum_{x=1}^y \sum_j W_{j,x} \cdot \text{DOC}_j \cdot e^{-k_j \cdot (y-x)} \cdot (1 - e^{-k_j})$$

Dimana:

- ϕ_y = Model faktor koreksi untuk memperhitungkan ketidakpastian model untuk tahun y
- f_y = Fraksi metana yang ditangkap di TPA, dibakar atau digunakan dengan cara lain yang mencegah emisi metana ke atmosfer pada tahun y
- GWP_{CH_4} = GWP(Global Warming Potential) untuk CH₄ (nilai 21 digunakan)
- OX = Faktor Oksidasi (mencerminkan jumlah metana dari TPA yang teroksidasi di dalam tanah atau bahan lain yang meliputi sampah)
- F = Fraksi metana dalam gas TPA (fraksi volume)
- $\text{DOC}_{f,y}$ = Fraksi karbon organik degradable (DOC) yang terurai di bawah kondisi tertentu terjadi di SWDS untuk tahun y (fraksi berat)
- MCF_y = Faktor koreksi metan untuk tahun y
- $W_{j,x}$ = Jumlah jenis limbah padat j dibuang atau dicegah dari pembuangan di TPA pada tahun x (t)
- DOC_j = Fraksi karbon organik terdegradasi dalam jenis limbah j (fraksi berat)
- k_j = Tingkat peluruhan untuk jenis limbah j (1 / yr)
- x = Tahun dalam periode waktu di mana limbah dibuang di TPA, membentang dari tahun pertama pada periode waktu ($x = 1$) ke tahun y ($x = y$).

Y = Tahun periode kredit yang dihitung emisi metananya (y adalah periode berturut-turut dari 12 bulan)

Pada Gambar 5-1 menunjukkan grafik emisi metana di TPA dari tahun 2013 hingga tahun 2022 pada kondisi pengelolaan sampah di darat(eksisting).



Gambar 5-1 Grafik Emisi Metana dari TPA Eksisting

Sedangkan untuk menghitung biaya dampak polusi udara yang timbul dari TPA dalam penelitian ini menggunakan valuasi ekonomi dari eksternalitas kesehatan dan lingkungan. Literatur yang digunakan berupa laporan akhir (*Final Report*) yang berjudul “*Valuation of the External Costs and Benefits to Health and Environment Of Waste Management Options*”. Laporan ini menyajikan temuan-temuan dari sebuah penelitian yang dilakukan oleh *Enviros Consulting and Economics for the Environment Consultancy* (EFTEC) untuk memberikan penilaian dari biaya eksternal dan manfaat bagi kesehatan dan lingkungan dari opsi pengelolaan limbah dalam istilah moneter. Penelitian ini ditugaskan oleh *Department for Environment, Food and Rural Affairs* (Defra) di Inggris. Hasil dari nilai dampak lingkungan pada polusi udara yang dilepaskan oleh TPA seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 5-6 Estimasi Biaya Emisi TPA

	Coverage	Central Low	Central High
PM10	Health effects only	6.119	39.245
SO₂		643	2.941
Of which health	Health effects only	418	2.716
Of which health	Materials	225	225
NOx	Health effects from secondary pollutants, but excluding ozone	154	977
VOC		263	665
Of which health		3	405
Of which crops		260	260
CH₄	Climate change only	158	630
CO₂	Climate change only	9.5	38

Sumber: (Turner, et al. 2004)

Berikut ini adalah grafik dari perhitungan biaya emisi metana yang ditimbulkan dari penimbunan sampah di TPA.



Gambar 5-2 Grafik Biaya Emisi TPA Kondisi Eksisting

Berdasarkan grafik biaya emisi TPA pada kondisi eksisting menunjukkan adanya kenaikan biaya yang ditanggung setiap tahunnya. Hal dikarenakan jumlah emisi TPA yang dihasilkan juga semakin meningkat.

5.1.5. Biaya Dampak Kesehatan

Biaya dampak kesehatan merupakan biaya ekonomi dari penyakit yang diderita oleh penduduk sebagai akibat adanya pengelolaan sampah eksisting. Penggunaan TPA masih memiliki potensi dampak kesehatan bagi penduduk di sekitar kawasan tersebut. Sebelum melakukan perhitungan biaya terlebih dahulu perlunya mengidentifikasi jenis penyakit yang paling mendekati dan memiliki korelasi sebagai akibat dari timbulan sampah di TPA.

Polusi udara menjadi salah satu hasil dari adanya penimbunan sampah di TPA sehingga jenis penyakit yang paling mendekati sebagai akibat adanya TPA adalah penyakit yang berhubungan dengan sistem pernafasan. Berdasarkan data (surabayakota.bps.go.id 2013) dalam sebuah publikasi BPS Surabaya yang berjudul “Kecamatan Benowo Dalam Angka 2013” menunjukkan data 10 kasus penyakit besar di kecamatan Benowo. Dimana jenis penyakit yang menduduki peringkat pertama adalah jenis penyakit Infeksi akut Lain Pernafasan Atas (ISPA) yakni sebesar 1001 kasus. Tabel 5-7 menunjukkan hubungan jumlah timbulan sampah dengan jumlah kasus penyakit di kecamatan Benowo

Tabel 5-7 Jumlah Kasus Penyakit ISPA di Benowo dan di Surabaya

Periode	Tahun	Jumlah Sampah (ton)	Jumlah Kasus Penyakit ISPA di Benowo	Jumlah Kasus Penyakit ISPA di Surabaya
1	2008	1103	691	460.390
2	2009	1117	138	92.099
3	2010	1113	976	650.217
4	2011	1149	859	572.285
5	2012	1188	1.001	667.199

Sumber: Surabaya Dalam Angka 2011, diolah pribadi

Dari data di atas didapatkan persamaan linier untuk jumlah kasus penyakit ISPA di kecamatan Benowo:

$$Y = 4,785653706X + (-4694,118887)$$

Di mana: Y = Kasus penyakit ISPA dan X= Jumlah ton sampah.

Biaya dampak kesehatan dapat dihitung dengan mengalikan jumlah kasus penyakit akibat penimbunan sampah di TPA dengan Tarif *Indonesian - Case Based Groups* (Tarif INA – CBGs). Tarif INA – CBGs adalah besaran pembayaran klaim oleh

BPJS Kesehatan kepada Fasilitas Kesehatan Tingkat Lanjutan atas paket layanan yang didasarkan kepada pengelompokan diagnosis penyakit (Menteri Kesehatan Republik Indonesia 2013). Sehingga akan didapat besaran biaya dampak kesehatan sebagai berikut.

Tabel 5-8 Perhitungan Biaya Dampak Kesehatan

Periode	Tahun	Jumlah Sampah (ton)	Jumlah Kasus Penyakit ISPA di Benowo	Biaya Dampak Kesehatan (Rp)
1	2013	1228	1.184	2.318.210.253
2	2014	1236	1.222	2.391.661.883
3	2015	1246	1.266	2.479.114.641
4	2016	1257	1.320	2.583.281.177
5	2017	1270	1.383	2.707.368.972
6	2018	1286	1.459	2.855.222.729
7	2019	1304	1.549	3.031.416.932
8	2020	1327	1.656	3.241.398.243
9	2021	1354	1.784	3.491.684.860
10	2022	1385	1.936	3.790.023.147

5.1.6. Biaya Dampak Ketidaknyamanan (*Disamenity Impacts Cost*)

Dampak Ketidaknyamanan (*Disamenity Impact*) yang dimaksud disini adalah ketidaknyamanan yang berhubungan dengan keberadaan maupun pengoperasian dari TPA. Istilah ketidaknyamanan yang dimaksud meliputi dampak seperti kebisingan, debu sampah, bau, adanya hama, gangguan visual, persepsi risiko terhadap kesehatan manusia karena letaknya yang dekat dengan TPA (Turner, et al. 2004). Perhitungan biaya ketidaknyamanan dihitung menurut jumlah fasilitas TPA yang digunakan juga jumlah ton sampah yang masuk di TPA. Berikut adalah tabel estimasi biaya dari dampak ketidaknyamanan yang ditimbulkan oleh TPA.

Tabel 5-9 Estimasi Biaya Ketidaknyamanan

Impact from Scientific Study	Primary Economic Study Reference	Units	Low	High	Best estimate
			£,2003		
Landfill (hedonic pricing method)	Defra (2003)	£ per facility	551,000	789,000	670,000
		£ per tonne of waste	2.50	3.59	2.50 – 3.59
Incinerator (hedonic pricing method)	Kiel and McClain (1995)	£ per facility	Not available	Not available	7.8million
		£ per tonne of waste	Not available	Not available	21 ^(a)

Note: ^(a) Not recommended for benefits transfer to a UK context.

Sumber: (Turner, et al. 2004)

Berikut adalah perhitungan biaya dampak ketidaknyamanan dari penggunaan fasilitas TPA pada kondisi eksisting.



Gambar 5-3 Grafik Biaya Ketidaknyamanan Kondisi Eksisting

5.2. Analisis Pengolahan Sampah di Laut

Semakin bertambahnya jumlah penduduk ikut diiringi bertambahnya timbunan sampah yang dihasilkan maka akan menyebabkan kebutuhan lahan untuk menyediakan penampungan sampah juga semakin meningkat. Tanpa adanya upaya pengelolaan sampah berkelanjutan, hal ini tentunya tidak akan menyelesaikan masalah persampahan di kota Surabaya. Pengolahan Sampah Apung mengintegrasikan sistem pengelolaan sampah pada *Material Recovery Facilities* dengan sebuah moda apung dimana operasi kerjanya dilakukan di tengah laut. MRF bertujuan untuk megolah sampah dan memanfaatkannya kembali dengan harapan dapat mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan. Maka Pengolahan Sampah Apung selanjutnya akan disebut dengan MRF Apung. Berikut ini adalah gambar terkait kegiatan pengelolaan sampah yang dilakukan di MRF.



Sumber: <http://www.mackenzieenvironmental.co.uk/>

Gambar 5-4 Proses Kegiatan Pengelolaan Sampah di MRF

Konsep yang akan diterapkan pada MRF Apung tetap tidak akan menghilangkan peranan TPA sebagai lahan penimbunan sampah. Hal ini dikarenakan konsep MRF Apung bersifat mereduksi sampah dengan mengelola sampah untuk diambil jenis sampah tertentu yang masih bisa didaur ulang atau diolah kembali. Sampah yang dikelola berasal dari sampah penduduk Surabaya per hari tetapi sampah yang telah menimbun sejak TPA dioperasikan. Kedua-duanya yaitu sampah penduduk dan sampah lama TPA diolah dengan cara yang sama. Sehingga MRF Apung memiliki kelebihan selain mengolah sampah juga mengurangi kebutuhan lahan TPA dengan mereduksi jumlah sampah yang masuk. Sampah yang masuk di TPA setelah MRF Apung dioperasikan merupakan residu dari pengolahan sampah.



Sumber: <http://www.power-technology.com/>

Gambar 5-5 Pembangkit Listrik Terapung (*Floating Power Plat*)

Gambar diatas adalah sebuah pembangkit listrik terapung yang dibuat oleh Mardin Energy. Mardin merupakan perusahaan dibidang desain dan konstruksi pembangkit listrik yang berpusat di Istanbul, Turki. Pembangkit listrik terapung milik Mardin dapat dioperasikan untuk berlayar di lautan dengan bantuan tugboat. Pembangkit listrik tersebut merupakan sebuah tongkang yang telah dipasang pembangkit listrik di atasnya. Desain dan konstruksi MRF Apung bisa mengadopsi dari desain pembangkit listrik terapung seperti gambar diatas tetapi dengan dipasang instalasi MRF, alat bongkar muat dan sistem penambatan di tengah laut. Untuk perencanaan awal MRF Apung perlu memperhatikan beberapa aspek antara lain:

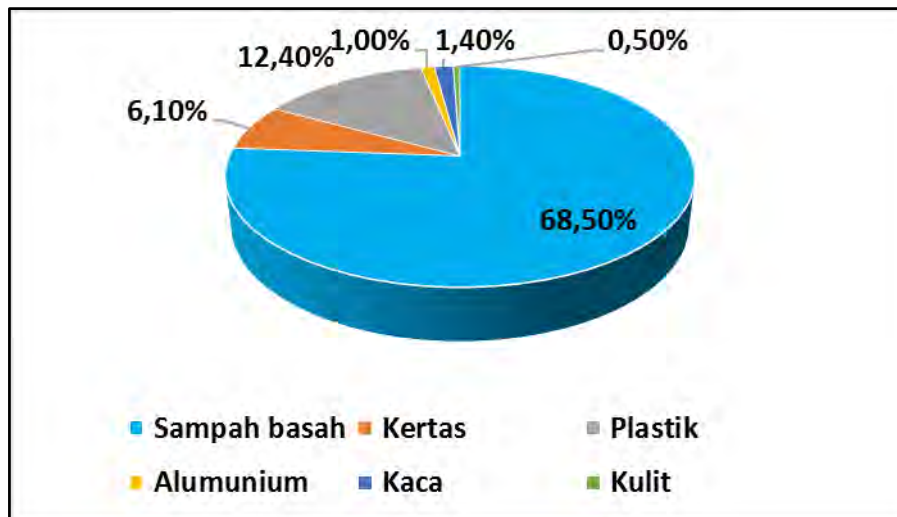
- a. Jenis sampah yang diolah
- b. Mekanisme pengolahan sampah
- c. Radius Area Pengolahan yang Diijinkan

5.2.1. Jenis Sampah yang diolah

Jenis sampah yang akan ditangani MRF merujuk pada komposisi sampah yang ada di kota Surabaya. Seperti yang terlihat pada tabel komposisi terbanyak sampah berada pada jenis sampah basah. Sampah basah merupakan sampah organik yang terdiri dari sampah taman dan sampah makanan. Pemerintah Kota Surabaya sendiri sudah memiliki upaya dalam mereduksi sampah di sumber yakni dengan membuat rumah kompos yang tersebar di beberapa kecamatan di Surabaya. Saat ini ada sebanyak 17 rumah kompos yang total maksimal bisa menampung 438 ton sampah basah per hari (Anggara 2013).

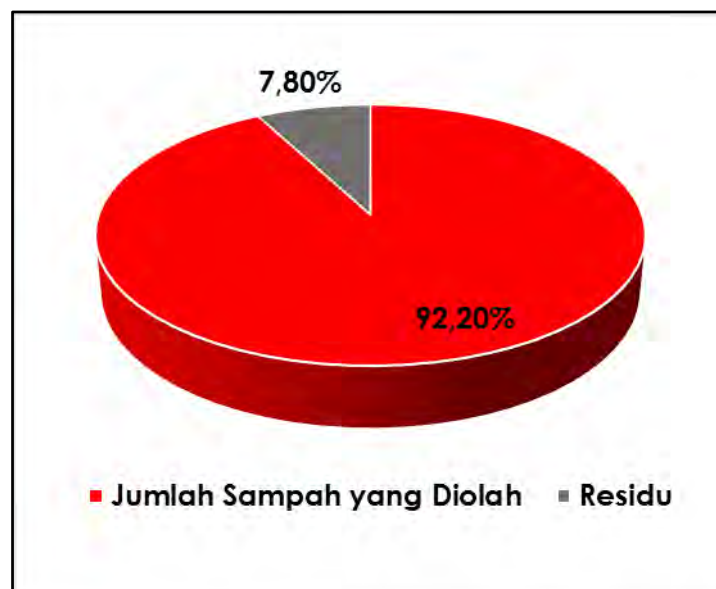
Setiap rumah kompos memiliki kapasitas yang berbeda-beda selain itu kompos memerlukan waktu pengolahan tidak cukup hanya dalam waktu satu hari. Sehingga perlu dilakukan pengolahan yang lebih efektif kedepannya untuk mengolah sampah basah. Volume sampah basah yang tidak dapat lagi dikirim ke rumah kompos karena keterbatasan daya tampung dan kemampuan olah selanjutnya akan dikirim ke MRF. Sampah yang masuk berupa sampah basah dan sampah kering yang dihasilkan penduduk setiap harinya ditambah sampah yang menimbun di TPA semuanya akan dikirim ke MRF untuk dipilah dan diolah. Tidak semua jenis sampah akan diolah di MRF setelah melewati proses pemilahan. Jenis sampah yang akan diolah antara lain:

1. Sampah basah
2. Sampah kertas
3. Sampah plastik
4. Sampah alumunium
5. Sampah kaca
6. Sampah kulit



Gambar 5-6 Komposisi Sampah yang Diolah MRF Apung

Sampah yang tidak lagi bisa dimanfaatkan seperti kain dan logam yang tidak dapat diproses kembali selanjutnya akan ditransfer ke TPA. Berikut ini adalah persentase jumlah sampah yang diolah dari total keseluruhan sampah yang masuk.



Gambar 5-7 Komposisi Sampah yang Diolah MRF Apung

5.2.2. Jenis Pengolahan Sampah

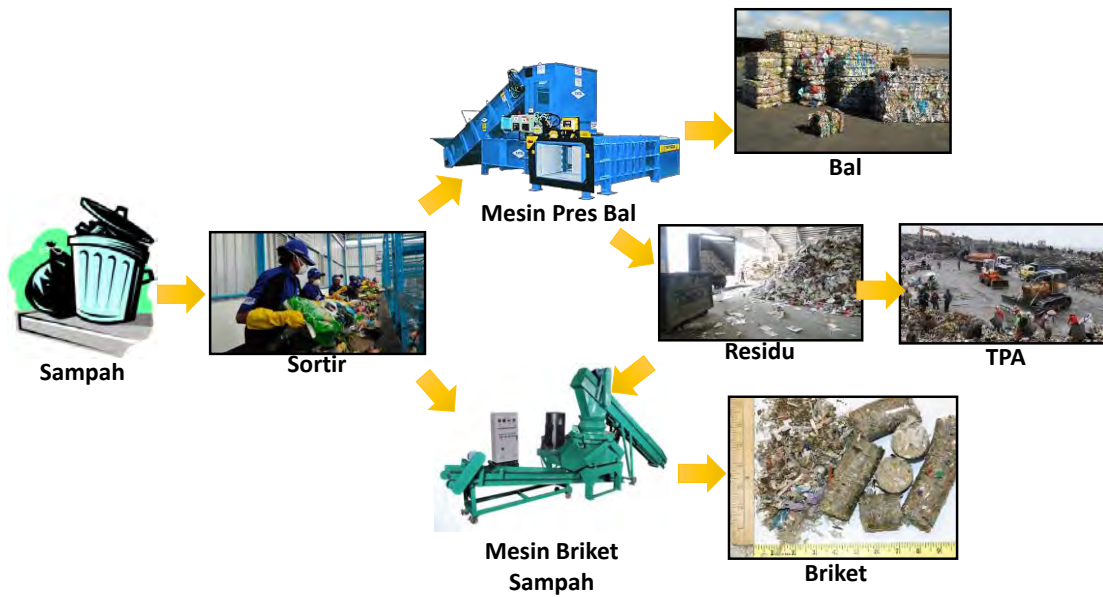
Proses pengolahan sampah yang dilakukan di dalam MRF hanya dibagi menjadi dua jenis yaitu pengolahan sampah basah dan sampah kering setelah sebelumnya melalui tahap awal proses pemilihan. Salah satu fokus utama untuk mereduksi jumlah sampah di dalam MRF adalah dengan jalan pemilihan cara yang efektif untuk mengolah sampah basah dikarenakan memiliki porsi paling besar dalam komposisi sampah kota Surabaya.

Pengomposan merupakan metode yang paling umum dan mudah dalam mengolah sampah basah namun dilain sisi untuk merubah sampah basah menjadi kompos memerlukan waktu paling cepat selama dua minggu. Sedangkan setiap harinya sampah terus menerus dihasilkan.

Pemroses sampah basah dengan cara diolah menjadi briket adalah salah satu alternatif cara mengubah sampah menjadi energi atau disebut “waste to energy”. Pengolahan briketpun tidak memerlukan waktu lama seperti kompos. Saat ini sudah banyak beredar mesin briket di pasaran yang memiliki sistem secara terpadu dalam satu paket mulai dari mencacah, mengeringkan hingga pada tahap pembuatan briket. Produk berupa briket bisa digunakan sebagai bahan bakar di industri yang menggunakan boiler, industri semen, pembangkit listrik dan lain-lain. Kemudian untuk sampah kering dapat diolah dengan cara kompaksi atau pemadatan menjadi bentuk kubus/bal. Pengolahan seperti ini merupakan hal lazim yang dilakukan di pusat-pusat perdagangan dan industri. Sampah yang telah dikompaksi selanjutnya dapat diproses kembali di pabrik-pabrik pengolahan. Pengolahan sampah tidak lepas dari residu sampah yang tidak memiliki nilai jual. Namun keuntungan dengan adanya proses pembriketan dapat mengolah residu tersebut selama kandungan komposisinya masih bisa menjadi bahan mentah untuk dibuat briket. Secara rinci pengolahan MRF terdiri dari:

- a. Pengolahan sampah basah menjadi briket
- b. Pengolahan kertas menjadi bal
- c. Pengolahan plastik menjadi bal
- d. Pengolahan alumunium menjadi bal
- e. Pengolahan kaca menjadi bal
- f. Pengolahan kayu, kulit, residu kertas, residu plastik, residu alumunium, residu kaca menjadi briket

Berikut adalah mekanisme pengolahan sampah di MRF Apung.



Gambar 5-8 Mekanisme Pengolahan Sampah di MRF Apung

5.2.3. Radius Area Pengolahan yang diijinkan

Peletakan lokasi area pengolahan merujuk pada aturan MARPOL 73/78 Annex V yakni minimal 12 nautical mil dari pantai terdekat. Pengolahan sampah dilakukan di area pada lokasi antara pulau Jawa dan di selatan pulau Madura dimana titik penempatan terlebih dahulu sudah diukur jarak minimum yang diijinkan dari pantai-pantai terdekat sehingga didapat lokasi seperti pada gambar berikut.



Gambar 5-9 Lokasi untuk Area Pengolahan Sampah yang Dipilih

Lokasi ini dipilih karena beberapa pertimbangan. Diantaranya adalah dengan memilih lokasi tersebut, kapal akan melewati rute perairan selat madura disebelah timur surabaya yang lebih singkat. Dibandingkan apabila area pengolahan ditempatkan di laut utara Jawa dengan radius yang cukup aman tetapi rute yang akan dilalui pengangkut sampah menuju area pengolahan merupakan rute dimana banyak kapal akan masuk ke pelabuhan Tanjung Perak. Sehingga kendala yang didapatkan adalah waktu perjalanan kapal pengolah sampah semakin lama. Selain itu lokasi perairan yang telah dipilih adalah lokasi perairan terlindung. Sehingga kapal yang akan melakukan pengolahan di tempat ini tidak akan mengalami gangguan gelombang besar dan cuaca.

5.2.4. Konsep Operasi MRF Apung

Adapun pada penelitian sebelumnya, konsep pengolahan sampah sendiri dibagi menjadi dua, yaitu kapal kombinasi angkut dan olah, dan juga kapal angkut dan olah secara terpisah. Sesuai dengan optimasi yang dilakukan, maka terpilih konsep operasi yang kedua yaitu pengangkutan sampah dan pengolahan sampah dengan moda terpisah. Oleh karena itu, konsep operasi MRF Apung ini juga memakai konsep seperti penelitian yang sebelumnya.

Sampah rumah tangga yang dihasilkan kota Surabaya terdiri dari berbagai macam jenis sampah. Adapun setiap jenisnya, memiliki penanganan dan pengolahan yang berbeda. Sampah yang dihasilkan dari setiap rumah tangga di kecamatan-kecamatan kota Surabaya langsung dibuang ke tempat sampah, adapun sebagian ditangani dengan melalui pemilhan terlebih dahulu pada setiap wadah yang sudah dibagi menurut jenis sampahnya. Namun hampir sebagian besar penduduk membuang sampah tanpa melakukan pemilhan terlebih dahulu. Meskipun begitu konsep pemilhan sampah dari sumber masih belum efektif bila tidak dilakukan secara berkesinambungan. Sebagai contohnya apabila sebagian besar warga sudah melakukan pemilihan sampah dengan membuang jenis sampah pada setiap wadah yang disediakan akan tetapi pada waktu pengumpulan sampah secara komunal melalui alat angkut gerobak sampah akan tercampur kembali dikarenakan gerobak masih tidak dirancang mengikuti pembagian jenis sampah.

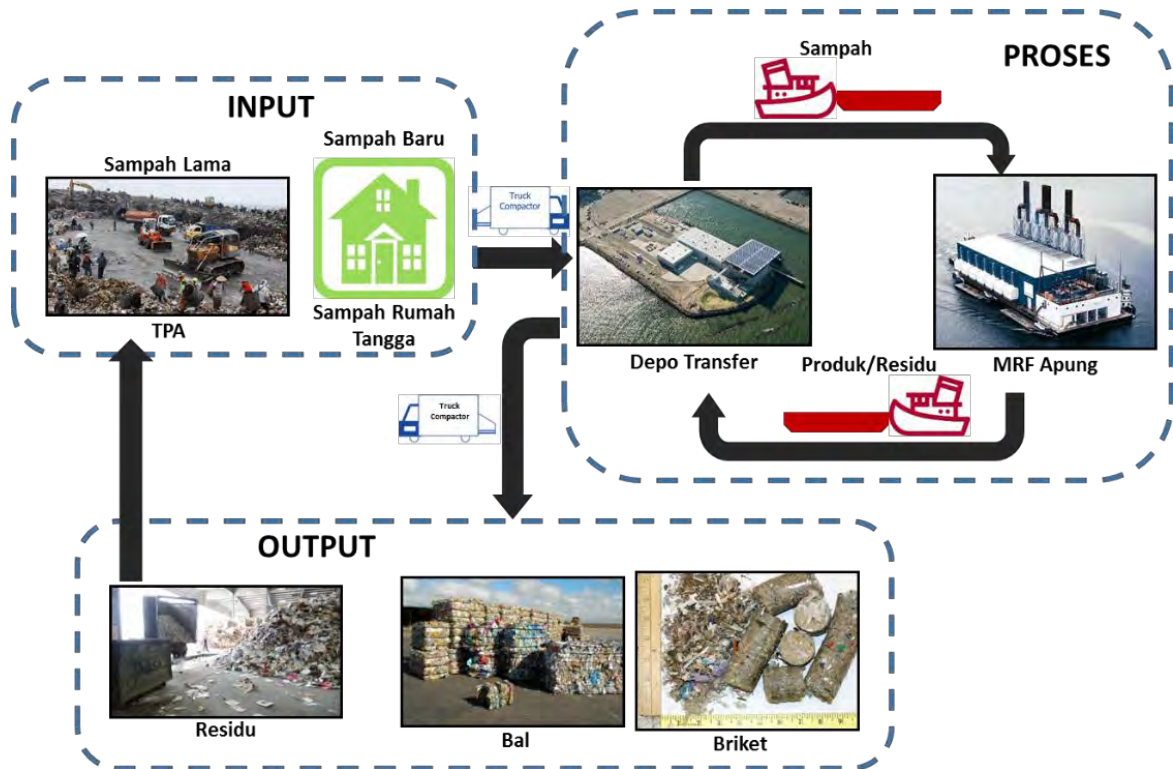
Oleh karena itu sampah dari setiap pemukiman yang terkumpul akan dilakukan penyortiran atau pemilhan di Pengolahan Sampah Apung. Selain bertujuan untuk mereduksi sampah baru setiap harinya dari sumber yakni penduduk, Pengolahan Sampah Apung juga akan mengolah sampah lama yang tertimbun di TPA. Sehingga dengan adanya pengurangan volume sampah yang menimbun di TPA lahan maka kebutuhan untuk penambahan lahan menjadi berkurang.

Maka alur perjalanan sampah pada konsep operasi MRF Apung ini yaitu sampah rumah tangga dari masing-masing kecamatan kota Surabaya diangkut menggunakan gerobak sampah menuju ke TPS, di TPS ini lah sebagian porsi sampah basah akan diangkut menuju Rumah Kompos terdekat. Rumah Kompos sendiri memiliki keterbatasan tempat dan kapasitas pengolahan kompos sehingga porsi sampah basah tidak dapat dikurangi sepenuhnya. Selanjutnya dari tiap TPS di Surabaya, sampah diangkut engan Compactor Truck menuju Depo Transfer. Sedangkan sampah lama dari TPA diangkut menggunakan Trailer Truck.

Sampai di depo, sampah kering dan sampah basah yang masih tercampur dimuat kedalam tongkang dengan menggunakan *conveyor*. Setelah sampah dari depo dipindahkan semua kedalam tongkang, selanjutnya tongkang didorong dengan menggunakan Tugboat dari depo transfer menuju Pengolahan Sampah Apung di area pengolahan sampah. Sampai di area pengolahan, sampah dibongkar dari tongkang

menuju Pengolahan Sampah Apung. Kemudian sampah dipilah-pilah sesuai dengan jenisnya. Pemilahan ini dilakukan untuk mendapatkan jenis sampah tertentu yang akan diolah.

Untuk sampah kering yang sudah tidak dapat diolah lagi akan disimpan terlebih dahulu dalam ruangan terpisah yang akan ditransfer ke TPA karena memang sudah tidak dapat dilakukan pengolahan. Setelah itu sampah kering dikompaksi menjadi bentuk kubus atau bal dengan menggunakan mesin pres bal atau mesin baling kemudian bal disusun di area baling masing-masing. Tidak semua masing-masing jenis sampah kering dapat dikompaksi seluruhnya hanya sampah yang dapat didaur ulang kembali sebagai bahan baku pabrik sedangkan sisanya dinamakan residu. Residu dari masing-masing jenis sampah kering akan dijadikan bahan komposisi pembuatan briket bersama sampah basah. Terlebih dahulu sampah basah disortir untuk mendapatkan hasil yang bisa diolah menjadi bahan baku briket. Sampah basah yang sudah disortir bersama residu sampah kering kemudian diolah dalam mesin briket. Setelah proses baling dan pembriketan selesai dilakukan dan produk baling dan briket sudah siap dimuat ke kapal untuk diantar menuju depo transfer untuk didistribusikan menuju pabrik sebagai bahan baku. Sedangkan residu sampah kering dan sampah basah akan dikembalikan lagi ke TPA untuk ditimbun. Berikut ini adalah alurnya.



Gambar 5-10 Alur Perjalanan Sampah Konsep MRF Apung

5.2.5. Analisis Operasional MRF Apung

Analisis operasional MRF Apung mencakup perhitungan operasional depo transfer, operasional truk dan operasional pengapalan

1. Perhitungan Operasional Depo Transfer

Perhitungan lahan depo transfer ditentukan berdasar lahan penerimaan sampah, lahan penerimaan produk, penerimaan residu dan lahan administrasi. Untuk menghitung lahan digunakan persamaan sebagai berikut:

- Luas lahan penerimaan = Volume sampah / Rencana ketinggian tumpukan
- Panjang x Lebar = Luas lahan penerimaan^{0,5}
- Panjang aktual = panjang + akses mobilitas pekerja(1 m)

Berikut ini adalah hasil perhitungan dari lahan penerimaan sampah di Depo Transfer:

Tabel 5-10 Perhitungan Lahan Penerimaan Depo Transfer

Lahan Penerimaan MRF Apung		
Volume sampah	4548,728	m3/hari
Rencana Ketinggian tumpukan sampah	2	m
Luas Lahan Penerimaan	2274	m2
Rasio Panjang lebar	1	
Lebar	47,7	m
Panjang	47,7	m
Akses mobilitas pekerja	1,0	m
Panjang	48,7	m
Lebar	48,7	m
Luas Lahan	2370,7	m2
Jumlah Pekerja	3	orang

Untuk menghitung lahan penerimaan produk bal didapat dari banyaknya produk bal dan rencana tumpukan. Perhitungan luas lahan penerimaan produk bal dapat dihitung dengan persamaan berikut:

- Jumlah bal per hari = massa sampah yang masuk/berat bal
- Berat bal = volume bal x densitas sampah
- Jumlah bal per tingkat = jumlah bal per hari / rencana rumpukan (3 tingkat)
- Luas lahan = jumlah bal per tingkat

Berikut ini adalah contoh perhitungan lahan untuk lahan bal kertas.

Tabel 5-11 Perhitungan Lahan Pengolahan Sampah Kertas

Lahan Baling Kertas		
Massa sampah masuk	86,69	ton/hari
Panjang bal	1	m
Lebar bal	1	m
Tinggi bal	1	m
Volume bal	1	m3
Densitas bal	681,82	kg/m3
Berat 1 bal	681,82	kg
Jumlah bal per hari	127	bal
Rencana tumpukan bal	3	bal
Jumlah bal per tingkat	42	bal
Rencana deretan bal	panjang	11 bal
	lebar	4 bal
Total berat 1 area	86,69	ton
Panjang lahan	10,60	m
Lebar lahan	4,00	m

Luas Lahan	42,38	m ²
Total Luas Lahan	44,58	m ²

Berikut adalah hasil rekapitulasi perhitungan lahan yang dibutuhkan untuk membangun depo transfer yaitu sebesar 3.375 m²

Tabel 5-12 Rekapitulasi Kebutuhan Lahan Depo Transfer

Rekapitulasi Kebutuhan Lahan Depo Transfer	Luas (m²)
Lahan Penerimaan Sampah	2.371
Lahan Penyimpanan Produk Bal	160
Lahan Penyimpanan Briket	400
Lahan Penyimpanan Residu	344
Lahan Administrasi	100
Total	3.375

2. Perhitungan Operasional Truk

Perhitungan operasional dilakukan untuk mengetahui lamanya truk pengangkut sampah dan residu melakukan satu kali siklus operasi (ritasi), lamanya kapal melakukan satu siklus operasi (round trip) yang terdiri dari lama berlayar (sailing time), lama mengolah sampah (processing time) dan lama di pelabuhan (port time). Hasil perhitungan ini akan menjadi input dalam perhitungan biaya pelayaran (voyage cost).

Perhitungan ini dilakukan berdasarkan masing-masing moda yang digunakan untuk mengangkut sampah, moda yang digunakan untuk mengolah sampah, dan moda yang digunakan untuk mengangkut produk olahan sampah.

Perhitungan waktu operasi truk dimulai dari waktu perjalanan truk pengangkut sampah dengan muatan kosong menuju TPA. Jarak antara depo transfer dengan TPA diperhitungkan dengan *software google earth*. Selanjutnya truk memuat sejumlah ton sampah dari TPA untuk dibawa ke depo transfer. Dengan selesainya proses bongkar sampah di depo transfer maka perhitungan lawa waktu truk 1 rit telah selesai.

Tabel 5-13 Data Item Proses Truk

Proses		
Residu	295	Ton
Sampah TPA	23	Ton
Jarak ke TPA	28	Km
Kecepatan Truk	26	Km/jam
Waktu bongkar muat sampah	0,84	Jam/rit

3. Perhitungan Operasional Pengapalan

Sedangkan untuk perhitungan waktu operasi kapal dimulai dari berapa ton sampah yang masuk ke depo transfer yang kemudian dimuat ke tongkang untuk dibawa menuju Pengolahan Apung. Sampah lama dari TPA yang telah digabung bersama sampah baru dimuat ke dalam tongkang menggunakan *conveyor*. Jika seluruh sampah telah selesai dimuat ke dalam tongkang, maka tongkang sudah siap untuk diberangkatkan. Sama seperti perhitungan jarak pada proses *truk*, jarak dari depo menuju ke area pengolahan sampah ditentukan dengan *google earth* sehingga jaraknya bisa ditentukan dengan lebih presisi.

Tabel 5-14 Data Item Proses Pengapalan

Data	Nilai	Satuan
Sampah Masuk	1337,40	ton
Produk Olahan	461,12	ton
Residu	289,51	ton
Jarak ke Processing Area	19	nm
Kecepatan Kapal	4	knot
Kemampuan Muat di Depo (<i>Conveyor</i>)	899	ton/jam
Kemampuan Muat di MRF Apung (<i>Grab Bucket Crane</i>)	350	ton/jam
Kemampuan Muat Crane di MRF Apung	480	ton/jam
Kemampuan Bongkar Crane di Depo	400	ton/jam

Tongkang didorong tugboat dengan kecepatan 4 knot dikarenakan rute yang dilalui merupakan perairan terlindung. Setelah sampai di area pengolahan sampah, sampah segera dibongkar ke MRF Apung. Tongkang pengangkut sampah tidak kembali lagi ke depo melainkan menunggu di area pengolahan untuk proses selanjutnya memuat

residu hasil pengolahan sampah. Setelah proses bongkar sampah selesai maka segera dilakukan peonsortiran sampah. Lama waktu pensortiran adalah 2 jam. Setelah sampah disortir maka akan dilakukan pengolahan sampah. Lama waktu pengolahan masing-masing jenis sampah diperhitungkan sama karena sesuai jam kerja operator pengolahan yakni 8 jam.

