



SKRIPSI – ME184834

STUDI PENERAPAN TEKNIS DAN EKONOMIS *BALLAST WATER TREATMENT PLAN SISTEM (BWTS) PORT BASED* MENGGUNAKAN METODE *COAGULATION TREATMENT* DAN *UV RADIATION*

Ali Faizurrohman
NRP. 04211745000027

Dosen Pembimbing :

Taufik Fajar Nugroho. ST.,M.Sc
Ir. Hari Perastowo, M.Sc

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



SKRIPSI - ME184834

STUDI PENERAPAN TEKNIS DAN EKONOMIS *BALLAST WATER TREATMENT PLAN SISTEM (BWTS) PORT BASED* MENGGUNAKAN METODE *COAGULATION TREATMENT* DAN *UV RADIATION*

Ali Faizurrohman
NRP. 04211745000027

Dosen Pembimbing :

Taufik Fajar Nugroho. ST.,M.Sc
Ir. Hari Perastowo, M.Sc

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



BACHELOR THESIS - ME184834

**STUDY OF THE IMPLEMENTATION OF TECHNICAL AND
ECONOMICAL *BALLAST WATER TREATMENT PLAN SYSTEM (BWTS)*
PORT BASED USING *COAGULATION TREATMENT AND UV
RADIATION METHOD***

Ali Faizurrohman
NRP. 04211745000027

Supervisor :

Taufik Fajar Nugroho. ST.,M.Sc
Ir. Hari Perastowo, M.Sc

**DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI PENERAPAN TEKNIS DAN EKONOMIS BALLAST WATER
TREATMENT PLAN SISTEM (BWTS) PORT BASED
MENGUNAKAN METODE COAGULATION TREATMENT DAN
UV RADIATION**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Ali Faizurrohman
NRP. 04211745000027

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:



Taufik Fajar Nugroho ST., M.Sc.
NIP : 1976 0310 2000 03 1001



Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
NIP : 1965 1030 1991 02 1001

SURABAYA
Juli 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENERAPAN TEKNIS DAN EKONOMIS *BALLAST WATER TREATMENT PLAN SISTEM (BWTS) PORT BASED* MENGUNAKAN METODE *COAGULATION TREATMENT* DAN *UV RADIATION*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi *Marine Machinery and System (MMS)*
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Ali Faizurrohman
NRP. 0421174500027

Disetujui Oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 197708022008011007

SURABAYA
Juli 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

STUDI PENERAPAN TEKNIS DAN EKONOMIS *BALLAST WATER TREATMENT PLAN SISTEM (BWTS) PORT BASED* MENGGUNAKAN METODE *COAGULATION TREATMENT* DAN UV RADIATION

Nama Mahasiswa : Ali Faizurrohman
NRP : 04211745000027
Dosen Pembimbing : 1. Taufik Fajar Nugroho. ST.,M.Sc
2. Ir. Hari Perastowo, M.Sc

ABSTRAK

Kapal memiliki fungsi utama sebagai alat pengangkut untuk penyebrangan melalui laut. Hal umum yang diangkut pada kapal adalah manusia, peralatan-peralatan serta sumber daya yang dapat menunjang kehidupan manusia seperti minyak bumi, peralatan perang, kendaraan beroda dan hewan ternak. Namun ketika diselidiki lebih lanjut, ternyata kapal juga mengangkut organisme-organisme yang dapat merusak dan mencemari laut. Sehingga dapat menyebabkan penyakit di daerah pesisir, yang berpotensi terpengaruh jika terjadi kerusakan ekosistem lokal.

Oleh sebab tersebut dilakukan studi penerapan teknis dan ekonomis *ballast water treatment plan sistem (bwts) port based* dengan menggunakan metode *coagulation treatment* dan *uv radiation* untuk mengurangi dampak penyebaran spesies *invasive* yang terdapat pada air ballast kapal. Penelitian ini diawali dengan menentukan lokasi studi kasus pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dengan pertimbangan data kapal pelayaran internasional. Langkah selanjutnya adalah perancangan *ballast water treatment plan sistem (bwts) port based* dengan menggunakan metode *coagulation treatment* dan *uv radiation*. Langkah terakhir adalah menghitung kebutuhan ekonomis dari penerapan sistem tersebut dari sudut teknis, instalasi, dan perawatannya. berdasarkan hasil perhitungan pada sistem koagulasi didapatkan biaya instalasi sebesar Rp 484.529.333 dan biaya operasional sebesar Rp 301.811.303 per-tahun, sedangkan pada sistem UV didapatkan biaya instalasi sebesar Rp 4.030.193.386 dan biaya operasional Rp 243.100.950 per-tahun.

Kata kunci : *ballast water treatment plan sistem (bwts) port based, coagulation treatment, uv radiation*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**STUDY OF THE IMPLEMENTATION OF TECHNICAL AND
ECONOMICAL BALLAST WATER TREATMENT PLAN SYSTEM
(BWTS) PORT BASED USING COAGULATION TREATMENT AND
UV RADIATION METHOD**

Student Name : Ali Faizurrohman
NRP : 04211745000027
Supervisor : 1. Taufik Fajar Nugroho. ST.,M.Sc
2. Ir. Hari Perastowo, M.Sc

ABSTRACT

The ship has the main function as a means of transport for crossing by sea. General things that are transported on ships are humans, equipment and resources that can support human life such as petroleum, war equipment, wheeled vehicles and livestock. But when investigated further, it turns out the ship also transports organisms that can damage and pollute the sea. So that it can cause disease in coastal areas, which are potentially affected if there is damage to the local ecosystem.

Therefore, a study of the application of the economical and economical port-based ballast water treatment plan system using coagulation treatment and UV radiation is carried out to reduce the impact of the spread of invasive species found on ship ballast water. This research begins with determining the case study location of Tanjung Perak Surabaya port with consideration of data on international shipping vessels. The next step is to design a port based ballast water treatment plan system using the coagulation treatment and UV radiation methods.

The final step is to calculate the economic needs of the application of the system from the technical, installation, and maintenance aspects. based on the results of calculations on the coagulation system, the installation costs were Rp. 484.529.333 and operating costs amounted to Rp. 301.811.303 per year, while in the UV system, the installation cost was Rp. 4.030.193.386 and operating costs Rp. 243.100.950 per year.

Keywords : *ballast water treatment plan sistem (bwts) port based, coagulation treatment, uv radiation*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Studi Penerapan Teknis Dan Ekonomis *Ballast Water Treatment Plan Sistem (Bwts) Port Based* Menggunakan Metode *Coagulation Treatment* Dan *Uv Radiation*” Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan banyak rasa terimakasih kepada:

1. Kedua orangtua terkasih, Bapak Samsul Ma'arif dan Ibu Nurhayati, doa mereka membuat penulis mampu melewati segala rintangan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Taufik Fajar Nugroho. ST.,M.Sc selaku dosen pembimbing pertama. Dan juga bapak-bapak dosen yang amat penulis hormati.
3. Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc. selaku dosen pembimbing penulis yang senantiasa memotivasi dan mengarahkan alur pengerjaan Tugas Akhir penulis.
4. Bapak Indra Ranu K ST, MT selaku dosen wali.
5. Bapak Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, ST., MT, selaku kepala departemen Teknik sistem perkapalan.
6. Seluruh mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan Lj 17 Gasal, Lj 17 Genap Salvage'15, Voyage'16 dan Badrikara'17 yang telah memberikan semangat dan support selama perkuliahan.
7. Pihak-pihak yang terlibat dalam penyusunan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat menjadi ilmu yang barokah bagi kita semua dan menjadi pedoman untuk penulisan selanjutnya.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

“Halaman sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	x
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xx
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perencanaan BWTS <i>Reception Facilities Port Based</i>	5
2.2 Data kapal pelayaran internasional dermaga Jamrud Utara	7
2.3 Regulasi.....	8
2.3.1 Sejarah Regulasi <i>Ballast Water Management</i>	8
2.3.2 <i>Ballast Water Quality and Standards</i>	10
2.3.3 Proses <i>Approval</i>	12

2.4	Organisme yang terdapat pada Ballast water tank	13
2.4.1	<i>Zebra Mussels</i>	13
2.4.2	<i>Vibrio cholerae</i>	15
2.4.3	<i>Comb Jelly</i>	15
2.4.4	<i>Vibrio cholerae European Green Crab</i>	16
2.5	Pengaruh Ph terhadap pertumbuhan Mikroba atau Bakteri	17
2.5.1	Pengaruh Ph Terhadap Mikroba.....	17
2.5.2	Fase pertumbuhan bakteri	21
2.6	Metode Pengolahan Air ballast	22
2.7	Kriteria Pemilihan Metode Pengolahan Air Ballast	23
2.8	Metode yang digunakan pada Ballast Water Treatment	24
2.8.1	<i>Coagulation</i>	25
2.8.1.1	Zat <i>Coagulation</i> dan <i>flocculation</i>	28
2.8.1.2	Zat Yang digunakan	31
2.8.1.3	Pengadukan Mekanis pada proses coagulasi dan flokulasi	31
2.8.2	<i>Ultraviolet Treatment</i>	34
BAB III		37
METODOLOGI PENELITIAN		37
3.1	<i>Flow Chart</i> Metodologi.....	37
3.2	Perumusan Masalah	38
3.3	Studi Literatur	38
3.4	Pengumpulan Data	38
3.5	Analisa Data	39
3.5.1	Analisa Teknis	39
3.5.2	Analisa Ekonomis	39
3.6	Perencanaan Sistem.....	39
3.6.1	Konsep Desain.....	39

3.6.2	Perencanaan Desain.....	39
3.7	Kesimpulan dan Saran	39
3.8	Jadwal Pelaksanaan.....	40
BAB IV		41
ANALISA DATA		41
4.1	Pemilihan <i>Ballast Water Treatment</i>	41
4.1.1	<i>Coagulation Treatment</i>	41
4.1.2	<i>UV Treatment</i>	42
4.2	Modifikasi P&ID	43
4.2.1	<i>Coagulation Treatment</i>	43
4.2.2	<i>UV Treatment</i>	44
4.3	Analisa Teknis.....	44
4.3.1	<i>Coagulation Treatment</i>	45
4.3.1.1	Proses Treatment.....	45
4.3.1.2	Perawatan Komponen	45
4.3.1.3	Komponen Alat	46
4.3.2	<i>UV Treatment</i>	47
4.3.2.1	Proses Treatment.....	47
4.3.2.2	Perawatan Komponen	48
4.3.2.3	Komponen Alat	48
4.3.3	Pompa dan diameter pipa <i>ballast treatment</i>	49
4.3.4	Kebutuhan daya listrik	49
4.3.5	Pembuatan <i>onshore tank</i>	50
4.4	<i>Project Schedule Coagulation Teratment dan UV Radiation</i>	51
4.5	Analisa Ekonomi	52
4.5.1	<i>Coagulation Treatment</i>	52
4.5.1.1	Biaya Instalasi	52
4.5.1.1	Biaya Operasional.....	54
4.5.2	<i>UV Radiation</i>	54

4.5.1.1	Biaya Instalasi	54
4.5.1.1	Biaya Operasional.....	56
4.5.3	<i>Sistem Outfitting</i> pada pelabuhan.....	56
4.5.4	Total biaya BWTS	57
4.5.5	Payback period	58
4.5.6	Tarif treatment	58
4.5.7	Aliran kas	59
4.5.8	Perbandingan harga air di pelabuhan	61
4.6	Penempatan alat <i>ballast water treatment reception port facilities</i>	61
4.7	Analisa pemilihan	64
BAB V.....		69
KESIMPULAN DAN SARAN		69
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Saran	70
DAFTAR PUSTAKA.....		71
LAMPIRAN.....		72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Contoh desain perencanaan penempatan BWTS.....	5
Gambar 2. 2. Layout pelabuhan Tanjung Perak Surabaya	6
Gambar 2. 3. Tahapan dari <i>approval Ballast Water Treatment Plan</i>	13
Gambar 2. 4. <i>Zebra Mussels</i>	13
Gambar 2. 5. Dampak negatif <i>zebra mussels</i> terhadap lingkungan	14
Gambar 2. 6. Bakteri <i>Vibrio cholerae</i>	15
Gambar 2. 7. <i>Mnemiopsis leidyi</i>	16
Gambar 2. 8. <i>Carcinus maens</i>	16
Gambar 2. 9. Metode pengolahan air ballast	23
Gambar 2. 10. Proses koagulasi menggunakan <i>magnetic powder</i>	26
Gambar 2. 11. Skema proses koagulasi.....	26
Gambar 2. 12. Tipe PAC serbuk; coklat, kuning dan putih	29
Gambar 2. 13. Tipe <i>paddle</i>	32
Gambar 2. 14. Tipe <i>turbine</i> dan <i>propeller</i>	33
Gambar 2. 15. Pengadukan dengan alat pengaduk	33
Gambar 2. 16. Flokulator <i>paddle wheel</i>	33
Gambar 2. 17. Penggunaan <i>UV treatment</i> pada ballast kapal.....	34
Gambar 2. 18. hasil perlakuan <i>treatment UV</i> pada mikroorganisme	35
Gambar 3. 1. <i>Flow Chart</i> Metodologi.....	37
Gambar 4. 1. Sistem <i>coagulation treatment</i>	44
Gambar 4. 2. Sistem Radiasi <i>UV Treatment</i>	44
Gambar 4. 3. Grafik <i>cash flow</i>	60

Gambar 4. 4. Layout Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.....	62
Gambar 4. 5. Desain layout sistem BWTS.....	63
Gambar 4. 6. Lokasi bongkar muat 1 dan 2 BWTS	64
Gambar 4. 7. Lokasi bongkar muat 3 dan 4 BWTS	64
Gambar 4. 8. Nilai Pembobotan setiap kriteria.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Data kapal pelayaran internasional	7
Tabel 2. 2. Standar D-2 IMO untuk <i>ballast water yang terdischarged</i>	10
Tabel 2. 3. Timeline instalasi ballast water treatment systems	12
Tabel 2. 4. jenis mikroba dan siklus hidup berdasar PH	18
Tabel 2. 5. Perkiraan Nilai pH Pertumbuhan Bakteri Patogen.....	19
Tabel 2. 6. <i>Ballast water treatment processes</i>	25
Tabel 2. 7. Kriteria Impeller.....	32
Tabel 3. 1. Jadwal Pelaksanaan.....	40
Tabel 4. 1. <i>Clear ballast water treatment</i>	42
Tabel 4. 2. <i>Alva Laval pure ballast</i>	43
Tabel 4. 3. Kebutuhan daya listrik BWTS.....	50
Tabel 4. 4. Jadwal Pemasangan BWTS	51
Tabel 4. 5. Detail Pemasangan BWTS.....	52
Tabel 4. 6. Detail biaya pemasangan BWTS <i>Coagulation treatment</i>	53
Tabel 4. 7. Pajak Pengadaan Barang BWTS <i>Coagulation Treatment</i>	53
Tabel 4. 8. Biaya kebutuhan zat koagulant BWTS <i>Coagulation Treatment</i>	54
Tabel 4. 9. Biaya perawatan BWTS <i>Coagulation treatment</i>	54
Tabel 4. 10. Detail biaya pemasangan BWTS <i>UV Radiation</i>	55
Tabel 4. 11. Pajak Pengadaan Barang BWTS <i>UV Radiation</i>	55
Tabel 4. 12. Biaya Operasional BWTS <i>UV Radiation</i>	56
Tabel 4. 13. Biaya instalasi sistem <i>outfitting</i> BWTS	57

Tabel 4. 14. Total biaya pembuatan sistem BWTS <i>port facilities</i>	58
Tabel 4. 15. Tarif treatment sistem BWTS <i>port based</i>	58
Tabel 4. 16. Aliran kas	59
Tabel 4. 17. Tarif harga air per-kapal dengan treatment BWTS	61
Tabel 4. 18. Tarif harga air per-kapal di pelabuhan	61
Tabel 4. 19. Pembobotan skor setiap kriteria	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada dasarnya kapal diciptakan sebagai alat transportasi, namun kapal juga memiliki beberapa fungsi lain, diantaranya adalah sebagai alat untuk berpatroli, sebagai alat untuk menjaga garis laut dari suatu negara dan juga sebagai alat untuk menangkap ikan dilaut. Kapal memiliki fungsi utama sebagai alat pengangkut untuk penyebrangan melalui laut. Hal umum yang diangkut pada kapal adalah manusia, peralatan-peralatan serta sumber daya yang dapat menunjang kehidupan manusia seperti minyak bumi, peralatan perang, kendaraan beroda dan hewan ternak. Namun ketika diselidiki lebih lanjut, ternyata kapal juga mengangkut organisme-organisme yang dapat merusak dan mencemari laut. Organisme-organisme tersebut dapat ditemukan pada ballast kapal, yang merupakan bagian dari lambung kapal dimana air laut digunakan sebagai penyeimbang sebuah kapal.

Air pada ballast kapal mengandung berbagai macam organisme meliputi bakteri, virus, dan berbagai macam larva dari hewan dan tanaman laut. Meskipun sebagian besar organisme tersebut tidak dapat bertahan ketika air ballast terdischarge, organisme lainnya dapat bertahan dan dapat beradaptasi di habitat barunya. Organisme yang dapat bertahan hidup tersebut dapat menyebabkan masalah ekologi, ekonomi dan kesehatan publik ketika spesies *non-native* ini dapat bertahan hidup dan berkembang biak di lingkungan barunya.

International Maritime Organization (IMO) telah mengadakan legislasi internasional, yaitu the International Convention for the Control and Management of Ships Ballast water and Sediment untuk meregulasi Discharge daripada air ballast dan untuk mereduksi bahaya dari terangkutnya spesies *non-native* pada air ballast kapal. Syarat untuk Ballast Water Treatment telah ditingkatkan pada regulasi *D-2 Convention*. Untuk merespon hal ini, sejumlah teknologi telah diciptakan dan dikomersilkan oleh berbagai vendor. Banyak aplikasi dari teknologi tersebut digunakan sebagai syarat dari Ballast Water Management Convention and Shipboard operation. Sistem ini harus diuji dan diakui oleh IMO dan memenuhi aspek ekonomis dalam pemilihannya seperti daya, biaya installation dan maintenance sendiri.

Dengan demikian tersedia dua opsi bagi pemilik kapal, yaitu yang pertama: Internal BWTS, dimana pengolahan air ballast dilakukan pada

BWTS yang terpasang di kapal. Artinya, pemilik kapal harus memasang perangkat BWTS pada kapal. Opsi *On board* ini memerlukan biaya yang

tidak murah. Opsi yang kedua adalah External BWTS, yaitu pengolahan air ballast dilakukan pada fasilitas yang terpisah dari kapal. Model *offboard* ini tidak memerlukan pemasangan BWTS pada kapal.

Menurut kajian PRAMARIN (Perkumpulan Praktisi Maritim Indonesia), kebutuhan External BWTS sangat besar karena beberapa alasan antara lain yaitu keterbatasan ruang mesin kapal. Instalasi BWM Sistem adalah pekerjaan besar yang mensyaratkan kapal untuk docking. Alasan lainnya adalah biaya yang tidak murah dan terbuangnya waktu. Dengan alasan di atas, diperkirakan mayoritas kapal di dunia, termasuk yang berlayar hingga Indonesia, belum memiliki Internal BWTS. Keadaan ini membuka peluang baru bagi jasa kapal (Ship Services), yaitu Jasa Air Ballast, yang terdiri dari Jasa Pengolahan Air Ballast dan Penyediaan Air Ballast (yang sudah dibersihkan dari spesies-spesies berbahaya) oleh karena itu dilakukan kajian dari penulis dalam melakukan studi penerapan teknis dan ekonomis *ballast water treatment plan sistem (bwts) port based* dengan menggunakan metode *coagulation treatment* dan *uv radiation*.

1.2 Perumusan Masalah

Pada penelitian ini, permasalahan yang akan dianalisa adalah :

1. Bagaimana modifikasi sistem BWTS dengan metode koagulasi dan *UV radiation* pada pelabuhan?
2. Bagaimana Peletakkan komponen dari metode koagulasi dan *UV radiation* dengan mempertimbangkan ketersediaan ruang pada pelabuhan Tanjung Perak Surabaya?
3. Berapa daya listrik yang dibutuhkan untuk penambahan komponen BWTS ?
4. Bagaimana perbandingan nilai ekonomis harga air BWTS dengan air tawar di pelabuhan ?
5. Berapa kebutuhan biaya dalam pembuatan instalasi BWTS dengan metode koagulasi dan *UV radiation* ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dibuat agar lingkup penelitian ini lebih fokus, yaitu :

1. Pengaplikasian Ballast Water Treatment pada area pelabuhan Tanjung Perak Surabaya
2. Metode *treatment* menggunakan koagulasi yang dipadukan dengan sinar *UV radiation*.
3. Peraturan yang di pakai adalah peraturan pemerintah yang meretifikasi BWMC.
4. Biaya yang diperhitungkan hanya biaya instalasi dan biaya operasional.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat modifikasi sistem BWTS dengan metode koagulasi dan *UV radiation* pada area pelabuhan.
2. Menentukan peletakan komponen BWTS dengan metode koagulasi dan *UV radiation* dengan mempertimbangkan ketersediaan ruang pada pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.
3. Menentukan kebutuhan daya dalam memenuhi kebutuhan listrik pelabuhan setelah dilakukan penambahan komponen BWTS.
4. Mengetahui perbandingan nilai ekonomis harga air BWTS dengan air tawar di pelabuhan.
5. Menghitung kebutuhan biaya dalam pembuatan instalasi BWTS dengan metode koagulasi dan *UV radiation*.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat membuat sebuah konsep penerapan sistem *Ballast Water Treatment plant sistem* (BWTS) metode *Coagulasi treatment* yang dipadukan dengan sinar *UV radiation* yang sesuai.
2. Sebagai rekomendasi metode pengolahan air ballast yang terpilih untuk diaplikasikan pada pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.

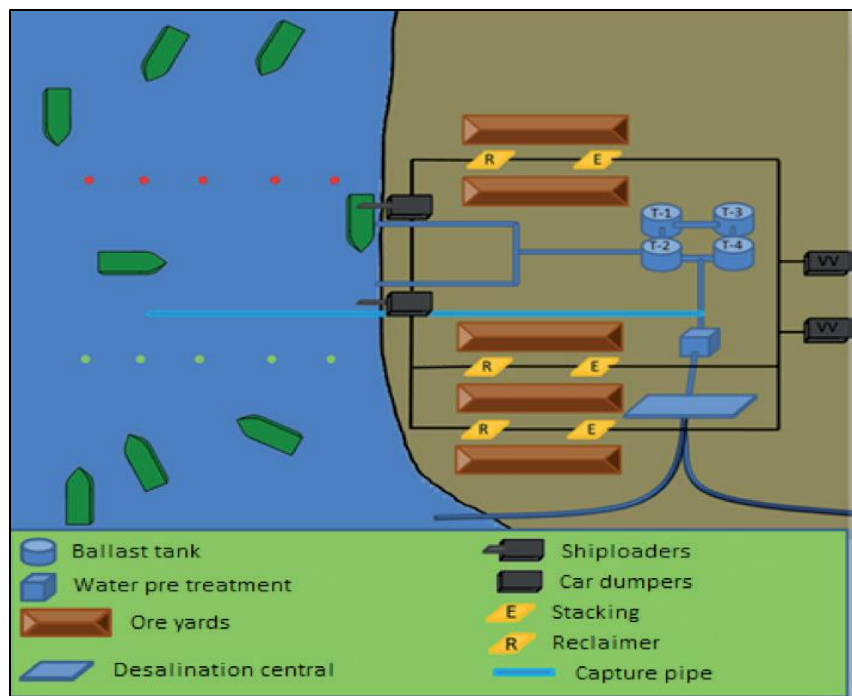
“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan BWTS Reception Facilities Port Based

Perencanaan BWTS *reception facilities port based* harus disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan lahan yang akan dibuat sehingga fasilitas BWTS dapat diterapkan secara maksimal. Sebagai contoh konsep desain BWTS sebagai berikut:

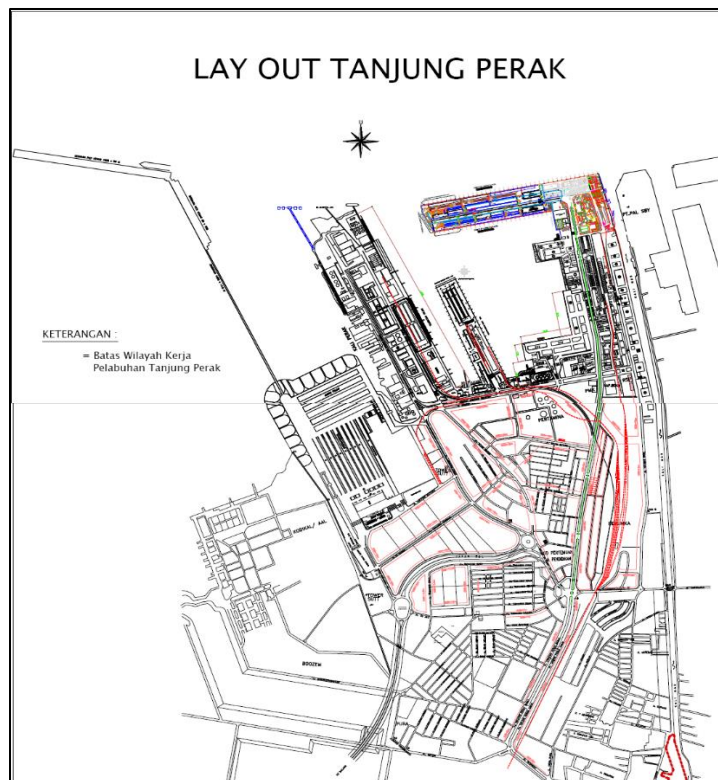


Gambar 2.1 : Contoh desain perencanaan penempatan BWTS Reception Facilities Port Based