Setelah proses pengolahan sudah selesai beserta proses pengemasan khusus untuk sampah kaca, maka produk olahan sampah dimuat ke tongkang pengangkut produk olahan sampah sedangkan residu dimuat ke tongkang sampah yang masing-masing dibawa ke depo. Setelah sampai di depo maka produk olahan dan residu dibongkar. Dengan selesainya proses bongkar, maka perhitungan lama waktu kapal 1 roundtrip telah selesai.

Sebagai contoh waktu operasi pengapalan pada tongkang pengangkut produk dapat dihitung dengan persamaan berikut:

- Sea Time = waktu berlayar dari depo ke *processing area* x 2 (1 roundtrip)
- Waiting time = waktu menunggu selama proses pengolahan sampah
- Port Time = waktu muat produk + waktu bongkar produk
- Waktu Muat = Kecepatan B/M crane di MRF Apung / berat produk
- Waktu Bongkar = Kecepatan B/M crane di Depo / berat produk

Berikut ini adalah tabel contoh perhitungan waktu operasi pengapalan dan waktu pengolahan sampah

Tabel 5-15 Perhitungan Waktu Kapal Pengangkut Produk

Tongkang Pengangkut Produk		Satuan
Item	1337	
Depot -> Processing area	4,8	jam
Muat Produk	1,2	jam
Processing area -> Depo	4,8	jam
Bongkar Produk ke Depo	1,2	jam
Sea time	9,6	jam
Waiting time	8,0	jam
Port time	2,3	jam
Total (jam)	19,9	jam
Total (hari)	0,83	hari

Dari perhitungan di atas maka dapat kita hitung pula dalam satu tahun berapa kali roundtrip moda yang digunakan beroperasi. Selain itu juga dapat kita hitung berapa jumlah sampah yang diangkut pertahun, jumlah sampah yang diolah, dan kapasitas angkut/olah pertahunnya. Sehingga dapat kita hitung utilitas masing-masing moda yang digunakan. Berikut ini adalah rekapitulasi perhitungan dari waktu operasi pengapalan.

Tabel 5-16 Rekapitulasi Perhitungan Waktu Operasi

Kapal	Tongkang Pengangkut Sampah+Residu	Tugboat	Pengolah Apung	Tongkang Pengangkut Produk	Tugboat	Keterangan
Jumlah armada	1	1	1	1	1	unit
Kapasitas muatan	2.000		2.700	2.000		ton
Docking	20	20	20	20	20	hari
Onhire	345	345	345	345	345	hari
Roundtrip	344	344	345	416	416	roundtrip/tahun
Muatan yang diangkut/diolah	559.923	559.923	720.373	191.809	191.809	ton/tahun
Jumlah sampah yang diangkut/diolah	418.923	418.923	418.923	418.923	418.923	ton/tahun
Kapasitas angkut/olah pertahun	688.324	688.324	720.373	831.927	831.927	ton/tahun
Utilisasi	61%	61%	58%	50%	50%	%

Untuk mengetahui jumlah armada kapal dapat hitung dengan persamaan:

- Jumlah armada = Muatan yang diangkut / Kapasitas muatan x Onhire
- Muatan yang diangkut = Jumlah muatan x Roundtrip
- Roundtrip = Onhire / Total waktu yang dibutuhkan dalam satu roundtrip

Setelah proses pengapalan berakhir di depo. Pengelolaan sampah selanjutnya dengan mengirim residu untuk ditimbun kembali di TPA. Residu dimuat kedalam truck dari depo kemudian diangkut menuju TPA. Setelah residu dibongkar di TPA, truck akan kembali lagi ke depo dengan muatan kosong. Berhubung jumlah residu yang lebih banyak dibanding kapasitas angkut truck maka truck akan melakukan pengangkutan residu dari depo menuju TPA selama beberapa kali ritasi. Pada Tabel 5-17 menunjukkan perhitungan waktu operasi truk dan Tabel 5-18 menunjukkan rekapitulasi perhitungannya.

Tabel 5-17 Perhitungan Waktu Truk Pengangkut Sampah TPA

Moda Darat	
Truk Pengangkut Sampah TPA	
Depo - TPA	1,1
Muat sampah@TPA	0,8
TPA - Depo	1,1
Bongkar sampah @Depo	0,8
Total (jam/rit)	3,82
Total (hari/rit)	0,16

Tabel 5-18 Rekapitulasi Perhitungan Waktu Operasi Truk

Moda Darat		
Truk Pengangkut sampah TPA + Residu		
Onhire	345	hari
Ritasi per hari	5	rit/hari
Ritasi per tahun	1725	rit/tahun
Kapasitas Angkut	30	ton
Kapasitas angkut/tahun	155250,0	ton/tahun
Muatan terangkut/tahun	109835,6	ton/tahun
Unit Truck	3	unit
Utilisasi	71%	%

5.2.6. Perhitungan Biaya Pengolahan Sampah di Laut

Adapun identifikasi biaya dilakukan untuk mengetahui jenis biaya yang diperlukan untuk mengoperasikan MRF Apung ini. Biaya yang dimaksud didalamnya termasuk jenis biaya internal (berwujud) dan eksternal (tidak berwujud). Biaya internal meliputi biaya pembangunan depo, biaya *trucking*, biaya *Shipment* (pengapalan), dan MRF Apung. Sedangkan biaya eksternal meliputi biaya emisi TPA, biaya dampak kesehatan, biaya dampak ketidaknyamanan, biaya emisi dan biaya emisi pengangkutan.

1. Biaya Depo Transfer

Biaya pembangunan depo transfer dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

1. Biaya modal
2. Biaya operasional

A. Biaya Modal Depo Transfer

Biaya modal mencakup biaya pembangunan depo transfer, pembangunan dermaga untuk sandar kapal, dan biaya pembangunan lainnya. Untuk biaya peralatan ada juga terdapat biaya untuk alat muat sampah di depo transfer yang berupa *conveyor* dan alat untuk bongkar muatan produk dan residu hasil pengolahan sampah berupa *mobile crane*.

Berikut ini adalah kebutuhan biaya modal untuk pembangunan depo transfer dan fasilitas pendukungnya. Perhitungan kebutuhan ini juga berdasarkan jumlah sampah yang masuk tiap tahunnya.

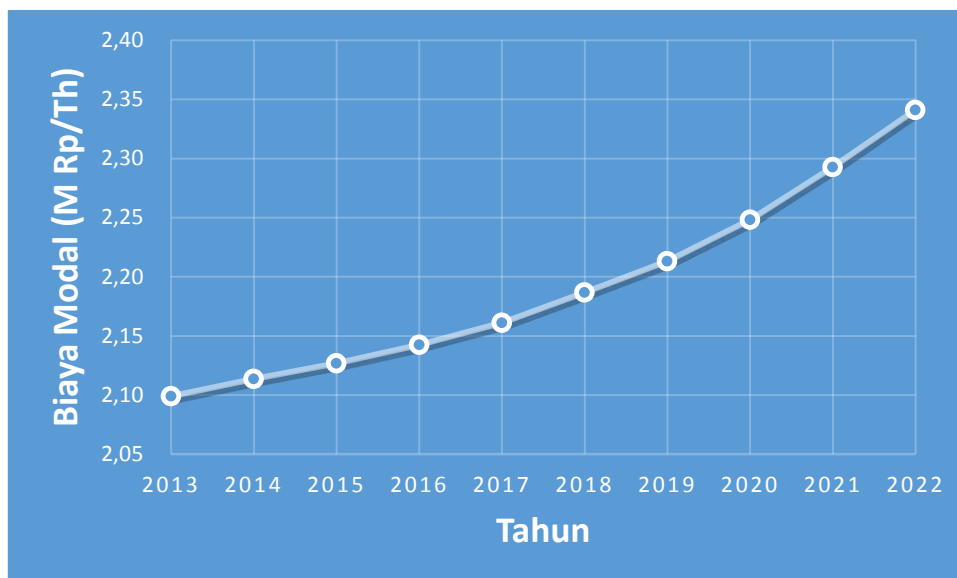
Tabel 5-19 Biaya Pembangunan Depo Transfer

Biaya Pembangunan						
Lahan (m ²)	Pinjaman (Rp)	Bangunan (m ²)	Pinjaman (Rp)	Dermaga (m)	Pinjaman (Rp)	Total (Rp)
2.809	700.576.842	2.709	675.638.244	400	532.023.426	1.908.238.512
2.830	705.662.713	2.730	685.131.869		532.023.426	1.922.818.008
2.848	710.233.075	2.748	693.663.213		532.023.426	1.935.919.714
2.870	715.676.431	2.770	703.824.144		532.023.426	1.951.524.001
2.896	722.160.121	2.796	715.927.031		532.023.426	1.970.110.578
2.932	731.131.586	2.832	732.673.767		532.023.426	1.995.828.779
2.969	740.335.437	2.869	749.854.289		532.023.426	2.022.213.152
3.018	752.549.332	2.918	772.653.558		532.023.426	2.057.226.315
3.080	768.112.714	2.980	801.705.205		532.023.426	2.101.841.344
3.147	784.934.875	3.047	833.106.572		532.023.426	2.150.064.873

Tabel 5-20 Biaya Alat Depo Transfer

Biaya Alat (Rp)			
Mobile Crane	Conveyor	Total	Pinjaman
585.000.000	563.040.000	1.148.040.000	190.870.054
-	-		190.870.054
-	-		190.870.054
-	-		190.870.054
-	-		190.870.054
-	-		190.870.054
-	-		190.870.054
-	-		190.870.054
-	-		190.870.054
-	-		190.870.054

Dari perhitungan biaya modal di atas dapat disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5-11. Dari hasil perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa biaya pada awal tahun pembanguan memerlukan biaya modal yakni pembelian lahan dan pembangunan fasilitas depo. Sedangkan pada tahun tahun berikutnya biaya modal menjadi semakin meningkat karena biaya yang dibutuhkan merupakan biaya penambahan luas lahan seiring jumlah sampah yang masuk semakin meningkat.



Gambar 5-11 Grafik Biaya Modal Depo Transfer

B. Biaya Operasional Depo Transfer

Biaya operasional depo adalah biaya rumah tangga depo yang mencakup biaya penggunaan air, listrik, dan biaya gaji pegawai depo. menyajikan biaya operasional depo setiap bulan. Biaya yang diperlukan untuk listrik adalah Rp 1.529 /KWH, air Rp 10.000 /m³ dan layanan luar sebesar 10% biaya operasional. Setelah itu total biaya operasional dihitung per tahun selama umur perencanaan proyek. Dikarenakan semua perhitungan dikalkulasi per tahun.

Tabel 5-21 Biaya Operasional Depo

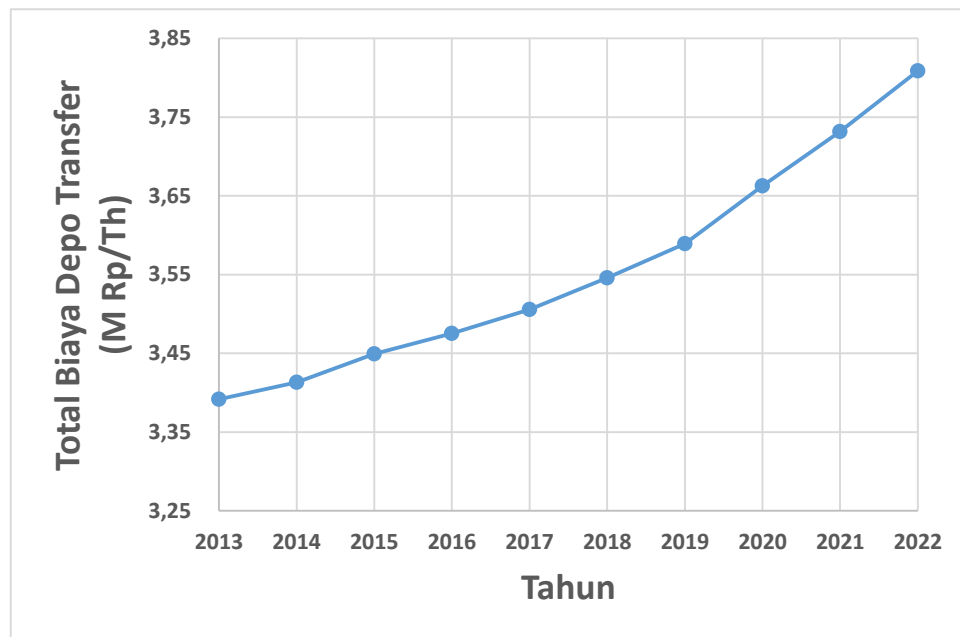
Tahun	Biaya Operasional Depo (Rp)				
	Gaji Operator	Listrik	Air	Layanan luar	Total (Rp)
2013	232.875.000	928.264.906	13.712.663	117.485.257	1.292.337.826
2014	232.875.000	934.736.791	13.712.663	118.132.445	1.299.456.899
2015	245.295.000	942.442.326	14.626.841	120.236.417	1.322.600.583
2016	245.295.000	951.620.526	14.626.841	121.154.237	1.332.696.604
2017	245.295.000	962.554.005	14.626.841	122.247.585	1.344.723.431
2018	245.295.000	975.581.523	14.626.841	123.550.336	1.359.053.700
2019	245.295.000	991.106.141	14.626.841	125.102.798	1.376.130.780
2020	260.820.000	1.009.607.770	15.541.018	128.596.879	1.414.565.667
2021	260.820.000	1.031.660.732	15.541.018	130.802.175	1.438.823.925
2022	260.820.000	1.057.947.567	15.541.018	133.430.859	1.467.739.444

Dari perhitungan biaya operasional di atas dapat disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5-12. Dari hasil perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa biaya operasional depo dari tahun ke tahun semakin meningkat hal ini dikarenakan jumlah sampah yang ditangani semakin bertambah setiap tahunnya.



Gambar 5-12 Grafik Biaya Operasional Depo

Sedangkan berikut ini adalah gambar grafik dari total biaya depo transfer:



Gambar 5-13 Grafik Total Biaya Depo Transfer

2. Biaya Trucking

Biaya sewa truk bisa dikategorikan menjadi 2, yaitu:

1. Biaya sewa
2. Biaya perjalanan

3. Biaya operasional

A. Biaya Sewa Truk

Biaya sewa ini adalah biaya untuk menyewa truk atau disebut *trucking* yang digunakan untuk pengangkutan sampah TPA dan residu. Truk yang digunakan adalah jenis dump trailer truck dengan kapasitas *payload* 30 ton. Biaya sewa dihitung dari persamaan regresi beberapa variasi antara harga sewa dengan ukuran moda. Dengan demikian kita dapat pendekatan harga sewa yang sesuai dengan ukuran ataupun kapasitas moda yang dibutuhkan. Berikut ini adalah contoh harga sewa moda yang dibutuhkan untuk mengoperasikan truk pengangkut sampah.

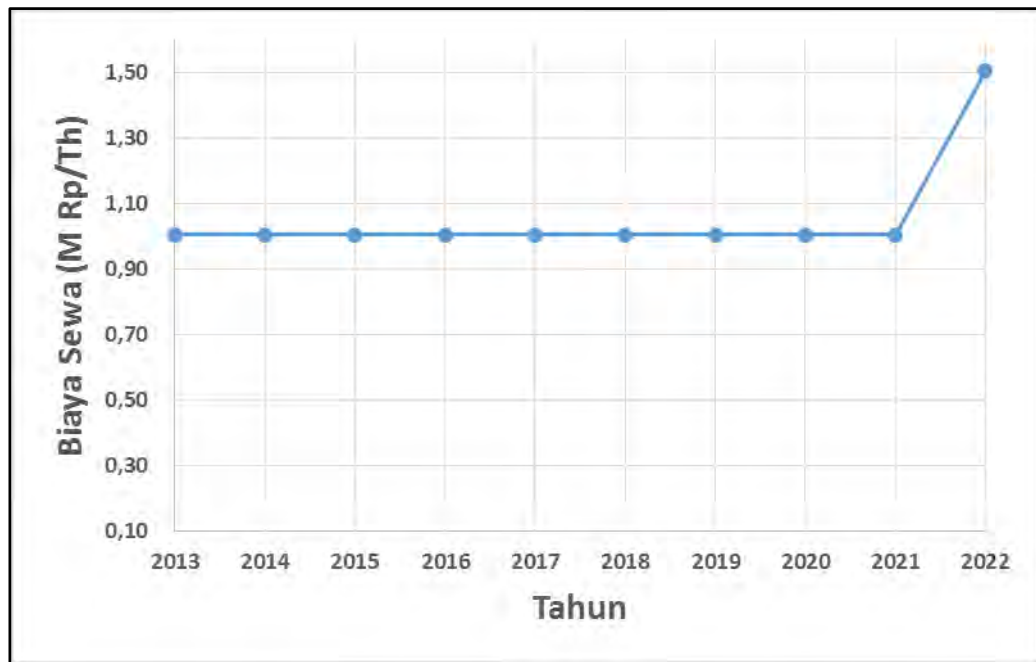
Tabel 5-22 Harga Sewa Truk

Jenis Truk	Dump Trailer Truck
Kapasitas (ton)	30
Tahun	Harga Sewa (Rp/bulan)
2000	15.000.000
2000	16.000.000
2002	16.000.000
2003	17.000.000
2004	17.000.000
2005	19.000.000
2006	19.000.000
2007	21.000.000
2009	25.000.000
2010	28.000.000
2011	30.000.000

Tabel 5-23 Persamaan Regresi Harga Sewa Truk

Persamaan Regresi			Value		
Tahun - Rp	a	1280274,657	Rp	41.804.619	Rp/bulan
	b	-2546910737		501.655.431	Rp/tahun

Perhitungan biaya trucking perlu memperhatikan ketentuan didalam term dan kondisi time charter dari pihak *trucking*. Dalam kondisi ini semua biaya BBM, maintenance, kerusakan, pengemudi ditanggung pemilik muatan atau pihak penyewa (lepas kunci). Berikut ini adalah grafik biaya sewa truk dalam setahun

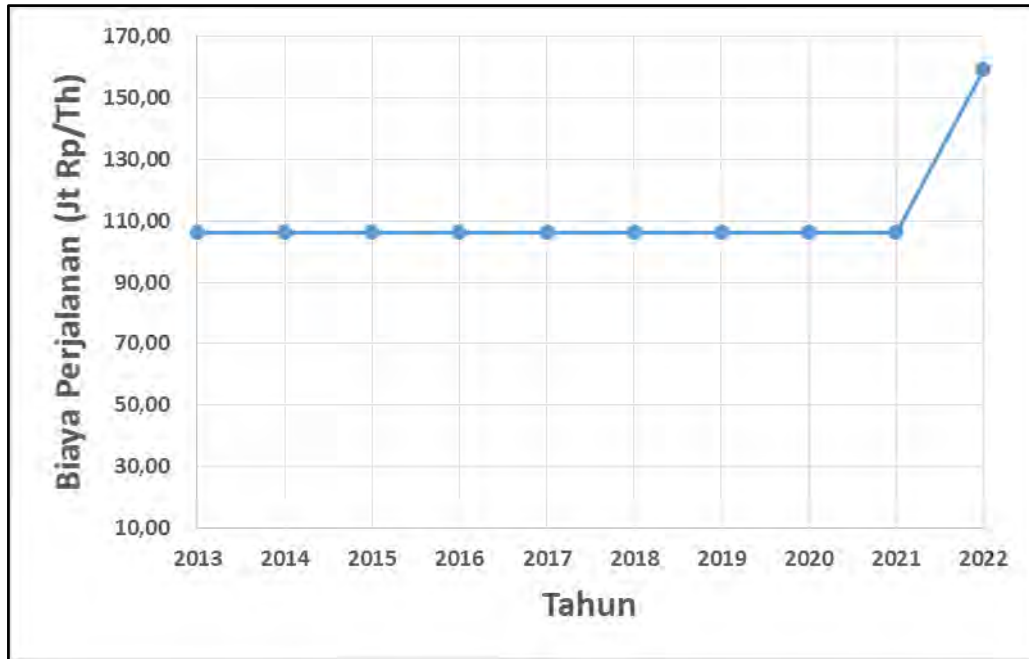


Gambar 5-14 Perhitungan Biaya *Trucking*

Pada tahun 2022 grafik biaya sewa *trucking* menunjukkan kenaikan yang signifikan, hal ini disebabkan adanya penambahan armada dari sebelumnya tahun 2013-2021 yang awalnya berjumlah 2 unit bertambah menjadi 3 unit di tahun 2022 untuk menangani jumlah sampah yang semakin meningkat.

B. Biaya Perjalanan Truk

Biaya perjalanan yaitu biaya bahan bakar yang ditanggung pihak penyewa. Biaya bahan bakar dihitung dengan memperhitungkan konsumsi bahan bakar truk ketika beroperasi. Berikut ini adalah perhitungan biaya yang dikeluarkan sesuai dengan konsumsi bahan bakar masing-masing moda. Berikut ini adalah grafik biaya perjalanan truk.



Gambar 5-15 Grafik Biaya Perjalanan Truk

Pada tahun 2022 grafik biaya perjalanan truk juga menunjukkan kenaikan signifikan. Penambahan armada juga berdampak pada konsumsi bahan bakar bertambah sehingga menyebabkan kenaikan biaya perjalanan truk.

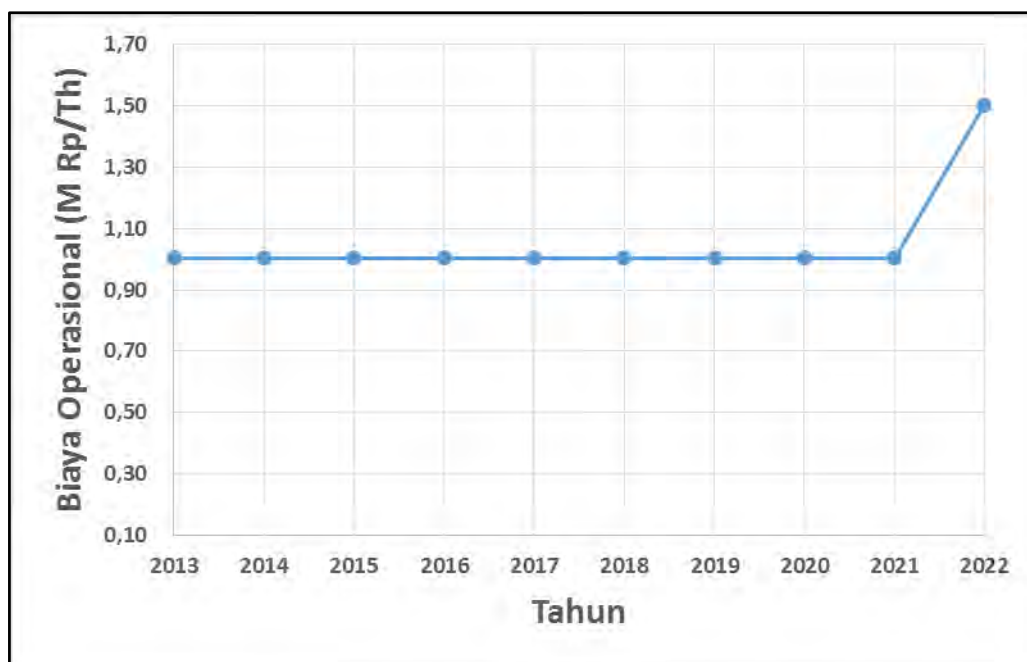
C. Biaya Operasional Truk

Biaya operasional kapal terdiri dari biaya gaji sopir dan crew yang mengoperasikan truk, dan biaya perawatan truk. Biaya sopir dan crew ditentukan berdasarkan jumlah armada dan ritasi truk yang digunakan. Semakin banyak armada dan ritasi truk yang digunakan semakin banyak sopir dan crew yang dibutuhkan untuk di gaji. Biaya perawatan truk per tahun dihitung berdasarkan harga sewa truk, dengan asumsi biaya perawatan sebesar 1% dari harga sewa truk. Berikut ini merupakan perhitungan biaya operasional truk.

Tabel 5-24 Biaya Operasional Truk

Tahun	Biaya Operasional			
	Maintenance Cost (1% Harga) (Rp)	Gaji Sopir (Rp)	Gaji Crew (Rp)	Total
2013	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311
2014	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311
2015	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311
2016	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311
2017	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311
2018	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311
2019	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311
2020	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311
2021	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311
2022	1.504.966	180.000.000	108.000.000	289.504.966

Berikut adalah gambar grafik dari biaya operasional *trucking*:

Gambar 5-16 Grafik Biaya Operasional *Trucking*

Pada tahun 2022 grafik biaya operasional truk juga menunjukkan kenaikan signifikan. Penambahan armada juga berdampak pada jumlah sopir bertambah sehingga menyebabkan kenaikan biaya operasional truk.

3. Biaya *Shipment* (Pengapalan)

Sesuai dengan literatur, biaya kapal digolongkan menjadi 4, yaitu:

1. Biaya sewa
2. Biaya operasional
3. Biaya pelayaran
4. Biaya bongkar muat

A. Biaya Sewa Pengapalan

Biaya sewa pengapalan adalah biaya untuk menyewa moda laut yang digunakan untuk pengangkutan sampah sekaligus residu dan produk. Moda laut yang digunakan adalah tongkang dan tugboat dengan ukuran tongkang 180 feet atau memiliki kapasitas *payload* 2000 ton. Biaya sewa pengapalan dihitung dengan cara perhitungan yang sama seperti biaya sewa pada biaya *trucking* yakni dengan menggunakan regresi. Berikut ini adalah contoh proses regresi harga sewa Tongkang dan Tugboat

Tabel 5-25 Biaya Sewa Tongkang dan Tugboat

Ukuran (Feet)	Harga Sewa(Rp/bulan)	Harga Sewa(Rp/tahun)		Tongkang		Tug Boat
180	220.000.000	2.640.000.000	Rp	792.000.000,00	Rp	1.848.000.000,00
180	225.000.000	2.700.000.000	Rp	810.000.000,00	Rp	1.890.000.000,00
180	230.000.000	2.760.000.000	Rp	828.000.000,00	Rp	1.932.000.000,00
230	440.000.000	5.280.000.000	Rp	1.584.000.000,00	Rp	3.696.000.000,00
230	435.000.000	5.220.000.000	Rp	1.566.000.000,00	Rp	3.654.000.000,00
230	460.000.000	5.520.000.000	Rp	1.656.000.000,00	Rp	3.864.000.000,00

Tabel 5-26 Persamaan Regresi Harga Sewa Tongkang 180 Feet

Persamaan Regresi			Value		
Feet - Rp	a	52800000	Harga	2.700.000.000	Rupiah
	b	-6804000000	Sewa		

Dikarenakan moda pengangkut sampah dan produk olahan menggunakan sistem *charter*, maka tidak perlu melakukan perhitungan *annual capital cost*-nya. Perhitungan biaya pengapalan juga perlu memperhatikan ketentuan didalam term dan kondisi *time charter* dari pihak pemilik kapal. Hal ini untuk mengetahui biaya operasional apa saja yang perlu ditanggung oleh pemilik muatan. Dalam kondisi ini pemilik kapal bertanggung

jawab atas gaji ABK, dan oli mesin. Sedangkan pemilik muatan bertanggung jawab atas BBM/ Solar dan Air Tawar. Berikut adalah perhitungan biaya sewa pengapalan per tahun.

Tabel 5-27 Perhitungan Biaya Sewa Pengapalan

Tahun	Biaya Sewa		
	Sewa Armada Pengangkut Sampah+Residu (Rp)	Sewa Armada Pengangkut Produk (Rp)	Total
2013	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000
2014	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000
2015	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000
2016	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000
2017	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000
2018	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000
2019	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000
2020	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000
2021	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000
2022	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000

B. Biaya Operasional Pengapalan

Biaya operasional kapal terdiri dari biaya gaji ABK, biaya perawatan kapal, biaya perbekalan, dan biaya minyak pelumas. Biaya ABK ditentukan berdasarkan ukuran kapal yang digunakan. Semakin besar kapal semakin banyak pula ABK yang diperlukan dengan gaji yang lebih besar.

Biaya perbekalan kapal dihitung dengan menggunakan asumsi bahwa uang makan ABK adalah Rp 65.000,00 dalam sehari tiap ABK. Sedangkan biaya pelumas dihitung dengan asumsi biaya pelumas sebesar 5% dari biaya bahan bakar. Sama seperti perhitungan *capital cost* sebelumnya, perhitungan biaya operasional juga mengkonversikan nilai kebutuhan biaya operasi selama masa operasi satu tahun.

Biaya perawatan kapal per tahun dihitung berdasarkan harga beli kapal, dengan asumsi biaya perawatan sebesar 0.1% dari harga kapal. Biaya perawatan selama satu tahun tersebut mencakup biaya perawatan seperti biaya cat, pengelasan, dan biaya *spare part* mesin induk yang harus diganti setiap bulan. Biaya perawatan juga dihitung selama 5 tahun sesuai dengan aturan klasifikasi yang mengharuskan kapal untuk melaksanakan *docking* selama 5 tahun sekali. Nilai dari biaya perawatan 5 tahun ini diasumsikan sebesar 5% dari harga kapal.

Namun biaya operasional ini tidak termasuk pada dikarenakan moda yang digunakan adalah sistem *charter*. Namun biaya ini tetap dikenakan untuk fasilitas MRF Apung.

C. Biaya Pelayaran Pengapalan

Biaya pelayaran dibagi menjadi dua jenis, yaitu biaya bahan bakar kapal dan biaya pelabuhan. Biaya bahan bakar dihitung dengan memperhitungkan konsumsi bahan bakar kapal ketika beroperasi. Sedangkan biaya pelabuhan tidak dihitung karena dermaga yang dipakai adalah dermaga milik sendiri. Berikut ini adalah perhitungan biaya yang dikeluarkan sesuai dengan konsumsi bahan bakar masing-masing moda. Sebagai contoh maka di bawah ini merupakan perhitungan biaya pelayaran.

Tabel 5-28 Perhitungan Biaya Pelayaran Pengapalan

Tahun	Biaya Pelayaran				Total
	MFO Armada Pengangkut Sampah+Residu (Rp)	MDO Armada Pengangkut Sampah+Residu (Rp)	MFO Armada Pengangkut Produk (Rp)	MDO Armada Pengangkut Produk (Rp)	
2013	3.293.144.271	736.140.082	3.904.647.597	671.633.423	8.605.565.374
2014	3.287.561.731	736.728.977	3.901.843.103	671.929.266	8.598.063.076
2015	3.280.939.697	737.427.526	3.898.509.273	672.280.947	8.589.157.443
2016	3.273.086.803	738.255.917	3.894.545.716	672.699.057	8.578.587.493
2017	3.263.781.011	739.237.573	3.889.834.657	673.196.020	8.566.049.261
2018	3.252.761.778	740.399.977	3.884.236.170	673.786.597	8.551.184.522
2019	3.239.727.168	741.774.980	3.877.585.580	674.488.159	8.533.575.887
2020	3.224.328.820	743.399.331	3.869.689.352	675.321.121	8.512.738.624
2021	3.206.164.943	745.315.414	3.860.319.376	676.309.547	8.488.109.280
2022	3.184.779.417	747.571.344	3.849.209.600	677.481.503	8.459.041.863

D. Biaya Bongkar Muat (*Cargo Handling Cost*) Pengapalan

Dalam perencanaan Kapal Pengolah Sampah ini, biaya bongkar muat tidak termasuk dalam komponen biaya. Hal tersebut disebabkan karena kapal melakukan aktivitas bongkar di terminal milik sendiri sehingga tidak ada biaya bongkar muat.

4. Biaya MRF Apung

Biaya MRF Apung dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Biaya modal MRF Apung
2. Biaya operasional MRF Apung
3. Biaya produksi MRF Apung

A. Biaya Modal MRF Apung

Biaya modal ini adalah biaya untuk pembelian moda untuk MRF Apung dan pembelian mesin seperti mesin pengolah sampah yaitu mesin *baling*, mesin briket dan peralatan lainnya untuk proses pengolahan sampah. Moda yang digunakan untuk pengolahan sampah apung adalah tongkang dengan kapasitas *payload* sesuai dengan kapasitas muat dari perhitungan operasional MRF Apung dalam mengolah sampah. Khusus untuk moda pada MRF Apung tidak menggunakan sistem sewa dikarenakan MRF Apung memerlukan pemasangan sistem instalasi pengolahan sampah sehingga moda yang digunakan akan dikonversi sesuai kebutuhan. Tongkang yang akan dibeli bukan tongkang yang baru dibangun melainkan tongkang bekas dengan membangun MRF Apung dengan konversi membutuhkan modal yang lebih kecil dengan MRF Apung yang baru. Berikut adalah harga dari tongkang yang akan dikonversi menjadi MRF Apung.

Tabel 5-29 Harga Tongkang Bekas

Tahun	Payload	DWT	\$	Rp
1.981	2.900	3.190	420.000	3.780.000.000
1.996	3.000	3.200	450.000	4.050.000.000
1.997	2.200	2.420	440.000	3.960.000.000

Dari data di atas didapatkan persamaan linier untuk jumlah kauss penyakit ISPA di kecamatan Benowo:

$$Y = -54686,19943X + 4090595139$$

Di mana: Y = Harga Tongkang dan X = DWT Tongkang. Berikut adalah hasil dari perhitungan regresi harga tongkang DWT 2750 ton.

Tabel 5-30 Persamaan Regresi Harga Tongkang DWT 2750 ton (*Payload* 2500 ton)

Persamaan Regresi			Value		
DWT - Rp	a	-54686,19943	Harga Tongkang	3.940.208.091	Rupiah
	b	4090595139			

Biaya modal juga digunakan untuk pembelian alat pengolah sampah masing-masing jenis sampah. Dengan mencari beberapa katalog dari instalasi pengolahan sampah di dunia, maka didapat data mesin sortir sampah, mesin *baling* dan mesin briket. Berikut adalah salah satu contoh dalam menentukan harga mesin pengolah sampah.

Tabel 5-31 Harga Mesin Briket

Kapasitas (ton/jam)	\$	Rp
---------------------	----	----

160	8.900	80.100.000
600	16.500	148.500.000
800	55.000	495.000.000

Dari data di atas didapatkan persamaan linier untuk jumlah kasus penyakit ISPA di kecamatan Benowo:

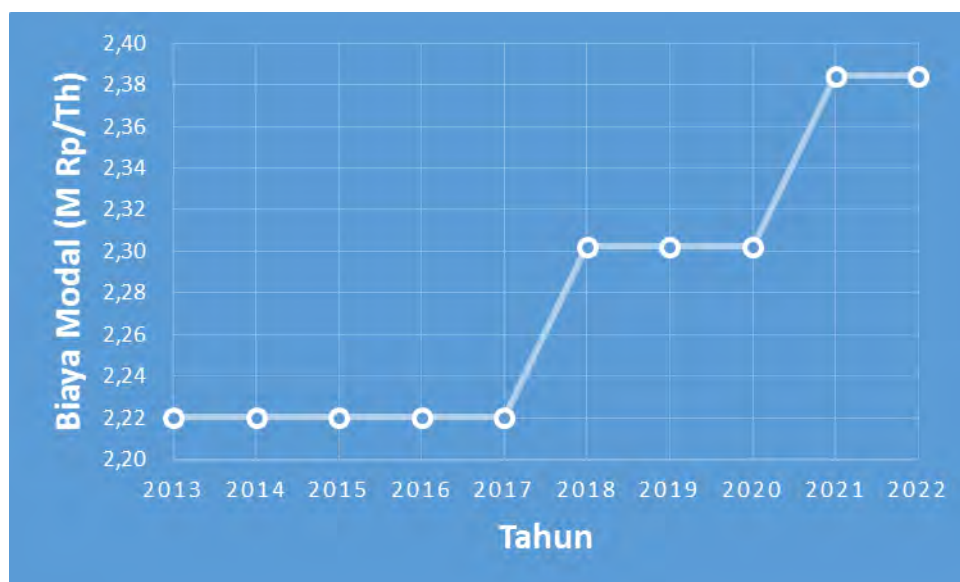
$$Y = 26344936,71X + (-138132911,4)$$

Di mana: Y = Harga Mesin dan X = Kapasitas Mesin. Berikut adalah hasil dari perhitungan regresi harga mesin kapasitas olah 12 ton/jam.