Sumber : *Onshore Reception Facilities for ballast water, 2017*

Pada gambar diatas dapat dijelaskan pada saat proses ballast water treatment, kapal akan di tambatkan terlebih dahulu pada dermaga dan selanjutnya akan dilakukan proses *deballasting* dari kapal menuju *port facilities* dengan bantuan pompa ballast di pelabuhan menuju tangki penampungan. Setelah air ballast di masukan kedalam tangka penampungan selanjutnya akan dilakukan treatment pada sistem koagulasi dan *UV radiation*. Setelah selesai dilakukan *treatment* air ballast dapat

ditampung kembali pada tangka penampungan dimana air tersebut telah steril dari kotoran dan mikroorganisme sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengisian kembali atau ballasting kedalam kapal. Pada proses treatment keseluruhan dilakukan di darat atau onshore sehingga perlu adanya penyesuaian dalam penempatan alat BWTS *port facilities*. Sehingga dibutuhkan lokasi penempatan sistem, dalam studi kasus ini pelabuhan Tanjung Perak Surabaya sebagai contoh lokasi yang sesuai dikarenakan pelabuhan tersebut sering dilakukannya bongkar muat pada kapal pelayaran Internasional dan juga belum tersediannya BWTS *port facilities*. Adapun layout sesungguhnya dari pelabuhan Tanjung Perak sebagai berikut:



Gambar 2.2 . Layout pelabuhan Tanjung Perak Surabaya
Sumber : PT. Pelindo III Surabaya

2.2 Data kapal pelayaran internasional dermaga Jamrud Utara pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

Pada perencanaan BWTS port facilities, diperlukan studi kasus khusus mengenai penempatan sistem BWTS dengan keadaan real di lapangan. Sehingga dibutuhkan data kapal pelayaran internasional sebagai pedoman bahwa perencanaan BWTS tersebut dapat diaplikasikan secara nyata. Berikut data kapal pelayaran internasional pada dermaga Jamrud Utara pelabuhan Tanjung Perak Surabaya selengkapnya terdapat pada lampiran :

NO	NAMA KAPAL	GT KAPAL	LOA KAPAL	BENDERA	JENIS KAPAL	PELAYARAN	DWT
1	MV. COUGAR	17156	186	LBR	KPLPTKEMAS	LUAR NEGERI	22210
2	MV. COUGAR	17156	186	LBR	KPLPTKEMAS	LUAR NEGERI	22210
3	MV. KOTA BUNGA	20886	179.5	SGP	KPLCARGO	LUAR NEGERI	27264
4	MV. WAN HAI 212	17138	174.6	SGP	KPLPTKEMAS	LUAR NEGERI	23877
5	MV. MAHO CORAL	9967	128	HKG	KPLCARGO	LUAR NEGERI	14268
6	MV. DAWN	31144	190	MHL	KPLCARGO	LUAR NEGERI	3750
7	MV. OCEAN SPRING	21192	179.99	HKG	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	33633
8	MV. PHOENIX NEREID	18465	170	PAN	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	29070
9	MV. EAST AYUTTHAYA	20809	179.9	THA	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	32770
10	MV. EMMANUEL C	32415	189.99	MHL	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	58837
11	MV. ELIAS	32839	189.99	MLT	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	57970
12	MT. SICHEM MELBOURNE	8455	127.2	MHL	TANKERBBM	LUAR NEGERI	12936
13	MV. OTRIVALING 3	8576	118	HKG	KPLCARGO	LUAR NEGERI	12088
14	MV. XIN DA QIANG	14021	153	PAN	KPLCARGO	LUAR NEGERI	16957
15	MV. MY THINH	8414	134.04	VNM	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	14348
16	MV. BELLE ROSE	29104	185	PAN	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	50472
17	MV. RAINBOW QUEST	22549	179.88	GI	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	34627
18	MV. TOMINI ABILITY	32987	189.99	PAN	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	56971
19	MT. SKYLARK	22184	163.65	LBR	TANKERBBM	LUAR NEGERI	34620
20	MV. INDUSTRIAL RANGER	8963	134.53	LBR	KPLCARGO	LUAR NEGERI	10508
21	MV. DIAMOND INDAH	43321	229	SGP	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	77830
22	MERATUS PALEMBANG	5612	117	INA	KPLPTKEMAS	LUAR NEGERI	7853
23	MT. MTM HOUSTON	11668	144.03	SGP	TANKERBBM	LUAR NEGERI	19741
24	MT. SICHEM MELBOURNE	8455	127.2	MHL	TANKERBBM	LUAR NEGERI	12936
25	MV. NANBU	9467	130.73	PAN	KPLCARGO	LUAR NEGERI	12137

NO	NAMA KAPAL	GT KAPAL	LOA KAPAL	BENDERA	JENIS KAPAL	PELAYARAN	DWT
26	MV. SSI MAJESTIC	31228	189.99	MHL	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	30136
27	MV. IOLCOS COMMANDER	41254	225	MLT	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	76094
28	MV. QUEEN JHANSI	32415	189	MHL	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	58758
29	MV. PILATUS VENTURE	36336	199.9	HKG	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	63276
30	EVER BEAMY	33266	211.9	TWN	KPLPTKEMAS	LUAR NEGERI	37500
31	MV. INCE BEYLERBEYI	34795	199	TUR	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	61429
32	MV. KANCHANA NAREE	33044	189.99	THA	KPLCARGO	LUAR NEGERI	56920
33	MV. FORTUNE HERO	22400	179.88	PAN	KPLCARGO	LUAR NEGERI	35000
34	DERBY D	40030	260.05	LBR	KPLPTKEMAS	LUAR NEGERI	50814
35	OLIVIA	28050	215.29	LBR	KPLPTKEMAS	LUAR NEGERI	21789
36	TB MACALLAN 1	263	30	MYS	KPLTUNDA	LUAR NEGERI	292
37	MV. EVANS	31094	189.99	MHL	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	53507
38	MV TIMGAD	11494	146.98	DZ	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	12161
39	MT. IERAX	10298	144.53	LBR	TANKERBBM	LUAR NEGERI	15885
40	MV. ZHE HAI 1	22295	179.9	HKG	KPLCURAHKR	LUAR NEGERI	35056
41	MV POSEN	27968	221.62	DEU	KPLPTKEMAS	LUAR NEGERI	35980
42	MV. MSC IMMA	30280	201.5	PAN	KPLPTKEMAS	LUAR NEGERI	19260
43	MV. STAR OF LUCK	16915	168.05	PAN	KPLPTKEMAS	LUAR NEGERI	30135
44	MV. HYUNDAI MASAN	23265	198	MHL	KPLCARGO	LUAR NEGERI	15477
45	UNI ANGEL	14796	165	PAN	KPLPTKEMAS	LUAR NEGERI	15477

Tabel 2.1 Data kapal pelayaran internasional dermaga Jamrud Utara pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.
Sumber: PT. Pelindo III, Surabaya

2.3 Regulasi

2.3.1 Sejarah Regulasi *Ballast Water Management*

Sejak pemakaian baja sebagai lambung kapal 120 tahun yang lalu, air telah digunakan sebagai ballast untuk menyeimbangkan kapal di laut. Air ballast dipompa untuk mempertahankan kondisi operasi aman sepanjang perjalanan. Hal ini mengurangi stress pada lambung, sehingga meningkatkan propulsi dan maneuver dan mengkompensasi berat yang hilang akibat konsumsi air dan bahan bakar.

Walaupun ballast water sangat penting, aman dan efisien untuk operasi perkapalan modern, ballast water juga dapat menimbulkan efek negative terhadap ekologi, ekonomi dan kesehatan akibat banyaknya spesies air laut yang terbawa pada ballast water. Diantaranya adalah bakteri, mikroba, telur dan larva dari berbagai macam spesies dan juga virus. Spesies yang terbawa ini dapat berkembang biak dalam ballast kapal dan ketika dilepaskan ke lokasi atau habitat barunya, spesies ini akan menjadi spesies yang invasif dan mengganggu keseimbangan dari lokasi yang diinvasi.

Ilmuwan menyadari pertama kalinya saat munculnya algae jenis *Odontella (Biddulphia sinensis)* yang hanya ditemukan di Asia berada di North Sea pada tahun 1903. Kemudian pada tahun 1980-an Kanada dan Australia menjadi Negara yang paling banyak mendapat laporan terdapatnya *invasive species*. Hal ini pun dilirik dan menjadi perhatian dari Marine Environment Protection Committee (MEPC) dari International Maritime Organization (IMO).

IMO telah menjadi yang terdepan dalam upaya internasional dalam menangani transfer dari *Aquatic Invasive Species (AIS)* pada water ballast. Pada tahun 1991, MEPC mengadopsi pedoman untuk mencegah penyebaran dari organisme dan pathogen yang tidak diinginkan pada ballast water kapal dan pembuangan sedimen (resolusi MEPC 50(31)) pada United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) yang diadakan di Rio de Janeiro pada tahun 1992 yang menjadi isu major internasional.

Pada November 1993, IMO mengeluarkan resolusi A.774(18) berdasarkan pada pedoman 1991 yang meminta MEPC dan MSC untuk mempertahankan pedomannya agar dapat dipakai secara internasional dan dilegalkan. Pada November 1997 resolusi A.868(20) – “*Guidelines for the Control and management of Ships’ Ballast Water to Minimize the Transfer of Harmful Aquatic Organisms and Pathogens* – yang mengundang semua anggotanya untuk menggunakan pedoman ini saat menangani isu IAS.

Akhirnya, setelah berdebat lebih dari 14 tahun, IMO mengadakan *International Convention for the Control and Management of Ships’ Ballast Water and Sediments* (konvensi BMW) pada tanggal 13 Februari 2004 di London. Konvensi ini mengharuskan semua kapal untuk mengaplikasikan Ballast Water and Sediments Management Plan. Semua kapal harus membawa Ballast Water Record Book dan

diharuskan menjalani prosedur manajemen ballast water dengan standar yang telah diberikan.

2.3.2 *Ballast Water Quality and Standards*

Regulasi D-2 pada konvensi BMW menetapkan standar dari ballast water treatment yang harus dipenuhi (lihat tabel 1). Seluruh Treatment systems harus diuji dan diakui oleh pedoman yang telah dikeluarkan oleh IMO. Berikut isi dari regulasi D-2 BMW Convention:

Regulation D-2 : Ballast Water Performance Standard

Kapal yang melakukan Pengelolaan Air Ballast sesuai dengan peraturan ini harus mengeluarkan kurang dari 10 organisme yang layak per meter kubik lebih besar dari atau sama dengan 50 mikrometer dalam dimensi minimum dan kurang dari 10 organisme yang hidup per milliliter kurang dari 50 mikrometer dalam dimensi minimum dan lebih besar dari atau sama hingga 10 mikrometer dalam dimensi minimum; dan pelepasan mikroba indikator tidak boleh melebihi konsentrasi yang ditentukan yang dijelaskan dalam paragraf 2. Mikroba indikator, sebagai standar kesehatan manusia, harus mencakup:

1. *Vibrio cholerae* toksikogenik (O1 dan O139) dengan kurang dari 1 unit pembentuk koloni (cfu) per 100 milliliter atau kurang dari 1 cfu per 1 gram (berat basah) sampel zooplankton;
2. *Escherichia coli* kurang dari 250 cfu per 100 millilitres;
3. Intestinal *Enterococci* kurang dari 100 cfu per 100 millilitres.

Jika diinput dalam bentuk tabel, maka dapat disimpulkan:

Kategori Organisme	Regulasi
Plankton, > 50 μm dalam dimensi minimum	< 10 cells / m^3
Plankton, 10-50 μm	< 10 cells / ml
Toxicogenic <i>Vibrio cholerae</i> (O1 dan O139)	< 1 cfu / 100 ml
<i>Escherichia coli</i>	< 250 cfu / 100 ml
Intestinal <i>Enterococci</i>	< 100 cfu / 100 ml

Tabel 2.2 Standar D-2 IMO untuk ballast water yang terdischarged

IMO juga telah menetapkan timeline bagi kapal-kapal yang telah dijelaskan pada regulasi B-3 IMO mengenai *Ballast water management*

for ships, yang isinya : *Regulation B-3: Ballast Water Management for Ships*

1. Sebuah kapal dibangun sebelum 2009:
 - a. Sebuah kapasitas air ballast antara 1.500 dan 5.000 meter kubik, inklusif, harus melakukan Pengelolaan Air Ballast yang setidaknya memenuhi standar yang dijelaskan dalam peraturan D-1 atau regulasi D-2 hingga 2014, setelah itu setidaknya akan memenuhi standar dijelaskan dalam peraturan D-2;
 - b. Dengan kapasitas air ballast kurang dari 1.500 atau lebih besar dari 5.000 meter kubik harus melakukan Manajemen Air Ballast yang setidaknya memenuhi standar yang dijelaskan dalam peraturan D-1 atau regulasi D-2 hingga 2016, setelah itu setidaknya akan memenuhi standar dijelaskan dalam peraturan D-2.
2. Sebuah kapal di mana paragraf 1 berlaku harus mematuhi paragraf 1 selambat-lambatnya dari survei antara atau pembaruan pertama, mana yang terjadi terlebih dahulu, setelah tanggal peringatan pengiriman kapal pada tahun kepatuhan dengan standar yang berlaku untuk kapal.
3. Sebuah kapal yang dibangun pada atau setelah 2009 dengan Kapasitas Air Ballast kurang dari 5.000 meter kubik harus melakukan Pengelolaan Air Ballast yang setidaknya memenuhi standar yang dijelaskan dalam peraturan D-2.
4. Sebuah kapal yang dibangun pada atau setelah 2009, tetapi sebelum 2012, dengan Kapasitas Air Ballast 5.000 meter kubik atau lebih harus melakukan Manajemen Air Ballast sesuai dengan paragraf 1.2.
5. Sebuah kapal yang dibangun pada atau setelah 2012 dengan Kapasitas Air Ballast 5.000 meter kubik atau lebih harus melakukan Manajemen Air Ballast yang setidaknya memenuhi standar yang dijelaskan dalam peraturan D-2.
6. Persyaratan peraturan ini tidak berlaku untuk kapal yang mengeluarkan Air Ballast ke fasilitas penerimaan yang dirancang dengan mempertimbangkan Pedoman yang dikembangkan oleh Organisasi untuk fasilitas tersebut.
7. Metode lain dari Manajemen Air Ballast juga dapat diterima sebagai alternatif dari persyaratan yang dijelaskan dalam paragraf 1 hingga 5, asalkan metode tersebut memastikan setidaknya tingkat perlindungan

yang sama terhadap lingkungan, kesehatan manusia, properti atau sumber daya, dan disetujui dalam prinsip oleh Komite.

Ballast Cpty (m ³)	Build Date	*First Intermediate or Renewal Survey, whichever occurs first, after the anniversary date of delivery in the respective year								
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
< 1,500	< 2009	D-1 or D-2								D-2*
	in 2009	Note: D-1; D-2 by 2nd Annual but not beyond 31 Dec. 2011 or EIF, whichever is later								
	> 2009	D-2 (at delivery or EIF, whichever is later)								
≥ 1,500 or ≤ 5,000	< 2009	D-1 or D-2						D-2*		
	in 2009	Note: D-1; D-2 by 2nd Annual but not beyond 31 Dec. 2011 or EIF, whichever is later								
	> 2009	D-2 (at delivery or EIF, whichever is later)								
≥ 5,000	< 2012	D-1 or D-2							D-2*	
	≥ 2012	N/A			D-2 (at delivery or EIF, whichever is later)					

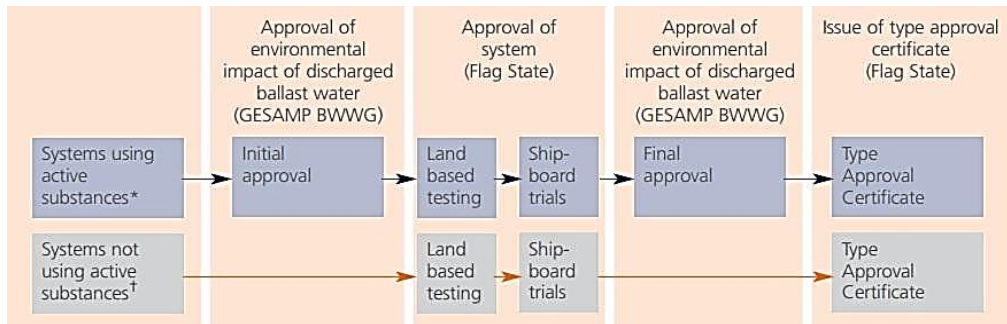
Tabel 2.3 *Timeline instalasi ballast water treatment* sistem berdasarkan regulasi B-3 IMO

Menurut tabel 2, tonggak utama berada pada tahun 2009, saat kapal yang sedang menjalani konstruksi memiliki kapasitas ballast dibawah 5000 m³ diminta untuk memiliki ballast water treatment untuk memenuhi standar D-2 BMW *convention*. Namun *timeline* tersebut belum berlaku secara internasional .

2.3.3 Proses Approval

Teknologi yang dikembangkan untuk pengolahan ballast water harus mengikuti aturan dan persetujuan spesifik dari IMO dan pedoman pengujian didesain agar teknologi yang dipakai sesuai dengan standar IMO. Perusahaan yang menawarkan teknologi ballast water treatment harus mendapat persetujuan dari Flag Administration, yang akan memilihkan kelas untuk memastikan agar benar-benar aman.

Prosedur testing dari BWM diatur oleh “*Guidelines for Approval of Ballast Water Management Systems*” (Pedoman G8). *Approval* terdiri dari shore based testing dari model untuk mengkonfirmasi standar D2 Konvensi BWM dan ship board testing untuk memastikan bahwa sistem bekerja saat *service*. Tahapan persetujuan ini memakan waktu antara enam minggu sampai dengan enam bulan untuk *shore based test* dan enam bulan untuk ship based testing.



Gambar 2.3 Tahapan dari *approval* Ballast Water Treatment Plant

2.4 Organisme yang terdapat pada Ballast water tank

Spesies *non-native* yang terbawa oleh ballast kapal merupakan ancaman pada ekosistem, ekonomi dan kesehatan pada daerah yang terkena dampaknya. Ilmuwan berpendapat bahwa sekitar sepertiga dari *invasive species* yang telah terdapat dapat berpindah dan bertahan hidup pada ballast water tanks di semua kapal. IMO telah merilis 10 spesies yang tidak diinginkan dalam ballast kapal. Berdasarkan *Ballast Water and Introduced Species (adapted – Management options for Nargansett Bay and Rhode Island)* 2019, Berikut adalah empat spesies yang paling invasif yang terbawa oleh ballast kapal.

2.4.1 Zebra Mussels

Zebra mussel (Dreissena polymorpha) merupakan spesies native yang awalnya hanya ditemukan pada danau di bagian selatan Russia. Namun, secara tidak sengaja spesies *non-native* ini telah tersebar diberbagai Negara dan menjadi *invasive species*. Spesies ini menyebar ke danau St. Clair, Amerika Utara pada tahun 1988 melalui ballast water pada kapal St. Lawrence Seaway dan pada tahun 2011 spesies ini telah menyebar hampir di seluruh Amerika Serikat.



Gambar 2.4 Zebra Mussels

Efek yang ditimbulkan oleh *Zebra Mussel* sangat signifikan, baik terhadap kapal yang ditumpangi maupun terhadap lingkungan. Karena kolonisasinya berada pada danau – danau besar, mereka berkembang biak dan menempel pada bagian bawah dok, hull kapal dan juga jangkar. Spesies ini dapat berkembang biak dengan cepat sehingga dapat menempel dan menutupi hampir seluruh bagian dari pipa bawah air sehingga menyumbat asupan air kota dan perusahaan pembangkit listrik tenaga air. Menurut Center for Invasive Species Research Universitas California, biaya pengelolaan zebra mussel di Great Lakes saat ini melebihi 500 juta dollar pertahunnya. Sebuah studi yang lebih konservatif mengestimasi total biaya 267 juta dollar untuk pembersihan pembangkit listrik dan fasilitas water treatment di seluruh Amerika Serikat pada tahun 1898 sampai tahun 2004.



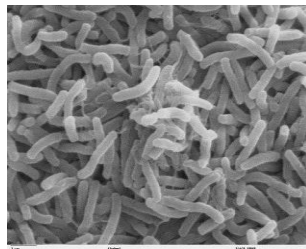
Gambar 2.5 Dampak negatif *zebra mussels* terhadap lingkungan

Zebra Mussel juga merupakan sumber dari *Avian botulism*, yaitu peracunan yang menyebabkan ribuan burung mati di Great Lakes Amerika sejak akhir 1990 yang disebabkan oleh racun dan polutan yang dihisap olehnya dan termakan oleh burung. *Zebra Mussel* juga bertanggung jawab atas punahnya banyak spesies pada Great Lake sistem karena mereka dapat tumbuh pada jenis remis dan kerang lainnya sehingga menyebabkan kematian pada spesies kerang dan remis *local*.

Spesies ini juga menghabiskan pasokan makanan sehingga spesies lainnya mati kelaparan.

2.4.2 *Vibrio cholerae*

Vibrio cholerae merupakan bakteri yang menyebabkan penyakit kolera. Bakteri ini banyak ditemukan pada ballast water kapal. Pada Oktober 2010, bakteri ini menyebar dari Haiti dan menyebabkan sekitar 8000 orang meninggal dunia. Akibatnya bakteri ini berpindah melalui ballast kapal dari pantai latin Amerika menuju teluk meksiko. Sampel water ballast yang diambil dari 5 kapal kargo yang berlayar saat itu semuanya mengandung bakteri ini.



(a)



(b)

Gambar 2.6 (a) bakteri *Vibrio cholerae* (b) dampak negatif bakteri terhadap kesehatan

2.4.3 *Comb Jelly*

Comb Jelly (Mnemiopsis leidyi) pertama kali ditemukan di laut hitam, pada tahun 1980, dimana hanya satu jenis *comb jelly* yang diketahui saat itu. Penyebaran *comb jelly* ini terjadi karena spesies ini tidak sengaja masuk kedalam ballast water kapal pedagang saat itu. Pada tahun 2006 spesies ini ditemukan di laut Baltik.



Gambar 2.7 *Mnemiopsis leidyi*

Spesies ini menyebabkan musnahnya zoo plankton sebesar 75% di laut Kaspia, mengkonsumsi larva ikan yang merugikan pasar, menyebabkan kerugian pedagang hampir mencapai ratusan juta dollar.

2.4.4 *Vibrio cholerae* European Green Crab

Carcinus maenas adalah kepiting yang umumnya ditemukan pada pantai atlantik eropa. Secara tidak sengaja kepiting ini terbawa oleh ballast kapal dan sekarang populasinya dapat ditemukan di Australia, Afrika Selatan, Amerika Serikat dan Jepang.



Gambar 2.8 *Carcinus maenas*

Jenis kepiting ini menghilangkan spesies asli kepiting lokal dan menjadi spesies yang dominan pada daerah yang terinvasi. Kepiting ini juga sukses dalam mengurangi jumlah ikan lokal yang menjadi mata pencaharian penduduk tersebut.

2.5 Pengaruh Ph terhadap pertumbuhan Mikroba atau Bakteri

2.5.1 Pengaruh Ph Terhadap Mikroba

Dalam kehidupan sehari-hari kita selalu berhubungan dengan berbagai macam mikroorganisme yang dapat menginfeksi yang dapat membahayakan atau merusak inang. Akan tetapi, agar dapat memahami lebih banyak masalah dalam mendiagnosis dan pencegahan infeksi, maka perlu diketahui bahwa mikroorganisme tumbuh dipengaruhi oleh beberapa faktor yang menunjang pertumbuhannya. (M. Natsir Djide, 2005).

Seperti makhluk hidup pada umumnya, pertumbuhan mikroba tentunya tidak lepas dari pengaruh lingkungan. Faktor-faktor yang mempengaruhi itu dapat berupa faktor fisika, faktor kimia, maupun faktor biologi. Namun, pertumbuhan mikroba ini tidak hanya dipengaruhi faktor lingkungan, tetapi juga mempengaruhi keadaan lingkungan. Akibat ukurannya yang sangat mikroskopis, pertumbuhan mikroba sangat tergantung pada keadaan sekelilingnya (Pelczar dan Chan, 2006).

Beberapa faktor abiotik yang dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri, antara lain: suhu, kelembaban, cahaya, pH, Aw dan nutrisi. Apabila faktor-faktor abiotik tersebut memenuhi syarat, sehingga optimum untuk pertumbuhan bakteri, maka bakteri dapat tumbuh dan berkembang biak (Haastuti, 2008).

Mikroba umumnya menyukai pH netral (pH 7). Beberapa bakteri dapat hidup pada pH tinggi (medium alkalin). Contohnya adalah bakteri nitrat, rhizobia, actinomycetes, dan bakteri pengguna urea. Hanya beberapa bakteri yang bersifat toleran terhadap kemasaman, misalnya *Lactobacilli*, *Acetobacter*, dan *Sarcina ventriculi*. Bakteri yang bersifat asidofil misalnya *Thiobacillus*. Jamur umumnya dapat hidup pada kisaran pH rendah. Apabila mikroba ditanam pada media dengan pH 5 maka pertumbuhan didominasi oleh jamur, tetapi apabila pH media 8 maka pertumbuhan didominasi oleh bakteri. Berdasarkan pH-nya mikroba dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu:

- a. Mikroba asidofil, adalah kelompok mikroba yang dapat hidup pada pH 2,0-5,0,
- b. Mikroba mesofil (neutrofil), adalah kelompok mikroba yang dapat hidup pada pH 5,5-8,0.
- c. Mikroba alkalifil, adalah kelompok mikroba yang dapat hidup pada pH 8,4-9,5.