Tabel 5-32 Persamaan Regresi Mesin Briket 12 ton/jam

Persamaan Regresi			Value		
Kapasitas - Rp	a	26344936,71	Harga Mesin	178.006.329	Rupiah
	b	-138132911,4			

Khusus untuk moda pengolah sampah apung terdapat biaya tambahan untuk pembelian alat bongkar sampah berupa *conveyor* yang digunakan untuk membongkar sampah dari tongkang ke moda pengolahan. Dari data biaya-biaya di atas, maka dapat dihitung berapa biaya yang diperlukan untuk membeli alat pengolah sampah yang akan dipasang pada kapal. Berikut adalah grafik biaya modal MRF Apung setiap tahun.



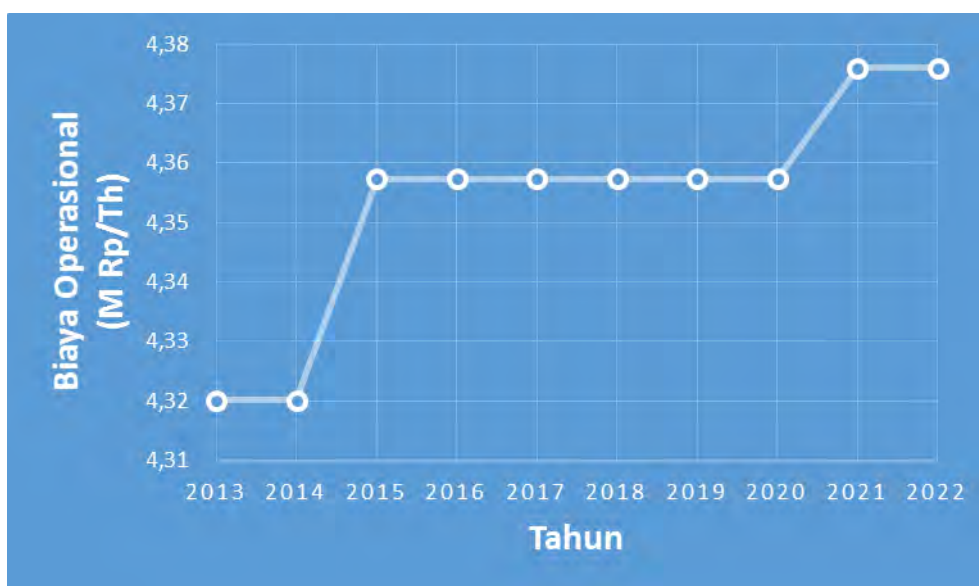
Gambar 5-17 Grafik Biaya Modal MRF Apung

Pada tahun 2018 grafik total biaya modal MRF Apung menunjukkan kenaikan yang signifikan, hal ini disebabkan adanya penambahan jumlah mesin briket dari

sebelumnya tahun 2013-2017 berjumlah 14 unit bertambah menjadi 15 unit di tahun 2018 dan bertambah lagi di tahun 2021 menjadi 16 unit.

B. Biaya Operasional MRF Apung

Biaya operasional mencakup biaya untuk merawat alat termasuk gaji operator. Biaya ini akan tetap ada meskipun alat pengolah sampah tidak dioperasikan. Dalam perhitungan biaya ini, diasumsikan bahwa biaya perawatan alat selama satu tahun sebesar 1% dari biaya investasinya khusus untuk biaya perawatan MRF Apung adalah sebesar 0,1% dari biaya pembelian moda. Gaji seorang operator bagian pengolahan sampah diasumsikan sebesar Rp. 54.000 per hari. Semua komponen biaya akan diperhitungkan selama satu tahun. Sedangkan biaya untuk ABK memiliki masing-masing rincian biayanya sesuai dengan kedudukannya. Gambar berikut ini menunjukkan grafik biaya operasional dari MRF Apung setiap tahunnya.



Gambar 5-18 Grafik Biaya Operasional MRF Apung

Pada tahun 2015 grafik total biaya operasional MRF Apung menunjukkan kenaikan yang signifikan, hal ini disebabkan adanya penambahan jumlah operator dari sebelumnya tahun 2013-2014 berjumlah total 22 orang bertambah menjadi 24 orang di tahun 2015 dan bertambah lagi di tahun 2021 menjadi 25 orang. Penambahan jumlah operator MRF Apung berdampak pada jumlah gaji yang harus dibayarkan.

C. Biaya Produksi MRF Apung

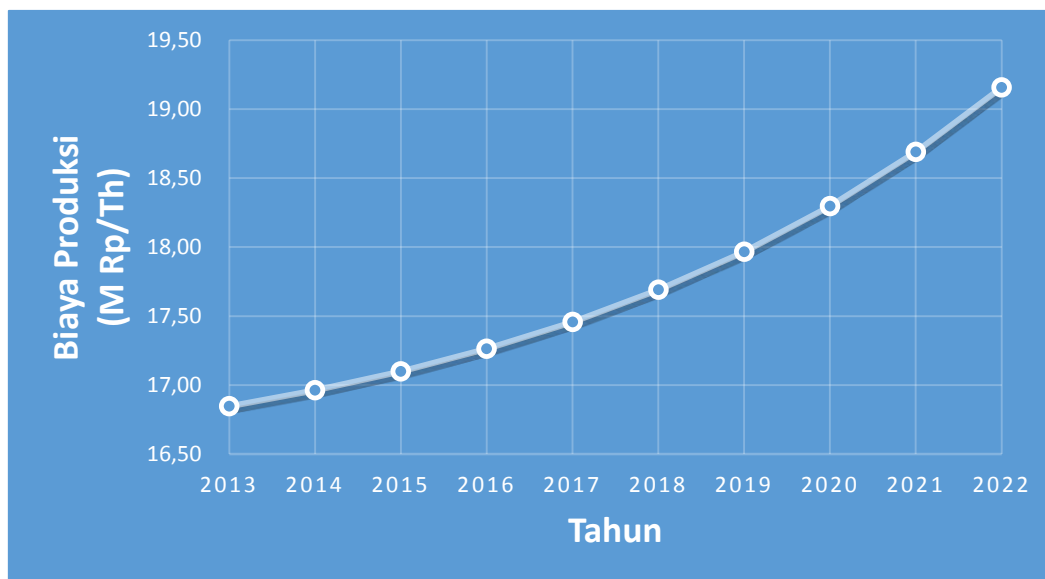
Biaya produksi merupakan biaya energi yang dibutuhkan alat untuk bekerja mengolah sampah sesuai dengan kapasitasnya. Biaya ini hanya muncul apabila alat pengolah sampah bekerja mengolah sampah, atau dapat dianalogikan dengan biaya pelayaran pada perhitungan biaya kapal.

Biaya produksi besarnya berbanding lurus dengan kapasitas masing-masing alat. Jadi pada satu data didapat bahwa biaya produksi alat pengolah sampah ini sebagai berikut.

Tabel 5-33 Biaya Produksi Alat Pengolah Sampah

Kapasitas (ton/hari)	Production Cost	
	\$/ton	Total (Rp)
1254	0,274	3.088.790,10
1365	0,274	3.362.199,75
1660	0,274	4.088.829,00

Berikut ini total biaya yang dikeluarkan sebagai biaya produksi yang dilakukan di MRF Apung.

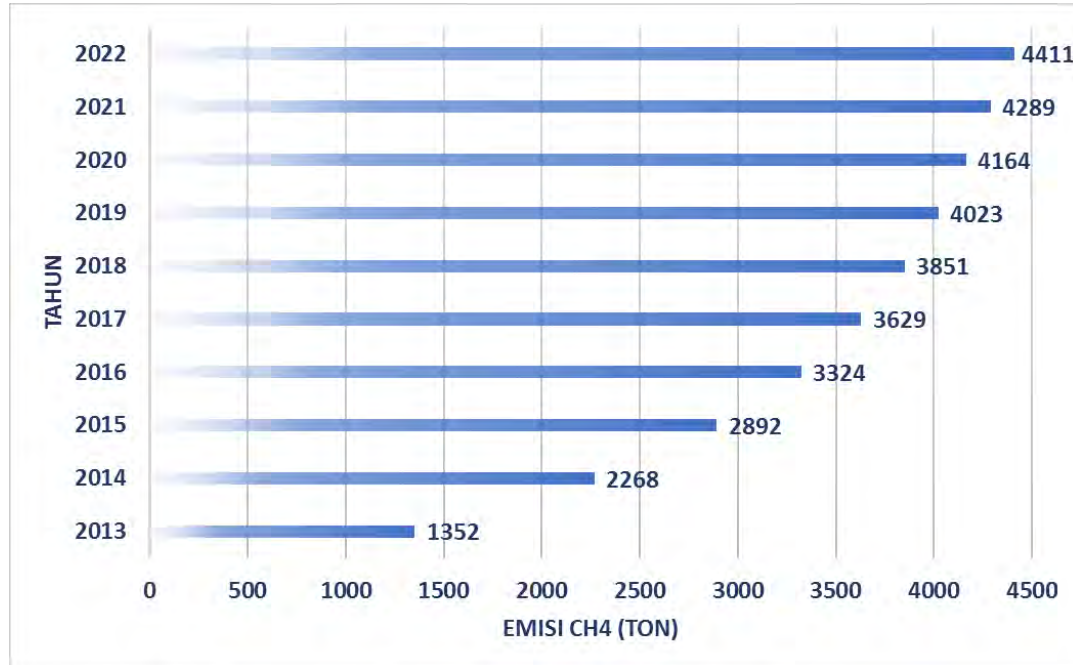


Gambar 5-19 Grafik Biaya Produksi MRF Apung

5. Biaya Emisi TPA

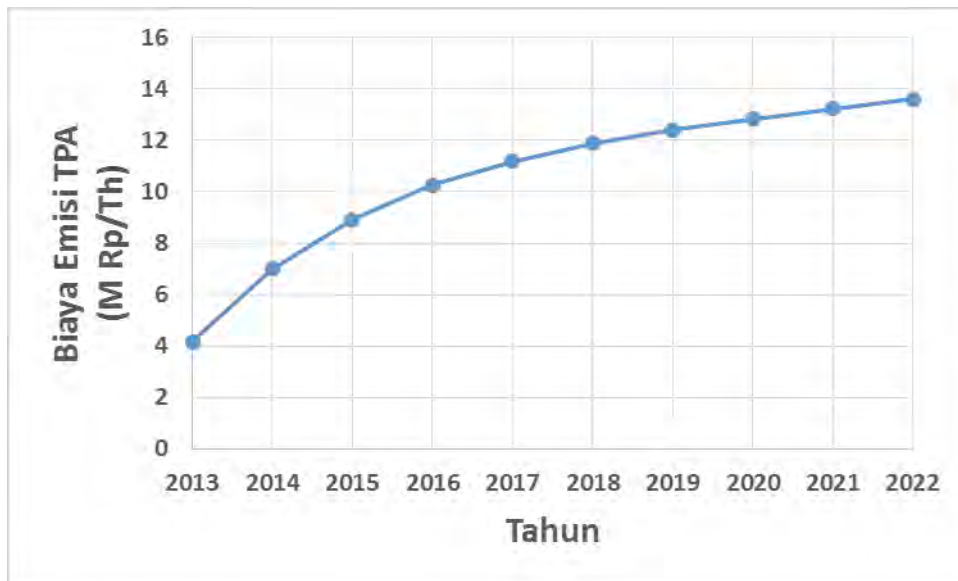
Sama seperti perhitungan emisi TPA pada kondisi eksting sebelumnya. Terlebih dahulu dilakukan perhitungan emisi dengan memasukkan jumlah ton sampah per tahun pada rumus *CDM tool* sehingga didapat jumlah ton emisi metana pada tahun tersebut.

Pada Gambar 5-20 menunjukkan grafik emisi metana dari tahun 2013 hingga tahun 2022 pada kondisi dimana konsep MRF Apung dioperasikan.



Gambar 5-20 Grafik Emisi Metana dari TPA Konsep MRF Apung

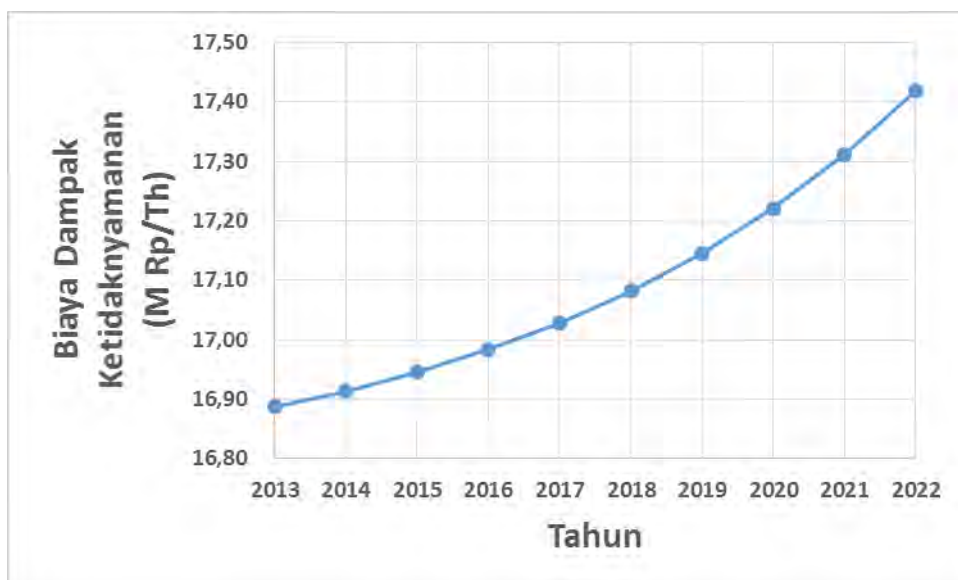
Setelah didapatkan hasil jumlah emisi metana langkah berikutnya adalah mengalikannya dengan biaya beban emisi untuk metana yang telah dikonversi ke-Rupiah sebesar Rp 3.085.192/ton. Berikut ini adalah perhitungan biaya emisi metana yang ditimbulkan dari penimbunan sampah di TPA.



Gambar 5-21 Grafik Biaya Emisi Metana Konsep MRF Apung

6. Biaya Dampak Ketidaknyamanan (*Disamenity Impacts Cost*)

Perhitungan biaya ketidaknyamanan pada konsep setelah MRF Apung dioperasikan sama seperti pada perhitungan dampak ketidaknyamanan kondisi eksisting yaitu dihitung berdasar jumlah fasilitas TPA yang digunakan. Karena TPA yang digunakan masih sama maka nilainya adalah satu unit TPA. Pembedanya pada jumlah ton sampah yang masuk di TPA karena telah mengalami proses reduksi. Berikut adalah perhitungan biaya dampak ketidaknyamanan dari penggunaan fasilitas TPA.



Gambar 5-22 Grafik Biaya Ketidaknyamanan Konsep MRF Apung

7. Biaya Emisi Pengangkutan

Untuk menganalisis mengenai emisi yang disebabkan dari proses pengangkutan muatan menggunakan suatu moda tertentu, dapat dilakukan dengan cara memperhitungkan banyaknya emisi karbon yang dihasilkan masing-masing moda. Menurut Wendy Aritenang, Ph.D. yang merupakan seorang staff ahli Menteri Perhubungan Bidang Lingkungan Hidup, banyaknya emisi karbon dapat dihitung menggunakan perhitungan Energi Panas/Satuan berat bahan bakar dan Kandungan CO₂/Satuan energi (Prasetyo 2013).

Tabel 5-34 Kandungan CO₂/Satuan Energi

Jenis Bahan Bakar	Kandungan CO ₂ (Gram/MJ)
Minyak Tanah	68,36
Natural Gas	50,3
LPG	59,76
Avtur	65,78
Diesel	69
MFO	67
Kayu Bakar	84
Batu Bara	88(bitumen),95(antrasit)

Sumber: (Prasetyo 2013)

Tabel 5-35 Energi Panas/Satuan Berat Bahan Bakar

Jenis Bahan Bakar	Energi Panas (MJ/Kg)
Minyak Tanah	47
Natural Gas / LNG	55
LPG	51
Avtur	47
Diesel	48
MFO	49
Ethanol	31
Methanol	20
Gasohol (10% ethanol)	45
Bio-diesel	40
Vegetable Oil	38

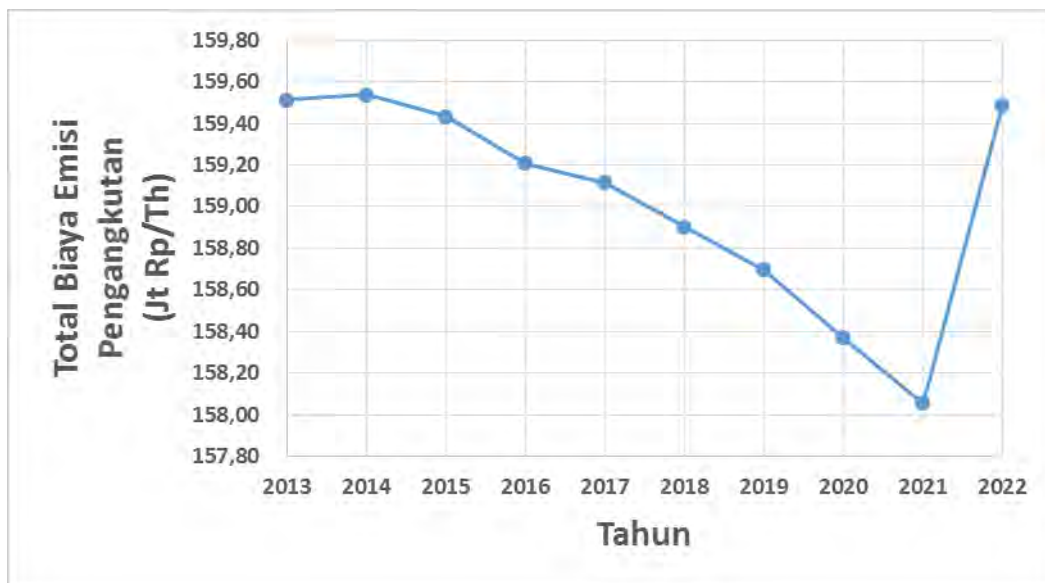
Sumber: (Prasetyo 2013)

Dengan cara mengkalikan kedua data dari dua tabel di atas, akan menghasilkan produksi CO₂ per Kg Bahan bakar. Lalu produksi CO₂ per Kg bahan bakar tersebut

dikalikan dengan berat jenis masing-masing bahan bakar (Prasetyo 2013). Sehingga didapatkan:

- 1 Liter solar menghasilkan 2848,32 gram CO₂
- 1 Liter MFO menghasilkan 3253,453 gram CO₂

Berikut ini tersaji hasil perhitungan biaya emisi karbon yang dihasilkan dari pengoperasian MRF Apung.



Gambar 5-23 Grafik Biaya Emisi Pengangkutan

Pada tahun 2022 grafik diatas menunjukkan kenaikan yang signifikan, hal ini disebabkan adanya penambahan armada darat dari 2 menjadi 3 unit sehingga jumlah emisi yang dihasilkan semakin meningkat.

5.3. Analisis Pengolahan Sampah di Darat

Analisis pengolahan sampah di darat dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pengolahan di darat sehingga bisa dibandingkan dengan besar biaya pada pengolahan sampah di laut.

5.3.1. Perhitungan Biaya Pengolahan Sampah di Darat

Sistem pengolahan sampah di darat hampir sama dengan sistem pengolahan yang dihunakan di laut. Namun dalam sistem pengolahan di darat tidak memerlukan pengangkutan sampah baik darat dan di laut karena lokasi pengolahan yang direncanakan berada di lokasi TPA Benowo. Selain itu pengolahan di darat tidak memerlukan

pembangunan dermaga seperti pengolahan sampah di laut yang memerlukan Depo Transfer. Sedangkan untuk internal khusus penambahan lahan dan biaya eksternal seperti emisi TPA, dampak kesehatan, dampak ketidaknyamanan adalah sama seperti dengan pengolahan sampah di laut karena instalasi dan sistem pengolahan yang digunakan sama sehingga reduksi sampah yang dihasilkan pun sama. Untuk itu dalam perhitungan ini berfokus pada perhitungan biaya pengolahan pada MRF darat.

1. Biaya MRF Darat

Biaya MRF Darat dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Biaya modal MRF Darat
2. Biaya operasional MRF Darat
3. Biaya produksi MRF Darat

A. Biaya Modal

Biaya modal ini adalah biaya untuk pembangunan fasilitas berupa bangunan MRF darat dan pembelian mesin untuk proses pengolahan sampah. Perhitungan kebutuhan ini juga berdasarkan jumlah sampah yang masuk tiap tahunnya. Berikut adalah tabel biaya modal pembangunan MRF dan biaya modal pembelian alat pengolahan sampah dan alat pendukungnya.

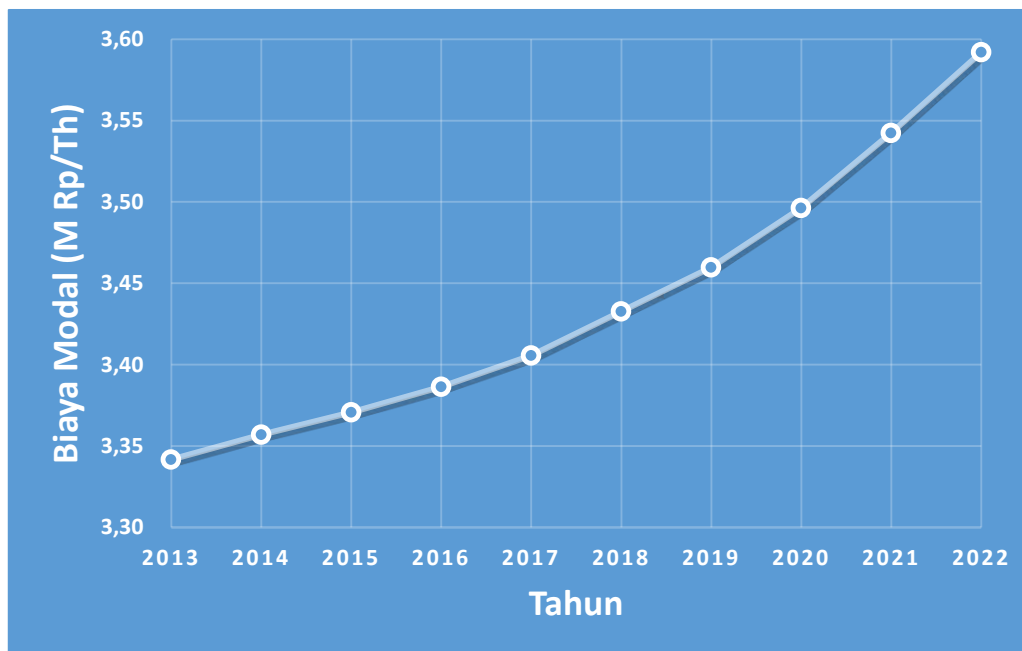
Tabel 5-36 Biaya Pembangunan MRF Darat

Tahun	Biaya Pembangunan					
	Lahan (m ²)	Biaya (Rp)	Bangunan (m ²)	Biaya (Rp)	Total (Rp)	Pinjaman (Rp)
2013	2.939	4.407.946.491	2.839	7.948.166.783	12.356.113.274	2.054.294.286
2014	2.960	32.090.358	2.860	59.902.001	91.992.358	2.069.588.689
2015	2.979	28.989.692	2.879	54.114.092	83.103.784	2.083.405.302
2016	3.001	32.740.549	2.901	61.115.691	93.856.239	2.099.009.589
2017	3.028	40.497.919	2.928	75.596.115	116.094.034	2.118.311.072
2018	3.066	56.961.326	2.966	106.327.809	163.289.135	2.145.459.086
2019	3.104	56.859.074	3.004	106.136.938	162.996.012	2.172.558.366
2020	3.155	76.463.797	3.055	142.732.421	219.196.219	2.209.001.342
2021	3.219	96.610.207	3.119	180.339.052	276.949.259	2.255.046.184
2022	3.289	104.181.477	3.189	194.472.090	298.653.566	2.304.699.525

Tabel 5-37 Biaya Alat MRF

Biaya Alat (Rp)					
Harga Mesin Sortir (M1) (Rp)	Harga Mesin Baler (M2) (Rp)	Harga Mesin Briket (M3) (Rp)	Forklift	Total (Rp)	Pinjaman (Rp)
201.484.142	534.018.987	6.905.131.579	102.080.412	7.742.715.120	1.287.283.070
-	-	-	-	-	1.287.283.070
-	-	-	-	-	1.287.283.070
-	-	-	-	-	1.287.283.070
-	-	-	-	-	1.287.283.070
-	-	201.484.142	-	201.484.142	1.287.283.070
-	-	-	-	-	1.287.283.070
-	-	-	-	-	1.287.283.070
-	-	201.484.142	-	201.484.142	1.287.283.070
-	-	-	-	-	1.287.283.070

Dari perhitungan biaya modal di atas dapat disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5-24. Dari hasil perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa biaya pada awal tahun pembangunan memerlukan biaya modal yakni pembelian lahan dan pembangunan fasilitas MRF. Sedangkan pada tahun tahun berikutnya biaya modal semakin meningkat karena biaya yang dibutuhkan merupakan biaya penambahan luas lahan seiring jumlah sampah yang masuk semakin meningkat.



Gambar 5-24 Grafik Biaya Modal MRF Darat

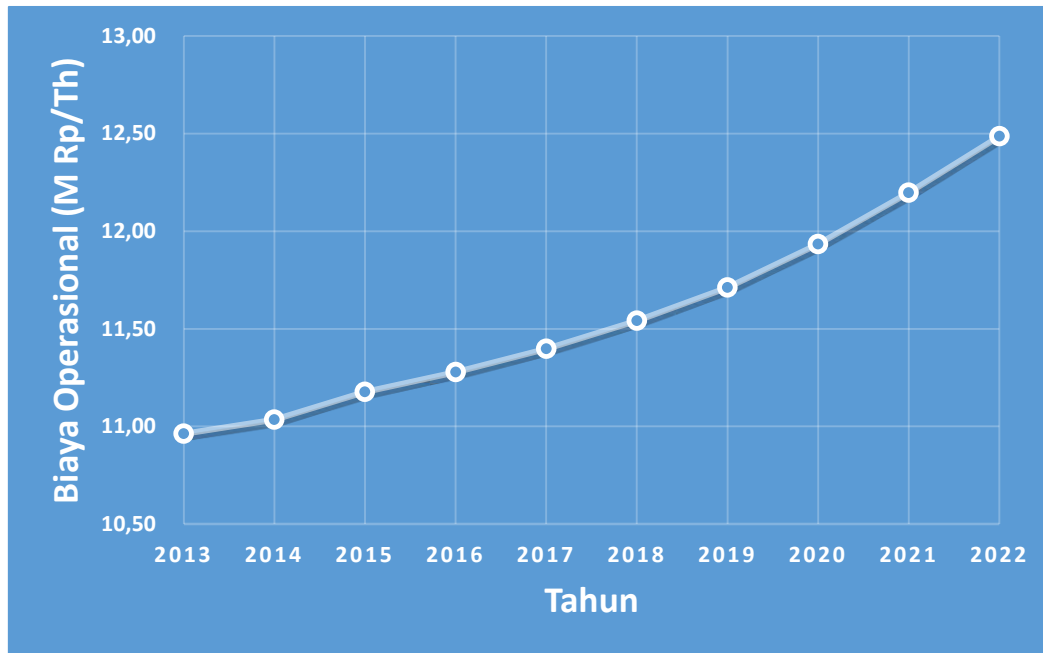
B. Biaya Operasional

Biaya operasional MRF darat adalah biaya rumah tangga MRF darat yang mencakup biaya penggunaan air, listrik, dan biaya gaji pegawai. menyajikan biaya operasional MRF darat setiap bulan. Tidak jauh berbeda dengan biaya operasional depo, biaya yang diperlukan untuk listrik MRF adalah Rp 1.529 /KWH, air Rp 10.000 /m³ dan layanan luar sebesar 10% biaya operasional. Setelah itu total biaya operasional dihitung per tahun selama umur perencanaan proyek. Biaya operasional juga mencakup biaya untuk merawat alat termasuk gaji operator. Biaya ini akan tetap ada meskipun alat pengolah sampah tidak dioperasikan. Dalam perhitungan biaya ini, diasumsikan bahwa biaya perawatan alat selama satu tahun sebesar 1% dari biaya investasinya khusus untuk biaya perawatan MRF Apung adalah sebesar 0,1% dari biaya pembelian moda. Gaji seorang operator bagian pengolahan sampah diasumsikan sebesar Rp. 54.000 per hari

Tabel 5-38 Biaya Operasional MRF Darat

Biaya Operasional (Rp)							
Maintenance Cost M1 (1% Harga)	Maintenance Cost M2 (1% Harga)	Maintenance Cost M3 (1% Harga)	Gaji Operator	Listrik	Air	Layanan luar	Total (Rp)
2.014.841	5.340.190	69.051.316	642.735.000	9.282.649.062	33.824.569	1.003.561.498	10.962.770.129
2.014.841	5.340.190	69.051.316	642.735.000	9.347.367.905	33.824.569	1.010.033.382	11.033.960.857
2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.424.423.259	36.567.102	1.022.981.171	11.176.386.532
2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.516.205.263	36.567.102	1.032.159.371	11.277.346.736
2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.625.540.053	36.567.102	1.043.092.850	11.397.615.005
2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.755.815.230	36.567.102	1.056.120.368	11.540.917.700
2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.911.061.411	36.567.102	1.071.644.986	11.711.688.499
2.014.841	5.340.190	69.051.316	707.940.000	10.096.077.695	37.481.280	1.091.790.532	11.933.289.507
2.014.841	5.340.190	69.051.316	726.570.000	10.316.607.319	38.395.457	1.115.797.912	12.197.370.689
2.014.841	5.340.190	69.051.316	726.570.000	10.579.475.670	38.395.457	1.142.084.747	12.486.525.875

Dari perhitungan biaya operasional di atas dapat disajikan dalam bentuk grafik. Dari hasil perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa biaya operasional semakin meningkat di setiap tahunnya hal ini dikarenakan jumlah sampah yang masuk semakin bertambah. Berikut adalah grafik biaya operasional MRF Darat.

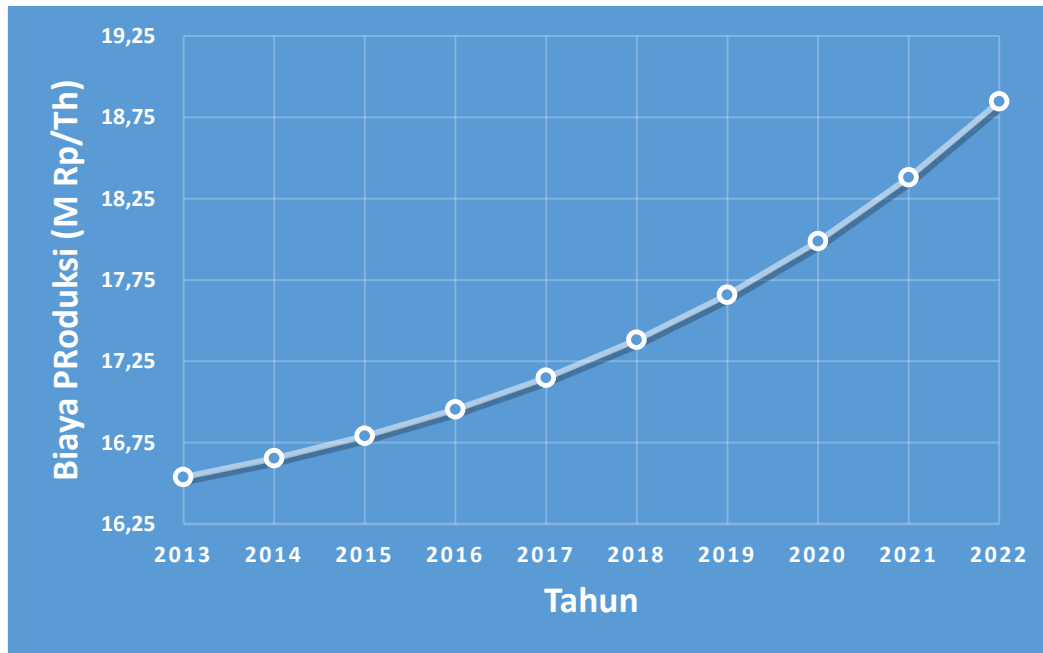


Gambar 5-25 Grafik Biaya Operasional MRF Darat

C. Biaya Produksi MRF Darat

Biaya produksi merupakan biaya energi yang dibutuhkan alat untuk bekerja mengolah sampah sesuai dengan kapasitasnya. Biaya ini hanya muncul apabila alat pengolah sampah bekerja mengolah sampah, atau dapat dianalogikan dengan biaya pelayaran pada perhitungan biaya kapal.

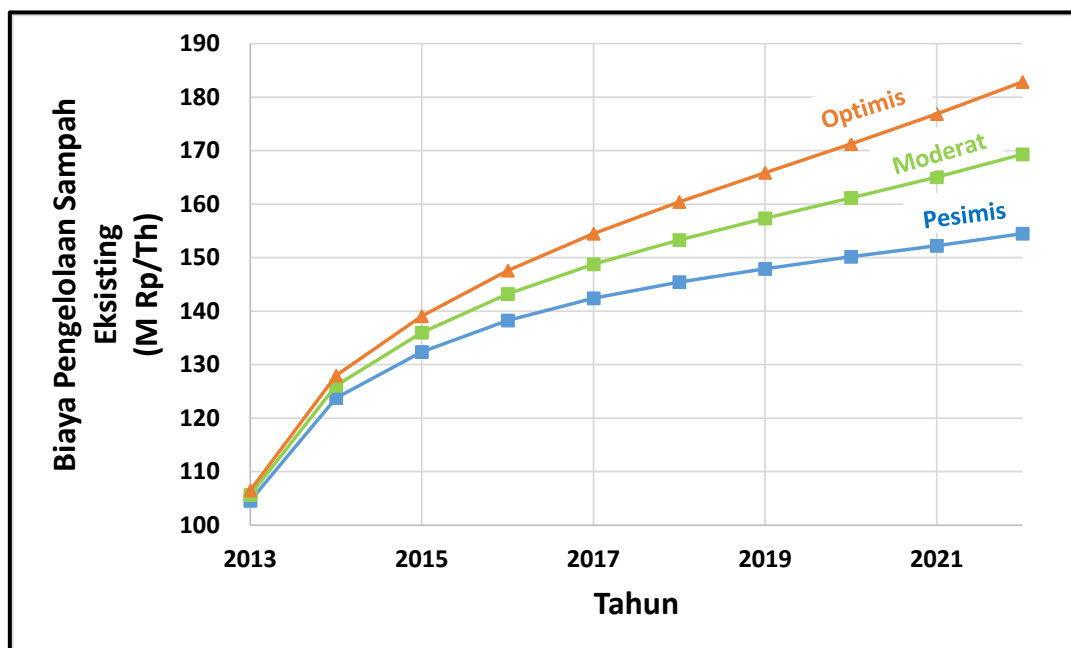
Biaya produksi besarnya berbanding lurus dengan kapasitas masing-masing alat. Jadi pada satu data didapat bahwa biaya produksi alat pengolah sampah ini sebagai berikut.