Contoh pH minimum, optimum, dan maksimum untuk beberapa jenis bakteri adalah sebagai berikut menurut (Waluyo, 2005) dalam buku berjudul mikrobiologi pangan:

Nama mikroba	pH		
	minimum	optimum	Maksimum
<i>Escherichia coli</i>	4,4	6,0-7,0	9,0
<i>Proteus vulgaris</i>	4,4	6,0-7,0	8,4
<i>Enterobacter aerogenes</i>	4,4	6,0-7,0	9,0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5,6	6,6-7,0	8,0
<i>Clostridium sporogenes</i>	5,0-5,8	6,0-7,6	8,5-9,0
<i>Nitrosomonas spp</i>	7,0-7,6	8,0-8,8	9,4
<i>Nitrobacter spp</i>	6,6	7,6-8,6	10,0
<i>Thiobacillus Thiooxidans</i>	1,0	2,0-2,8	4,0-6,0
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	4,0-4,6	5,8-6,6	6,8

Tabel 2.4 jenis mikroba dan siklus hidup berdasar PH

Secara garis besar, bakteri dibagi menjadi dua kategori yaitu bakteri Gram positif dan Gram negatif. *Bacillus cereus* merupakan salah satu contoh bakteri Gram positif, dan *Escherichia coli* merupakan salah satu contoh bakteri Gram negatif. Ciri-ciri bakteri Gram negatif adalah:

- struktur dinding selnya tipis, sekitar 10-45mm, berlapis tiga atau multi layer,
- dinding selnya mengandung lemak lebih banyak (11-22%), peptidoglikan terdapat dalam lapisan kaku sebelah dalam dengan jumlah sedikit (10% dari berat kering), tidak mengandung asam laktat,
- kurang rentan terhadap senyawa penisilin,
- tidak resisten terhadap gangguan fisik (Waluyo,2005).

Sedangkan ciri-ciri bakteri Gram positif adalah:

- struktur dinding selnya tebal, sekitar 10-50mm,
- dinding selnya mengandung peptidoglikan yang tinggi (90% dari berat kering)
- sensitif terhadap penisilin,
- biasanya dapat bersifat tahan asam (Hafsan, 2011).

Berikut merupakan tabel perkiraan nilai pH pertumbuhan bakteri pathogen pada makanan menurut *International Commission on Microbiological Specification for Foods*, 2004:

Bakteri patogen	Nilai pH		
	pH minimum	pH optimum	pH maksimum
<i>B. cereus</i>	4,9	6,0-7,0	8,8
<i>E. coli</i>	4,4	6,0-7,0	9,0

Tabel 2.5 Perkiraan Nilai pH Pertumbuhan Bakteri Patogen

Escherichia coli merupakan bakteri dari kelompok koliform. Bakteri dari jenis tersebut selalu terdapat di dalam kotoran manusia, sedangkan bakteri patogen (penyebab penyakit) tidak selalu ditemukan. Mikroorganisme dari kelompok koliform secara keseluruhan tidak umum hidup atau terdapat di dalam air, sehingga keberadaannya dalam air dapat dianggap sebagai petunjuk terjadinya pencemaran kotoran dalam arti luas, baik kotoran hewan maupun manusia. Bakteri kelompok koliform meliputi semua bakteri berbentuk batang pendek, gram negatif, tidak membentuk spora dan dapat memfermentasi laktosa dengan memproduksi gas dan asam pada suhu 37 derajat celsius dalam waktu kurang dari 48 jam. Adapun bakteri *Escherichia coli* selain memiliki karakteristik seperti bakteri koliform pada umumnya, juga dapat menghasilkan senyawa indole di dalam air pepton yang mengandung asam amino triptofan, serta tidak dapat menggunakan natrium sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon. (Purwoko, 2007)

Bacillus adalah bakteri gram positif, membentuk endospora, dan berbentuk batang. Terdapat lebih dari 70 spesies, yang dapat diamati morfologi dan diversitas fisiologinya. Hanya dua jenis yakni *B. Anthracis* dan *B. Cereus* yang diketahui bersifat patogen. Habitat *B. Subtilis* adalah pada tanah, namun juga ditemukan pada air tawar, daerah perairan di pesisir pantai, dan samudra. Alasan banyak ditemukannya bakteri tersebut adalah karena pembentukan endospora, yang memungkinkan pertahanan hidup, walaupun lingkungan yang ditempati sangatlah ekstrim. *Bacillus subtilis* juga dapat ditemukan pada tumbuhan, hewan dan kotoran hewan. *Bacillus subtilis* memproduksi enzim dan antibiotik dalam respons untuk pembatasan nutrisi. Enzim yang dihasilkan yaitu protease, amilase, selulase dan lipase. Produksi enzim sangat maksimal saat sel berada pada fase stasioner pada masa pertumbuhan. Produksi enzim tersebut diduga sebagai strategi pertahanan hidup untuk mencari sumber energi makromolekuler saat nutrisi mulai berkurang. Sebagian besar enzim digunakan secara luas dalam pembuatan makanan, masakan, dan industri detergen biologis. Enzim yang memiliki manfaat bagi manusia seperti "thermostability", mengaktifkan jangkauan pH, aktivitas pada detergen

dan mengoksidasi lingkungan, dapat diidentifikasi oleh *Bacillus subtilis*. Peranan *B. Subtilis* pada industri enzim adalah dapat merefraktor analisis genetik dan itulah alasan *B. Subtilis* dipilih untuk dipelajari mekanisme produksi enzimnya. Selain itu, kode genetik yang heterogen dengan materi yang dapat diklon-kan ke dalam *B. Subtilis* yang dapat menghasilkan manipulasi untuk gandum berkualitas tinggi (Stainer, 2010)

Natrium hidroksida (NaOH) merupakan basa kuat yang menerima proton dari Na^+ . Natrium hidroksida mengandung unsur dari golongan alkali, yakni Natrium (Na^+). Ciri –ciri yang dimiliki golongan alkali seperti reduktor kuat dan mampu mereduksi asam, mudah larut dalam air, merupakan penghantar arus listrik yang baik dan panas, urutan kereaktifannya meningkat seiring dengan bertambahnya berat atom.pada umumnya NaOH digunaka sebagai pelarut, penggunaan NaOH sebagai pelarut disebabkan kegunaan dan efektifitasnya seperti untuk menetralka asam. NaOH terbentuk dari elektrolisis larutan NaCl dan merupakan basa kuat (Linggih, 1988).

Bakteri memiliki mekanisme yang sangat efektif untuk memelihara kontrol regulasi pH sitoplasmanya (pHi). Pada sejumlah bakteri, pH berbeda dengan 0,1 unit per perubahan pH pada pH eksternal. Hal ini disebabkan kontrol aktivitas sistem transpor ion yang mempermudah masuknya proton. Berbagai macam sistem yang mencerminkan luas rentang nilai pHi diperlihatkan oleh berbagai bakteri. Asidofil memiliki nilai rentang pHi 6,5 – 7,0; neutrofil memiliki nilai rentang pHi 7,5 – 8,0, dan alkalofil memiliki nilai rentang pHi 8,4 – 9,0. Mikroorganisme fermentatif memperlihatkan rentang nilai pHi yang lebih tinggi dibandingkan dengan mikroorganisme yang menggunakan jalur respirasi. Pada mikroorganisme fermentatif, produksi produk fermentatif yang bersifat asam dan akumulasinya mengakibatkan gangguan keseimbangan pH dan pembatasan pertumbuhan. Sejumlah mikroorganisme meningkatkan mekanisme kompensasi untuk mencegah efek toksik dari akumulasi produk yang bersifat asam dan berkonsentrasi tinggi tersebut (Entjang, 2003).

2.5.2 Fase pertumbuhan bakteri

Bakteri adalah suatu kelompok organisme yang tidak memiliki membrane inti sel, organisme ini termasuk kedalam prokariotik dan berukuran relative kecil (mikroskopik) serta memiliki peran besar dalam kehidupan manusia baik menguntungkan maupun merugikan. Pertumbuhan bakteri sangat relatif cepat dengan membentuk sel-sel baru, dengan memanfaatkan nutrient yang ditempatinya / lingkungannya. Bakteri dapat tumbuh dan berkembang biak dengan cepat bila dalam keadaan yang menguntungkan. Pertumbuhan bakteri dapat dibagi menjadi empat fase, yaitu:

1. Fase Adaptasi (Lag Phase)

Merupakan periode penyesuaian diri bakteri terhadap lingkungan dan lamanya mulai dari satu jam hingga beberapa hari. Lama waktu ini tergantung pada macam bakteri, umur biakan, dan nutrien yang terdapat dalam medium yang disediakan. Pada fase ini bakteri beradaptasi dengan lingkungan, belum mampu mengadakan pembiakan, tetapi metabolisme sel bakteri meningkat dan terjadi perbesaran ukuran sel bakteri.

2. Fase Pertumbuhan (Log Phase)

Fase ini merupakan periode pembiakan yang cepat dan merupakan periode yang didalamnya dapat teramati ciri khas sel-sel yang aktif. Selama fase ini pembiakan bakteri berlangsung cepat, sel-sel membelah dan jumlahnya meningkat secara logaritma sesuai dengan pertambahan waktu, beberapa bakteri pada fase ini biasanya menghasilkan senyawa metabolit primer, seperti karbohidrat dan protein. Pada kurva, fase ini ditandai dengan adanya garis lurus pada plot jumlah sel terhadap waktu.

3. Fase Stasioner (Stationer Phase)

Fase ini merupakan suatu keadaan seimbang antara laju peryumbuhan dengan laju kematian, sehingga jumlah keseluruhan bakteri yang hidup akan tetap. Beberapa bakteri biasanya menghasilkan senyawa metabolit sekunder seperti antibiotika dan polimer pada fase ini.

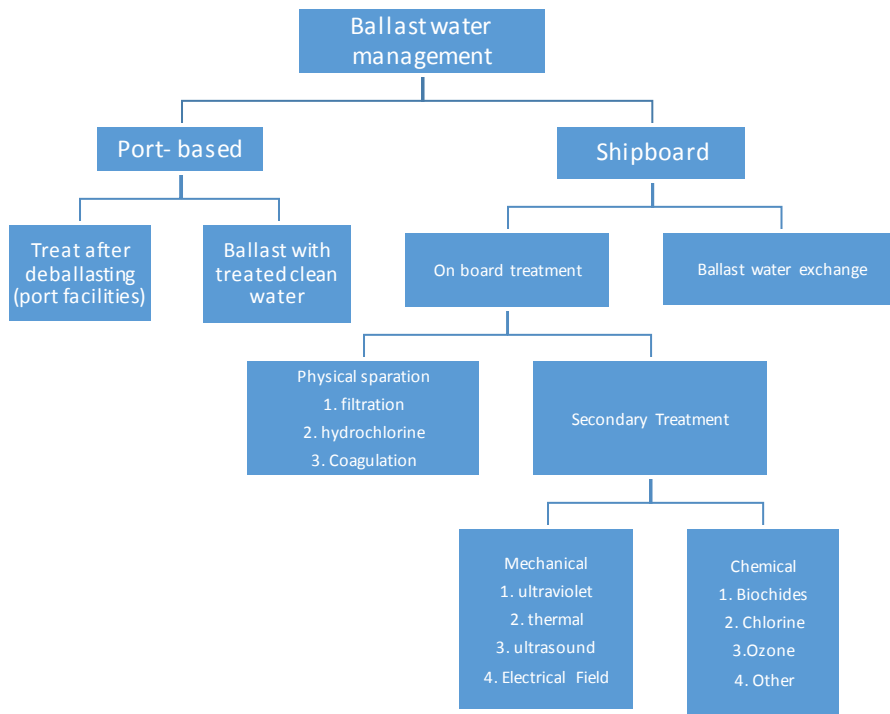
4. Fase Kematian (Death Phase)

Pada fase ini, laju kematian bakteri melampaui laju pembiakan bakteri. Hal ini disebabkan karena habisnya jumlah makanan dalam medium sehingga pembiakan bakteri terhenti dan keadaan lingkungan yang jelek karena semakin banyaknya hasil metabolit yang tidak berguna dan mengganggu pertumbuhan bakteri.

2.6 Metode Pengolahan Air ballast

Menurut penelitian yang berjudul ”*Controlling Introduction of Non-indigenous Species by Ballast Water*”, metode pengolahan air ballast secara umum terbagi menjadi dua, yaitu saat dipelabuhan dan pada saat di kapal terlihat pada Gambar 2.9

Pada Gambar 2.9 pengolahan di pelabuhan dan pada saat di kapal masing-masing terbagi lagi menjadi beberapa metode. Pengolahan di pelabuhan terbagi menjadi dua pilihan, yaitu melakukan pengolahan yang dilakukan setelah proses deballasting atau melakukan pengisian tangki ballas dengan air yang sudah diolah terlebih dahulu. Untuk metode pengolahan yang dapat dilakukan pada saat berada di kapal secara garis besar terbagi menjadi dua, yaitu physical separation dan secondary. Pada physical separation, pengolahan hanya mampu untuk menyaring mikroorganisme, namun tidak membunuh mikroorganisme tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan secondary treatment dimana pengolahan bertujuan untuk membunuh mikroorganisme pada air ballast. Secondary treatment sendiri terbagi menjadi dua, yaitu mechanical dan chemical. Dimana mechanical terdiri dari Ultraviolet, thermal heating, ultra sound, magnetic field, dan *electrical field*. Sedangkan chemical terdiri dari biocides, chlorine, ozone, organic chemicals, dan lain-lain.