Gambar 5-26 Grafik Biaya Produksi MRF Darat

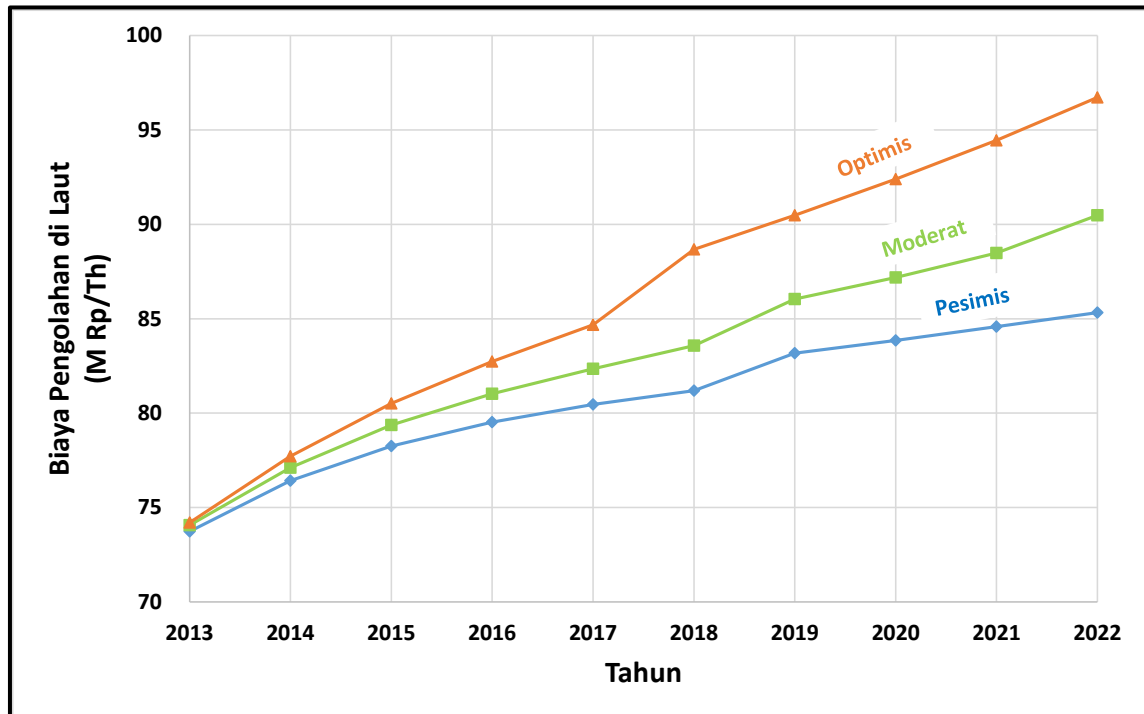
5.4. Rekapitulasi Perhitungan Biaya Pengelolaan Sampah di Darat (Eksisting), Pengolahan di Laut dan di Darat

Rekapitulasi perhitungan biaya pengelolaan sampah mencakup biaya eksternal dan internal. Berikut adalah gambar grafik rekapitulasi dari perhitungan biaya pengelolaan sampah eksisting, pengolahan di laut dan di darat dalam tiga skenario.



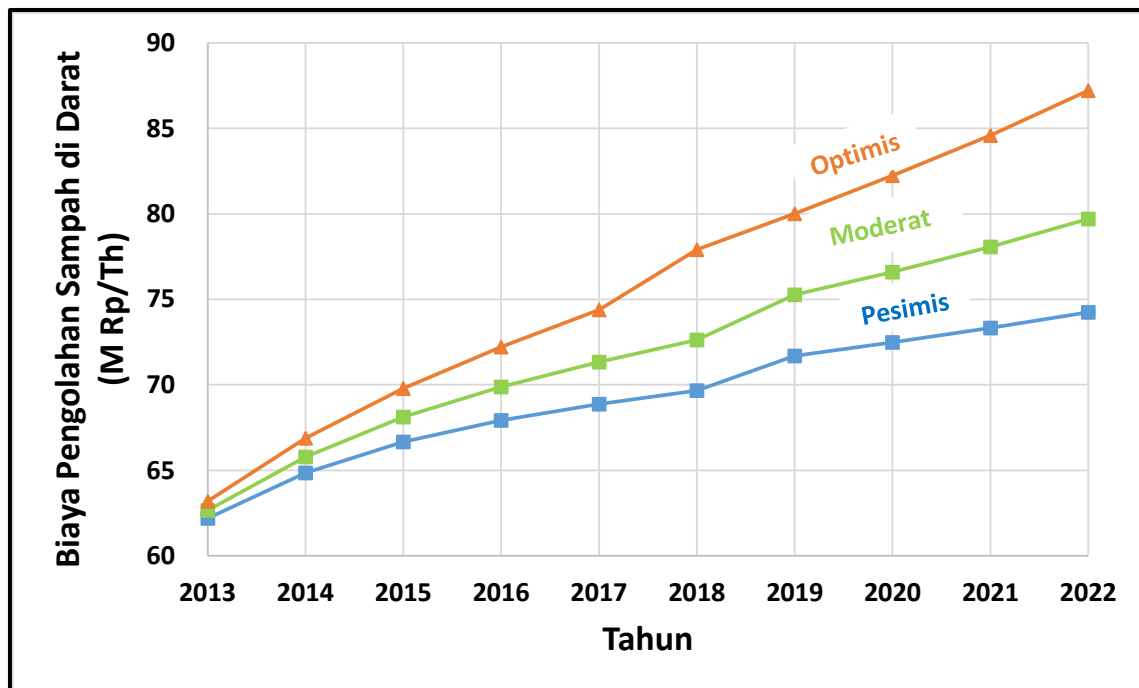
Gambar 5-27 Grafik Biaya Pengelolaan Sampah Eksisting

Selanjutnya adalah rekapitulasi dari total biaya pengelolaan sampah di laut. Rekapitulasi akan disajikan dalam bentuk grafik dalam masing-masing skenario sebagai berikut.



Gambar 5-28 Grafik Biaya Pengelolaan Sampah di Laut

Sedangkan dibawah ini merupakan gambar grafik dari rekapitulasi biaya pengolahan sampah di darat setiap tahunnya.



Gambar 5-29 Grafik Biaya Pengolahan Sampah di Darat

Dari hasil rekapitulasi masing – masing biaya pengelolaan sampah selanjutnya dilakukan perhitungan total biaya yang diekivalensi dalam nilai sekarang (*present value*) tahun 2013 dengan tingkat suku bunga sebesar 10,50% per tahun, inflasi diabaikan dan umur perencanaan operasi 10 tahun. Sehingga didapatkan nilai total biaya pengelolaan sampah pada masing-masing skenario seperti yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 5-39 Rekapitulasi Total Biaya Pengelolaan Sampah

Skenario	Total Biaya (Rp)		
	Eksisting	MRF Apung	MRF Darat
Pesimis	898.623.866.657	529.321.657.036	452.940.989.988
Moderat	939.859.849.840	542.103.366.037	468.701.895.418
Optimis	976.833.632.023	559.926.894.784	490.008.604.909

Berdasarkan rekapitulasi total biaya pengelolaan sampah dapat diambil salah satu contoh pada skenario moderat dimana total biaya eksisting yang dihasilkan sebesar 939 milyar rupiah, MRF Apung sebesar 542 milyar rupiah, MRF Darat sebesar 468 milyar rupiah. Sehingga dari hasil perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa total biaya pengelolaan sampah eksisting lebih tinggi daripada biaya pengolahan sampah di laut dan di darat. Hal ini dikarenakan kebutuhan lahan yang besar untuk menimbun sampah yang

tanpa melewati proses reduksi selain itu biaya eksternal eksisisting yang ditanggung lebih besar daripada pengolhana di laut maupun di darat.

Kesimpulan kedua yang bisa didapat dari rekapitulasi total biaya adalah pengoperasian pengolahan sampah di laut atau MRF Apung masih lebih mahal dibanding pengoperasian pengolahan sampah di darat atau MRF Darat. Hal ini dikarenakan dalam pengoperasian MRF Apung membutuhkan biaya pengangkutan sampah baik darat yakni dari TPA menuju depo transfer dan di laut yakni dari depo transfer menuju MRF Apung. Meski kebutuhan lahan depo transfer lebih kecil dibanding dengan kebutuhan lahan MRF Darat akan tetapi selisihnya tidak begitu besar. Namun untuk dapat memastikan kelayakan dari pengoperasian MRF Apung dan MRF Darat diperlukan analisis secara kaseluruhan dari rasio antara biaya yang dikeluarkan dengan manfaat yang didapat.

5.5. Perhitungan Manfaat Pengelolaan Sampah di Laut

Adapun identifikasi manfaat dilakukan untuk mengetahui dampak manfaat yang ditimbulkan setelah konsep MRF Apung dioperasikan. Manfaat yang didapat meliputi manfaat dalam bentuk berwujud (internal) maupun tidak berwujud (eksternal). Manfaat internal antara lain penghematan biaya kebutuhan lahan dan penambahan nilai sampah, sedangkan yang termasuk manfaat eksternal adalah penghematan dampak kesehatan.

5.5.1. Penghematan Biaya Kebutuhan Lahan

Penghematan kebutuhan lahan dihitung dari selisih antara lahan yang dibutuhkan dalam pengelolaan sampah eksisting dibandingkan dengan kebutuhan lahan setelah menggunakan MRF Apung sehingga akan diketahui penghematan dari biaya kebutuhan lahan sesuai harga tanah per meter persegi saat penelitian ini dilakukan. Berikut adalah gambar grafik manfaat penghematan kebutuhan lahan:



Gambar 5-30 Grafik Penghematan Biaya Kebutuhan Lahan

Gambar 5-30 menunjukkan grafik total manfaat penghematan dari kebutuhan lahan. Pada tahun awal grafik manfaat penghematan menunjukkan nilai negatif hal ini dikarenakan kebutuhan awal lahan untuk membangun depo transfer.

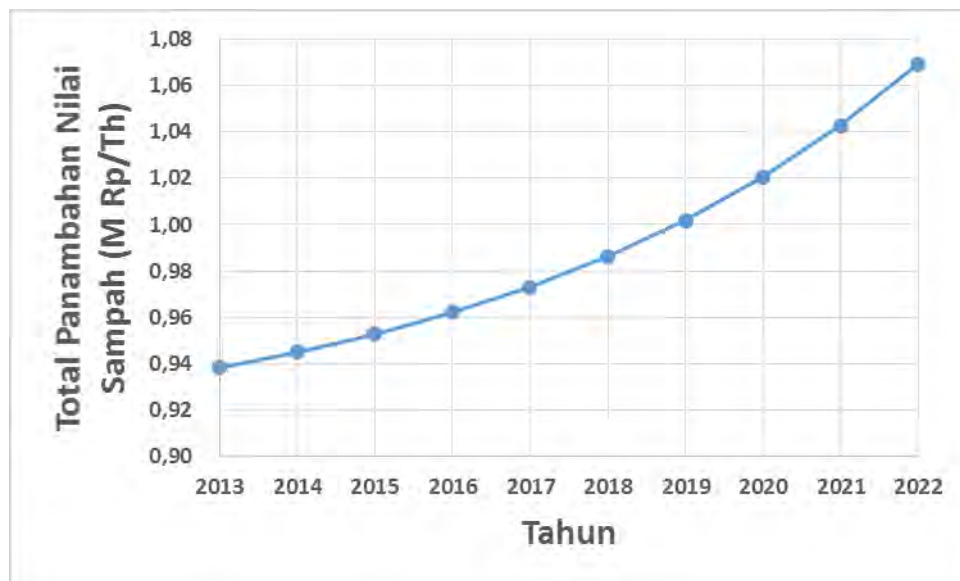
5.5.2. Penambahan Nilai Sampah

Sampah ketika hanya sekedar ditimbun saja dan tidak diolah akan memiliki dilai yang berbeda jika sampah tersebut telah mengalami pengolahan sehingga menjadi produk yang memiliki nilai lebih. Penambahan nilai sampah setelah diolah didapat dengan memvaluasi nilai produk hasil olahan sampah menurut jenis peoduk dan harga yang ada di pasaran. Dengan menggunakan harga komponen sampah kering yang dapat didaur ulang yang berlaku di Kota Surabaya, nilai ekonomi sampah di Kota Surabaya dapat diperkirakan. Estimasi nilai jual jenis sampah kering, yang terdiri atas plastik, kertas, kaca/gelas, dan logam sebesar Rp. 337.050.000/hari. Berikut ini adalah tabel estimasi nilai jual komponen sampah di Kota Surabaya.

Tabel 5-40 Estimasi Nilai Jual Komponen Sampah di Kota Surabaya

Komponen sampah	Kuantitas (ton/hari)	Harga rata-rata (Rp/kg)	Potensi nilai jual (Rp/hari)
Sampah kering			
- Plastik	109	1500	163.500
- Kertas	62,7	1000	50.160.000
- Gelas/kaca	25,7	500	9.766.000
- Logam	24,5	4000	49.000.000
Jumlah	221,9		207.026.000
Produk kompos (potensial)	375,4	700	187.700.000
Total			394.726.000

Untuk mengetahui nilai tambah sampah setelah melalui proses pengolahan di MRF Apung yaitu dengan mengalikan total berat masing-masing jenis produk olahan dengan estimasi nilai jual jenis sampah seperti pada tabel diatas. Khusus briket jenis biobriket harga yang ada di pasaran adalah 3000 rupiah per kilogram. Berikut dalah grafik hasil perhitungan nilai tambah sampah setelah diolah di MRF Apung.



Gambar 5-31 Grafik Nilai Tambah Sampah

Dalam perhitungan manfaat MRF Darat menggunakan hasil yang sama dengan perhitungan manfaat MRF Apung karena teknologi dan mekanisme pengolahan sampah menggunakan sistem yang sama. Sehingga manfaat antara MRF Apung dan MRF Darat adalah sama.

5.5.3. Penghematan Biaya Dampak Kesehatan

Biaya dampak kesehatan merupakan biaya ekonomi dari penyakit yang diderita oleh penduduk sebagai akibat adanya pengoperasian MRF Apung ini. Pengelolaan sampah pada MRF Apung sendiri pada saat memasuki kawasan Depo Transfer, sampah ditampung pada lahan penerimaan di dalam bangunan Depo Transfer yang merupakan ruang tertutup. Sedangkan area pengolahan berada di tengah laut jauh dari pemukiman penduduk. Namun memang MRF Apung sendiri masih memanfaatkan lahan TPA sebagai lahan penimbunan residu yang sudah tidak bisa diolah kembali. Sehingga penggunaan TPA masih memiliki potensi dampak kesehatan bagi penduduk di sekitar kawasan tersebut. Sebelum melakukan perhitungan biaya terlebih dahulu perlunya mengidentifikasi jenis penyakit yang paling mendekati dan memiliki korelasi sebagai akibat dari timbulan sampah di TPA. Polusi udara menjadi salah satu hasil dari adanya timbulan sampah di TPA sehingga jenis penyakit yang paling mendekati sebagai akibat adanya TPA adalah penyakit yang berhubungan dengan sistem pernafasan. Berdasarkan data (surabayakota.bps.go.id 2013) dalam sebuah publikasi BPS Surabaya yang berjudul “Kecamatan Benowo Dalam Angka 2013” menunjukkan data 10 kasus penyakit besar di kecamatan Benowo. Dimana jenis penyakit yang menduduki peringkat pertama adalah jenis penyakit Infeksi akut Lain Pernafasan Atas (ISPA) yakni sebesar 1001 kasus. Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan hubungan jumlah timbulan sampah dengan jumlah kasus penyakit di kecamatan Benowo

Tabel 5-41 Jumlah Kasus Penyakit ISPA di Benowo dan di Surabaya

Periode	Tahun	Jumlah Sampah (ton)	Jumlah Kasus Penyakit ISPA di Benowo	Jumlah Kasus Penyakit ISPA di Surabaya
1	2008	1103	691	460.390
2	2009	1117	138	92.099
3	2010	1113	976	650.217
4	2011	1149	859	572.285
5	2012	1188	1.001	667.199

Dari data di atas didapatkan persamaan linier untuk jumlah kasus penyakit ISPA di kecamatan Benowo:

$$Y = 4,785653706X + (-4694,118887)$$

Dimana: Y = Kasus penyakit ISPA dan X = Jumlah ton sampah.

Penghematan biaya dampak kesehatan dapat dihitung dengan total biaya dampak kesehatan dengan memakai konsep kondisi eksisting dikurangi biaya dampak kesehatan setelah pengoperasian MRF Apung. Biaya dampak kesehatan dapat dihitung dengan mengalikan jumlah kasus penyakit akibat penimbunan sampah di TPA dengan Tarif *Indonesian - Case Based Groups* (Tarif INA – CBGs). Sehingga akan didapat besaran penghematan biaya dampak kesehatan. Berikut adalah gambar grafik penghematan dampak kesehatan.



Gambar 5-32 Grafik Penghematan Biaya Dampak Kesehatan

5.6. Analisis Biaya Manfaat (*Benefit – Cost Ratio*)

Setelah dilakukan perhitungan data-data pada langkah sebelumnya maka langkah terakhir dari analisis biaya manfaat adalah menentukan nilai *Benefit - Cost Ratio* (BCR). Pada langkah ini dimana perhitungan sebelumnya seluruh analisis biaya dan manfaat di rekap kemudian diekivalensi dalam nilai sekarang (*present value*) tahun 2013 dengan tingkat suku bunga sebesar 10,50% per tahun, inflasi diabaikan dan umur perencanaan operasi 10 tahun. Kemudian total nilai manfaat dibagi dengan nilai dari biaya dari masing-masing pengoperasian MRF Apung dan MRF Darat. Setelah hasil nilai BCR didapat maka akan bisa diketahui apakah konsep MRF Apung akan ekonomis bila dijalankan dibanding MRF Darat. Jika nilai BCR lebih dari 1 maka konsep layak dijalankan dan apabila kurang dari 1 maka konsep tersebut tidak layak untuk dijalankan. Sehingga dengan membandingkan nilai rasio manfaat dan biaya dari kedua alternatif konsep

pengolahan sampah tersebut akan bisa diputuskan alternatif mana yang layak dilaksanakan.

Menurut (Pujawan, 2008) alternatif ‘*do nothing*’ tetap dipertimbangkan dalam pemilihan alternatif ini. Artinya, apabila secara individual alternatif-alternatif tersebut tidak ada yang memiliki rasio B/C lebih besar dari satu maka sebaiknya tidak ada satupun diantara alternatif-alternatif tersebut yang dilaksanakan. Berikut adalah tabel perhitungan BCR pada masing-masing konsep pengolahan sampah.

Tabel 5-42 Perhitungan *Benefit – Cost Ratio* MRF Apung

BCR MRF Laut	Komponen	Nilai (Rp)		
	Benefit Cost	Pesimis	Moderat	Optimis
	Total Manfaat	50.775.389.847	54.705.983.542	63.031.183.171
	Total Biaya	529.321.657.036	542.103.366.037	559.926.894.784
	Rasio	0,10	0,10	0,11
	Nilai Kelayakan	Tidak Layak	Tidak Layak	Tidak Layak

Tabel 5-43 Perhitungan *Benefit – Cost Ratio* MRF Darat

BCR MRF Darat	Komponen	Nilai (Rp)		
	Benefit Cost	Pesimis	Moderat	Optimis
	Total Manfaat	50.561.399.402	54.485.046.593	62.818.439.390
	Total Biaya	452.940.989.988	468.701.895.418	490.008.604.909
	Rasio	0,11	0,12	0,13
	Nilai Kelayakan	Tidak Layak	Tidak Layak	Tidak Layak

Berdasarkan tabel perhitungan BCR dari MRF Apung diatas pada skenario pesimis didapatkan nilai rasio B/C sebesar 0,10 yang berarti nilai B/C MRF Apung < 1 sehingga bisa disimpulkan bahwa MRF Apung tidak layak untuk dijalankan pada kondisi pesimis. Untuk kondisi moderat didapatkan nilai B/C sebesar 0,10 yang berarti nilai B/C MRF Apung < 1 sehingga bisa disimpulkan bahwa MRF Apung tidak layak dijalankan pada kondisi moderat. Sedangkan pada kondisi Optimis didapatkan nilai B/C sebesar 0,11 yang berarti nilai B/C MRF Apung < 1 sehingga bisa disimpulkan bahwa MRF Apung tidak layak dijalankan pada kondisi optimis.

Sedangkan pada tabel perhitungan BCR dari MRF Darat pada skenario pesimis didapatkan nilai rasio B/C sebesar 0,11 yang berarti nilai B/C MRF Darat < 1 sehingga bisa disimpulkan bahwa MRF Darat tidak layak untuk dijalankan pada kondisi pesimis. Untuk kondisi moderat didapatkan nilai B/C sebesar 0,12 yang berarti nilai B/C MRF Darat < 1 sehingga bisa disimpulkan bahwa MRF Darat tidak layak dijalankan pada kondisi moderat. Sedangkan pada kondisi Optimis didapatkan nilai B/C sebesar 0,13 yang

berarti nilai BCR MRF Darat < 1 sehingga bisa disimpulkan bahwa MRF Darat tidak layak dijalankan pada kondisi optimis.

Setelah perhitungan rasio B/C diatas dapat diketahui bahwa dari kedua alternatif pengolahan sampah baik MRF Apung maupun MRF Darat dan pada semua kondisi skenario baik pesimis, moderat dan optimis tidak layak untuk dijalankan. Maka dengan begitu alternatif '*do nothing*' atau pengelolaan sampah di darat (eksisting) masih bisa dipertimbangkan untuk dijalankan.

5.7. Analisis Sensitivitas

Hasil analisis biaya manfaat dari pengelolaan sampah di laut menunjukkan bahwa dalam pengoperasian pengelolaan tersebut masih belum layak untuk dijalankan pada kondisi pesimis, moderat dan optimis. Hal ini dikarenakan nilai manfaat yang didapat lebih kecil dibanding dengan nilai biaya yang dikeluarkan.

Pada tahun 2000 pada saat kondisi ekonomi mulai bangkit dari krisis moneter dan masih belum banyak perumahan terbangun disana, harga lahan permeter rata-rata yang ada di Citraland adalah Rp750.000 yang tepatnya terletak di sebagian Kecamatan Lakarsantri dan Kecamatan Sambikerep, kemudian pada tahun 2005 pada lokasi yang sama harga lahan meningkat menjadi sekitar Rp3.000.000, dimana pada saat itu usaha properti dan investasi tanah mengalami puncak kejayaan. Seiring dengan tumbuhnya perumahan-perumahan baru dan fasilitas yang terus dibangun hingga tahun 2012 harga lahan masih terus meningkat dan di kawasan Citraland sendiri rata-rata harga lahan mencapai Rp6.000.000/m². Hal ini mengakibatkan harga perumahan skala kecil lainnya juga ikut meningkat, dan mengalami perembetan ke arah kawasan yang memiliki ketersediaan lahan yaitu seperti Kecamatan Pakal dan Kecamatan Benowo (Ghana & Navastara, 2012). Dengan memperhatikan dinamika harga lahan yang terjadi di Surabaya Barat tersebut maka biaya pembebasan lahan disekitar lokasi TPA Benowo di masa depan akan membutuhkan biaya yang besar.

Dengan melihat harga tanah yang cenderung semakin meningkat sedangkan pengeolaan sampah di darat yang membutuhkan lahan besar. Dilain sisi manfaat pengelolaan sampah di laut berupa penghematan lahan sehingga pengelolaan sampah di laut memiliki potensi pada biaya operasional di masa depan. Maka untuk mengetahui kelayakan ekonomi antara pengelolaan sampah di darat dengan di laut selanjutnya perlu

dilakukan analisis harga lahan terhadap biaya berwujud atau (internal) pada masing-masing pengelolaan sampah. Berikut adalah item biaya yang digunakan dalam menganalisis sensitivitas harga tanah terhadap biaya pengelolaan.

Tabel 5-44 Item Biaya Pengelolaan Sampah

Item	Pengelolaan di Laut	Pengolahan di Darat (Eksisting)
Pengangkutan Darat	Dump trailer truck	-
Shipment	Tongkang dan tugboat	-
Lahan Penerimaan Awal	Depo Transfer	-
Lahan Penerimaan Akhir	TPA	TPA
Olah Sampah	MRF Apung	-
Storage Produk + Residu	Depo Transfer	-

Berikut ini adalah contoh perhitungan biaya pada masing-masing pengelolaan sampah.

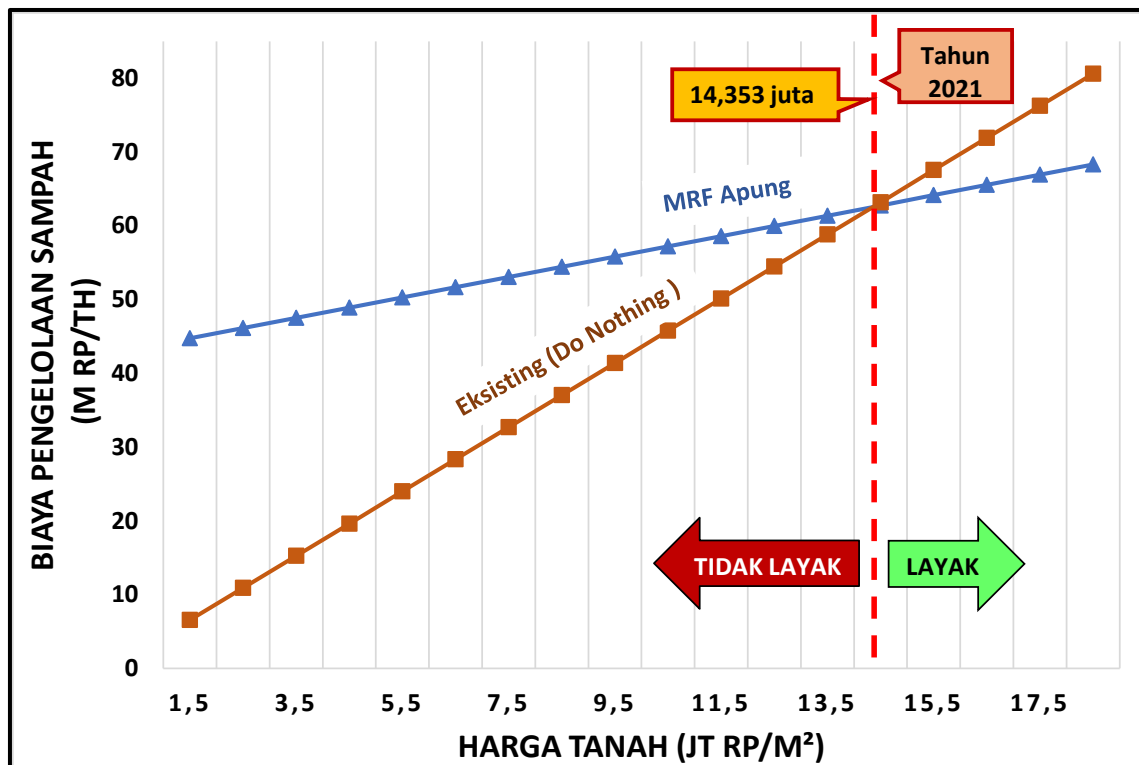
Tabel 5-45 Biaya Pengelolaan Sampah di Laut

Pengelolaan Sampah di Laut				Biaya per Harga Lahan			
Item	Biaya	Luas Tanah (m2)	Satuan				
Biaya	Harga Lahan		Rp/m2	1.500.000	6.500.000	11.500.000	16.500.000
	Angsuran		Rp/tahun	249.386	1.080.673	1.911.959	2.743.246
Pengangkutan Darat	Truk		(Rp/tahun)	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258
Shipment	Kapal	-	(Rp/tahun)	13.859.041.863	13.859.041.863	13.859.041.863	13.859.041.863
Lahan Penerimaan Awal	Depo Transfer	2.424	(Rp/tahun)	3.953.092.046	5.968.490.062	7.983.888.078	9.999.286.094
Olah Sampah	MRF Apung	-	(Rp/tahun)	25.916.970.476	25.916.970.476	25.916.970.476	25.916.970.476
Storage Produk + Residu	Depo Transfer	723	(Rp/tahun)	180.315.470	781.367.037	1.382.418.604	1.983.470.171
Lahan Penerimaan Akhir	TPA	5.988	(Rp/tahun)	1.493.346.485	6.471.168.101	11.448.989.718	16.426.811.334
Total			(Rp/tahun)	47.356.627.598	54.950.898.798	62.545.169.997	70.139.441.197

Tabel 5-46 Biaya Pengelolaan Sampah Eksisting

Pengelolaan Sampah di Darat (Eksisting)				Biaya per Harga Lahan			
Item	Biaya	Luas Tanah (m2)	Satuan				
Biaya	Harga Lahan		Rp/m2	1.500.000	6.500.000	11.500.000	16.500.000
	Angsuran		Rp/tahun	249.386	1.080.673	1.911.959	2.743.246
Shipment	-		(Rp/tahun)	-	-	-	-
Lahan Penerimaan	TPA	28.655	(Rp/tahun)	7.146.265.214	30.967.149.262	54.788.033.310	78.608.917.358
Olah Sampah	-		(Rp/tahun)	-	-	-	-
Storage Produk + Residu	-		(Rp/tahun)	-	-	-	-
Total			(Rp/tahun)	7.146.265.214	30.967.149.262	54.788.033.310	78.608.917.358

Berikut adalah grafik dari hubungan harga tanah terhadap biaya operasional pengelolaan sampah pada skenario pesimis.



Gambar 5-33 Grafik Hubungan Harga Tanah terhadap Biaya Pengelolaan Sampah Skenario Pesimis

Pertumbuhan harga tanah pada tahun 2005-2012 mencapai 297% (Ghana & Navastara, 2012). Untuk bisa mengetahui estimasi tahun pada saat harga tanah tertentu digunakan analisis regresi. Berikut adalah tabel perkiraan harga tanah.

Tabel 5-47 Perkiraan Harga Tanah Benowo

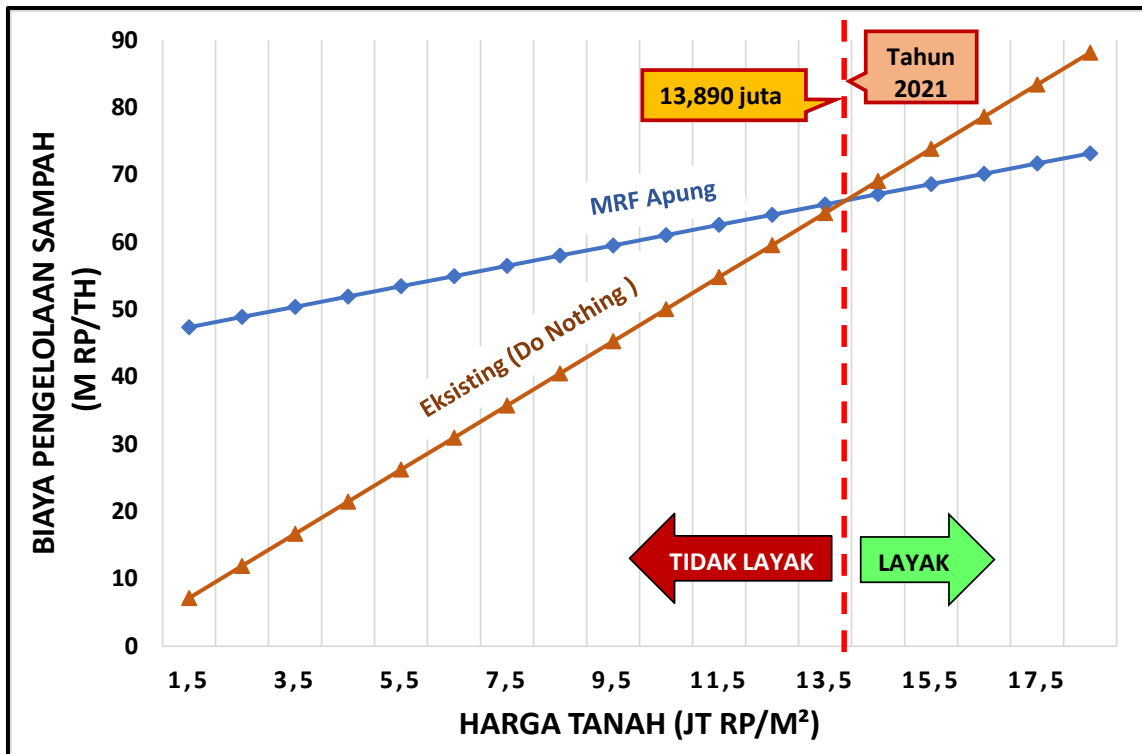
Tahun	Harga Tanah
2012	1.000.000
2019	3.970.000
2026	15.760.900
2033	62.570.773

Dari data di atas didapatkan persamaan linier untuk harga tanah per meter persegi di kecamatan Benowo:

$$Y = 2,81238E-07X + 2016,643098$$

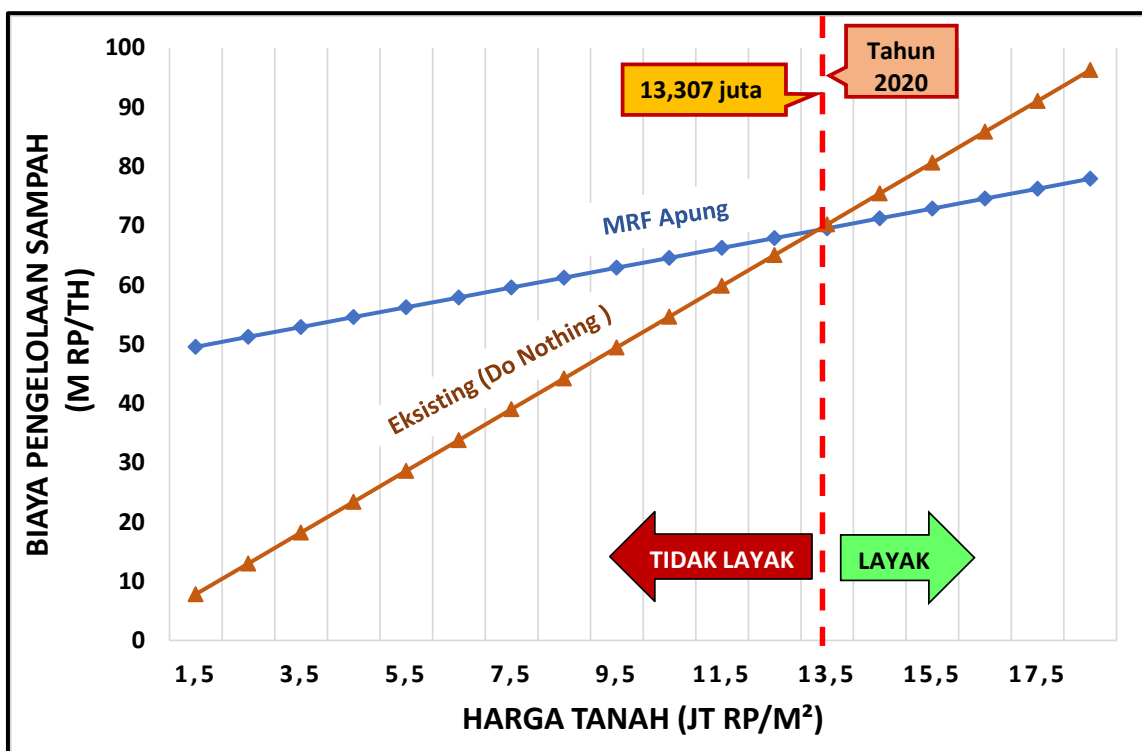
Dimana: Y = Tahun dan X = Harga tanah.

Berikut adalah grafik dari hubungan harga tanah terhadap biaya operasional pengelolaan sampah pada skenario moderat.



Gambar 5-34 Grafik Hubungan Harga Tanah terhadap Biaya Pengelolaan Sampah Skenario Moderat

Berikut adalah grafik dari hubungan harga tanah terhadap biaya operasional pengelolaan sampah pada skenario optimis.



Gambar 5-35 Grafik Hubungan Harga Tanah terhadap Biaya Pengelolaan Sampah Skenario Optimis

Berdasarkan ketiga grafik hubungan harga tanah terhadap biaya pengelolaan sampah antara di darat dan di laut dapat diketahui bahwa biaya pengelolaan sampah di laut pada awalnya akan lebih besar dibanding dengan pengelolaan sampah eksisting. Namun pada skenario pesimis saat harga tanah mencapai 14,4 juta rupiah per m² pada tahun 2021 maka alternatif pengolahan sampah dengan menggunakan MRF Apung akan layak dijalankan dibanding dengan pengelolaan sampah eksisting. Begitupun juga pada skenario moderat, MRF Apung akan layak dijalankan ketika harga tanah mencapai 13,9 juta rupiah per m² pada tahun 2021. Pada skenario optimis MRF Apung akan layak dijalankan saat harga tanah mencapai 13,3 juta rupiah per m² pada tahun 2020.

Pengolahan sampah di laut jika ditinjau secara nalar/logika sejak dari awal pengoperasiannya bisa dikatakan tidak layak dibanding dengan pengolahan sampah di darat apalagi dengan kondisi eksisting sekarang ini. Namun alternatif pengolahan sampah di laut ini muncul untuk mengantisipasi keterbatasan lahan dan peningkatan harga tanah. Di masa depan persepek kebutuhan lahan di Surabaya untuk properti dan pemukiman akan lebih meningkat dan diutamakan dibanding proporsi lahan untuk fasilitas penimbunan sampah dan tanah pemakaman. Meski ada beberapa warga yang bersedia bermukim di sekitar kawasan TPA Benowo akan tetapi hal ini tidak selamanya tidak menimbulkan konflik sosial.

Seperti yang telah dicatat dalam laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Surabaya oleh (Badan Lingkungan Hidup, 2009) bahwa daerah perumahan di wilayah sekitar TPA Benowo sebagian besar merupakan perumahan kampung yang lokasinya menempati stren-stren sungai dan memanfaatkan tanah kosong yang ada. Persebaran perumahan yang menempati stren sungai yaitu: di pinggir Kali Lamong. Permukiman yang memanfaatkan tanah-tanah kosong awalnya hanya digunakan bagi masyarakat yang mempunyai pekerjaan sebagai penjaga tambak dengan persetujuan pemilik tambak, tetapi dalam perjalanan waktu akhirnya dibangun menjadi perumahan yang permanen, berubah status kepemilikan dan pada akhirnya sekaligus berfungsi sebagai tempat tinggal. Daerah pemukiman yang penduduknya padat dan berkembang menjadi perkampungan dapat ditemui di wilayah Tambak Dono yang terletak di sebelah barat dan juga di sebelah selatan di sepanjang jalan Tandes – Benowo. Sehingga pemukiman ini bisa dikategorikan sebagai pemukiman kumuh.

Umumnya yang bertempat tinggal di lokasi ini adalah masyarakat yang berpenghasilan rendah bersedia tinggal walaupun kondisi lingkungan fisiknya buruk. Hal ini disebabkan karena lingkungan fisik yang baik belum menjadi kebutuhan prioritas mereka, yang lebih diprioritaskan adalah memperoleh kesempatan di bidang ekonomi untuk mencukupi kebutuhan mereka. Di Kota Surabaya sendiri yang merupakan kota besar akan lebih sering ditemui kawasan-kawasan kumuh dibanding dengan kota-kota lain (Badan Lingkungan Hidup, 2009).

Apabila jumlah sampah yang meningkat seiring pertumbuhan jumlah penduduk Surabaya sehingga menyebabkan kebutuhan lahan untuk penimbunan sampah semakin besar maka pembebasan lahan untuk TPA semakin meluas tidak hanya sampai di pemukiman kumuh tapi bahkan akan sampai di pemukiman dengan konsentrasi penduduk kalangan menengah ke atas. Hal ini tentunya bisa menimbulkan konflik sosial. Maka dari itu alternatif pengolahan sampah di laut atau MRF Apung akan menjadi solusi yang tepat di masa depan.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil proyeksi jumlah timbunan sampah Surabaya pada tahun 2022 adalah 1.267 ton/hari untuk skenario pesimis, pada skenario moderat 1.385 ton/hari dan skenario optimis sebesar 1.513 ton/hari .
2. Total biaya pengelolaan sampah di darat (eksisting) pada skenario pesimis sebesar 898,6 milyar rupiah, skenario moderat sebesar 939,9 milyar rupiah, skenario optimis sebesar 976,8 milyar rupiah. Untuk total biaya yang diperlukan dalam pengolahan sampah di laut (MRF Apung) pada skenario pesimis adalah sebesar 529,2 milyar rupiah, skenario moderat 542,2 milyar rupiah dan skenario optimis sebesar 561,8 milyar rupiah. Sedangkan total biaya yang diperlukan dalam pengolahan sampah di darat (MRF Darat) pada skenario pesimis adalah sebesar 452,9 milyar rupiah, skenario moderat sebesar 468,7 milyar rupiah, dan skenario optimis sebesar Rp 490 milyar rupiah.
3. Manfaat dari konsep Pengolahan Sampah Apung pada skenario pesimis adalah sebesar 50,8 milyar rupiah, skenario moderat sebesar 54,7 milyar rupiah, dan skenario optimis sebesar 63 milyar rupiah.
4. Nilai *Cost Benefit Ratio* yang dihasilkan oleh MRF Apung pada skenario pesimis adalah 0,10 yang berarti konsep Pengolahan Apung belum layak dijalankan, skenario moderat adalah 0,10 yang berarti konsep ini belum layak dijalankan dan skenario optimis 0,11 yang berarti konsep ini belum layak dijalankan.
5. Hasil analisis sensitivitas harga tanah terhadap biaya pengelolaan sampah pada skenario pesimis saat harga tanah mencapai 14,4 juta rupiah per m² pada tahun 2021 maka alternatif pengolahan sampah dengan menggunakan MRF Apung akan layak dijalankan dibanding dengan pengelolaan sampah eksisting. Pada skenario moderat,

MRF Apung akan layak dijalankan ketika harga tanah mencapai 13,9 juta rupiah per m² pada tahun 2021. Pada skenario optimis MRF Apung akan layak dijalankan saat harga tanah mencapai 13,3 juta rupiah per m² pada tahun 2020.

6.2. Saran

1. Hasil studi ini masih bersifat wacana maka perlu dilakukan studi lanjutan terkait dengan desain konseptual dan perhitungan teknis konstruksi dari MRF Apung.
2. Perlu dilakukan perhitungan lebih lanjut terkait dengan kelayakan investasi dari pengoperasian MRF Apung sebagai alat bantu pemerintah dalam proses pengambilan keputusan tata kelola sampah di laut.

LAMPIRAN A
PROYEKSI JUMLAH SAMPAH

Periode	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)			Jumlah Timbulan Sampah (ton/hari)		
		Pesimis	Moderat	Optimis	Pesimis	Moderat	Optimis
1	2006	2.784.196	2.784.196	2.784.196	1.058	1.058	1.058
2	2007	2.829.552	2.829.552	2.829.552	1.075	1.075	1.075
3	2008	2.903.382	2.903.382	2.903.382	1.103	1.103	1.103
4	2009	2.938.225	2.938.225	2.938.225	1.117	1.117	1.117
5	2010	2.929.528	2.929.528	2.929.528	1.113	1.113	1.113
6	2011	3.024.321	3.024.321	3.024.321	1.149	1.149	1.149
7	2012	3.125.576	3.125.576	3.125.576	1.188	1.188	1.188
8	2013	3.204.314	3.232.444	3.260.574	1.218	1.228	1.239
9	2014	3.195.928	3.253.077	3.310.732	1.214	1.236	1.258
10	2015	3.191.300	3.277.643	3.365.530	1.213	1.246	1.279
11	2016	3.191.068	3.306.904	3.425.865	1.213	1.257	1.302
12	2017	3.195.984	3.341.761	3.492.809	1.214	1.270	1.327
13	2018	3.206.942	3.383.294	3.567.655	1.219	1.286	1.356
14	2019	3.224.993	3.432.788	3.651.954	1.225	1.304	1.388
15	2020	3.251.383	3.491.773	3.747.573	1.236	1.327	1.424
16	2021	3.287.587	3.562.080	3.856.759	1.249	1.354	1.466
17	2022	3.335.346	3.645.885	3.982.207	1.267	1.385	1.513

LAMPIRAN B
PERENCANAAN MRF

Skenario Moderat								
Timbulan sampah Kota Surabaya				1.385,44	ton/hari			
				138.544	m3/hari			
Volume sampah yang menumpuk di TPA (gross)				312.960	m3			
				91	m3/hari			
				27	ton/hari			
Timbulan sampah yang menumpuk di TPA (net)				23	ton/hari			
Timbulan sampah jika MRF tidak beroperasi				60	ton/hari			
Total Timbulan Sampah yang dikelola (gross)				1.469	ton/hari			
				14.688	m3/hari			
No	Jenis Sampah	Komposisi massa (%)	Komposisi massa (ton/hari)	Komposisi massa (m3/hari)	Sortir di TPS (ton)	Keterangan	Densitas (kg/m3)	
1	Sampah basah	68,50%	1006,13	86819,06	131	Rumah Kompos	290,72	
2	Kertas	6,10%	89,60	7731,33		MRF	89,00	
3	Plastik	12,40%	182,13	15716,15		MRF	65,26	
4	Kayu	2,30%	33,78	2915,09		MRF	237,32	
5	Alumunium	1,00%	14,69	1267,43		MRF	320,38	
6	Kaca	1,40%	20,56	1774,40		MRF	195,79	
7	Kulit	0,50%	7,34	633,72		MRF	130,53	
8	Kain	4,00%	58,75	5069,73		TPA	65,26	
9	Logam lainnya	3,80%	55,81	4816,24		TPA	314,45	
Total		100,00%	1468,80	126743,15				
Jumlah Sampah yang Diolah								
Total Ton Sampah yang dikelola (net)				1.337	ton/hari			
Densitas				300	kg/m3			
Total Volume Sampah yang dikelola (net)				4.458	m3/hari			
No	Jenis Sampah	Komposisi massa (ton/hari)	Recovery Factor	Terecover	Pemanfaatan			Menuju TPA (ton/hari)
					Persentase	Produk Bal (ton)	Komposisi Briket (ton)	
1	Sampah Basah	874,73	80%	699,78	100%		699,78	174,95
2	Kertas	89,60	95%	85,12	100%	85,12	4,48	
3	Plastik	182,13	90%	163,92	100%	163,92	18,21	
4	Kayu	33,78	95%	32,09	100%		32,09	
5	Logam	14,69	90%	13,22	100%	13,22	1,47	
6	Kaca	20,56	90%	18,51	100%	18,51	2,06	
7	Kulit	7,34	90%	6,61	100%		6,61	
8	Kain	58,75	0%	0,00	0%	0,00		58,75
9	Logam lainnya	55,81	0%	0,00	0%	0,00		55,81
Total		1337,40		1019,25		280,76	764,71	289,51
Material Balance		318,15						

Lahan Penerimaan MRF		
Volume timbunan	4458,015	m3/hari
Rencana Ketinggian tumpukan	2	m
Luas Lahan Penerimaan	2229	m2
Rasio Panjang lebar	1	
Lebar	47,2	m
Panjang	47,2	m
Akses mobilitas pekerja	1,0	m
Panjang	48,2	m
Lebar	48,2	m
Luas Lahan	2324,4	m2
Jumlah Pekerja	3	orang

Luas Lahan Sortir MRF		
Massa sampah masuk	4458,015	m3/hari
Jumlah Pekerja	5	orang
Panjang tiap conveyor	2	m/orang
Panjang conveyor total	10	m
Lebar conveyor	1,5	m
Luas conveyer	15	m2
Akses mobilitas pekerja	1	m
Lebar	2,5	m
Panjang	11	m
Luas Mesin Sortir	11	m2
Luas	38,8	m ²

Mesin Sortir		
Panjang	5,96	m
Lebar	1,90	m
Mesin Bal		
Panjang	2,00	m
Lebar	1,10	m
Mesin Briket		
Panjang	3,00	m
Lebar	2,00	m

Lahan Baling Kertas		
Massa sampah masuk	85,12	ton/hari
Panjang bal	1	m
Lebar bal	1	m
Tinggi bal	1	m
Volume bal	1	m3
Densitas bal	681,82	kg/m3
Berat 1 bal	681,82	kg
Jumlah bal per hari	125	bal
Rencana tumpukan bal	3	bal
Jumlah bal per tingkat	42	bal
rencana deretan bal	panjang	11
	lebar	4
Total berat 1 area	90,00	ton
Akses Mobilitas Pekerja	1	m
Panjang lahan	11,00	m
Lebar lahan	4,00	m
Luas Area Mesin	2,20	m2
Luas Lahan	60,00	m2
Total Luas Lahan	62,20	m2
Jumlah Pekerja	2	orang

Lahan Baling Plastik			
Massa sampah masuk	163,92	ton/hari	
Panjang bal	1	kg	
Lebar bal	1	ball	
Tinggi bal	1	m	
Volume bal	1	m3	
Densitas bal	500,00	kg/m3	
Berat 1 bal	500,00	kg	
Jumlah bal per hari	328	bal	
Rencana tumpukan bal	3	bal	
Jumlah bal per tingkat	109	bal	
Rencana deretan bal	panjang	28	bal
	lebar	4	bal
Total berat 1 area	168,00	ton	
Akses Mobilitas Pekerja	1	m	
Panjang lahan	28,00	m	
Lebar lahan	4,00	m	
Luas Area Mesin	2,20	m2	
Luas Lahan	145,00	m2	
Total Luas Lahan	147,20	m2	
Jumlah Pekerja	2	orang	

Lahan Baling Logam			
Massa sampah masuk	13,22	ton/hari	
Panjang bal	1	m	
Lebar bal	1	m	
Tinggi bal	1	m	
Volume bal	1	m3	
Densitas bal	2454,55	kg/m3	
Berat 1 bal	2454,55	kg	
Jumlah bal per hari	5	bal	
Rencana tumpukan bal	3	bal	
Jumlah bal per tingkat	2	bal	
rencana deretan bal	panjang	1	bal
	lebar	4	bal
Total berat 1 area	29,45	ton	
Akses Mobilitas Pekerja	1	m	
Panjang lahan	1,00	m	
Lebar lahan	4,00	m	
Luas Area Mesin	2,20	m2	
Luas Lahan	10,00	m2	
Total Luas Lahan	12,20	m2	
Jumlah Pekerja	2	orang	

Lahan Baling Kaca		
Massa sampah masuk	18,51	ton/hari
Panjang bal	1	m
Lebar bal	1	m
Tinggi bal	1	m
Volume bal	1	m3
Densitas bal	1500,00	kg/m3
Berat 1 bal	1500,00	kg
Jumlah bal per hari	12	bal
Rencana tumpukan bal	3	bal
Jumlah bal per tingkat	4	bal
Rencana deretan bal	panjang	2
	lebar	4
Total berat 1 area	36,00	ton
Akses Mobilitas Pekerja	1	m
Panjang lahan	2,00	m
Lebar lahan	4,00	m
Luas Lahan	15,00	m2
Jumlah Pekerja	2	orang

Lahan Pembuatan Briket			
Komposisi	Sampah Tam	699,78	m3/hari
	Kertas	4,48	m3/hari
	Plastik	18,21	m3/hari
	Kayu	32,09	m3/hari
	Alumunium	1,47	m3/hari
	Kaca	2,06	m3/hari
	Kulit	6,61	m3/hari
	Total	764,71	m3/hari
Pengeringan	29,49%	225,51	m3/hari
Dimensi Briket	Diameter	0,08	m
	Tinggi	0,25	m
	Volume	0,00126	m3
	Densitas Bri	800,00	kg/m3
	Berat 1 Brike	1,00	kg
	Jumlah Brike	224.435	buah/hari
	Rencana tum	20	buah
	Jumlah brike	11.222	buah
Lahan Pembuat	Panjang	24,00	m
	Lebar	4	m
	Luas	96	m2
Lahan Penyimpa	Panjang	14,98	m
	Lebar	14,98	m
Total berat 1 area		225,51	ton
Akses Mobilitas Pekerja		1	m
Panjang Aktual		16,00	m
Lebar Aktual		16,00	m
Luas Area Mesin		95,59	m2
Luas		256	m2
Total Luas		352	m2
Jumlah Pekerja		10	orang

Lahan Penyimpanan Residu Anorganik			
Sampah Kain			
Massa Residu	58752,18	kg	
Densitas bal	681,82	kg/m3	
Volume	86,17	m3	
Berat 1 bal	681,82	kg	
Jumlah bal per hari	86	bal	
Total berat seluruh bal	58,75	ton	
Sampah Logam lainnya			
Massa Residu	55814,57	kg	
Densitas bal	2409,09	kg/m3	
Volume	23,17	m3	
Berat 1 bal	2409,09	kg	
Jumlah bal per hari	23	bal	
Total berat seluruh bal	55,81	ton	
Total Residu ball per hari		109,34	bal
Rencana tumpukan bal		3	bal
Jumlah bal per tingkat		36	bal
Rencana deretan bal	panjang	9	bal
	lebar	4	bal
Total berat 1 area		114,57	ton
Volume		109,34	m3
Panjang lahan		9,11	m
Lebar lahan		4,00	m
Luas Lahan		36,45	m2
Jumlah Pekerja		2	orang

Lahan Penyimpanan Residu Organik			
Massa Residu	174946,21	kg	
Densitas bal	290,72	kg/m3	
Volume	601,77	m3	
Berat 1 bal	290,72	kg	
Jumlah bal per hari	602	bal	
Total berat seluruh bal	174,95	ton	
Total Residu ball per hari		601,77	bal
Rencana tumpukan bal		3	bal
Jumlah bal per tingkat		201	bal
Rencana deretan bal	panjang	50	bal
	lebar	4	bal
Total berat 1 area		174,95	ton
Volume		601,77	m3
Panjang lahan		50,15	m
Lebar lahan		4,00	m
Luas Lahan		200,59	m2
Jumlah Pekerja		2	orang

Skenario Moderat								
Keterangan	Jumlah sampah yang diolah = 1.337,40 ton							Satuan
	Kertas	Plastik	Logam	Kaca	Residu Kain	Residu lainnya	Residu Organik	
Massa sampah masuk	85,12	163,92	13,22	18,51	58,75	55,81	174,95	ton/hari
Panjang ball	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	m
Lebar ball	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	m
Tinggi ball	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	m
Volume ball	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	m3
Densitas ball	681,82	500,00	2454,55	1500,00	681,82	2409,09	290,72	kg/m3
Berat 1 ball	681,82	500,00	2454,55	1500,00	681,82	2409,09	290,72	kg
Jumlah ball per hari	125	328	5	12	86	23	602	bal
Rencana tumpukan ball	3	3	3	3	3	3	3	bal
Jumlah ball per tingkat	42	109	2	4	29	8	201	bal
Rencana deretan ball	panjang	28	1	2	7	2	50	bal
	lebar	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	bal
Total berat 1 area	85,12	163,92	13,22	18,51	58,75	55,81	174,95	ton/hari
Panjang lahan	11	28	1	2	7	2	50	m
Lebar lahan	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	m
Mobilitas pekerja	1,00	1,00	1,00					m
Luas Area Mesin	2,20	2,20	2,20					m2
Luas Lahan	60	145	10	15	29	8	201	m2
Total Luas Lahan	62	147	12	15	29	8	201	m2
Luas lahan Penerimaan Depo	2.324							m2
Luas lahan Penerimaan MRF Apung	2.324							m2
Luas lahan Sortir MRF Apung	39							m2
Luas lahan pengolahan MRF Apung	589							m2
Luas lahan Penyimpanan Produk Depo	486							m2
Luas lahan Penyimpanan Residu	237							m2
TOTAL Luas Lahan Depo	3.047							m2
TOTAL Luas Lahan MRF Apung	3.189							m2

Skenario Pesimis	Tahun	Kebutuhan Mesin			Input Output Produk Olahan (ton)				Total	Input	Output
		Mesin Sortir	Mesin Baler	Mesin Briket	Kertas	Plastik	Aluminium	Kaca		Komposisi Briket	Briket Jadi
	2013	1	3	14	74,64	143,75	11,59	16,23	246,22	662,18	195,28
	2014	1	3	14	74,43	143,34	11,56	16,18	245,51	660,29	194,72
	2015	1	3	14	74,31	143,11	11,54	16,16	245,13	659,24	194,41
	2016	1	3	14	74,31	143,10	11,54	16,16	245,11	659,19	194,40
	2017	1	3	14	74,43	143,34	11,56	16,18	245,52	660,30	194,72
	2018	1	3	14	74,71	143,88	11,60	16,24	246,44	662,78	195,45
	2019	1	3	14	75,17	144,76	11,67	16,34	247,96	666,86	196,66
	2020	1	3	14	75,84	146,06	11,78	16,49	250,17	672,82	198,41
	2021	1	3	14	76,77	147,83	11,92	16,69	253,21	681,00	200,83
	2022	1	3	14	77,98	150,18	12,11	16,96	257,22	691,79	204,01
Skenario Moderat	Tahun	Kebutuhan Mesin (unit)			Input Output Produk Olahan (ton)				Total	Input	Output
		Mesin Sortir	Mesin Baler	Mesin Briket	Kertas	Plastik	Aluminium	Kaca		Komposisi Briket	Briket Jadi
	2013	1	3	14	74,68	143,83	11,60	16,24	246,35	670,77	197,81
	2014	1	3	14	75,20	144,83	11,68	16,35	248,06	675,45	199,19
	2015	1	3	14	75,82	146,02	11,78	16,49	250,11	681,02	200,83
	2016	1	3	14	76,56	147,44	11,89	16,65	252,54	687,65	202,79
	2017	1	3	14	77,44	149,14	12,03	16,84	255,45	695,55	205,12
	2018	1	3	15	78,49	151,16	12,19	17,07	258,90	704,97	207,89
	2019	1	3	15	79,74	153,56	12,38	17,34	263,02	716,18	211,20
	2020	1	3	15	81,23	156,43	12,62	17,66	267,93	729,55	215,15
	2021	1	3	16	83,00	159,85	12,89	18,05	273,79	745,49	219,84
	2022	1	3	16	85,12	163,92	13,22	18,51	280,76	764,48	225,45
Skenario Optimis	Tahun	Kebutuhan Mesin			Input Output Produk Olahan (ton)				Total	Input	Output
		Mesin Sortir	Mesin Baler	Mesin Briket	Kertas	Plastik	Aluminium	Kaca		Komposisi Briket	Briket Jadi
	2013	1	3	14	74,78	144,01	11,61	16,26	246,67	679,17	200,29
	2014	1	3	14	76,04	146,43	11,81	16,53	250,81	690,57	203,65
	2015	1	3	15	77,41	149,07	12,02	16,83	255,34	703,03	207,32
	2016	1	3	15	78,92	151,98	12,26	17,16	260,32	716,74	211,37
	2017	1	3	15	80,60	155,21	12,52	17,52	265,85	731,96	215,86
	2018	1	3	16	82,47	158,82	12,81	17,93	272,03	748,98	220,87
	2019	1	3	16	84,58	162,88	13,14	18,39	278,99	768,14	226,52
	2020	2	3	16	86,97	167,49	13,51	18,91	286,88	789,88	232,94
	2021	2	3	17	89,71	172,75	13,93	19,50	295,90	814,70	240,26
	2022	2	3	18	92,85	178,80	14,42	20,19	306,25	843,22	248,67

LAMPIRAN C
PERHITUNGAN KEBUTUHAN LAHAN

Skenario Moderat		
Kriteria	Jumlah	Satuan
Waktu Operasi TPA	345	hari
Kapasitas maksimal per hari	1.200	ton/hari
Kapasitas maksimal per tahun	414.000	ton/tahun
Massa sampah masuk Eksisting	1.228	ton/hari
	423.773	ton/tahun
Massa sampah masuk dengan MRF	260	ton/hari
	89.740	ton/tahun
Massa sampah keluar Eksisting	63.566	ton/tahun
Massa sampah keluar dengan MRF	21.396	ton/tahun

Tanpa MRF						
No	Tahun ke		Massa Sampah Masuk (ton/tahun)	Massa Sampah Keluar (ton/tahun)	Massa TPA Benowo (ton/tahun)	Kondisi
1	0	2012	423.773	63.566	0	0
2	1	2013	423.773	63.566	360.207	0
3	2	2014	423.773	63.566	720.415	1
4	3	2015	423.773	63.566	1.080.622	1
5	4	2016	423.773	63.566	1.440.830	1
6	5	2017	423.773	63.566	1.801.037	1
7	6	2018	423.773	63.566	2.161.244	1
8	7	2019	423.773	63.566	2.521.452	1
9	8	2020	423.773	63.566	2.881.659	1
10	9	2021	423.773	63.566	3.241.867	1
11	10	2022	423.773	63.566	3.602.074	1

Dengan MRF						
No	Tahun ke		Massa Sampah Masuk (ton/tahun)	Massa Sampah Keluar (ton/tahun)	Massa TPA Benowo (ton/tahun)	Kondisi
1	0	2012	89.740	21.396	0	0
2	1	2013	89.740	21.396	68.344	0
3	2	2014	89.740	21.396	136.689	0
4	3	2015	89.740	21.396	205.033	0
5	4	2016	89.740	21.396	273.377	0
6	5	2017	89.740	21.396	341.722	0
7	6	2018	89.740	21.396	410.066	0
8	7	2019	89.740	21.396	478.411	1
9	8	2020	89.740	21.396	546.755	1
10	9	2021	89.740	21.396	615.099	1
11	10	2022	89.740	21.396	683.444	1

Perencanaan Landfill Eksisting		
Tipe Landfill	Open Dumping	
Jumlah Sampah/tahun (2014-2022)	505.684	ton
Faktor Kemiringan	1,25	
Diversi Factor	15	persen
Jumlah Sampah (net)	429.832	ton
Ketinggian Timbunan 1 lift	2,5	m
Rencana Jumlah Lift	8	lift
Kedalaman Galian di Bawah Tanah	10	m
Ketinggian Timbunan di Atas Tanah	10	m
Total Ketinggian Timbunan Sampah	20	m
Densitas Sampah masuk TPA	600	kg/m ³
Total Luas Kebutuhan Lahan	28.655,4	m ²
Harga Lahan	1.000.000	Rp/m ²
Biaya Total Kebutuhan Lahan	28.655.440.805	Rp
Perencanaan Landfill dengan MRF		
Tipe Landfill	Open Dumping	
Jumlah Sampah (2019-2022)	105.672	ton
Faktor Kemiringan	1,25	
Diversi Factor	15	persen
Jumlah Sampah (net)	89.821	ton
Ketinggian Timbunan 1 lift	2,5	m
Rencana Jumlah Lift	8	lift
Kedalaman Galian di Bawah Tanah	10	m
Ketinggian Timbunan di Atas Tanah	10	m
Total Ketinggian Timbunan Sampah	20	m
Densitas Sampah masuk TPA	600	kg/m ³
Total Luas Kebutuhan Lahan	5.988,1	m ²
Harga Lahan	1.000.000	Rp/m ²
Biaya Total Kebutuhan Lahan	5.988.093.153	Rp

LAMPIRAN D
BIAYA TIPPING

Keterangan	Harga	Unit			
Lahan	116.000	Rp/ton			
Skenario Pesimis	Tahun	Biaya Tipping Eksisting		Biaya Tipping konsep Pengolahan	
		Jumlah Sampah Masuk (ton/th)	Biaya (Rp)	Jumlah Sampah Masuk (ton/th)	Biaya (Rp)
	2013	444.438	51.554.845.848	91.901	10.660.522.900
	2014	443.275	51.419.931.760	91.638	10.630.026.703
	2015	442.633	51.345.456.138	91.493	10.613.192.115
	2016	442.601	51.341.731.120	91.486	10.612.350.106
	2017	443.283	51.420.832.036	91.640	10.630.230.203
	2018	444.803	51.597.127.180	91.983	10.670.080.239
	2019	447.307	51.887.564.238	92.549	10.735.731.096
	2020	450.967	52.312.151.165	93.377	10.831.705.404
	2021	455.988	52.894.649.225	94.512	10.963.374.197
	2022	462.612	53.663.048.960	96.009	11.137.064.501
Skenario Moderat	Tahun	Biaya Tipping Eksisting		Biaya Tipping konsep Pengolahan	
		Jumlah Sampah Masuk (ton/th)	Biaya (Rp)	Jumlah Sampah Masuk (ton/th)	Biaya (Rp)
	2013	448.340	52.007.438.005	92.719	10.755.402.263
	2014	451.202	52.339.406.468	93.365	10.830.389.176
	2015	454.609	52.734.653.756	94.135	10.919.669.867
	2016	458.668	53.205.439.837	95.052	11.026.013.688
	2017	463.502	53.766.261.081	96.144	11.152.695.161
	2018	469.263	54.434.493.825	97.445	11.303.639.350
	2019	476.128	55.230.812.690	98.996	11.483.516.356
	2020	484.309	56.179.834.152	100.844	11.697.886.688
	2021	494.060	57.311.017.536	103.047	11.953.404.785
	2022	505.684	58.659.372.942	105.672	12.257.978.925
Skenario Optimis	Tahun	Biaya Tipping Eksisting		Biaya Tipping konsep Pengolahan	
		Jumlah Sampah Masuk (ton/th)	Biaya (Rp)	Jumlah Sampah Masuk (ton/th)	Biaya (Rp)
	2013	452.242	52.460.030.161	93.543	10.850.933.885
	2014	459.199	53.267.027.835	95.113	11.033.110.553
	2015	466.799	54.148.683.417	96.829	11.232.140.961
	2016	475.168	55.119.431.330	98.718	11.451.283.626
	2017	484.453	56.196.502.219	100.814	11.694.428.299
	2018	494.834	57.400.707.679	103.158	11.966.273.121
	2019	506.526	58.757.025.473	105.797	12.272.456.725
	2020	519.788	60.295.450.466	108.791	12.619.750.341
	2021	534.932	62.052.161.017	112.210	13.016.321.094
	2022	552.332	64.070.530.680	116.138	13.471.960.400

LAMPIRAN E
BIAYA LAHAN TPA

Harga		Unit					
1.500.000		Rp/m ²					
Skenario Pesimis	Tahun	Biaya Lahan TPA Eksisting			Biaya Lahan TPA konsep MRF Apung		
		Lahan (m²)	Biaya (Rp)	Pinjaman (Rp)	Lahan (m²)	Biaya (Rp)	Pinjaman (Rp)
	2013	-	-	-	-	-	-
	2014	25.119	37.678.398.273	6.264.309.542	-	-	-
	2015	-	-	6.264.309.542	-	-	-
	2016	-	-	6.264.309.542	-	-	-
	2017	39	57.961.879	6.273.946.129	-	-	-
	2018	86	129.181.787	6.295.423.547	-	-	-
	2019	142	212.820.258	6.330.806.472	5.244	7.866.699.510	1.307.896.383
	2020	207	311.119.731	6.382.532.405	47	70.326.001	1.319.588.595
Skenario Moderat	2021	285	426.830.475	6.453.496.096	64	96.481.443	1.335.629.341
	2022	375	563.051.530	6.547.107.535	85	127.273.068	1.356.789.421
	Tahun	Biaya Lahan TPA Eksisting			Biaya Lahan TPA konsep MRF Apung		
		Lahan (m²)	Biaya (Rp)	Pinjaman (Rp)	Lahan (m²)	Biaya (Rp)	Pinjaman (Rp)
	2013	-	-	-	-	-	-
	2014	25.568	38.352.151.292	6.376.325.914	-	-	-
	2015	193	289.620.857	6.424.477.502	-	-	-
	2016	230	344.972.559	6.481.831.715	-	-	-
	2017	274	410.946.601	6.550.154.596	-	-	-
	2018	326	489.653.304	6.631.563.042	-	-	-
	2019	389	583.509.513	6.728.575.770	5.610	8.414.645.606	1.398.996.432
Skenario Optimis	2020	464	695.403.658	6.844.191.719	105	157.081.709	1.425.112.416
	2021	553	828.884.377	6.981.999.815	125	187.233.088	1.456.241.288
	2022	659	988.019.047	7.146.265.214	149	223.179.327	1.493.346.485
	Tahun	Biaya Lahan TPA Eksisting			Biaya Lahan TPA konsep MRF Apung		
		Lahan (m²)	Biaya (Rp)	Pinjaman (Rp)	Lahan (m²)	Biaya (Rp)	Pinjaman (Rp)
	2013	-	-	-	-	-	-
	2014	26.021	39.031.873.845	6.489.334.764	-	-	-
	2015	431	646.040.728	6.596.743.765	-	-	-
	2016	474	711.323.902	6.715.006.571	-	-	-
	2017	526	789.232.979	6.846.222.331	-	-	-
	2018	588	882.391.932	6.992.926.450	5.846	8.768.389.787	1.457.808.992
	2019	663	993.853.556	7.158.161.879	150	224.358.676	1.495.110.264
	2020	752	1.127.294.176	7.345.582.788	170	254.482.390	1.537.419.825
	2021	858	1.287.244.800	7.559.596.660	194	290.590.638	1.585.732.646
	2022	986	1.478.977.770	7.805.487.541	223	333.873.630	1.641.241.581

LAMPIRAN F
BIAYA DEPO TRANSFER

Biaya Kapital

Keterangan	Harga	Unit
Lahan	1.500.000	Rp/m ²
Dermaga	8.000.000	Rp/m ²
Bangunan	2.800.000	Rp/m ²
Alat bongkar muat		
Conveyor	56.304.000	Rp
Mobile Crane	585.000.000	Rp

Jenis biaya	Harga	Satuan	Kebutuhan per unit	Satuan
Listrik	1.529	Rp/KWH	1,5	KWH/ton
Air	10.000	Rp/m3	0,2650	m3/orang/hari
Layanan luar	10%			

Skenario Pesimis	Tahun	Biaya Pembangunan					Biaya Alat (Rp)			Biaya Modal Depo		Biaya Operasional Depo				Total (Rp)
	Lahan (m²)	Pinjaman (Rp)	Bangunan (m²)	Pinjaman (Rp)	Dermaga (m)	Pinjaman (Rp)	Mobile Crane	Conveyor	Pinjaman	(Rp)	Gaji Operator	Listrik (Rp)	Air (Rp)	Layanan luar (Rp)		
	2013	2.757	687.474.636	2.657	662.536.038	400	532.023.426	585.000.000	563.040.000	190.870.054	2.072.904.155	232.875.000	919.441.405	13.712.663	116.602.907	3.355.536.130
	2014	2.750	687.474.636	2.650	662.536.038		532.023.426	-	-	190.870.054	2.072.904.155	232.875.000	916.811.190	13.712.663	116.339.885	3.352.642.893
	2015	2.747	687.474.636	2.647	662.536.038		532.023.426	-	-	190.870.054	2.072.904.155	232.875.000	915.359.252	13.712.663	116.194.692	3.351.045.762
	2016	2.747	687.474.636	2.647	662.536.038		532.023.426	-	-	190.870.054	2.072.904.155	232.875.000	915.286.631	13.712.663	116.187.429	3.350.965.878
	2017	2.750	688.389.297	2.650	664.243.404		532.023.426	-	-	190.870.054	2.075.526.181	232.875.000	916.828.742	13.712.663	116.341.640	3.355.284.227
	2018	2.759	690.427.779	2.659	668.048.571		532.023.426	-	-	190.870.054	2.081.369.830	232.875.000	920.265.700	13.712.663	116.685.336	3.364.908.530
	2019	2.777	695.032.835	2.677	676.644.676		532.023.426	-	-	190.870.054	2.094.570.991	232.875.000	925.927.910	13.712.663	117.251.557	3.384.338.121
	2020	2.828	707.672.640	2.728	700.238.979		532.023.426	-	-	190.870.054	2.130.805.099	232.875.000	934.205.435	13.712.663	118.079.310	3.429.677.507
2021	2.855	714.406.456	2.755	712.808.768		532.023.426	-	-	190.870.054	2.150.108.704	245.295.000	945.561.514	14.626.841	120.548.336	3.476.140.394	
2022	2.895	724.535.043	2.795	731.715.464		532.023.426	-	-	190.870.054	2.179.143.988	245.295.000	960.541.836	14.626.841	122.046.368	3.521.654.032	