Gambar 2.9 Metode pengolahan air ballast

Sumber: *Controlling Introduction of Non-indigenous Species by Ballast Water*

2.7 Kriteria Pemilihan Metode Pengolahan Air Ballast

Menurut IMO Ballast Water Management Convention Regulation D-5, terdapat beberapa kriteria yang dapat dijadikan pertimbangan untuk melakukan pemilihan metode pengolahan air ballast pada sebuah kapal. Kriteriannya adalah sebagai berikut:

- ❖ Pertimbangan yang berkaitan dengan keselamatan kapal dan kru
- ❖ Dapat diterima oleh lingkungan, tidak menyebabkan dampak lingkungan yang lebih besar daripada yang mereka selesaikan
- ❖ Kepraktisan, sesuai dengan desain dan operasi kapal
- ❖ Keefektifan dari segi biaya
- ❖ Keefektifan biologis dalam hal menghilangkan mikroorganisme

2.8 Metode yang digunakan pada Ballast Water Treatment

Berdasarkan “*Part of Lloyd’s Register’s Understanding Ballast Water Management series*” tahun 2012 dijelaskan beberapa metode ballast water treatment pada tabel berikut:

Process	Method	Benefit	Considerations	Comments
Solid-liquid separation				
Filtration	Generally using discs or fixed screens with automatic backwashing	Effective for larger particles and organisms	Maintaining flow with minimum pressure drop requires backwashing. Low membrane permeability means surface filtration of smaller micro-organisms is not practical	Mesh sizes are proportional to size of organism filtered (e.g. larger organisms such as plankton require mesh between 10 and 50µm)
Hydrocyclone	High velocity centrifugal rotation of water to separate particles	Alternative to filtration and can be more effective	Effective only for larger particles	Effectiveness depends on density of particle and surrounding water, particle size, speed of rotation and time
Coagulation	Optional pre-treatment prior to separation to aggregate particles to increase their size	Increasing size of particles increases efficiency of filtration or hydrocyclone separation	May require additional tank space to store water which has been treated due to long residence time for process to be effective	Ballasted flocculation uses ancillary powder (e.g., magnetite or sand), to help generate flocs which settle more quickly
Chemical disinfection (oxidising biocides)				
Chlorination	Classed as an oxidising biocide that, when diluted in water, destroys cell walls of micro-organisms	Well established and used in municipal and industrial water disinfection applications	Virtually ineffective against cysts unless concentration of at least 2mg/l used. May lead to by-products (e.g. chlorinated hydrocarbons/ trihalomethanes)	Efficiency of these processes varies according to conditions of the water such as PH, temperature and type of organism
Electrochlorination	Creates oxidising solution by employing direct current into water which creates electrolytic reaction	As chlorination	As chlorination. Brine, needed to produce the chlorine, can be stored onboard the vessel as feedstock for the system	Upstream pre-treatment of the water is desirable to reduce the ‘demand’ on the chlorination process
Ozonation	Ozone gas (1-2mg/l) is bubbled into the water which decomposes and reacts with other chemicals to kill micro-organisms	Especially effective at killing micro-organisms	Not as effective at killing larger organisms. Produces bromate as a by-product. Ozonate generators are required in order to treat large volumes of ballast water. These may be expensive and require sufficient installation space	Systems in which chemicals are added normally need to be neutralised prior to discharge to avoid environmental damage in the ballast water area of discharge. Most ozone and chlorine systems are neutralised but some are not. Chlorine dioxide has a half life in the region of 6-12 hours, according to suppliers, but at the concentrations at which it is typically employed it can be safely discharged after a maximum of 24 hours
Chlorine dioxide	As chlorination	Effective on all micro-organisms as well as bacteria and other pathogens. It is also effective in high turbidity waters as it does not combine with organics	Reagents used can be chemically hazardous	
Peracetic acid and hydrogen peroxide	As chlorination	Infinitely soluble in water. Produces few harmful by-products and relatively stable	Reagent is typically dosed at high levels, requires suitable storage facilities and can be relatively expensive	

Chemical disinfection (non-oxidising biocides)				
Menadione/ Vitamin K	Menadione is toxic to invertebrates	Natural product often used in catfish farming but produced synthetically for commercial use. Safe to handle	Treated water will typically require neutralising before discharge	
Physical disinfection				
Ultraviolet (UV) irradiation	Amalgam lamps surrounded by quartz sleeves produce UV light, which denatures the DNA of the micro-organism and therefore prevents it from reproducing	Well established, used extensively in municipal and industrial water treatment applications. Effective against wide range of micro-organisms	Relies on good UV transmission through the water and hence needs clear water and unfouled quartz sleeves to be effective	Can be enhanced by combining with other reagents such as ozone, hydrogen peroxide or titanium dioxide
Deoxygenation	Reduces pressure of oxygen in space above the water with inert gas injection or by means of a vacuum to asphyxiate the micro-organisms	Removal of oxygen may result in a decrease in corrosion propensity. If an inert gas generator is already installed on the ship then deoxygenation plant would take up little additional space	Typically, the time required for organisms to be asphyxiated is between 1 and 4 days	Process has been developed specifically for ballast water treatment whereby the de-aerated water is stored in sealed ballast tanks
Cavitation	Induced by ultrasonic energy or gas injection. Disrupts the cell wall of organisms	Useful as pre-treatment to aid in overall treatment process	Must be used in conjunction with additional treatment process downstream in order to kill all micro-organisms	
Heat	Heat treatment of ballast water	Ballast water can be used to provide engine cooling while being disinfected through heat treatment	Requires a length of time for process of heating to be effective	

Tabel 2.6 Ballast water treatment processes

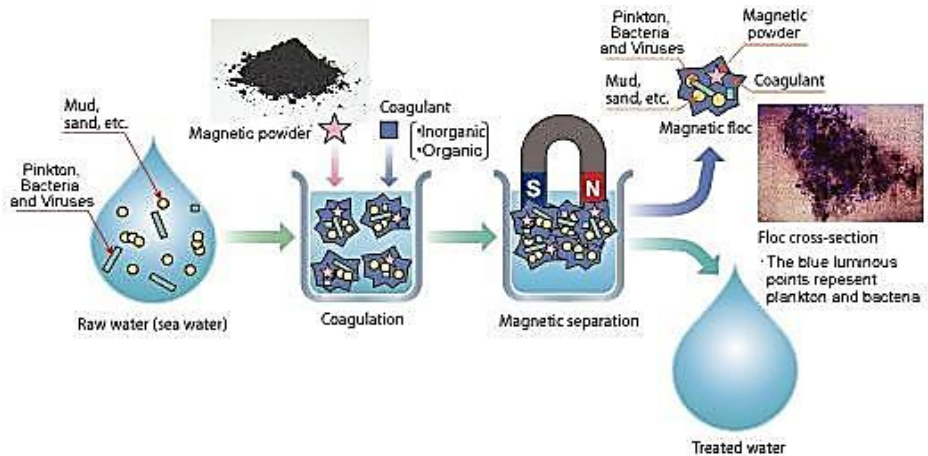
Dari Tabel diatas dapat disimpulkan bahwa semua metode ballast water treatment memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing diantara segi keamanan dan lingkungan. Namun semua metode sudah dinyatakan layak sesuai peraturan IMO.

Pada peraturan IMO dijelaskan bahwa *ballast water treatment* harus berfokus kepada dua pokok pembahasan yaitu dengan cara mengurangi zat sedimen yang terkandung dalam air dan mengurangi mikroorganisme yang berbahaya pada air. Maka dengan demikian akan dilakukan studi penerapan terhadap kedua fokus pembahasan ballast water treatment tersebut dengan melakukan kombinasi antara dua metode treatment yaitu koagulasi dengan metode *UV radiation* dimana koagulasi sangat berperan dalam pengurangan zat sedimen pada air laut atau *filter* dan *UV radiation* sebagai pembunuh mikroorganisme air laut. Dibawah akan dijelaskan mengenai kedua metode yang akan dikombinasikan.

2.8.1 Coagulation

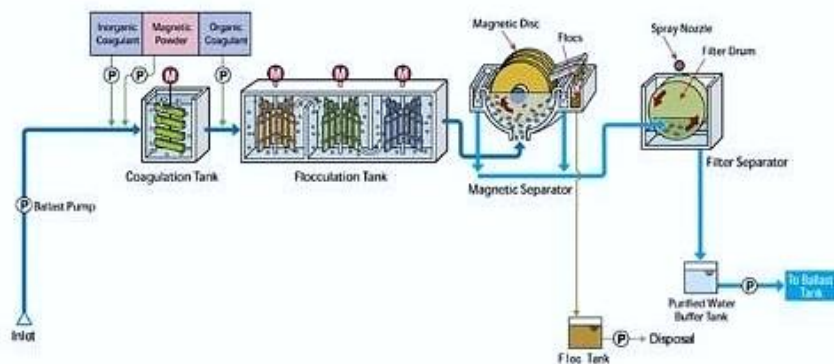
Metode koagulasi digunakan sebagai proses filtrasi untuk menggabungkan partikel-partikel yang lebih kecil untuk digabungkan.

Sering dengan meningkatnya ukuran partikel tersebut, maka efisiensinya pun semakin bertambah.



Gambar 2.10 Proses koagulasi menggunakan magnetic powder
Sumber : *Current Circumstance of Ballast Water Management System*
Hitachi, 2019

Seawater yang masuk kedalam ballast kapal di *treatment* dengan menambahkan bubuk koagulan dan magnet dalam coagulation tanks. Pergolakan air laut menyebabkan plankton, virus dan lumpur mengental menjadi gumpalan magnetic dengan lebar 1 mm. gumpalan ini kemudian dikumpulkan dengan magnetic disc dalam magnetic separator.



Gambar 2.11 Skema proses koagulasi
Sumber : *Current Circumstance of Ballast Water Management System*
Hitachi, 2019

Air yang telah diperlakukan treatment difilter melalui filter separator dan diinjeksi menuju ballast tanks. Koagulasi dari mikroorganismen menjadi gumpalan-gumpalan kecil ini memungkinkan penggunaan filter yang kasar yang menyebabkan treatment berkecepatan tinggi.

Kelebihan sistem koagulasi :

1. Meningkatkan keamanan biologis, lingkungan, dan maritim
 - a. Tidak memerlukan disinfektan, sistem tidak menimbulkan ancaman kontaminasi sekunder dari bahan kimia residu.
 - b. Sistem tidak memiliki efek buruk pada cat atau pelapis lain dalam tangki ballast. (Dikonfirmasi melalui pengujian penilaian korosi).
2. Mengurangi penumpukan lumpur di dalam tangki pemberat
Tidak hanya mampu menghilangkan plankton, bakteri dan sejenisnya dari air laut, sistem ini juga dapat menghilangkan pasir, lumpur, dan padatan tersuspensi lainnya yang berasal dari dasar laut sebelum terakumulasi di dalam tangki. Selain itu, dapat mencegah penumpukan lumpur yang terdiri dari organisme mati di dalam tangki pemberat.
3. Mengurangi pembiakan bakteri dan ganggang di dalam tangki pemberat
Sistem koagulasi tidak hanya menghambat penyebaran bakteri di dalam lumpur, tetapi karena ia juga menghilangkan unsur bio-esensial fosfor yang tersuspensi dalam air laut, sistem ini mampu sangat menekan proliferasi alga yang dihasilkan dalam jumlah besar oleh ganggang merah atau penyebab lainnya. secara kebetulan dicampur ke dalam tangki pengolah.
4. Biaya perawatan yang murah dari segi pemanfaatan bahan koagulant yang digunakan dan komponen alat yang mudah didapatkan.

Urutan Operasi

1. Pada urutan operasi akan jelaskan lankang kerja dari Coagulation Treatment sebagai berikut :
 - Proses operasi pertama yaitu air laut akan dimasukkan melalui pipa inlet ballast menggunakan ballast pump.
 - Selanjutnya akan dimasukkan pada coagulation tank dimana pada proses tersebut juga akan di injeksikan *inorganic coagulant* dan *magnetic powder* dengan tempat terpisah sehingga akan tercampur di dalam *coagulation tank* dengan cara di *mixer* dengan putaran tinggi.

- Setelah melalui coagulation tank air akan dialirkan masuk ke flocculant tank dimana telah di injeksikan lagi dengan *organic coagulant*. Setelah masuk ke *flocculant tank* akan dilakukan pencampuran lagi dengan menggunakan *mixer* dengan putaran rendah secara berulang tiga kali pada tiap tanki penampung. Setelah semua tercampur maka akan membentuk flok magnet seperti gumpalan berukuran 1 mm yang terdiri dari plankton, bakteri, lumpur dan bahan lain yang terkandung dalam air laut.
 - Setelah terbentuk flok air akan dialirkan ke *magnetic separator* yang akan diproses dengan cara memisahkan flok magnetic dengan air laut dan membuang flok tersebut pada flok tank. Setelah dipisahkan air akan dialirkan ke *filter separator* untuk menghindari adanya kotoran yang terbawa dan sebelum dipompa ke sistem UV.
2. Sistem ini aman karena plankton dan bakteri yang terkandung dalam flok yang dipisahkan terbunuh melalui perlakuan panas dari mixer.