Skenario Moderat	Tahun	Biaya Pembangunan					Biaya Alat (Rp)			Biaya Modal Depo		Biaya Operasional Depo (Rp)				Total (Rp)
	Lahan (m²)	Pinjaman (Rp)	Bangunan (m²)	Pinjaman (Rp)	Dermaga (m)	Pinjaman (Rp)	Mobile Crane	Conveyor	Pinjaman	(Rp)	Gaji Operator	Listrik	Air	Layanan luar		
	2013	2.809	700.576.842	2.709	675.638.244	400	532.023.426	585.000.000	563.040.000	190.870.054	2.099.108.566	232.875.000	928.264.906	13.712.663	117.485.257	3.391.446.392
	2014	2.830	705.662.713	2.730	685.131.869		532.023.426	-	-	190.870.054	2.113.688.062	232.875.000	934.736.791	13.712.663	118.132.445	3.413.144.962
	2015	2.848	710.233.075	2.748	693.663.213		532.023.426	-	-	190.870.054	2.126.789.768	245.295.000	942.442.326	14.626.841	120.236.417	3.449.390.352
	2016	2.870	715.676.431	2.770	703.824.144		532.023.426	-	-	190.870.054	2.142.394.055	245.295.000	951.620.526	14.626.841	121.154.237	3.475.090.659
	2017	2.896	722.160.121	2.796	715.927.031		532.023.426	-	-	190.870.054	2.160.980.632	245.295.000	962.554.005	14.626.841	122.247.585	3.505.704.063
	2018	2.932	731.131.586	2.832	732.673.767		532.023.426	-	-	190.870.054	2.186.698.833	245.295.000	975.581.523	14.626.841	123.550.336	3.545.752.533
	2019	2.969	740.335.437	2.869	749.854.289		532.023.426	-	-	190.870.054	2.213.083.207	245.295.000	991.106.141	14.626.841	125.102.798	3.589.213.987
	2020	3.018	752.549.332	2.918	772.653.558		532.023.426	-	-	190.870.054	2.248.096.370	260.820.000	1.009.607.770	15.541.018	128.596.879	3.662.662.036
2021	3.080	768.112.714	2.980	801.705.205		532.023.426	-	-	190.870.054	2.292.711.399	260.820.000	1.031.660.732	15.541.018	130.802.175	3.731.535.324	
2022	3.147	784.934.875	3.047	833.106.572		532.023.426	-	-	190.870.054	2.340.934.927	260.820.000	1.057.947.567	15.541.018	133.430.859	3.808.674.371	

Skenario Optimis	Tahun	Biaya Pembangunan					Biaya Alat (Rp)		Biaya Modal Depo		Biaya Operasional Depo				Total (Rp)	
		Lahan (m ²)	Pinjaman (Rp)	Bangunan (m ²)	Pinjaman (Rp)	Dermaga (m)	Pinjaman (Rp)	Mobile Crane	Conveyor	Pinjaman	(Rp)	Gaji Operator	Listrik (Rp)	Air (Rp)		Layanan luar (Rp)
	2013	2.836	707.182.368	2.736	682.243.770	400	532.023.426	585.000.000	563.040.000	190.870.054	2.112.319.618	245.295.000	937.088.407	14.626.841	119.701.025	3.429.030.891
	2014	2.873	716.515.393	2.773	699.665.416		532.023.426	-	-	190.870.054	2.139.074.289	245.295.000	952.821.214	14.626.841	121.274.305	3.473.091.650
	2015	2.914	726.710.105	2.814	718.695.546		532.023.426	-	-	190.870.054	2.168.299.132	245.295.000	970.009.512	14.626.841	122.993.135	3.521.223.620
	2016	2.964	739.179.890	2.864	741.972.477		532.023.426	-	-	190.870.054	2.204.045.848	245.295.000	988.934.708	14.626.841	124.885.655	3.577.788.052
	2017	3.014	751.629.511	2.914	765.211.771		532.023.426	-	-	190.870.054	2.239.734.763	260.820.000	1.009.932.721	15.541.018	128.629.374	3.654.657.876
	2018	3.080	768.039.572	2.980	795.843.884		532.023.426	-	-	190.870.054	2.286.776.936	260.820.000	1.033.409.284	15.541.018	130.977.030	3.727.524.269
	2019	3.186	794.433.639	3.086	845.112.810		532.023.426	-	-	190.870.054	2.362.439.930	260.820.000	1.059.851.350	15.541.018	133.621.237	3.832.273.535
	2020	3.257	812.203.686	3.157	878.283.564		532.023.426	-	-	190.870.054	2.413.380.731	273.240.000	1.089.843.683	16.455.196	137.953.888	3.930.873.497
	2021	3.343	833.736.512	3.243	918.478.173		532.023.426	-	-	190.870.054	2.475.108.166	273.240.000	1.124.091.597	16.455.196	141.378.679	4.030.273.638
	2022	3.447	859.530.878	3.347	966.627.656		532.023.426	-	-	190.870.054	2.549.052.015	288.765.000	1.163.440.682	17.369.373	146.957.505	4.165.584.575

LAMPIRAN G

PERHITUNGAN EMISI TPA

EMISI TPA EKSISTING																		
Computation of Baseline Emissions (CH4)																		Baseline Emissions tonnes of CH4
Period	φy	f	(1-f)	OX	(1-OX)	F	DOCf	MCF	y	x	Municipal Solid Waste							
											Wj,x	DOCj	kj	e-kj	(1-e-kj)	kj(y-x)	(e-kj(y-x))	
2013	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	1	1	448340	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	6385
GHG Emission (Year 1)																		6385
2013-14	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	2	1	448340	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	4280
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	2	2	451202	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	6426
GHG Emission (Year 2)																		10706
2013-15	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	3	1	448340	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	2869
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	3	2	451202	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	4308
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	3	3	454609	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	6475
GHG Emission (Year 3)																		13651
2013-16	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	4	1	448340	0,20	0,4	0,670	0,330	1,2	0,301	1923
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	4	2	451202	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	2887
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	4	3	454609	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	4340
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	4	4	458668	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	6532
GHG Emission (Year 4)																		15683
2013-17	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	5	1	448340	0,20	0,4	0,670	0,330	1,6	0,202	1289
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	5	2	451202	0,20	0,4	0,670	0,330	1,2	0,301	1936
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	5	3	454609	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	2909
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	5	4	458668	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	4379
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	5	5	463502	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	6601
GHG Emission (Year 5)																		17114
2013-18	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	6	1	448340	0,20	0,4	0,670	0,330	2	0,135	864
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	6	2	451202	0,20	0,4	0,670	0,330	1,6	0,202	1297
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	6	3	454609	0,20	0,4	0,670	0,330	1,2	0,301	1950
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	6	4	458668	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	2935
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	6	5	463502	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	4425
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	6	6	469263	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	6683
GHG Emission (Year 6)																		18155
2013-19	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	7	1	448340	0,20	0,4	0,670	0,330	2,4	0,091	579
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	7	2	451202	0,20	0,4	0,670	0,330	2	0,135	870
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	7	3	454609	0,20	0,4	0,670	0,330	1,6	0,202	1307
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	7	4	458668	0,20	0,4	0,670	0,330	1,2	0,301	1968
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	7	5	463502	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	2966
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	7	6	469263	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	4480
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	7	7	476128	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	6781
GHG Emission (Year 7)																		18951
2013-20	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	1	448340	0,20	0,4	0,670	0,330	2,8	0,061	388
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	2	451202	0,20	0,4	0,670	0,330	2,4	0,091	583
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	3	454609	0,20	0,4	0,670	0,330	2	0,135	876
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	4	458668	0,20	0,4	0,670	0,330	1,6	0,202	1319
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	5	463502	0,20	0,4	0,670	0,330	1,2	0,301	1988
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	6	469263	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	3003
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	7	476128	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	4546
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	8	484309	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	6898
GHG Emission (Year 8)																		19601
2013-21	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	1	448340	0,20	0,4	0,670	0,330	3,2	0,041	260
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	2	451202	0,20	0,4	0,670	0,330	2,8	0,061	391
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	3	454609	0,20	0,4	0,670	0,330	2,4	0,091	587
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	4	458668	0,20	0,4	0,670	0,330	2	0,135	884
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	5	463502	0,20	0,4	0,670	0,330	1,6	0,202	1333
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	6	469263	0,20	0,4	0,670	0,330	1,2	0,301	2013
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	7	476128	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	3047
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	8	484309	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	4624
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	9	494060	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	7036
GHG Emission (Year 9)																		20175
2013-22	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	1	448340	0,20	0,4	0,670	0,330	3,6	0,027	174,5
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	2	451202	0,20	0,4	0,670	0,330	3,2	0,041	262
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	3	454609	0,20	0,4	0,670	0,330	2,8	0,061	394
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	4	458668	0,20	0,4	0,670	0,330	2,4	0,091	593
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	5	463502	0,20	0,4	0,670	0,330	2	0,135	893
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	6	469263	0,20	0,4	0,670	0,330	1,6	0,202	1349
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	7	476128	0,20	0,4	0,670	0,330	1,2	0,301	2042
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	8	484309	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	3099
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	9	494060	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	4717
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	10	505684	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	7202
GHG Emission (Year 10)																		20726

EMISI TPA SETELAH MRF APUNG BEROPERASI																		
Computation of Baseline Emissions (CH4)																		Baseline Emissions tonnes of CH4
Period	φy	f	(1-f)	OX	(1-OX)	F	DOCf	MCF	y	x	Municipal Solid Waste							
											Wj.x	DOCj	kj	e-kj	(1-e-kj)	kj(y-x)	(e-kj(y-x))	
2013	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	1	1	94943	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	1352
GHG Emission (Year 1)																		1352
2013-14	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	2	1	94943	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	906
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	2	2	95585	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	1361
GHG Emission (Year 2)																		2268
2013-15	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	3	1	94943	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	608
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	3	2	95585	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	913
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	3	3	96349	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	1372
GHG Emission (Year 3)																		2892
2013-16	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	4	1	94943	0,20	0,4	0,670	0,330	1,2	0,301	407
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	4	2	95585	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	612
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	4	3	96349	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	920
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	4	4	97260	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	1385
GHG Emission (Year 4)																		3324
2013-17	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	5	1	94943	0,20	0,4	0,670	0,330	1,6	0,202	273
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	5	2	95585	0,20	0,4	0,670	0,330	1,2	0,301	410
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	5	3	96349	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	617
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	5	4	97260	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	929
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	5	5	98344	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	1401
GHG Emission (Year 5)																		3629
2013-18	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	6	1	94943	0,20	0,4	0,670	0,330	2	0,135	183
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	6	2	95585	0,20	0,4	0,670	0,330	1,6	0,202	275
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	6	3	96349	0,20	0,4	0,670	0,330	1,2	0,301	413
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	6	4	97260	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	622
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	6	5	98344	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	939
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	6	6	99637	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	1419
GHG Emission (Year 6)																		3851
2013-19	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	7	1	94943	0,20	0,4	0,670	0,330	2,4	0,091	123
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	7	2	95585	0,20	0,4	0,670	0,330	2	0,135	184
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	7	3	96349	0,20	0,4	0,670	0,330	1,6	0,202	277
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	7	4	97260	0,20	0,4	0,670	0,330	1,2	0,301	417
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	7	5	98344	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	629
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	7	6	99637	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	951
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	7	7	101177	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	1441
GHG Emission (Year 7)																		4023
2013-20	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	1	94943	0,20	0,4	0,670	0,330	2,8	0,061	82
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	2	95585	0,20	0,4	0,670	0,330	2,4	0,091	123
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	3	96349	0,20	0,4	0,670	0,330	2	0,135	186
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	4	97260	0,20	0,4	0,670	0,330	1,6	0,202	280
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	5	98344	0,20	0,4	0,670	0,330	1,2	0,301	422
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	6	99637	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	638
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	7	101177	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	966
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	8	8	103012	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	1467
GHG Emission (Year 8)																		4164
2013-21	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	1	94943	0,20	0,4	0,670	0,330	3,2	0,041	55
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	2	95585	0,20	0,4	0,670	0,330	2,8	0,061	83
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	3	96349	0,20	0,4	0,670	0,330	2,4	0,091	124
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	4	97260	0,20	0,4	0,670	0,330	2	0,135	187
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	5	98344	0,20	0,4	0,670	0,330	1,6	0,202	283
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	6	99637	0,20	0,4	0,670	0,330	1,2	0,301	427
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	7	101177	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	647
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	8	103012	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	983
0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	9	9	105200	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	1498	
GHG Emission (Year 9)																		4289
2013-22	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	1	94943	0,20	0,4	0,670	0,330	3,6	0,027	36,9
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	2	95585	0,20	0,4	0,670	0,330	3,2	0,041	55
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	3	96349	0,20	0,4	0,670	0,330	2,8	0,061	83
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	4	97260	0,20	0,4	0,670	0,330	2,4	0,091	126
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	5	98344	0,20	0,4	0,670	0,330	2	0,135	190
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	6	99637	0,20	0,4	0,670	0,330	1,6	0,202	287
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	7	101177	0,20	0,4	0,670	0,330	1,2	0,301	434
	0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	8	103012	0,20	0,4	0,670	0,330	0,8	0,449	659
0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	9	105200	0,20	0,4	0,670	0,330	0,4	0,670	1004	
0,9	0	1	0,1	0,9	0,5	0,5	0,8	10	10	107808	0,20	0,4	0,670	0,330	0	1,000	1535	
GHG Emission (Year 10)																		4411
																		34203

LAMPIRAN H

PERHITUNGAN BIAYA EMISI TPA

£ 1,00 = Rp 19.526,53

Biaya Emisi	£	Rp
Emisi CH4	158,00	3.085.192

Periode	Tahun	Biaya Emisi TPA Eksisting (Rp)			Biaya Emisi TPA setelah MRF Apung Beroperasi (Rp)		
		Pesimis	Moderat	Optimis	Pesimis	Moderat	Optimis
1	2013	19.528.547.888,45	19.699.986.042,42	19.871.424.196,39	4.128.216.931,45	4.171.770.440,33	4.252.149.324,50
2	2014	32.567.820.670,75	33.031.028.493,15	33.497.322.202,32	6.904.195.686,06	6.996.402.837,57	7.214.950.953,61
3	2015	41.280.095.854,76	42.116.809.875,69	42.964.998.600,62	8.778.144.435,81	8.923.399.103,48	9.325.514.550,91
4	2016	47.118.697.550,95	48.385.521.132,04	49.679.083.135,76	10.051.881.857,09	10.255.111.245,96	10.872.905.511,74
5	2017	51.062.392.079,69	52.799.998.384,57	54.587.654.107,20	10.932.187.149,61	11.195.443.794,20	12.056.243.834,97
6	2018	53.772.708.715,73	56.012.231.999,07	58.334.110.664,39	11.553.368.048,73	11.882.554.701,66	13.004.948.907,61
7	2019	55.699.503.435,93	58.467.095.562,84	61.359.197.524,13	12.014.489.882,19	12.410.810.966,07	13.816.708.645,55
8	2020	57.151.902.566,65	60.472.121.276,27	63.969.716.511,23	12.377.804.062,21	12.845.560.612,80	14.553.343.405,15
9	2021	58.346.120.251,35	62.244.613.086,07	66.385.027.101,07	12.635.057.227,85	13.233.111.218,94	15.263.169.055,17
10	2022	59.437.691.749,55	63.943.495.718,94	68.768.599.890,04	12.825.842.564,25	13.607.478.878,27	15.986.472.360,52

LAMPIRAN I

PERHITUNGAN BIAYA DAMPAK KESEHATAN

No	Kode INA-CBG	Deskripsi Kode INA-CBG	Tarif Kelas 3
357	U-4-13-I	PERADANGAN EPIGLOTIS, TELINGA TENGAH, ISPA DAN LARINGOTRAKEITIS RINGAN	1.957.556
187	U-4-13-II	PERADANGAN EPIGLOTIS, TELINGA TENGAH, ISPA DAN LARINGOTRAKEITIS SEDANG	2.232.388
189	U-4-13-III	PERADANGAN EPIGLOTIS, TELINGA TENGAH, ISPA DAN LARINGOTRAKEITIS BERAT	2.854.968

Hubungan Jumlah ton Sampah dan Kasus Penyakit ISPA Kondisi Eksisting (Pesimis)				
Periode	Tahun	Jumlah Sampah (ton)	Jumlah Kasus Penyakit ISPA di Benowo	Biaya Dampak Kesehatan (Rp)
1	2013	1216	1.126	2.204.812.242
2	2014	1219	1.138	2.227.599.868
3	2015	1222	1.155	2.261.849.669
4	2016	1227	1.179	2.307.653.070
5	2017	1235	1.214	2.376.632.992
6	2018	1243	1.255	2.457.592.427
7	2019	1256	1.315	2.574.058.357
8	2020	1271	1.387	2.715.215.065
9	2021	1275	1.405	2.750.927.712
10	2022	1280	1.430	2.798.687.425

Hubungan Jumlah ton Sampah dan Kasus Penyakit ISPA setelah ada MRF Apung (Pesimis)				
Periode	Tahun	Jumlah Sampah (ton)	Jumlah Kasus Penyakit ISPA di Benowo	Biaya Dampak Kesehatan (Rp)
1	2013	257	-3462	-
2	2014	258	-3460	-
3	2015	259	-3456	-
4	2016	260	-3450	-
5	2017	262	-3443	-
6	2018	263	-3433	-
7	2019	266	-3420	-
8	2020	270	-3404	-
9	2021	270	-3400	-
10	2022	272	-3394	-

Hubungan Jumlah ton Sampah dan Kasus Penyakit ISPA Kondisi Eksisting (Moderat)				
Periode	Tahun	Jumlah Sampah (ton)	Jumlah Kasus Penyakit ISPA di Benowo	Biaya Dampak Kesehatan (Rp)
1	2013	1228	1.184	2.318.210.253
2	2014	1236	1.222	2.391.661.883
3	2015	1246	1.266	2.479.114.641
4	2016	1257	1.320	2.583.281.177
5	2017	1270	1.383	2.707.368.972
6	2018	1286	1.459	2.855.222.729
7	2019	1304	1.549	3.031.416.932
8	2020	1327	1.656	3.241.398.243
9	2021	1354	1.784	3.491.684.860
10	2022	1385	1.936	3.790.023.147

Hubungan Jumlah ton Sampah dan Kasus Penyakit ISPA setelah ada MRF Apung (Moderat)				
Periode	Tahun	Jumlah Sampah (ton)	Jumlah Kasus Penyakit ISPA di Benowo	Biaya Dampak Kesehatan (Rp)
1	2013	260	-3449	-
2	2014	262	-3441	-
3	2015	264	-3431	-
4	2016	266	-3419	-
5	2017	269	-3405	-
6	2018	273	-3388	-
7	2019	277	-3368	-
8	2020	282	-3343	-
9	2021	288	-3315	-
10	2022	295	-3281	-

Hubungan Jumlah ton Sampah dan Kasus Penyakit ISPA Kondisi Eksisting (Optimis)				
Periode	Tahun	Jumlah Sampah (ton)	Jumlah Kasus Penyakit ISPA di Benowo	Biaya Dampak Kesehatan (Rp)
1	2013	1251	1.291	2.527.488.582
2	2014	1282	1.441	2.820.400.811
3	2015	1317	1.606	3.144.654.649
4	2016	1353	1.783	3.489.996.996
5	2017	1394	1.977	3.870.366.924
6	2018	1437	2.184	4.275.207.317
7	2019	1486	2.418	4.732.990.386
8	2020	1540	2.674	5.234.182.061
9	2021	1600	2.961	5.796.686.184
10	2022	1668	3.290	6.441.070.716

Hubungan Jumlah ton Sampah dan Kasus Penyakit ISPA setelah ada MRF Apung (Optimis)				
Periode	Tahun	Jumlah Sampah (ton)	Jumlah Kasus Penyakit ISPA di Benowo	Biaya Dampak Kesehatan (Rp)
1	2013	265	-3425	-
2	2014	272	-3392	-
3	2015	280	-3355	-
4	2016	288	-3315	-
5	2017	297	-3271	-
6	2018	307	-3225	-
7	2019	318	-3173	-
8	2020	330	-3115	-
9	2021	343	-3051	-
10	2022	359	-2977	-

LAMPIRAN J
PERHITUNGAN BIAYA DAMPAK KETIDAKNYAMANAN

£ 1,00 = Rp 19.526,53

Biaya Ketidaknyamanan	£	Rp
TPA	670.000,00	13.082.775.100
Jumlah Sampah	767,00	14.976.849

Periode	Tahun	Biaya Ketidaknyamanan Eksisting (Rp)			Biaya Ketidaknyamanan setelah MRF Apung Beroperasi (Rp)		
		Pesimis	Moderat	Optimis	Pesimis	Moderat	Optimis
1	2013	31.319.173.688,28	31.479.268.259,92	31.639.362.831,57	16.853.701.800,64	16.887.263.299,27	16.921.055.519,98
2	2014	31.271.450.781,80	31.596.694.839,74	31.924.820.599,97	16.842.914.438,57	16.913.788.278,84	16.985.496.529,98
3	2015	31.245.106.660,25	31.736.504.918,73	32.236.686.969,38	16.836.959.571,22	16.945.369.369,73	17.055.899.181,64
4	2016	31.243.789.016,34	31.903.035.193,14	32.580.067.801,78	16.836.661.728,88	16.982.986.169,39	17.133.416.103,95
5	2017	31.271.769.234,70	32.101.413.436,38	32.961.058.059,96	16.842.986.422,17	17.027.796.968,26	17.219.423.211,68
6	2018	31.334.129.784,22	32.337.786.147,06	33.387.019.390,78	16.857.082.500,48	17.081.190.172,20	17.315.582.368,73
7	2019	31.436.865.538,07	32.619.466.520,32	33.866.787.131,30	16.880.305.054,53	17.144.817.727,05	17.423.888.118,96
8	2020	31.587.053.872,40	32.955.162.095,88	34.410.971.308,56	16.914.253.865,73	17.220.646.541,10	17.546.735.635,81
9	2021	31.793.099.814,86	33.355.293.465,39	35.032.369.225,26	16.960.828.819,97	17.311.030.476,50	17.687.013.861,87
10	2022	32.064.904.407,01	33.832.244.685,35	35.746.323.327,31	17.022.267.964,52	17.418.766.913,93	17.848.186.296,21

LAMPIRAN K
PERHITUNGAN BIAYA MRF DARAT

Biaya Kapital

Keterangan	Unit	Harga
Lahan	Rp/m2	1500000
Bangunan	Rp/m2	2800000

Alat bongkar muat

Conveyor	Rp/m	Rp 1.080.000
Mobile Crane	Rp	Rp 423.000.000

Alat Pemilah Sampah

Sorting Mach	Rp	Rp 345.000.000
--------------	----	----------------

Biaya Operasional

Jenis biaya	Harga	Satuan	Kebutuhan per unit	Satuan
Listrik	1.529	Rp/KWH	15,0	KWH/ton
Air	10.000	Rp/m3	0,2650	m3/orang/hari
Layanan luar	10%			

Skenario Pesimis	Tahun	Biaya Pembangunan					Biaya Alat (Rp)				Biaya Modal MRF Darat (Rp)
		Lahan (m ²)	Biaya (Rp)	Bangunan (m ²)	Biaya (Rp)	Pinjaman (Rp)	Harga Mesin Sortir (M1) (Rp)	Harga Mesin Baler (M2) (Rp)	Harga Mesin Briket (M3) (Rp)	Forklift	
	2013	2.885	4.327.639.701	2.785	7.798.260.775	2.016.019.723	201.484.142	534.018.987	6.905.131.579	102.080.412	3.303.302.794
	2014	2.879	-	2.779	-	2.016.019.723	-	-	-	-	3.303.302.794
	2015	2.875	-	2.775	-	2.016.019.723	-	-	-	-	3.303.302.794
	2016	2.875	-	2.775	-	2.016.019.723	-	-	-	-	3.303.302.794
	2017	2.879	5.501.475	2.779	10.269.421	2.018.641.750	-	-	-	-	3.305.924.821
	2018	2.887	12.261.007	2.787	22.887.212	2.024.485.399	-	-	-	-	3.311.768.469
	2019	2.907	29.198.366	2.807	54.503.616	2.038.401.466	-	-	-	-	3.325.684.536
	2020	2.958	77.525.556	2.858	144.714.370	2.075.350.481	-	-	-	-	3.362.633.551
	2021	2.986	42.002.371	2.886	78.404.426	2.095.368.992	-	-	-	-	3.382.652.063
	2022	3.028	62.421.151	2.928	116.519.482	2.125.119.182	-	-	-	-	3.412.402.253

Skenario Pesimis	Tahun	Biaya Produksi				Biaya Operasional (Rp)								Total (Rp)
		Biaya Produksi M1 (Rp)	Biaya Produksi M2 (Rp)	Biaya Produksi M3 (Rp)	Total	Maintenance Cost M1 (1% Harga)	Maintenance Cost M2 (1% Harga)	Maintenance Cost M3 (1% Harga)	Gaji Operator	Listrik	Air	Layanan luar		
	2013	9.194.414.051	1.947.698.361	5.238.179.844	16.380.292.256	2.014.841	5.340.190	69.051.316	642.735.000	9.194.414.051	33.824.569	994.737.997	30.549.306.666	
	2014	9.168.111.902	1.942.126.647	5.223.195.160	16.333.433.710	2.014.841	5.340.190	69.051.316	642.735.000	9.168.111.902	33.824.569	992.107.782	30.473.515.757	
	2015	9.153.592.523	1.939.050.934	5.214.923.277	16.307.566.734	2.014.841	5.340.190	69.051.316	642.735.000	9.153.592.523	33.824.569	990.655.844	30.431.677.464	
	2016	9.152.866.313	1.938.897.098	5.214.509.545	16.306.272.956	2.014.841	5.340.190	69.051.316	642.735.000	9.152.866.313	33.824.569	990.583.223	30.429.584.854	
	2017	9.168.287.415	1.942.163.827	5.223.295.153	16.333.746.395	2.014.841	5.340.190	69.051.316	642.735.000	9.168.287.415	33.824.569	992.125.333	30.476.643.533	
	2018	9.202.656.999	1.949.444.506	5.242.875.961	16.394.977.466	2.014.841	5.340.190	69.051.316	642.735.000	9.202.656.999	33.824.569	995.562.292	30.581.524.795	
	2019	9.259.279.096	1.961.439.046	5.275.134.322	16.495.852.464	2.014.841	5.340.190	69.051.316	642.735.000	9.259.279.096	33.824.569	1.001.224.501	30.758.600.167	
	2020	9.342.054.353	1.978.973.739	5.322.292.486	16.643.320.578	2.014.841	5.340.190	69.051.316	642.735.000	9.342.054.353	33.824.569	1.009.502.027	31.034.070.078	
2021	9.455.615.143	2.003.029.885	5.386.989.576	16.845.634.604	2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.455.615.143	36.567.102	1.026.100.359	31.438.984.270		
2022	9.605.418.355	2.034.763.443	5.472.334.457	17.112.516.255	2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.605.418.355	36.567.102	1.041.080.680	31.900.399.645		
Skenario Moderat	Tahun	Biaya Pembangunan					Biaya Alat (Rp)					Biaya Modal MRF Darat (Rp)		
		Lahan (m ²)	Biaya (Rp)	angunan (m ²)	Biaya (Rp)	Pinjaman (Rp)	Harga Mesin Sortir (M1) (Rp)	Harga Mesin Baler (M2) (Rp)	Harga Mesin Briket (M3) (Rp)	Forklift				
	2013	2.939	4.407.946.491	2.839	7.948.166.783	2.054.294.286	201.484.142	534.018.987	6.905.131.579	102.080.412	3.341.577.357			
	2014	2.960	32.090.358	2.860	59.902.001	2.069.588.689	-	-	-	-	3.356.871.760			
	2015	2.979	28.989.692	2.879	54.114.092	2.083.405.302	-	-	-	-	3.370.688.372			
	2016	3.001	32.740.549	2.901	61.115.691	2.099.009.589	-	-	-	-	3.386.292.659			
	2017	3.028	40.497.919	2.928	75.596.115	2.118.311.072	-	-	-	-	3.405.594.142			
	2018	3.066	56.961.326	2.966	106.327.809	2.145.459.086	-	-	201.484.142	-	3.432.742.156			
	2019	3.104	56.859.074	3.004	106.136.938	2.172.558.366	-	-	-	-	3.459.841.436			
	2020	3.155	76.463.797	3.055	142.732.421	2.209.001.342	-	-	-	-	3.496.284.412			
2021	3.219	96.610.207	3.119	180.339.052	2.255.046.184	-	-	201.484.142	-	3.542.329.254				
2022	3.289	104.181.477	3.189	194.472.090	2.304.699.525	-	-	-	-	3.591.982.596				
Skenario Moderat	Tahun	Biaya Produksi				Biaya Operasional (Rp)								Total (Rp)
		Biaya Produksi M1 (Rp)	Biaya Produksi M2 (Rp)	Biaya Produksi M3 (Rp)	Total	Maintenance Cost M1 (1% Harga)	Maintenance Cost M2 (1% Harga)	Maintenance Cost M3 (1% Harga)	Gaji Operator	Listrik	Air	Layanan luar		
	2013	9.282.649.062	1.948.711.055	5.306.127.069	16.537.487.185	2.014.841	5.340.190	69.051.316	642.735.000	9.282.649.062	33.824.569	1.003.561.498	30.841.834.670	
	2014	9.347.367.905	1.962.297.513	5.343.121.509	16.652.786.928	2.014.841	5.340.190	69.051.316	642.735.000	9.347.367.905	33.824.569	1.010.033.382	31.043.619.544	
	2015	9.424.423.259	1.978.473.781	5.387.167.718	16.790.064.758	2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.424.423.259	36.567.102	1.022.981.171	31.337.139.662	
	2016	9.516.205.263	1.997.741.622	5.439.631.941	16.953.578.826	2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.516.205.263	36.567.102	1.032.159.371	31.617.218.221	
	2017	9.625.540.053	2.020.694.328	5.502.129.649	17.148.364.031	2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.625.540.053	36.567.102	1.043.092.850	31.951.573.178	
	2018	9.755.815.230	2.048.043.060	5.576.597.254	17.380.455.544	2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.755.815.230	36.567.102	1.056.120.368	32.354.115.401	
	2019	9.911.061.411	2.080.633.967	5.665.338.728	17.657.034.106	2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.911.061.411	36.567.102	1.071.644.986	32.828.564.041	
	2020	10.096.077.695	2.119.474.526	5.771.097.322	17.986.649.543	2.014.841	5.340.190	69.051.316	707.940.000	10.096.077.695	37.481.280	1.091.790.532	33.416.223.462	
2021	10.316.607.319	2.165.770.417	5.897.155.972	18.379.533.709	2.014.841	5.340.190	69.051.316	726.570.000	10.316.607.319	38.395.457	1.115.797.912	34.119.233.652		
2022	10.579.475.670	2.220.954.499	6.047.416.190	18.847.846.360	2.014.841	5.340.190	69.051.316	726.570.000	10.579.475.670	38.395.457	1.142.084.747	34.926.354.830		

Skenario Optimis	Tahun	Biaya Pembangunan					Biaya Alat (Rp)					Biaya Modal MRF Darat (Rp)
		Lahan (m ²)	Biaya (Rp)	angunan (m ²)	Biaya (Rp)	Pinjaman (Rp)	Harga Mesin Sortir (M1) (Rp)	Harga Mesin Baler (M2) (Rp)	Harga Mesin Briket (M3) (Rp)	Forklift		
	2013	2.966	4.449.177.229	2.866	8.025.130.828	2.073.945.034	201.484.142	534.018.987	6.905.131.579	102.080.412	3.361.228.105	
	2014	3.006	59.136.024	2.906	110.387.244	2.102.129.518	-	-	-	-	3.389.412.589	
	2015	3.047	62.818.879	2.947	117.261.908	2.132.069.268	-	-	201.484.142	-	3.419.352.338	
	2016	3.099	78.002.920	2.999	145.605.450	2.169.245.796	-	-	-	-	3.456.528.866	
	2017	3.151	77.881.644	3.051	145.379.068	2.206.364.524	-	-	-	-	3.493.647.594	
	2018	3.219	101.702.784	3.119	189.845.197	2.254.836.510	-	-	201.484.142	-	3.542.119.581	
	2019	3.328	163.254.318	3.228	304.741.394	2.332.644.223	-	-	-	-	3.619.927.294	
	2020	3.401	109.882.794	3.301	205.114.549	2.385.014.838	201.484.142	-	-	-	3.672.297.908	
	2021	3.491	134.015.056	3.391	250.161.437	2.448.886.992	-	-	201.484.142	-	3.736.170.062	
	2022	3.598	161.147.250	3.498	300.808.199	2.525.690.467	-	-	201.484.142	-	3.812.973.537	

Skenario Optimis	Tahun	Biaya Produksi				Biaya Operasional (Rp)							Total (Rp)
		Biaya Produksi M1 (Rp)	Biaya Produksi M2 (Rp)	Biaya Produksi M3 (Rp)	Total	Maintenance Cost M1 (1% Harga)	Maintenance Cost M2 (1% Harga)	Maintenance Cost M3 (1% Harga)	Gaji Operator	Listrik	Air	Layanan luar	
	2013	9.370.884.072	1.951.276.683	5.372.521.359	16.694.682.114	2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.370.884.072	36.567.102	1.017.627.252	31.173.403.645
	2014	9.528.212.138	1.984.036.728	5.462.720.788	16.974.969.654	2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.528.212.138	36.567.102	1.033.360.059	31.654.936.542
	2015	9.700.095.121	2.019.827.509	5.561.264.851	17.281.187.481	2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.700.095.121	36.567.102	1.050.548.357	32.180.165.399
	2016	9.889.347.081	2.059.234.990	5.669.766.908	17.618.348.979	2.014.841	5.340.190	69.051.316	692.415.000	9.889.347.081	36.567.102	1.069.473.553	32.762.680.582
	2017	10.099.327.215	2.102.958.649	5.790.152.855	17.992.438.719	2.014.841	5.340.190	69.051.316	707.940.000	10.099.327.215	37.481.280	1.092.115.484	33.422.950.292
	2018	10.334.092.843	2.151.843.332	5.924.748.838	18.410.685.012	2.014.841	5.340.190	69.051.316	726.570.000	10.334.092.843	38.395.457	1.117.546.465	34.169.409.358
	2019	10.598.513.499	2.206.903.010	6.076.346.661	18.881.763.171	2.014.841	5.340.190	69.051.316	726.570.000	10.598.513.499	38.395.457	1.143.988.530	35.009.157.952
	2020	10.898.436.828	2.269.355.324	6.248.298.899	19.416.091.051	2.014.841	5.340.190	69.051.316	776.250.000	10.898.436.828	41.137.990	1.179.223.116	35.983.436.894
	2021	11.240.915.972	2.340.668.934	6.444.649.265	20.026.234.172	2.014.841	5.340.190	69.051.316	776.250.000	11.240.915.972	41.137.990	1.213.471.031	37.034.179.227
	2022	11.634.406.815	2.422.604.587	6.670.245.692	20.727.257.094	2.014.841	5.340.190	69.051.316	791.775.000	11.634.406.815	42.052.167	1.254.464.033	38.262.928.647

LAMPIRAN L

PERHITUNGAN *TRUCKING*

Skenario Pesimis		
Proses		
Residu	263,04	ton
Sampah TPA	23	ton
Jarak Depo ke TPA	28	km
Kecepatan Truk	26	km/jam
Waktu bongkar muat sampah	0,84	jam/rit

Moda Darat		
Truk Pengangkut Sampah TPA		
Depo - TPA	1,1	jam/rit
Muat sampah@TPA	0,8	jam/rit
TPA - Depo	1,1	jam/rit
Bongkar sampah @Depo	0,8	jam/rit
Total (jam/rit)	3,82	jam/rit
Total (hari/rit)	0,16	hari/rit

Moda Darat		
Truk Pengangkut Residu		
Muat Sampah @Depo	0,8	jam/rit
Depo - TPA	1,1	jam/rit
Bongkar Sampah@TPA	0,8	jam/rit
Depo - TPA	1,1	jam/rit
Total (jam/rit)	3,82	jam/rit
Total (hari/rit)	0,16	hari/rit

Moda Darat		
Truk Pengangkut sampah TPA + Residu		
Onhire	345	hari
Ritasi per hari	5	rit/hari
Ritasi per tahun	1725	rit/tahun
Kapasitas angkut	30	ton
Kapasitas angkut/tahun	103.500	ton/tahun
Muatan terangkut/tahun	98.683	ton/tahun
Unit Truck	2	unit
Utilisasi	95%	%

Skenario Moderat		
Proses		
Residu	271,22	ton
Sampah TPA	23	ton
Jarak Depo ke TPA	28	km
Kecepatan Truk	26	km/jam
Waktu bongkar muat sampah	0,84	jam/rit

Moda Darat		
Truk Pengangkut Sampah TPA		
Depo - TPA	1,1	jam/rit
Muat sampah@TPA	0,8	jam/rit
TPA - Depo	1,1	jam/rit
Bongkar sampah @Depo	0,8	jam/rit
Total (jam/rit)	3,82	jam/rit
Total (hari/rit)	0,16	hari/rit

Moda Darat		
Truk Pengangkut Residu		
Muat Sampah @Depo	0,8	jam/rit
Depo - TPA	1,1	jam/rit
Bongkar Sampah@TPA	0,8	jam/rit
Depo - TPA	1,1	jam/rit
Total (jam/rit)	3,82	jam/rit
Total (hari/rit)	0,16	hari/rit

Moda Darat		
Truk Pengangkut sampah TPA + Residu		
Onhire	345	hari
Ritasi per hari	5	rit/hari
Ritasi per tahun	1725	rit/tahun
Kapasitas Angkut	30	ton
Kapasitas angkut/tahun	103.500	ton/tahun
Muatan terangkut/tahun	101.506	ton/tahun
Unit Truck	2	unit
Utilisasi	98%	%

Skenario Optimis		
Proses		
Residu	318,19	ton
Sampah TPA	23	ton
Jarak Depo ke TPA	28	km
Kecepatan Truk	26	km/jam
Waktu bongkar muat sampah	0,84	jam/rit

Moda Darat		
Truk Pengangkut Sampah TPA		
Depo - TPA	1,1	jam/rit
Muat sampah@TPA	0,8	jam/rit
TPA - Depo	1,1	jam/rit
Bongkar sampah @Depo	0,8	jam/rit
Total (jam/rit)	3,82	jam/rit
Total (hari/rit)	0,16	hari/rit

Moda Darat		
Truk Pengangkut Residu		
Muat Sampah @Depo	0,8	jam/rit
Depo - TPA	1,1	jam/rit
Bongkar Sampah@TPA	0,8	jam/rit
Depo - TPA	1,1	jam/rit
Total (jam/rit)	3,82	jam/rit
Total (hari/rit)	0,16	hari/rit

Moda Darat		
Truk Pengangkut sampah TPA + Residu		
Onhire	345	hari
Ritasi per hari	5	rit/hari
Ritasi per tahun	1725	rit/tahun
Kapasitas Angkut	30	ton
Kapasitas angkut/tahun	155.250	ton/tahun
Muatan terangkut/tahun	117.709	ton/tahun
Unit Truck	3	unit
Utilisasi	76%	%

LAMPIRAN M

Skenario Pesimis	Tahun	Biaya Sewa		Biaya Perjalanan		Biaya Operasional				Total (Rp)
		Sewa Truk (Rp)	Total	BBM (Rp)	Total	Maintenance Cost (1% Harga) (Rp)	Gaji Sopir (Rp)	Gaji Crew (Rp)	Total	
	2013	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2014	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2015	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2016	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2017	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2018	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2019	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2020	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
2021	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172	
2022	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172	
Skenario Moderat	Tahun	Biaya Sewa		Biaya Perjalanan		Biaya Operasional				Total (Rp)
		Sewa Truk (Rp)	Total	BBM (Rp)	Total	Maintenance Cost (1% Harga) (Rp)	Gaji Sopir (Rp)	Gaji Crew (Rp)	Total	
	2013	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2014	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2015	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2016	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2017	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2018	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2019	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2020	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2021	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2022	1.504.966.292	1.504.966.292	159.390.000	159.390.000	1.504.966	180.000.000	108.000.000	289.504.966	1.953.861.258
Skenario Optimis	Tahun	Biaya Sewa		Biaya Perjalanan		Biaya Operasional				Total (Rp)
		Sewa Truk (Rp)	Total	BBM (Rp)	Total	Maintenance Cost (1% Harga) (Rp)	Gaji Sopir (Rp)	Gaji Crew (Rp)	Total	
	2013	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2014	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2015	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2016	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2017	1.003.310.861	1.003.310.861	106.260.000	106.260.000	1.003.311	120.000.000	72.000.000	193.003.311	1.302.574.172
	2018	1.504.966.292	1.504.966.292	159.390.000	159.390.000	1.504.966	180.000.000	108.000.000	289.504.966	1.953.861.258
	2019	1.504.966.292	1.504.966.292	159.390.000	159.390.000	1.504.966	180.000.000	108.000.000	289.504.966	1.953.861.258
	2020	1.504.966.292	1.504.966.292	159.390.000	159.390.000	1.504.966	180.000.000	108.000.000	289.504.966	1.953.861.258
	2021	1.504.966.292	1.504.966.292	159.390.000	159.390.000	1.504.966	180.000.000	108.000.000	289.504.966	1.953.861.258
	2022	1.504.966.292	1.504.966.292	159.390.000	159.390.000	1.504.966	180.000.000	108.000.000	289.504.966	1.953.861.258

LAMPIRAN N

HARGA SEWA DAN HARGA BELI KAPAL

Tugboat

T

2,5 m

Horse Power	T	\$	Rp	Harga Sewa/tahun
2.145	2	765.000	6.885.000.000	Rp 1.680.000.000
2.413	3	350.000	3.150.000.000	Rp 1.889.902.098
1.000	2	250.000	2.250.000.000	Rp 783.216.783
2.000	2	600.000	5.400.000.000	Rp 1.566.433.566
1.660	3	550.000	4.950.000.000	Rp 1.300.139.860
1.700	3	570.000	5.130.000.000	Rp 1.331.468.531
1.100	2	460.000	4.140.000.000	Rp 861.538.462

Persamaan Regresi			Value		
HP - Rp	a	783216,7832	Rp	Rp 1.333.979.217	Rupiah
	b	0			
HP - T	a	318,5358255	HP	1703,21	HP
	b	906,8660436			

Biaya Sewa Tongkang dan Tugboat

180 feet

Ukuran (Feet)	Harga Sewa(Rp/bulan)	Harga Sewa(Rp/tahun)	Tongkang	Tug Boat
180	220.000.000	2.640.000.000	792.000.000	Rp 1.848.000.000,00
180	225.000.000	2.700.000.000	810.000.000	Rp 1.890.000.000,00
180	230.000.000	2.760.000.000	828.000.000	Rp 1.932.000.000,00
230	440.000.000	5.280.000.000	1.584.000.000	Rp 3.696.000.000,00
230	435.000.000	5.220.000.000	1.566.000.000	Rp 3.654.000.000,00
230	460.000.000	5.520.000.000	1.656.000.000	Rp 3.864.000.000,00

Persamaan Regresi			Value		
Feet - Rp	a	52800000	Harga Sewa	2.700.000.000	Rupiah
	b	-6804000000			

Tongkang pengolah (MRF Apung)

Payload

2700 ton

DWT

2970 ton

Tahun	Payload	DWT	\$	Rp
1.981	2.900	3.190	420.000	3.780.000.000
1.996	3.000	3.200	450.000	4.050.000.000
1.997	2.200	2.420	440.000	3.960.000.000

Persamaan Regresi			Value		
DWT - Rp	a	-54686,19943	Harga Tongkang	3.928.177.127	Rupiah
	b	4090595139			

LAMPIRAN O
PERHITUNGAN ARMADA KAPAL

Data	Nilai	Satuan
Sampah Masuk	1337,40	ton
Produk Olahan	506,21	ton
Residu	289,51	ton
Jarak ke Processing Area	19	nm
Kecepatan Kapal	4	knot
Kemampuan Muat di Depo (Conveyor)	899	ton/jam
Kemampuan Muat di MRF Apung (Grab Bucket Crane)	350	ton/jam
Kemampuan Muat Crane di MRF Apung	480	ton/jam
Kemampuan Bongkar Crane di Depo	400	ton/jam

Tongkang Pengangkut Sampah+Residu		Satuan
Item	1337	
Muat Sampah @Depo	1,5	jam
Depot - Processing Area	4,8	jam
Bongkar sampah @Processing Area	3,8	jam
Waktu Tunggu @Processing Area	8,0	jam
Muat Residu @Processing Area	0,8	jam
Bongkar Residu @Depo	0,3	jam
Processing area - Depo	4,8	jam
Sea Time	9,60	jam
Waiting Time	8,00	jam
Port Time	6,46	jam
Total (jam)	24,06	jam
Total (hari)	1,00	hari
Pengolahan Sampah Apung		Satuan
Item	1337	
Pengolahan	8,0	jam
Total Waktu Pengolahan (jam)	8,00	jam
Total Waktu Pengolahan (hari)	0,33	hari

Tongkang Pengangkut Produk		Satuan
Item	1337	
Depot -> Processing area	4,8	jam
Muat Produk	1,1	jam
Processing area -> Depo	4,8	jam
Bongkar Produk ke Depo	1,3	jam
Sea time	9,6	jam
Waiting time	8,0	jam
Port time	2,3	jam
Total (jam)	19,9	jam
Total (hari)	0,83	hari

Kapal	Tongkang Pengangkut Sampah+Residu	Tugboat	Pengolah Apung	Tongkang Pengangkut Produk	Tugboat	Keterangan
Jumlah armada	1	1	1	1	1	unit
Kapasitas muatan	2.000		2.700	2.000		ton
Docking	20	20	20	20	20	hari
Onhire	345	345	345	345	345	hari
Roundtrip	345	345	345	416	416	roundtrip/tahun
Muatan yang diangkut/diolah	561.287	561.287	735.928	210.583	210.583	ton/tahun
Jumlah sampah yang diangkut/diolah	400.998	400.998	400.998	400.998	400.998	ton/tahun
Kapasitas angkut/olah pertahun	690.000	690.000	735.928	832.000	832.000	ton/tahun
Utilisasi	58%	58%	54%	48%	48%	%

Tahun	Armada Pengangkut Sampah+Residu				MRF Apung		Armada Pengangkut Produk			
	Jumlah Armada (unit)	Roundtrip	MFO (liter)	MDO (liter)	Jumlah Armada (unit)	MDO (liter)	Jumlah Armada (unit)	Roundtrip	MFO (liter)	MDO (liter)
2013	1	356	1.107	207,79	1	1.780	1	422	1.107	160,06
2014	1	356	1.107	208,31	1	1.780	1	422	1.107	160,25
2015	1	355	1.107	208,93	1	1.780	1	422	1.107	160,47
2016	1	354	1.107	209,66	1	1.780	1	421	1.107	160,73
2017	1	353	1.107	210,54	1	1.780	1	421	1.107	161,05
2018	1	352	1.107	211,59	1	1.780	1	420	1.107	161,42
2019	1	351	1.107	212,83	1	1.780	1	419	1.107	161,87
2020	1	349	1.107	214,32	1	1.780	1	418	1.107	162,40
2021	1	347	1.107	216,09	1	1.780	1	417	1.107	163,04
2022	1	345	1.107	218,20	1	1.780	1	416	1.107	163,80

LAMPIRAN P
PERHITUNGAN BIAYA PENGAPALAN

	Tahun	Biaya Sewa			Biaya Pelayaran					Biaya Operasional	Total (Rp)
		Sewa Armada Pengangkut Sampah+Residu (Rp)	Sewa Armada Pengangkut Produk (Rp)	Total	MFO Armada Pengangkut Sampah+Residu (Rp)	MDO Armada Pengangkut Sampah+Residu (Rp)	MFO Armada Pengangkut Produk (Rp)	MDO Armada Pengangkut Produk (Rp)	Total	Total	
Skenario Pesimis	2013	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.303.578.355	735.988.285	3.905.070.212	671.736.435	8.616.373.286	-	14.016.373.286
	2014	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.303.578.355	735.238.069	3.914.323.933	673.007.802	8.626.148.159	-	14.026.148.159
	2015	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.312.832.076	736.882.263	3.914.323.933	672.830.920	8.636.869.192	-	14.036.869.192
	2016	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.312.832.076	736.861.491	3.914.323.933	672.822.073	8.636.839.573	-	14.036.839.573
	2017	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.303.578.355	735.243.075	3.914.323.933	673.009.940	8.626.155.303	-	14.026.155.303
	2018	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.303.578.355	736.223.398	3.905.070.212	671.836.617	8.616.708.582	-	14.016.708.582
	2019	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.303.578.355	737.838.430	3.905.070.212	672.524.783	8.619.011.780	-	14.019.011.780
	2020	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.294.324.634	738.126.040	3.905.070.212	673.530.806	8.611.051.693	-	14.011.051.693
	2021	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.285.070.913	739.273.600	3.895.816.491	673.311.672	8.593.472.676	-	13.993.472.676
	2022	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.266.563.471	739.333.639	3.895.816.491	675.128.017	8.576.841.618	-	13.976.841.618
Skenario Moderat	Tahun	Biaya Sewa			Biaya Pelayaran					Biaya Operasional	Total (Rp)
		Sewa Armada Pengangkut Sampah+Residu (Rp)	Sewa Armada Pengangkut Produk (Rp)	Total	MFO Armada Pengangkut Sampah+Residu (Rp)	MDO Armada Pengangkut Sampah+Residu (Rp)	MFO Armada Pengangkut Produk (Rp)	MDO Armada Pengangkut Produk (Rp)	Total	Total	
	2013	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.294.324.634	736.403.937	3.905.070.212	672.409.972	8.608.208.755	-	14.008.208.755
	2014	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.294.324.634	738.244.515	3.905.070.212	673.193.763	8.610.833.124	-	14.010.833.124
	2015	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.285.070.913	738.356.063	3.905.070.212	674.126.958	8.602.624.146	-	14.002.624.146
	2016	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.275.817.192	738.871.766	3.895.816.491	673.638.411	8.584.143.861	-	13.984.143.861
	2017	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.266.563.471	739.867.792	3.895.816.491	674.959.395	8.577.207.150	-	13.977.207.150
	2018	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.257.309.750	741.435.195	3.886.562.770	674.926.413	8.560.234.129	-	13.960.234.129
	2019	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.248.056.030	743.681.974	3.877.309.049	675.186.220	8.544.233.273	-	13.944.233.273
	2020	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.229.548.588	744.602.797	3.868.055.329	675.794.236	8.518.000.950	-	13.918.000.950
	2021	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.211.041.146	746.448.952	3.858.801.608	676.816.629	8.493.108.334	-	13.893.108.334
	2022	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.192.533.704	749.391.527	3.849.547.887	678.331.825	8.469.804.943	-	13.869.804.943

Skenario Optimis	Tahun	Biaya Sewa			Biaya Pelayaran					Biaya Operasional	Total (Rp)
		Sewa Armada Pengangkut Sampah+Residu (Rp)	Sewa Armada Pengangkut Produk (Rp)	Total	MFO Armada Pengangkut Sampah+Residu (Rp)	MDO Armada Pengangkut Sampah+Residu (Rp)	MFO Armada Pengangkut Produk (Rp)	MDO Armada Pengangkut Produk (Rp)	Total	Total	
	2013	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.294.324.634	738.884.030	3.905.070.212	673.118.545	8.611.397.421	-	14.011.397.421
	2014	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.275.817.192	739.181.718	3.895.816.491	673.418.286	8.584.233.688	-	13.984.233.688
	2015	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.266.563.471	741.940.192	3.886.562.770	673.883.904	8.568.950.338	-	13.968.950.338
	2016	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.248.056.030	743.042.639	3.877.309.049	674.547.881	8.542.955.599	-	13.942.955.599
	2017	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.229.548.588	744.662.464	3.877.309.049	677.064.800	8.528.584.902	-	13.928.584.902
	2018	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.211.041.146	746.902.193	3.858.801.608	676.633.565	8.493.378.512	-	13.893.378.512
	2019	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.192.533.704	749.884.139	3.849.547.887	678.157.719	8.470.123.448	-	13.870.123.448
	2020	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.164.772.542	751.556.769	3.840.294.166	680.088.232	8.436.711.709	-	13.836.711.709
	2021	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.137.011.379	754.238.007	3.821.786.724	680.857.028	8.393.893.138	-	13.793.893.138
	2022	2.700.000.000	2.700.000.000	5.400.000.000	3.109.250.216	758.124.205	3.812.533.003	683.846.231	8.363.753.656	-	13.763.753.656

LAMPIRAN Q

PERHITUNGAN EMISI ARMADA

Skenario Moderat	
Proses	
Jarak ke TPA (km)	28
Kecepatan Truck (km/jam)	26

Moda Darat		
Truk TPA+Residu		
Onhire	345	hari
Ritasi per hari	5	rit/hari
Unit Truck	2	unit
Konsumsi	0,20	liter/km
Jarak tempuh pp	96.600	km/tahun
Emisi Carbon	110,1	ton CO2
Biaya Emisi Carbon	385,2	USD
Biaya Emisi Carbon	3.466.861	Rupiah
Moda Laut		
Kapal Pengangkut Sampah+Residu		
Roundtrip	345	roundtrip/tahun
MFO	1107	liter
HSD	218	liter
Total	1456,9	ton
Biaya Emisi Carbon	5.099	USD
	45.890.799	Rupiah
MRF Apung		
Roundtrip	345	roundtrip/tahun
MFO	0	liter
HSD	1780	liter
Total	1749,0	ton
Biaya Emisi Carbon	6.122	USD
	55.093.530	Rupiah
Kapal Pengangkut Produk		
Roundtrip	416	roundtrip/tahun
MFO	1107	liter
HSD	164	liter
Total	1692,2	ton
Biaya Emisi Carbon	5.923	USD
	53.304.576	Rupiah

LAMPIRAN R
PERHITUNGAN BIAYA EMISI ARMADA

Skenario Pesimis	Tahun	Armada Darat					Kapal Pengangkut Sampah+Residu					MRF Apung				Kapal Pengangkut Produk					Total
		Ritase	Konsumsi BBM (liter/km)	Jarak tempuh pp (km/tahun)	Emisi Carbon (ton CO2)	Biaya Emisi (Rp)	Roundtrip	MFO (liter)	MDO (liter)	Emisi Carbon (ton CO2)	Biaya Emisi (Rp)	Roundtrip	MDO (liter)	Emisi Carbon (ton CO2)	Biaya Emisi (Rp)	Roundtrip	MFO (liter)	MDO (liter)	Emisi Carbon (ton CO2)	Biaya Emisi (Rp)	
	2013	5	0,20	96.600	110	3.466.861	357,00	1.106,90	207,09	1.496,23	47.131.276	345	1.780	1.749	55.093.530	422	1.107	160	1.712	53.925.772	159.617.439
	2014	5	0,20	96.600	110	3.466.861	357,00	1.106,90	206,88	1.496,02	47.124.514	345	1.780	1.749	55.093.530	423	1.107	160	1.716	54.050.670	159.735.576
	2015	5	0,20	96.600	110	3.466.861	358,00	1.106,90	206,76	1.500,09	47.252.773	345	1.780	1.749	55.093.530	423	1.107	160	1.716	54.049.076	159.862.240
	2016	5	0,20	96.600	110	3.466.861	358,00	1.106,90	206,76	1.500,08	47.252.585	345	1.780	1.749	55.093.530	423	1.107	160	1.716	54.048.996	159.861.973
	2017	5	0,20	96.600	110	3.466.861	357,00	1.106,90	206,88	1.496,02	47.124.559	345	1.780	1.749	55.093.530	423	1.107	160	1.716	54.050.689	159.735.640
	2018	5	0,20	96.600	110	3.466.861	357,00	1.106,90	207,16	1.496,30	47.133.395	345	1.780	1.749	55.093.530	422	1.107	160	1.712	53.926.675	159.620.461
	2019	5	0,20	96.600	110	3.466.861	357,00	1.106,90	207,61	1.496,76	47.147.951	345	1.780	1.749	55.093.530	422	1.107	160	1.712	53.932.877	159.641.219
	2020	5	0,20	96.600	110	3.466.861	356,00	1.106,90	208,28	1.493,24	47.037.103	345	1.780	1.749	55.093.530	422	1.107	160	1.712	53.941.944	159.539.439
	2021	5	0,20	96.600	110	3.466.861	355,00	1.106,90	209,19	1.489,97	46.934.006	345	1.780	1.749	55.093.530	421	1.107	161	1.709	53.826.529	159.320.927
	2022	5	0,20	96.600	110	3.466.861	353,00	1.106,90	210,39	1.482,78	46.707.668	345	1.780	1.749	55.093.530	421	1.107	161	1.709	53.842.900	159.110.959
Skenario Moderat	Tahun	Armada Darat					Kapal Pengangkut Sampah+Residu					MRF Apung				Kapal Pengangkut Produk					Total (Rp)
		Ritase	Konsumsi BBM (liter/km)	Jarak tempuh pp (km/tahun)	Emisi Carbon (ton CO2)	Biaya Emisi (Rp)	Roundtrip	MFO (liter)	MDO (liter)	Emisi Carbon (ton CO2)	Biaya Emisi (Rp)	Roundtrip	MDO (liter)	Emisi Carbon (ton CO2)	Biaya Emisi (Rp)	Roundtrip	MFO (liter)	MDO (liter)	Emisi Carbon (ton CO2)	Biaya Emisi (Rp)	
	2013	5	0,20	96.600	110	3.466.861	356	1.107	208	1.493	47.021.582	345	1.780	1.749	55.093.530	422	1.107	160	1.712	53.931.842	159.513.816
	2014	5	0,20	96.600	110	3.466.861	356	1.107	208	1.493	47.038.171	345	1.780	1.749	55.093.530	422	1.107	160	1.712	53.938.906	159.537.469
	2015	5	0,20	96.600	110	3.466.861	355	1.107	209	1.490	46.925.736	345	1.780	1.749	55.093.530	422	1.107	160	1.713	53.947.317	159.433.445
	2016	5	0,20	96.600	110	3.466.861	354	1.107	210	1.486	46.816.945	345	1.780	1.749	55.093.530	421	1.107	161	1.709	53.829.474	159.206.810
	2017	5	0,20	96.600	110	3.466.861	353	1.107	211	1.483	46.712.482	345	1.780	1.749	55.093.530	421	1.107	161	1.709	53.841.380	159.114.253
	2018	5	0,20	96.600	110	3.466.861	352	1.107	212	1.480	46.613.169	345	1.780	1.749	55.093.530	420	1.107	161	1.706	53.727.643	158.901.203
	2019	5	0,20	96.600	110	3.466.861	351	1.107	213	1.477	46.519.979	345	1.780	1.749	55.093.530	419	1.107	162	1.702	53.616.545	158.696.915
	2020	5	0,20	96.600	110	3.466.861	349	1.107	214	1.470	46.301.398	345	1.780	1.749	55.093.530	418	1.107	162	1.699	53.508.585	158.370.375
	2021	5	0,20	96.600	110	3.466.861	347	1.107	216	1.463	46.091.158	345	1.780	1.749	55.093.530	417	1.107	163	1.695	53.404.360	158.055.909
	2022	5	0,20	96.600	165	5.200.292	345	1.107	218	1.457	45.890.799	345	1.780	1.749	55.093.530	416	1.107	164	1.692	53.304.576	159.489.197
Skenario Optimis	Tahun	Armada Darat					Kapal Pengangkut Sampah+Residu					MRF Apung				Kapal Pengangkut Produk					Total
		Ritase	Konsumsi BBM (liter/km)	Jarak tempuh pp (km/tahun)	Emisi Carbon (ton CO2)	Biaya Emisi (Rp)	Roundtrip	MFO (liter)	MDO (liter)	Emisi Carbon (ton CO2)	Biaya Emisi (Rp)	Roundtrip	MDO (liter)	Emisi Carbon (ton CO2)	Biaya Emisi (Rp)	Roundtrip	MFO (liter)	MDO (liter)	Emisi Carbon (ton CO2)	Biaya Emisi (Rp)	
	2013	5	0,20	96.600	110	3.466.861	356	1.107	208	1.493	47.043.935	345	1.780	1.749	55.093.530	422	1.107	160	1.712	53.938.228	159.542.555
	2014	5	0,20	96.600	110	3.466.861	354	1.107	210	1.486	46.819.738	345	1.780	1.749	55.093.530	421	1.107	161	1.709	53.827.490	159.207.620
	2015	5	0,20	96.600	110	3.466.861	353	1.107	211	1.484	46.731.160	345	1.780	1.749	55.093.530	420	1.107	161	1.705	53.718.247	159.009.798
	2016	5	0,20	96.600	110	3.466.861	351	1.107	213	1.477	46.514.217	345	1.780	1.749	55.093.530	419	1.107	162	1.702	53.610.791	158.685.400
	2017	5	0,20	96.600	110	3.466.861	349	1.107	214	1.470	46.301.936	345	1.780	1.749	55.093.530	419	1.107	162	1.703	53.633.476	158.495.804
	2018	5	0,20	96.600	165	5.200.292	347	1.107	216	1.463	46.095.243	345	1.780	1.749	55.093.530	417	1.107	163	1.695	53.402.710	159.791.775
	2019	5	0,20	96.600	165	5.200.292	345	1.107	218	1.457	45.895.239	345	1.780	1.749	55.093.530	416	1.107	164	1.692	53.303.007	159.492.068
	2020	5	0,20	96.600	165	5.200.292	342	1.107	221	1.447	45.569.995	345	1.780	1.749	55.093.530	415	1.107	165	1.689	53.206.966	159.070.783
	2021	5	0,20	96.600	165	5.200.292	339	1.107	223	1.437	45.253.841	345	1.780	1.749	55.093.530	413	1.107	166	1.682	52.987.017	158.534.679
	2022	5	0,20	96.600	165	5.200.292	336	1.107	227	1.427	44.948.547	345	1.780	1.749	55.093.530	412	1.107	167	1.679	52.900.517	158.142.886

LAMPIRAN S

REKAPITULASI BIAYA TATA KELOLA SAMPAH EKSISTING

Skenario Pesimis	Tahun	Biaya Internal		Biaya Eksternal			Total Biaya (Rp/tahun)
		Penambahan Lahan TPA (Rp)	Biaya Tipping (Rp)	Emisi TPA (Rp)	Dampak Kesehatan (Rp)	Dampak Ketidaknyamanan (Rp)	
	2013	-	51.554.845.848	19.528.547.888	2.204.812.242	31.319.173.688	104.607.379.667
	2014	6.264.309.542	51.419.931.760	32.567.820.671	2.227.599.868	31.271.450.782	123.751.112.623
	2015	6.264.309.542	51.345.456.138	41.280.095.855	2.261.849.669	31.245.106.660	132.396.817.865
	2016	6.264.309.542	51.341.731.120	47.118.697.551	2.307.653.070	31.243.789.016	138.276.180.299
	2017	6.273.946.129	51.420.832.036	51.062.392.080	2.376.632.992	31.271.769.235	142.405.572.472
	2018	6.295.423.547	51.597.127.180	53.772.708.716	2.457.592.427	31.334.129.784	145.456.981.654
	2019	6.330.806.472	51.887.564.238	55.699.503.436	2.574.058.357	31.436.865.538	147.928.798.042
	2020	6.382.532.405	52.312.151.165	57.151.902.567	2.715.215.065	31.587.053.872	150.148.855.074
	2021	6.453.496.096	52.894.649.225	58.346.120.251	2.750.927.712	31.793.099.815	152.238.293.099
	2022	6.547.107.535	53.663.048.960	59.437.691.750	2.798.687.425	32.064.904.407	154.511.440.077
Total Biaya (Rp)							898.623.866.657

Skenario Moderat	Tahun	Biaya Internal		Biaya Eksternal			Total Biaya (Rp/tahun)
		Penambahan Lahan TPA (Rp)	Biaya Tipping (Rp)	Emisi TPA (Rp)	Dampak Kesehatan (Rp)	Dampak Ketidaknyamanan (Rp)	
	2013	-	52.007.438.005	19.699.986.042	2.318.210.253	31.639.362.832	105.664.997.132
	2014	6.376.325.914	52.339.406.468	33.031.028.493	2.391.661.883	31.924.820.600	126.063.243.359
	2015	6.424.477.502	52.734.653.756	42.116.809.876	2.479.114.641	32.236.686.969	135.991.742.743
	2016	6.481.831.715	53.205.439.837	48.385.521.132	2.583.281.177	32.580.067.802	143.236.141.663
	2017	6.550.154.596	53.766.261.081	52.799.998.385	2.707.368.972	32.961.058.060	148.784.841.094
	2018	6.631.563.042	54.434.493.825	56.012.231.999	2.855.222.729	33.387.019.391	153.320.530.986
	2019	6.728.575.770	55.230.812.690	58.467.095.563	3.031.416.932	33.866.787.131	157.324.688.086
	2020	6.844.191.719	56.179.834.152	60.472.121.276	3.241.398.243	34.410.971.309	161.148.516.699
	2021	6.981.999.815	57.311.017.536	62.244.613.086	3.491.684.860	35.032.369.225	165.061.684.522
	2022	7.146.265.214	58.659.372.942	63.943.495.719	3.790.023.147	35.746.323.327	169.285.480.350
Total Biaya (Rp)							939.859.849.840

Skenario Optimis	Tahun	Biaya Internal		Biaya Eksternal			Total Biaya (Rp/tahun)
		Penambahan Lahan TPA (Rp)	Biaya Tipping (Rp)	Emisi TPA (Rp)	Dampak Kesehatan (Rp)	Dampak Ketidaknyamanan (Rp)	
	2013	-	52.460.030.161	19.871.424.196	2.527.488.582	31.639.362.832	106.498.305.771
	2014	6.489.334.764	53.267.027.835	33.497.322.202	2.820.400.811	31.924.820.600	127.998.906.214
	2015	6.596.743.765	54.148.683.417	42.964.998.601	3.144.654.649	32.236.686.969	139.091.767.401
	2016	6.715.006.571	55.119.431.330	49.679.083.136	3.489.996.996	32.580.067.802	147.583.585.835
	2017	6.846.222.331	56.196.502.219	54.587.654.107	3.870.366.924	32.961.058.060	154.461.803.641
	2018	6.992.926.450	57.400.707.679	58.334.110.664	4.275.207.317	33.387.019.391	160.389.971.500
	2019	7.158.161.879	58.757.025.473	61.359.197.524	4.732.990.386	33.866.787.131	165.874.162.393
	2020	7.345.582.788	60.295.450.466	63.969.716.511	5.234.182.061	34.410.971.309	171.255.903.135
	2021	7.559.596.660	62.052.161.017	66.385.027.101	5.796.686.184	35.032.369.225	176.825.840.187
	2022	7.805.487.541	64.070.530.680	68.768.599.890	6.441.070.716	35.746.323.327	182.832.012.154
Total Biaya (Rp)							976.833.632.023

LAMPIRAN T

REKAPITULASI BIAYA MRF DARAT

Skenario Pesimis	Tahun	Biaya Internal			Biaya Eksternal			Total Biaya (Rp/tahun)
		Penambahan Lahan TPA (Rp)	Biaya Tipping (Rp)	Biaya MRF Darat (Rp)	Emisi TPA (Rp)	Dampak Kesehatan (Rp)	Dampak Ketidaknyamanan (Rp)	
	2013	-	10.660.522.900	30.549.306.666	4.128.216.931	-	16.853.701.801	62.191.748.298
	2014	-	10.630.026.703	30.473.515.757	6.904.195.686	-	16.842.914.439	64.850.652.585
	2015	-	10.613.192.115	30.431.677.464	8.778.144.436	-	16.836.959.571	66.659.973.586
	2016	-	10.612.350.106	30.429.584.854	10.051.881.857	-	16.836.661.729	67.930.478.546
	2017	-	10.630.230.203	30.476.643.533	10.932.187.150	-	16.842.986.422	68.882.047.308
	2018	-	10.670.080.239	30.581.524.795	11.553.368.049	-	16.857.082.500	69.662.055.584
	2019	1.307.896.383	10.735.731.096	30.758.600.167	12.014.489.882	-	16.880.305.055	71.697.022.583
	2020	1.319.588.595	10.831.705.404	31.034.070.078	12.377.804.062	-	16.914.253.866	72.477.422.006
2021	1.335.629.341	10.963.374.197	31.438.984.270	12.635.057.228	-	16.960.828.820	73.333.873.856	
2022	1.356.789.421	11.137.064.501	31.900.399.645	12.825.842.564	-	17.022.267.965	74.242.364.096	
						Total Biaya (Rp)	452.940.989.988	

Skenario Moderat	Tahun	Biaya Internal			Biaya Eksternal			Total Biaya (Rp/tahun)
		Penambahan Lahan TPA (Rp)	Biaya Tipping (Rp)	Biaya MRF Darat (Rp)	Emisi TPA (Rp)	Dampak Kesehatan (Rp)	Dampak Ketidaknyamanan (Rp)	
	2013	-	10.755.402.263	30.841.834.670	4.171.770.440	-	16.887.263.299	62.656.270.673
	2014	-	10.830.389.176	31.043.619.544	6.996.402.838	-	16.913.788.279	65.784.199.836
	2015	-	10.919.669.667	31.337.139.662	8.923.399.103	-	16.945.369.370	68.125.578.002
	2016	-	11.026.013.688	31.617.218.221	10.255.111.246	-	16.982.986.169	69.881.329.324
	2017	-	11.152.695.161	31.951.573.178	11.195.443.794	-	17.027.796.968	71.327.509.101
	2018	-	11.303.639.350	32.354.115.401	11.882.554.702	-	17.081.190.172	72.621.499.625
	2019	1.398.996.432	11.483.516.356	32.828.564.041	12.410.810.966	-	17.144.817.727	75.266.705.523
	2020	1.425.112.416	11.697.886.688	33.416.223.462	12.845.560.613	-	17.220.646.541	76.605.429.720
2021	1.456.241.288	11.953.404.785	34.119.233.652	13.233.111.219	-	17.311.030.476	78.073.021.420	
2022	1.493.346.485	12.257.978.925	34.926.354.830	13.607.478.878	-	17.418.766.914	79.703.926.033	
						Total Biaya (Rp)	468.701.895.418	

Skenario Optimis	Tahun	Biaya Internal			Biaya Eksternal			Total Biaya (Rp/tahun)
		Penambahan Lahan TPA (Rp)	Biaya Tipping (Rp)	Biaya MRF Darat (Rp)	Emisi TPA (Rp)	Dampak Kesehatan (Rp)	Dampak Ketidaknyamanan (Rp)	
	2013	-	10.850.933.885	31.173.403.645	4.252.149.324	-	16.921.055.520	63.197.542.374
	2014	-	11.033.110.553	31.654.936.542	7.214.950.954	-	16.985.496.530	66.888.494.578
	2015	-	11.232.140.961	32.180.165.399	9.325.514.551	-	17.055.899.182	69.793.720.093
	2016	-	11.451.283.626	32.762.680.582	10.872.905.512	-	17.133.416.104	72.220.285.823
	2017	-	11.694.428.299	33.422.950.292	12.056.243.835	-	17.219.423.212	74.393.045.637
	2018	1.457.808.992	11.966.273.121	34.169.409.358	13.004.948.908	-	17.315.582.369	77.914.022.747
	2019	1.495.110.264	12.272.456.725	35.009.157.952	13.816.708.646	-	17.423.888.119	80.017.321.706
	2020	1.537.419.825	12.619.750.341	35.983.436.894	14.553.343.405	-	17.546.735.636	82.240.686.100
2021	1.585.732.646	13.016.321.094	37.034.179.227	15.263.169.055	-	17.687.013.862	84.586.415.883	
2022	1.641.241.581	13.471.960.400	38.262.928.647	15.986.472.361	-	17.848.186.296	87.210.789.285	
						Total Biaya (Rp)	490.008.604.909	