2.8.1.1 Zat *Coagulation* dan *flocculation*

1. Coagulant anorganik (inorganic coagulant).

Disebut coagulan anorganik karena mengandung logam seperti Aluminium (Al) dan Besi (Fe). Kita ketahui bersama *coagulant anorganik* (bahan dasar Al & Fe) yang umum digunakan pada proses pengolahan air adalah:

a. *Aluminium sulphate*

Dengan rumus kimia $Al_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$ atau dikenal dengan nama Tawas. Secara fisik Tawas memiliki beberapa bentuk yaitu cair, serbuk/powder dan bongkah. Konsentrasi Tawas padat sekitar 17% sebagai Al_2O_3 . Sedangkan tawas cair umumnya memiliki kandungan 6-8% sebagai Al_2O_3 . Coagulant ini banyak digunakan pada proses penjenihan air (WTP) PDAM, karena cukup ekonomis, mudah didapat dan efektif dalam menjernihkan air sungai dengan kekeruhan 10-50 FTU. Kekurangannya adalah keasaman bahan ini cukup tinggi, sehingga jika digunakan pada dosis tinggi, pH air akan berkurang signifikan (perlu ditambahkan soda ash sebagai penyeimbang pH). Karakteristik floc yang dihasilkan cukup ringan, dan ikatan floc kurang kuat. Sehingga akan menjadi masalah pada unit IPA yang memiliki design rapid flow.

b. *Poly Aluminium Chloride (PAC)*



Gambar 2.12 Tipe PAC serbuk; coklat, kuning dan putih

Coagulant ini lebih mahal dibanding tawas, tetapi dosis yang digunakan relatif lebih kecil. Efektif untuk menjernihkan air sungai dengan kekeruhan 50-1000 FTU. Dapat digunakan juga untuk pengolahan air limbah. Bentuk cairan dengan konsentrasi Al_2O_3 8-12%, bahkan ada yang mencapai 17%, lalu bentuk serbuk Al_2O_3 28-31%. Untuk PAC serbuk, memiliki berbagai macam tipe yang dibedakan berdasarkan bahan baku dan proses saat produksinya. Ada tipe PAC roler (menggunakan pemanas drum roler) berwarna coklat hingga kuning tua, PAC spray (menggunakan spray saat produksi) berwarna kuning cerah hingga putih. Semakin gelap atau coklat warna PAC, maka umumnya memiliki pengotor/impurities yang lebih banyak.

c. *Ferric Chloride dan Ferro Sulphate*

Coagulant berbahan dasar besi ini banyak digunakan pada proses pengolahan limbah karena kemampuannya untuk mengikat warna pada limbah (terutama limbah berwarna dari industri tekstil). Kombinasi menggunakan kapur / kalsium hidroksida merupakan kombinasi yang cukup baik. Hanya saja penggunaan kapur pada proses pengolahan air dapat menyumbangkan volume lumpur yang tidak sedikit.

d. *Poly Ferric Sulphate*

Di Indonesia *coagulant* ini masih jarang digunakan, tetapi di China *coagulant* ini umum digunakan untuk pengolahan air limbah karena selain cukup ekonomis, memiliki kemampuan untuk menghilangkan warna pada air limbah berwarna. Secara fisik mirip PAC yaitu serbuk berwarna kuning kecoklatan. Memiliki kandungan total besi 19%.

2. Coagulant organik (*Organic coagulant*)

Coagulant ini tidak mengandung logam, dibandingkan *coagulant* anorganik harganya cukup mahal, tetapi umumnya dosis aplikasi jauh lebih kecil. Beberapa *coagulant* organik yang telah cukup dikenal adalah:

- a. Polydadmac atau poly (*diallyl dimethylammonium chloride*) merupakan *coagulant* organik yang cukup ampuh untuk mengolah air sungai ataupun sungai yang telah tercemar limbah dengan kekeruhan cukup tinggi >1000 FTU. Sifat fisik kental dengan viscosity/ kekentalan 8000 -13000 cps pada konsentrasi 40% solid. Umum digunakan pada unit PDAM sebagai bahan cadangan, digunakan saat musim hujan dengan kekeruhan air baku yang tinggi >1000 FTU.
- b. Polyamine , sama halnya dengan *Polydadmac* *Coagulant* organik ini banyak digunakan pada proses / IPA PDAM untuk kekeruhan air baku yang tinggi. Memiliki karakteristik yang hampir sama, secara fisik kental dan berwarna kekuningan.
- c. *Tannin coagulant*
Umum digunakan di negara maju karena penggunaan *coagulant* anorganik sudah mulai dibatasi, karena jika digunakan pada air baku air minum dapat mengganggu kesehatan. Merupakan ekstrak kulit kayu akasia, berwarna kecoklatan. Cukup efisien digunakan baik untuk proses pengolahan air sungai ataupun air limbah. Sayangnya karena bahan ini masih impor , harga masih cukup mahal walaupun dosis yang digunakan jauh lebih kecil dibanding tawas atau PAC. Floc yang dihasilkan cukup besar, kuat dan secara tidak langsung waktu endap lebih cepat.

3. Zat *Flocculant*

Flocculant ataupun *Polyacrylamide* merupakan bahan yang ditambahkan setelah *coagulant*, untuk memperbesar floc, menambah kekuatan floc/ floc strength, mempercepat waktu endap floc/ settling time, sehingga dapat mencegah terjadinya *carry over* atau terbawanya floc halus dan ringan ke unit filtrasi (jika terjadi,

unit sand filter akan cepat backwash, pemborosan air). Flocculant pada proses pengolahan air memiliki beberapa tipe, yaitu:

- a. Flocculant anion/ *Anionic flocculant*, memiliki muatan negatif, umum digunakan pada proses pengolahan air limbah. Dosis penggunaan adalah 0.5-5 ppm.
- b. Flocculant nonionic/ *Non ionic flocculant*, tidak bermuatan sedikit bermuatan negatif, umum digunakan pada proses penjernihan air sungai. Dosis pada 0.5-2 ppm.
- c. Flocculant kationic/ *cationic flocculant/ Cationic polymer*, digunakan selain pada proses flokulasi juga digunakan pada proses sludge dewatering atau proses mengeringkan lumpur (menggunakan alat filter press ataupun belt press), Dosis penggunaan bahan ini adalah 0.05% hingga 0.5%.

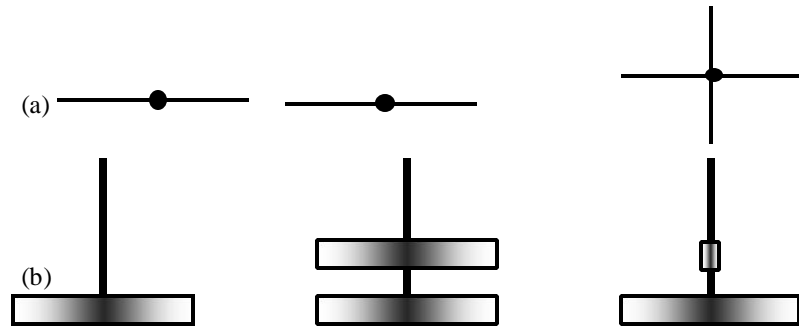
2.8.1.2 Zat Yang digunakan

Pada analisa penerapan metode *coagulation* ini akan menggunakan zat organik dan anorganik dimana zat anorganik menggunakan aluminium sulfat $Al_2(SO_4)_3$ atau tawas dalam bentuk cair dikarenakan zat tersebut sangat mudah dan murah di pasaran. Untuk organik sendiri menggunakan Polydadmac atau poly (*diallyl dimethylammonium chloride*) dikarenakan sangat ampuh dalam pengolahan air dan sering digunakan pada PDAM. Sedangkan untuk proses *flocculant* akan menggunakan proses pengolahan dengan tipe Flocculant nonionic/ *Non ionic flocculant* dimana proses tersebut sering digunakan pada penjernihan air dan mengurangi sedimentasi. Berdasarkan penelitian dari Pasca Eka Prasetya “*Perbandingan Kebutuhan Koagulan $Al_2(SO_4)_3$ dan PAC Untuk Pengolahan Air Bersih di WTP Sungai Ciapus Kampus IPB Dramaga pada 2016*” kebutuhan zat koagulan yang digunakan pada penjernihan air efektif adalah dosis 20 ppm sehingga dosis tersebut sebagai acuan untuk diterapkan pada system. Setelah zat koagulant selanjutnya akan ditambahkan bubuk besi yang dilarutkan pada air bertujuan sebagai penghantar magnet agar partikel yang telah menyatu dapat ditarik menggunakan magnetic separator agar dapat dipisahkan dengan air laut dengan dosis yang sama.

2.8.1.3 Pengadukan Mekanis pada proses coagulasi dan flokulasi

Pengadukan mekanis adalah metoda pengadukan menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Peralatan

tersebut digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Berdasarkan bentuknya, ada tiga macam *impeller*, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling). Bentuk ketiga *impeller* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.13 dan Gambar 2.14. Kriteria *impeller* dapat dilihat pada Tabel 2.7.

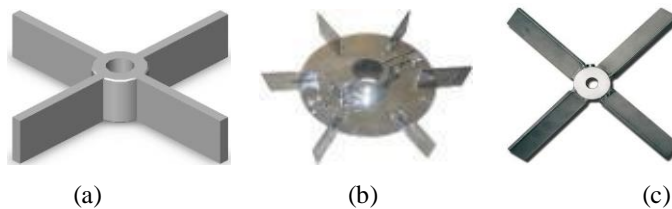


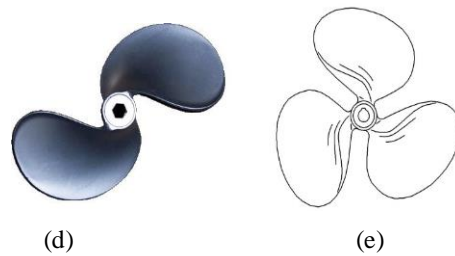
Gambar 2.13 Tipe *paddle* (a) tampak atas, (b) tampak samping

Tipe <i>Impeller</i>	Kecepatan Putaran	Dimensi	Keterangan
<i>Paddle</i>	20 - 150 rpm	diameter: 50-80% lebar bak lebar: 1/6-1/10 diameter paddle	
<i>Turbine</i>	10-150 rpm	diameter:30-50% lebar bak	
<i>Propeller</i>	400-1750 rpm	diameter: max. 45 cm	jumlah <i>pitch</i> 1-2 buah

Tabel 2.7 Kriteria *Impeller*

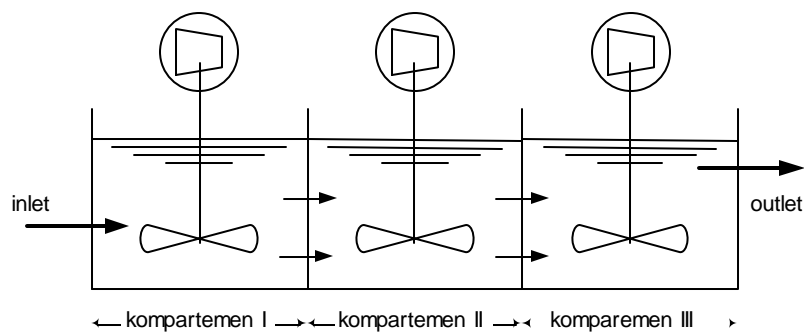
Sumber: Reynold & Richards (1996)



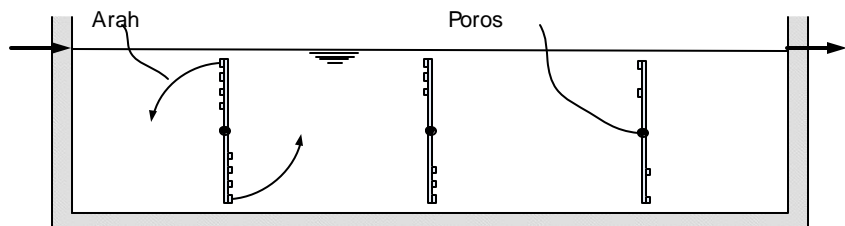


Gambar 2.14 Tipe *turbine* dan *propeller*. (a) turbine blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan, (c) turbin dengan blade menyerong, (d) propeller 2 blade, (e) propeller 3 blade (Qasim, *dkk.*, 2000)

Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan cepat umumnya dilakukan dalam waktu singkat dalam satu bak (Gambar 2.14). Pengadukan mekanis yang umum digunakan untuk pengadukan cepat adalah propeller dan pengadukan lambat adalah tipe *paddle* yang dimodifikasi hingga membentuk roda (*paddle wheel*), baik dengan posisi horisontal maupun vertikal (Gambar 2.16)



Gambar 2.15 Pengadukan lambat dengan alat pengaduk

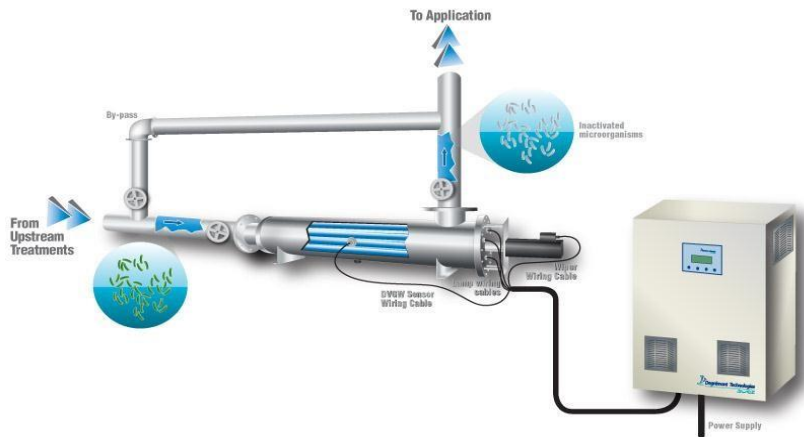


Gambar 2.16 Flokulator *paddle wheel* dengan *blade* tegak lurus aliran air (tipe *horizontal shaft*)

Sehingga pada proses pengadukan sistem koagulasi akan di desain pada pengadukan cepat menggunakan propeller dengan kecepatan 400-1750 rpm dan pengadukan lambat dengan menggunakan paddle wheel dengan kecepatan 20 - 150 rpm.