LAMPIRAN U

REKAPITULASI BIAYA MRF APUNG

Skenario Pesimis	Tahun	Biaya Internal						Biaya Eksternal				Total Biaya (Rp/tahun)	Unit Cost (Rp/ton/tahun)
		Penambahan Lahan TPA (Rp)	Biaya Tipping (Rp)	Depo Transfer (Rp)	Trucking (Rp)	Pengapalan (Rp)	MRF Apung (Rp)	Emisi TPA (Rp)	Dampak Kesehatan (Rp)	Dampak Ketidaknyamanan (Rp)	Emisi Armada (Rp)		
	2013	-	10.660.522.900	3.355.536.130	1.302.574.172	14.016.373.286	23.228.308.108	4.128.216.931	-	16.853.701.801	159.617.439	73.704.850.768	183.804
	2014	-	10.630.026.703	3.352.642.893	1.302.574.172	14.026.148.159	23.182.044.742	6.904.195.686	-	16.842.914.439	159.735.576	76.400.282.370	191.072
	2015	-	10.613.192.115	3.351.045.762	1.302.574.172	14.036.869.192	23.156.177.767	8.778.144.436	-	16.836.959.571	159.862.240	78.234.825.255	195.971
	2016	-	10.612.350.106	3.350.965.878	1.302.574.172	14.036.839.573	23.154.883.988	10.051.881.857	-	16.836.661.729	159.861.973	79.506.019.277	199.171
	2017	-	10.630.230.203	3.355.284.227	1.302.574.172	14.026.155.303	23.182.357.427	10.932.187.150	-	16.842.986.422	159.735.640	80.431.510.545	201.150
	2018	-	10.670.080.239	3.364.908.530	1.302.574.172	14.016.708.582	23.243.588.499	11.553.368.049	-	16.857.082.500	159.620.461	81.167.931.032	202.234
	2019	1.307.896.383	10.735.731.096	3.384.338.121	1.302.574.172	14.019.011.780	23.345.082.484	12.014.489.882	-	16.880.305.055	159.641.219	83.149.070.192	205.903
	2020	1.319.588.595	10.831.705.404	3.429.677.507	1.302.574.172	14.011.051.693	23.492.550.598	12.377.804.062	-	16.914.253.866	159.539.439	83.838.745.337	205.771
	2021	1.335.629.341	10.963.374.197	3.476.140.394	1.302.574.172	13.993.472.676	23.732.124.624	12.635.057.228	-	16.960.828.820	159.320.927	84.558.522.380	205.045
	2022	1.356.789.421	11.137.064.501	3.521.654.032	1.302.574.172	13.976.841.618	23.999.006.275	12.825.842.564	-	17.022.267.965	159.110.959	85.301.151.507	203.620
	Total Biaya (Rp)											529.186.973.494	

Skenario Moderat	Tahun	Biaya Internal						Biaya Eksternal				Total Biaya (Rp/tahun)	Unit Cost (Rp/ton/tahun)
		Penambahan Lahan TPA (Rp)	Biaya Tipping (Rp)	Depo Transfer (Rp)	Trucking (Rp)	Pengapalan (Rp)	MRF Apung (Rp)	Emisi TPA (Rp)	Dampak Kesehatan (Rp)	Dampak Ketidaknyamanan (Rp)	Emisi Armada (Rp)		
	2013	-	10.755.402.263	3.391.446.392	1.302.574.172	14.008.208.755	23.385.503.037	4.171.770.440	-	16.887.263.299	159.513.816	74.061.682.176	182.938
	2014	-	10.830.389.176	3.413.144.962	1.302.574.172	14.010.833.124	23.501.397.960	6.996.402.838	-	16.913.788.279	159.537.469	77.128.067.980	189.193
	2015	-	10.919.669.867	3.449.390.352	1.302.574.172	14.002.624.146	23.675.935.791	8.923.399.103	-	16.945.369.370	159.433.445	79.378.396.246	193.121
	2016	-	11.026.013.688	3.475.090.659	1.302.574.172	13.984.143.861	23.839.449.859	10.255.111.246	-	16.982.986.169	159.206.810	81.024.576.465	195.225
	2017	-	11.152.695.161	3.505.704.063	1.302.574.172	13.977.207.150	24.034.235.063	11.195.443.794	-	17.027.796.968	159.114.253	82.354.770.625	196.176
	2018	-	11.303.639.350	3.545.752.533	1.302.574.172	13.960.234.129	24.348.328.625	11.882.554.702	-	17.081.190.172	158.901.203	83.583.174.887	196.443
	2019	1.398.996.432	11.483.516.356	3.589.213.987	1.302.574.172	13.944.233.273	24.625.526.174	12.410.810.966	-	17.144.817.727	158.696.915	86.058.386.003	199.093
	2020	1.425.112.416	11.697.886.688	3.662.662.036	1.302.574.172	13.918.000.950	24.955.141.611	12.845.560.613	-	17.220.646.541	158.370.375	87.185.955.403	198.005
	2021	1.456.241.288	11.953.404.785	3.731.535.324	1.302.574.172	13.893.108.334	25.448.657.825	13.233.111.219	-	17.311.030.476	158.055.909	88.487.719.333	196.666
	2022	1.493.346.485	12.257.978.925	3.808.674.371	1.953.861.258	13.869.804.943	25.916.970.476	13.607.478.878	-	17.418.766.914	159.489.197	90.486.371.449	196.111
	Total Biaya (Rp)											542.161.450.229	

Skenario Optimis	Tahun	Biaya Internal						Biaya Eksternal				Total Biaya (Rp/tahun)	Unit Cost (Rp/ton/tahun)
		Penambahan Lahan TPA (Rp)	Biaya Tipping (Rp)	Depo Transfer (Rp)	Trucking (Rp)	Pengapalan (Rp)	MRF Apung (Rp)	Emisi TPA (Rp)	Dampak Kesehatan (Rp)	Dampak Ketidaknyamanan (Rp)	Emisi Armada (Rp)		
	2013	-	10.850.933.885	3.429.030.891	1.302.574.172	14.011.397.421	23.562.986.351	4.252.149.324	-	16.921.055.520	159.542.555	74.489.670.119	182.263
	2014	-	11.033.110.553	3.473.091.650	1.302.574.172	13.984.233.688	23.843.273.891	7.214.950.954	-	16.985.496.530	159.207.620	77.995.939.057	187.691
	2015	-	11.232.140.961	3.521.223.620	1.302.574.172	13.968.950.338	24.231.493.766	9.325.514.551	-	17.055.899.182	159.009.798	80.796.806.389	190.986
	2016	-	11.451.283.626	3.577.788.052	1.302.574.172	13.942.955.599	24.568.655.264	10.872.905.512	-	17.133.416.104	158.685.400	83.008.263.728	192.458
	2017	-	11.694.428.299	3.654.657.876	1.302.574.172	13.928.584.902	24.942.745.004	12.056.243.835	-	17.219.423.212	158.495.804	84.957.153.104	192.881
	2018	1.457.808.992	11.966.273.121	3.727.524.269	1.953.861.258	13.893.378.512	25.461.623.346	13.004.948.908	-	17.315.582.369	159.791.775	88.940.792.548	197.338
	2019	1.495.110.264	12.272.456.725	3.832.273.535	1.953.861.258	13.870.123.448	25.932.701.504	13.816.708.646	-	17.423.888.119	159.492.068	90.756.615.568	196.343
	2020	1.537.419.825	12.619.750.341	3.930.873.497	1.953.861.258	13.836.711.709	26.537.787.598	14.553.343.405	-	17.546.735.636	159.070.783	92.675.554.053	194.977
	2021	1.585.732.646	13.016.321.094	4.030.273.638	1.953.861.258	13.793.893.138	27.229.932.766	15.263.169.055	-	17.687.013.862	158.534.679	94.718.732.137	193.204
	2022	1.641.241.581	13.471.960.400	4.165.584.575	1.953.861.258	13.763.753.656	28.012.957.737	15.986.472.361	-	17.848.186.296	158.142.886	97.002.160.751	191.170
	Total Biaya (Rp)											561.770.209.997	

LAMPIRAN V
REKAPITULASI MANFAAT MRF DARAT

Skenario Pesimis	Tahun	Manfaat Internal (Rp)	Manfaat Eksternal (Rp)		Total Manfaat (Rp/ton/tahun)
		Penghematan Lahan	Penghematan Dampak Kesehatan	Penambahan Nilai Sampah	
	2013	(719.501.781)	2.204.812.242	930.591.808	2.415.902.268
	2014	5.544.807.761	2.227.599.868	927.929.695	8.700.337.324
	2015	5.544.807.761	2.261.849.669	926.460.149	8.733.117.579
	2016	5.544.807.761	2.307.653.070	926.386.647	8.778.847.478
	2017	5.553.529.687	2.376.632.992	927.947.459	8.858.110.138
	2018	5.572.968.623	2.457.592.427	931.426.099	8.961.987.149
	2019	4.295.600.724	2.574.058.357	937.156.976	7.806.816.057
	2020	4.322.745.253	2.715.215.065	945.534.887	7.983.495.204
Skenario Moderat	2021	4.370.684.996	2.750.927.712	957.028.685	8.078.641.393
	2022	4.432.758.382	2.798.687.425	972.190.678	8.203.636.485
	Total Biaya (Rp)				50.561.399.402
	Tahun	Manfaat Internal (Rp)	Manfaat Eksternal (Rp)		Total Manfaat (Rp/ton/tahun)
		Penghematan Lahan	Penghematan Dampak Kesehatan	Penambahan Nilai Sampah	
	2013	(732.853.373)	2.318.210.253	938.370.236	2.523.727.116
	2014	5.638.137.284	2.391.661.883	944.912.575	8.974.711.742
	2015	5.681.469.123	2.479.114.641	952.701.995	9.113.285.758
	2016	5.733.379.981	2.583.281.177	961.980.111	9.278.641.269
	2017	5.794.969.786	2.707.368.972	973.032.615	9.475.371.373
	2018	5.866.907.995	2.855.222.729	986.201.953	9.708.332.677
	2019	4.555.471.053	3.031.416.932	1.001.895.576	8.588.783.561
	2020	4.632.258.352	3.241.398.243	1.020.598.618	8.894.255.214
	2021	4.722.875.422	3.491.684.860	1.042.891.655	9.257.451.937
	2022	4.832.714.692	3.790.023.147	1.069.464.655	9.692.202.494
	Total Biaya (Rp)				54.485.046.593
Skenario Optimis	Tahun	Manfaat Internal (Rp)	Manfaat Eksternal (Rp)		Total Manfaat (Rp/ton/tahun)
		Penghematan Lahan	Penghematan Dampak Kesehatan	Penambahan Nilai Sampah	
	2013	(739.708.285)	2.527.488.582	946.249.866	2.734.030.163
	2014	5.739.794.683	2.820.400.811	962.136.484	9.522.331.978
	2015	5.836.759.584	3.144.654.649	979.492.824	9.960.907.058
	2016	5.942.053.834	3.489.996.996	998.603.043	10.430.653.873
	2017	6.060.321.201	3.870.366.924	1.019.806.343	10.950.494.468
	2018	4.732.307.495	4.275.207.317	1.043.512.425	10.051.027.237
	2019	4.833.099.426	4.732.990.386	1.070.213.002	10.636.302.814
	2020	4.959.941.956	5.234.182.061	1.100.498.555	11.294.622.572
	2021	5.103.362.023	5.796.686.184	1.135.081.295	12.035.129.502
	2022	5.304.715.082	6.441.070.716	1.174.815.076	12.920.600.874
	Total Biaya (Rp)				62.818.439.390

LAMPIRAN W
REKAPITULASI MANFAAT MRF APUNG

Skenario Pesimis	Tahun	Manfaat Internal (Rp)	Manfaat Eksternal (Rp)		Total Manfaat (Rp/ton/tahun)
		Penghematan Lahan	Penghematan Dampak Kesehatan	Penambahan Nilai Sampah	
	2013	(687.474.636)	2.204.812.242	930.591.808	2.447.929.413
	2014	5.576.834.906	2.227.599.868	927.929.695	8.732.364.469
	2015	5.576.834.906	2.261.849.669	926.460.149	8.765.144.724
	2016	5.576.834.906	2.307.653.070	926.386.647	8.810.874.624
	2017	5.585.556.832	2.376.632.992	927.947.459	8.890.137.284
	2018	5.604.995.768	2.457.592.427	931.426.099	8.994.014.294
	2019	4.327.877.255	2.574.058.357	937.156.976	7.839.092.589
	2020	4.355.271.170	2.715.215.065	945.534.887	8.016.021.121
	2021	4.403.460.299	2.750.927.712	957.028.685	8.111.416.696
	2022	4.465.783.071	2.798.687.425	972.190.678	8.236.661.174
				Total Biaya (Rp)	50.775.389.847
Skenario Moderat	Tahun	Manfaat Internal (Rp)	Manfaat Eksternal (Rp)		Total Manfaat (Rp/ton/tahun)
		Penghematan Lahan	Penghematan Dampak Kesehatan	Penambahan Nilai Sampah	
	2013	(700.576.842)	2.318.210.253	938.370.236	2.556.003.647
	2014	5.670.663.201	2.391.661.883	944.912.575	9.007.237.659
	2015	5.714.244.426	2.479.114.641	952.701.995	9.146.061.062
	2016	5.766.155.284	2.583.281.177	961.980.111	9.311.416.572
	2017	5.827.994.475	2.707.368.972	973.032.615	9.508.396.062
	2018	5.900.431.456	2.855.222.729	986.201.953	9.741.856.138
	2019	4.589.243.901	3.031.416.932	1.001.895.576	8.622.556.409
	2020	4.666.529.971	3.241.398.243	1.020.598.618	8.928.526.833
	2021	4.757.645.813	3.491.684.860	1.042.891.655	9.292.222.328
	2022	4.867.983.855	3.790.023.147	1.069.464.655	9.727.471.657
				Total Biaya (Rp)	54.705.983.542
Skenario Optimis	Tahun	Manfaat Internal (Rp)	Manfaat Eksternal (Rp)		Total Manfaat (Rp/ton/tahun)
		Penghematan Lahan	Penghematan Dampak Kesehatan	Penambahan Nilai Sampah	
	2013	(707.182.368)	2.527.488.582	946.249.866	2.766.556.080
	2014	5.772.819.372	2.820.400.811	962.136.484	9.555.356.667
	2015	5.870.033.659	3.144.654.649	979.492.824	9.994.181.133
	2016	5.975.826.681	3.489.996.996	998.603.043	10.464.426.720
	2017	6.094.592.820	3.870.366.924	1.019.806.343	10.984.766.087
	2018	4.767.077.886	4.275.207.317	1.043.512.425	10.085.797.628
	2019	4.868.617.975	4.732.990.386	1.070.213.002	10.671.821.363
	2020	4.995.959.277	5.234.182.061	1.100.498.555	11.330.639.893
	2021	5.140.127.502	5.796.686.184	1.135.081.295	12.071.894.981
	2022	5.304.715.082	6.441.070.716	1.174.815.076	12.920.600.874
				Total Biaya (Rp)	63.031.183.171

LAMPIRAN X
REKAPITULASI BCR

BCR MRF Laut	Komponen	Nilai (Rp)		
	Benefit Cost	Pesimis	Moderat	Optimis
	Total Manfaat	50.775.389.847	54.705.983.542	63.031.183.171
	Total Biaya	529.186.973.494	542.161.450.229	561.770.209.997
	Rasio	0,10	0,10	0,11
	Nilai Kelayakan	Tidak Layak	Tidak Layak	Tidak Layak

BCR MRF Darat	Komponen	Nilai (Rp)		
	Benefit Cost	Pesimis	Moderat	Optimis
	Total Manfaat	50.561.399.402	54.485.046.593	62.818.439.390
	Total Biaya	452.940.989.988	468.701.895.418	490.008.604.909
	Rasio	0,11	0,12	0,13
	Nilai Kelayakan	Tidak Layak	Tidak Layak	Tidak Layak

LAMPIRAN Y
BIAYA ABK DAN OPERATOR

Jabatan	Gaji Per Jabatan	MRF Apung
Master/Captain	Rp 65.000.000	1
Chief Engineer	Rp 65.000.000	1
Chief Officer	Rp 40.000.000	1
Second Officer	Rp 32.000.000	1
Third Officer	Rp 29.000.000	0
Second Engineer	Rp 32.000.000	1
Third Engineer	Rp 29.000.000	0
Oiler	Rp 7.000.000	2
Chief Cook	Rp 12.000.000	1
Quarter Master	Rp 7.000.000	0
Electrician	Rp 12.000.000	1
Purser	Rp 9.000.000	1
Boatswain	Rp 12.000.000	1
Steward	Rp 7.000.000	1
Jumlah Crew		12
Total Gaji/Bulan		Rp 300.000.000
Total Gaji/Tahun		Rp 3.600.000.000
Total Gaji/Hari		Rp 9.863.014

Jabatan	Gaji Per Jabatan/hari	Kapasitas MRF (ton)		
		10	100	500
Manager	Rp 108.000	1	1	1
Operator	Rp 54.000	1	2	4
Pemilah	Rp 54.000	2	2	4
Pemeliharaan	Rp 54.000	1	2	4
OB	Rp 36.000	0	1	3
Administrasi	Rp 45.000	0	2	3
Jumlah Crew		5	10	19
Total Gaji/hari		Rp 324.000	Rp 558.000	Rp 999.000
Total Gaji/bulan		Rp 9.720.000	Rp 16.740.000	Rp 29.970.000
Total Gaji/tahun		Rp 116.640.000	Rp 200.880.000	Rp 359.640.000

Skenario Pesimis	Tahun	Gaji Operator Depo								Gaji Operator MRF Apung							
		Manager	Gaji (Rp)	OB	Gaji (Rp)	Administrasi	Gaji (Rp)	Total Operator	Total Gaji	Operator	Gaji (Rp)	Pemilah	Gaji (Rp)	Pemeliharaan	Gaji (Rp)	Total Operator	Total Gaji
	2013	1	37.260.000	7	86.940.000	7	108.675.000	15	232.875.000	8	149.040.000	6	111.780.000	8	149.040.000	22	409.860.000
	2014	1	37.260.000	7	86.940.000	7	108.675.000	15	232.875.000	8	149.040.000	6	111.780.000	8	149.040.000	22	409.860.000
	2015	1	37.260.000	7	86.940.000	7	108.675.000	15	232.875.000	8	149.040.000	6	111.780.000	8	149.040.000	22	409.860.000
	2016	1	37.260.000	7	86.940.000	7	108.675.000	15	232.875.000	8	149.040.000	6	111.780.000	8	149.040.000	22	409.860.000
	2017	1	37.260.000	7	86.940.000	7	108.675.000	15	232.875.000	8	149.040.000	6	111.780.000	8	149.040.000	22	409.860.000
	2018	1	37.260.000	7	86.940.000	7	108.675.000	15	232.875.000	8	149.040.000	6	111.780.000	8	149.040.000	22	409.860.000
	2019	1	37.260.000	7	86.940.000	7	108.675.000	15	232.875.000	8	149.040.000	6	111.780.000	8	149.040.000	22	409.860.000
	2020	1	37.260.000	7	86.940.000	7	108.675.000	15	232.875.000	8	149.040.000	6	111.780.000	8	149.040.000	22	409.860.000
	2021	1	37.260.000	8	99.360.000	7	108.675.000	16	245.295.000	9	167.670.000	6	111.780.000	9	167.670.000	24	447.120.000
	2022	1	37.260.000	8	99.360.000	7	108.675.000	16	245.295.000	9	167.670.000	6	111.780.000	9	167.670.000	24	447.120.000

Skenario Moderat	Tahun	Gaji Operator Depo								Gaji Operator MRF Apung							
		Manager	Gaji (Rp)	OB	Gaji (Rp)	Administrasi	Gaji (Rp)	Total Operator	Total Gaji	Operator	Gaji (Rp)	Pemilah	Gaji (Rp)	Pemeliharaan	Gaji (Rp)	Total Operator	Total Gaji
	2013	1	37.260.000	7	86.940.000	7	108.675.000	15	232.875.000	8	149.040.000	6	111.780.000	8	149.040.000	22	409.860.000
	2014	1	37.260.000	7	86.940.000	7	108.675.000	15	232.875.000	8	149.040.000	6	111.780.000	8	149.040.000	22	409.860.000
	2015	1	37.260.000	8	99.360.000	7	108.675.000	16	245.295.000	9	167.670.000	6	111.780.000	9	167.670.000	24	447.120.000
	2016	1	37.260.000	8	99.360.000	7	108.675.000	16	245.295.000	9	167.670.000	6	111.780.000	9	167.670.000	24	447.120.000
	2017	1	37.260.000	8	99.360.000	7	108.675.000	16	245.295.000	9	167.670.000	6	111.780.000	9	167.670.000	24	447.120.000
	2018	1	37.260.000	8	99.360.000	7	108.675.000	16	245.295.000	9	167.670.000	6	111.780.000	9	167.670.000	24	447.120.000
	2019	1	37.260.000	8	99.360.000	7	108.675.000	16	245.295.000	9	167.670.000	6	111.780.000	9	167.670.000	24	447.120.000
	2020	1	37.260.000	8	99.360.000	8	124.200.000	17	260.820.000	9	167.670.000	6	111.780.000	9	167.670.000	24	447.120.000
	2021	1	37.260.000	8	99.360.000	8	124.200.000	17	260.820.000	9	167.670.000	7	130.410.000	9	167.670.000	25	465.750.000
	2022	1	37.260.000	8	99.360.000	8	124.200.000	17	260.820.000	9	167.670.000	7	130.410.000	9	167.670.000	25	465.750.000

Skenario Optimis	Tahun	Gaji Operator Depo								Gaji Operator MRF Apung							
		Manager	Gaji (Rp)	OB	Gaji (Rp)	Administrasi	Gaji (Rp)	Total Operator	Total Gaji	Operator	Gaji (Rp)	Pemilah	Gaji (Rp)	Pemeliharaan	Gaji (Rp)	Total Operator	Total Gaji
	2013	1	37.260.000	8	99.360.000	7	108.675.000	16	245.295.000	9	167.670.000	6	111.780.000	9	167.670.000	24	447.120.000
	2014	1	37.260.000	8	99.360.000	7	108.675.000	16	245.295.000	9	167.670.000	6	111.780.000	9	167.670.000	24	447.120.000
	2015	1	37.260.000	8	99.360.000	7	108.675.000	16	245.295.000	9	167.670.000	6	111.780.000	9	167.670.000	24	447.120.000
	2016	1	37.260.000	8	99.360.000	7	108.675.000	16	245.295.000	9	167.670.000	6	111.780.000	9	167.670.000	24	447.120.000
	2017	1	37.260.000	8	99.360.000	8	124.200.000	17	260.820.000	9	167.670.000	6	111.780.000	9	167.670.000	24	447.120.000
	2018	1	37.260.000	8	99.360.000	8	124.200.000	17	260.820.000	9	167.670.000	7	130.410.000	9	167.670.000	25	465.750.000
	2019	1	37.260.000	8	99.360.000	8	124.200.000	17	260.820.000	9	167.670.000	7	130.410.000	9	167.670.000	25	465.750.000
	2020	1	37.260.000	9	111.780.000	8	124.200.000	18	273.240.000	10	186.300.000	7	130.410.000	10	186.300.000	27	503.010.000
	2021	1	37.260.000	9	111.780.000	8	124.200.000	18	273.240.000	10	186.300.000	7	130.410.000	10	186.300.000	27	503.010.000
	2022	1	37.260.000	9	111.780.000	9	139.725.000	19	288.765.000	10	186.300.000	7	130.410.000	10	186.300.000	27	503.010.000

LAMPIRAN Z
ANALISIS SENSITIVITAS

Item	Pengelolaan di Laut	Pengolahan di Darat (Eksisting)
Pengangkutan Darat	Dump trailer truck	-
Shipment	Tongkang dan tugboat	-
Lahan Penerimaan Awal	Depo Transfer	-
Lahan Penerimaan Akhir	TPA	TPA
Olah Sampah	MRF Apung	-
Storage Produk + Residu	Depo Transfer	-

Skenario Pesimis

Pengelolaan Sampah di Laut				Biaya per Harga Lahan (Rp)									
Item	Biaya	Luas Tanah (m2)	Satuan										
Biaya	Harga Lahan		Rp/m2	1.500.000	4.500.000	7.500.000	10.500.000	11.500.000	12.500.000	13.500.000	14.500.000	15.500.000	16.500.000
	Angsuran		Rp/tahun	249.386	748.158	1.246.930	1.745.702	1.911.959	2.078.217	2.244.474	2.410.731	2.576.988	2.743.246
Pengangkutan Darat	Truk		(Rp/tahun)	1.302.574.172	1.302.574.172	1.302.574.172	1.302.574.172	1.302.574.172	1.302.574.172	1.302.574.172	1.302.574.172	1.302.574.172	1.302.574.172
Shipment	Kapal	-	(Rp/tahun)	13.976.841.618	13.976.841.618	13.976.841.618	13.976.841.618	13.976.841.618	13.976.841.618	13.976.841.618	13.976.841.618	13.976.841.618	13.976.841.618
Lahan Penerimaan Awal	Depo Transfer	2.215	(Rp/tahun)	3.919.045.702	5.023.703.214	6.128.360.726	7.233.018.239	7.601.237.410	7.969.456.580	8.337.675.751	8.705.894.922	9.074.114.093	9.442.333.264
Olah Sampah	MRF Apung	-	(Rp/tahun)	23.999.006.275	23.999.006.275	23.999.006.275	23.999.006.275	23.999.006.275	23.999.006.275	23.999.006.275	23.999.006.275	23.999.006.275	23.999.006.275
Storage Produk + Residu	Depo Transfer	681	(Rp/tahun)	169.742.032	509.226.095	848.710.159	1.188.194.222	1.301.355.576	1.414.516.931	1.527.678.285	1.640.839.640	1.754.000.994	1.867.162.349
Lahan Penerimaan Akhir	TPA	5.441	(Rp/tahun)	1.356.789.421	4.070.368.262	6.783.947.104	9.497.525.945	10.402.052.226	11.306.578.506	12.211.104.787	13.115.631.068	14.020.157.348	14.924.683.629
Total			(Rp/tahun)	44.723.999.220	48.881.719.637	53.039.440.054	57.197.160.472	58.583.067.278	59.968.974.084	61.354.880.889	62.740.787.695	64.126.694.501	65.512.601.307
Pengelolaan Sampah di Darat (Eksisting)				Biaya per Harga Lahan									
Item	Biaya	Luas Tanah (m2)	Satuan										
Biaya	Harga Lahan		Rp/m2	1.500.000	4.500.000	7.500.000	10.500.000	11.500.000	12.500.000	13.500.000	14.500.000	15.500.000	16.500.000
	Angsuran		Rp/tahun	249.386	748.158	1.246.930	1.745.702	1.911.959	2.078.217	2.244.474	2.410.731	2.576.988	2.743.246
Shipment	-		(Rp/tahun)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lahan Penerimaan Akhir	TPA	26.215	(Rp/tahun)	6.537.580.626	19.612.741.878	32.687.903.130	45.763.064.382	50.121.451.466	54.479.838.550	58.838.225.634	63.196.612.718	67.554.999.803	71.913.386.887
Olah Sampah	-		(Rp/tahun)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Storage Produk + Residu	-		(Rp/tahun)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total			(Rp/tahun)	6.537.580.626	19.612.741.878	32.687.903.130	45.763.064.382	50.121.451.466	54.479.838.550	58.838.225.634	63.196.612.718	67.554.999.803	71.913.386.887

Skenario Moderat

Pengelolaan Sampah di Laut				Biaya per Harga Lahan									
Item	Biaya	Luas Tanah (m2)	Satuan										
Biaya	Harga Lahan		Rp/m2	1.500.000	4.500.000	7.500.000	10.500.000	11.500.000	12.500.000	13.500.000	14.500.000	15.500.000	16.500.000
	Angsuran		Rp/tahun	249.386	748.158	1.246.930	1.745.702	1.911.959	2.078.217	2.244.474	2.410.731	2.576.988	2.743.246
Pengangkutan Darat	Truk		(Rp/tahun)	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258
Shipment	Kapal	-	(Rp/tahun)	13.869.804.943	13.869.804.943	13.869.804.943	13.869.804.943	13.869.804.943	13.869.804.943	13.869.804.943	13.869.804.943	13.869.804.943	13.869.804.943
Lahan Penerimaan Awal	Depo Transfer	2.424	(Rp/tahun)	3.953.092.046	5.162.330.856	6.371.569.665	7.580.808.475	7.983.888.078	8.386.967.681	8.790.047.285	9.193.126.888	9.596.206.491	9.999.286.094
Olah Sampah	MRF Apung	-	(Rp/tahun)	25.916.970.476	25.916.970.476	25.916.970.476	25.916.970.476	25.916.970.476	25.916.970.476	25.916.970.476	25.916.970.476	25.916.970.476	25.916.970.476
Storage Produk + Residu	Depo Transfer	723	(Rp/tahun)	180.315.470	540.946.410	901.577.350	1.262.208.291	1.382.418.604	1.502.628.917	1.622.839.231	1.743.049.544	1.863.259.857	1.983.470.171
Lahan Penerimaan Akhir	TPA	5.988	(Rp/tahun)	1.493.346.485	4.480.039.455	7.466.732.425	10.453.425.395	11.448.989.718	12.444.554.041	13.440.118.365	14.435.682.688	15.431.247.011	16.426.811.334
Total			(Rp/tahun)	47.367.390.679	51.923.953.399	56.480.516.118	61.037.078.838	62.555.933.078	64.074.787.318	65.593.641.558	67.112.495.798	68.631.350.038	70.150.204.277
Pengelolaan Sampah di Darat (Eksisting)				Biaya per Harga Lahan									
Item	Biaya	Luas Tanah (m2)	Satuan										
Biaya	Harga Lahan		Rp/m2	1.500.000	4.500.000	7.500.000	10.500.000	11.500.000	12.500.000	13.500.000	14.500.000	15.500.000	16.500.000
	Angsuran		Rp/tahun	249.386	748.158	1.246.930	1.745.702	1.911.959	2.078.217	2.244.474	2.410.731	2.576.988	2.743.246
Shipment	-		(Rp/tahun)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lahan Penerimaan	TPA	28.655	(Rp/tahun)	7.146.265.214	21.438.795.643	35.731.326.072	50.023.856.501	54.788.033.310	59.552.210.120	64.316.386.930	69.080.563.739	73.844.740.549	78.608.917.358
Olah Sampah	-		(Rp/tahun)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Storage Produk + Residu	-		(Rp/tahun)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total			(Rp/tahun)	7.146.265.214	21.438.795.643	35.731.326.072	50.023.856.501	54.788.033.310	59.552.210.120	64.316.386.930	69.080.563.739	73.844.740.549	78.608.917.358

Skenario Optimis

Pengelolaan Sampah di Laut				Biaya per Harga Lahan									
Item	Biaya	Luas Tanah (m2)	Satuan										
Biaya	Harga Lahan		Rp/m2	1.500.000	4.500.000	7.500.000	10.500.000	11.500.000	12.500.000	13.500.000	14.500.000	15.500.000	16.500.000
	Angsuran		Rp/tahun	249.386	748.158	1.246.930	1.745.702	1.911.959	2.078.217	2.244.474	2.410.731	2.576.988	2.743.246
Pengangkutan Darat	Truk		(Rp/tahun)	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258	1.953.861.258
Shipment	Kapal	-	(Rp/tahun)	13.763.753.656	13.763.753.656	13.763.753.656	13.763.753.656	13.763.753.656	13.763.753.656	13.763.753.656	13.763.753.656	13.763.753.656	13.763.753.656
Lahan Penerimaan Awal	Depo Transfer	2.651	(Rp/tahun)	4.269.762.024	5.592.152.809	6.914.543.594	8.236.934.380	8.677.731.308	9.118.528.237	9.559.325.165	10.000.122.093	10.440.919.022	10.881.715.950
Olah Sampah	MRF Apung	-	(Rp/tahun)	28.012.957.737	28.012.957.737	28.012.957.737	28.012.957.737	28.012.957.737	28.012.957.737	28.012.957.737	28.012.957.737	28.012.957.737	28.012.957.737
Storage Produk + Residu	Depo Transfer	795	(Rp/tahun)	198.335.486	595.006.457	991.677.429	1.388.348.401	1.520.572.058	1.652.795.715	1.785.019.372	1.917.243.029	2.049.466.687	2.181.690.344
Lahan Penerimaan Akhir	TPA	6.581	(Rp/tahun)	1.641.241.581	4.923.724.743	8.206.207.904	11.488.691.066	12.582.852.120	13.677.013.174	14.771.174.228	15.865.335.281	16.959.496.335	18.053.657.389
Total			(Rp/tahun)	49.839.911.741	54.841.456.660	59.843.001.579	64.844.546.497	66.511.728.137	68.178.909.776	69.846.091.416	71.513.273.055	73.180.454.695	74.847.636.334
Pengelolaan Sampah di Darat (Eksisting)				Biaya per Harga Lahan									
Item	Biaya	Luas Tanah (m2)	Satuan										
Biaya	Harga Lahan		Rp/m2	1.500.000	4.500.000	7.500.000	10.500.000	11.500.000	12.500.000	13.500.000	14.500.000	15.500.000	16.500.000
	Angsuran		Rp/tahun	249.386	748.158	1.246.930	1.745.702	1.911.959	2.078.217	2.244.474	2.410.731	2.576.988	2.743.246
Shipment	-		(Rp/tahun)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lahan Penerimaan	TPA	31.299	(Rp/tahun)	7.805.487.541	23.416.462.623	39.027.437.705	54.638.412.787	59.842.071.148	65.045.729.509	70.249.387.869	75.453.046.230	80.656.704.591	85.860.362.952
Olah Sampah	-		(Rp/tahun)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Storage Produk + Residu	-		(Rp/tahun)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total			(Rp/tahun)	7.805.487.541	23.416.462.623	39.027.437.705	54.638.412.787	59.842.071.148	65.045.729.509	70.249.387.869	75.453.046.230	80.656.704.591	85.860.362.952

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Pati, 29 April 1991 sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Sutarmuji dan Sunarti maka nama terakhirnya adalah Pratomo. Riwayat pendidikan formal penulis dimulai dari SDN Gebang (1997-2003), SMPN 1 Pati (2003-2006), SMAN 1 Pati (2006-2009) dan pada tahun 2009 penulis diterima melalui jalur SNMPTN di Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dimasa perkuliahan pada semester tiga penulis memutuskan untuk mengambil Bidang Studi Transportasi Laut dan Logistik. Penulis pernah menjadi tim survey dalam proyek yang diselenggarakan atas kerjasama World Bank dengan ITS yaitu **“Evaluation of The 24/7 Services Implementation in Tanjung Perak”** pada tahun 2010. Selain itu, Penulis pernah aktif pada organisasi dan kegiatan yang ada di kampus, antara lain tercatat sebagai Staff Kementrian Riset dan Teknologi BEM FTK – ITS periode 2010-2011, Staff Departemen Kewirausahaan HIMATEKPAL – ITS periode 2011-2012, Ketua Panitia Mahasiswa Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan (SENTA) FTK – ITS periode 2011 dan Steering Commite Hydrolympic Science Compertition SAMPAN 6 – ITS periode 2012.

Beberapa prestasi yang telah ditorehkan penulis selama perkuliahan antara lain menjadi Juara 3 Kategori Umum Lomba Indonesian Aerial Roboti Contest tahun 2011 di ITB dan Finalis Lomba Karya Cipta Maritim Nasional (LOKARINA) tahun 2013. Semasa kuliah penulis pernah mendapatkan kesempatan menjadi pemakalah dalam Seminar Pemberdayaan Sampah Kota di Teknik Lingkungan – ITS tahun 2013 yang mempresentasikan inovasi Pengolahan Sampah Apung.

Penulis juga mempunyai kegiatan diluar kampus seperti aktif dalam kegiatan Paguyuban Daerah Mahasiswa Pati di Surabaya, ikut serta dalam ITS Mengajar, mengikuti forum kebudayaan Maiyahan Bangbang Wetan Surabaya. Selain itu penulis mempunyai hobi “jajah desa milang kori” atau bersafari dan bertualang, membaca kitab jancukers, maen game fps, dan menonton festival seni dan kebudayaan. Saat ini penulis sedang berjuang untuk mencapai cita-citanya yaitu membangun tanah suci kelahiran dan kemudian melanjutkan pendidikan S2 dan S3.

Email: danang.p.mujiyanto@gmail.com