2.8.2 Ultraviolet Treatment

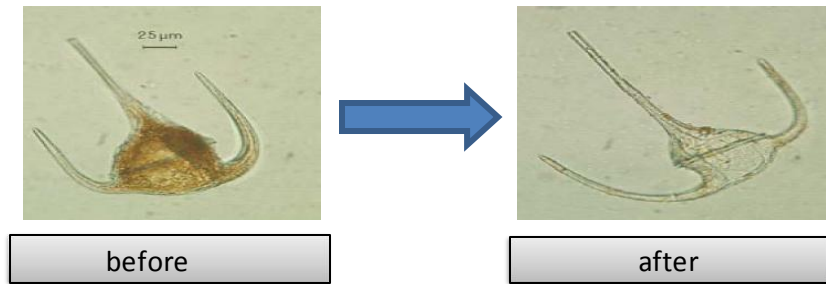
Metode *UV treatment* terdiri dari lampu UV yang mengelilingi ruangan dimana ballast water lewat. Lampu UV (lampu amalgam) memproduksi sinar ultraviolet yang bereaksi pada DNA dari suatu organisme sehingga membuat mereka tidak berbahaya dan mencegah sistem reproduksinya. Metode ini telah banyak digunakan secara global untuk tujuan penyaringan ballast water dan efektif terhadap berbagai macam organisme.



Gambar 2.17 Penggunaan UV treatment pada ballast kapal untuk menonaktifkan organisme invasive

Sumber : Ballast Water Treatment Technology Lloyd's Register

Saat ballasting dan deballasting, unit menciptakan sebuah radikal dengan bantuan dari katalis dan sumber cahaya. Radikal ini akan menghancurkan membran sel dari mikroorganisme. Radikal ini memiliki masa hidup hanya beberapa milisekon saja dan tidak menimbulkan bahaya bagi lingkungan maupun manusia. Saat ballasting, sebuah filter sebesar 50 μm menyaring organisme-organisme yang berukuran besar, meninggalkan organisme yang berukuran lebih kecil untuk dilakukan treatment. Pada saat deballasting, treatment juga dilakukan dengan cara pembuangan ballast water melewati filter.



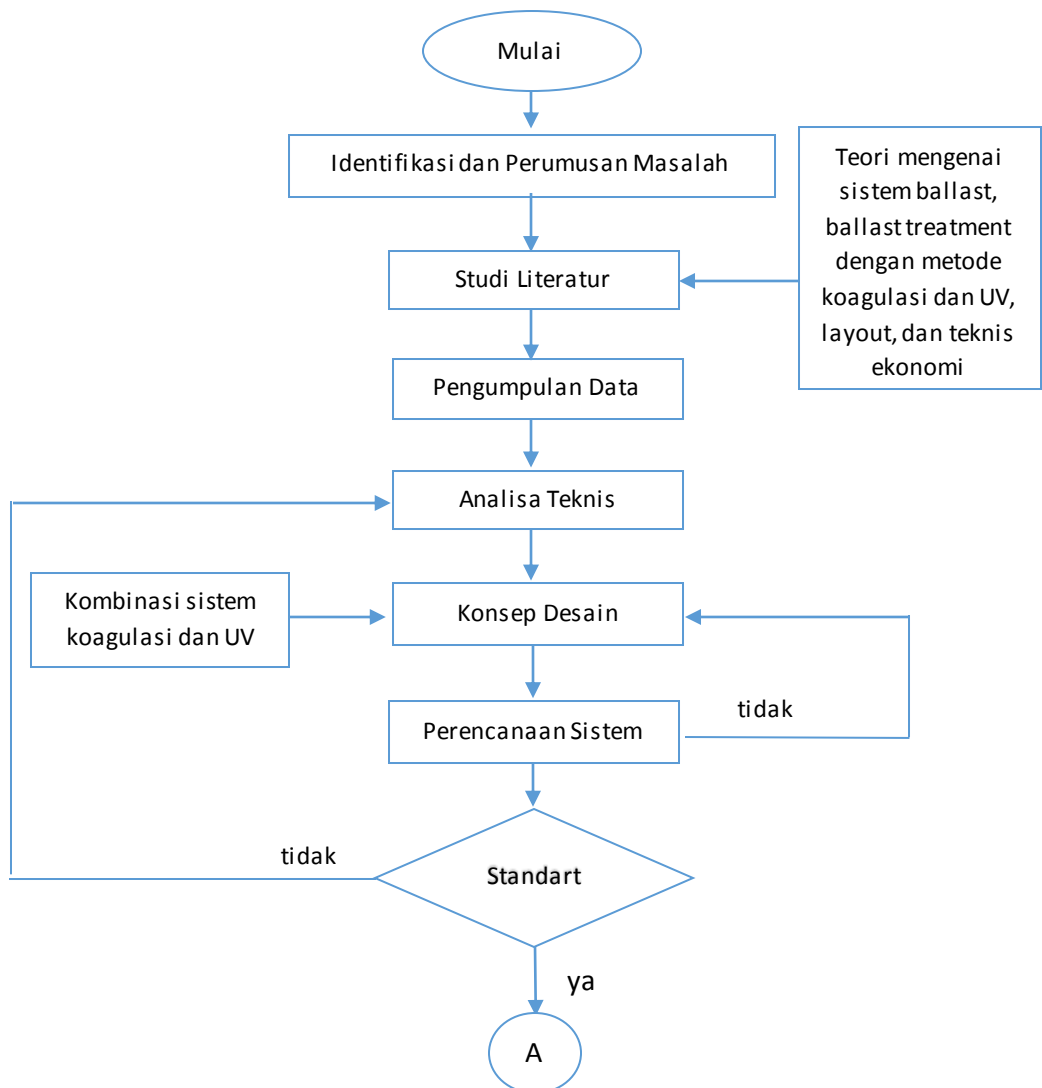
Gambar 2.18 Hasil perlakuan *treatment* UV pada mikroorganisme, merusak DNA sehingga menjadi nonaktif

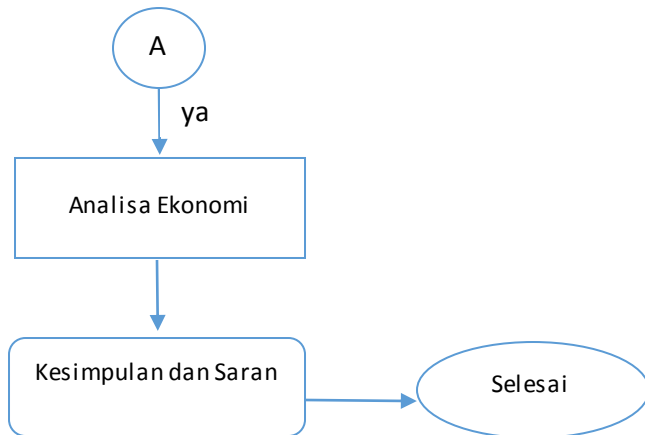
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 *Flow Chart Metodologi*

Dalam pembuatan skripsi ini, tentu saja memerlukan proses yang harus terstruktur. Hal tersebut haruslah ada, agar kedepannya dalam pengerjaan akan terasa lebih terarah dan lebih mudah. Dalam metodologi penelitian ini, akan diuraikan tahap demi tahap yang akan dilakukan dalam pengerjaan skripsi ini nantinya. Adapun tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut :





3.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam pelaksanaan skripsi. Tahap ini merupakan tahap yang sangat penting, dimana pada tahap inilah mengapa suatu permasalahan yang ada harus dipecahkan sehingga layak untuk dijadikan bahan dalam skripsi. Pencarian masalah dilakukan dengan cara menggali informasi mengenai masalah yang terjadi pada saat ini. Dari tahap ini juga, tujuan mengapa skripsi ini dikerjakan dapat diketahui. Dalam skripsi ini, masalah yang akan dibahas dan dipecahkan adalah mengenai Perencanaan *Ballast Water Treatment Plan Sistem (Bwts)* dengan metode *Coagulation Treatment* dan *UV Radiation port based facilities*.

3.3 Studi Literatur

Setelah suatu permasalahan sudah diketahui, maka selanjutnya adalah studi literatur. Dimana yang harus dilakukan pada tahap ini, adalah mencari referensi permasalahan-permasalahan yang ada berikut solusinya dan juga mempelajari kedua hal tersebut untuk diimplementasikan pada skripsi ini, sehingga jelas apa saja yang harus dilakukan agar permasalahan tersebut dapat terpecahkan. Studi literatur dapat dilakukan dengan cara membawa paper atau jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dipecahkan.

3.4 Pengumpulan Data

Selanjutnya adalah pengumpulan data yang bertujuan memperoleh data dan informasi yang menunjang pengerjaan skripsi. Dalam hal ini data yang dibutuhkan antara lain :

1. Data layout pelabuhan Yanjung Perak Surabaya
2. Data kapal pelayaran internasional di pelabuhan Tanjung Perak
3. Bentuk sistem ballast water treatment plan
4. Spesifikasi Equipment

3.5 Analisa Data

3.5.1 Analisa Teknis

Melakukan analisa teknis desain dari ballast sistem yang ada pada kapal dalam perancangan BWTS. Membuat desain instalasi dari sistem koagulasi dan UV dengan menggunakan standart literatur yang ada. Dalam pembuatan desain juga harus melakukan analisa kebutuhan equipment dalam pengoptimalan sistem BWTS metode koagulasi dan UV.

3.5.2 Analisa Ekonomis

Pad tahap ini akan dilakukan analisa kebutuhn equipment yang menunjang kerja dari sistem ballast untuk melakukan treatment dengan maksimal dari segi ekonomis. Dan juga menghitung cost total kebutuhan produksi.

3.6 Perencanaan Sistem

3.6.1 Konsep Desain

Pada tahap ini akan dibuat konsep desain baru dalam perenanaan kombinasi sistem BWTS dengan metode koagulasi dan UV yang akan dipasang pada pelabuhan sebagai port facilities.

3.6.2 Perencanaan Desain

Pada tahap ini akan dilakukan perencanaan secara tepat dalam mendesain semua kebutuhan equipment dalam pembuatan BWTS dengan standart dari P&ID dan spec dari tiap komponen yang akan digunakan.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan pengambilan kesimpulan terhadap analisa data yang telah dilakukan. Kesimpulan itu berupa sebuah rancangan BWTS untuk Kapal Pertamina dengan tepat yang telah memenuhi aturan yang diterapkan pada *BWM Convention*.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemilihan *Ballast Water Treatment*

Pada sub bab ini akan dilakukan pemilihan *ballast water treatment* yang nantinya digunakan pada *reception facilities port based* pada Pelabuhan Tanjung Perak berdasarkan perusahaan yang telah lama memproduksi alat *ballast water treatment* di dunia maritim dan bersertifikat dari IMO *Ballast Water Management Convention Regulation D-2 Compliance*. Adapun pemilihan *ballast water treatment* sebagai berikut:

4.1.1 *Coagulation Treatment*

Sistem *ballast water treatment* pertama yang akan dirancang pada pelabuhan Tanjung Perak adalah BWT dengan menggunakan *Coagulation and Magnetic Separator Solution* dari Hitachi Plant Technology, Ltd yang bernama *Clear Ballast*. Sistem *ballast water treatment* ini sudah di-approve oleh beberapa badan klasifikasi seperti LR, BV, ABS dan lain-lain. Selain itu *Clear Ballast* juga sudah dinyatakan lolos tes penilaian dari IMO BWM Convention Regulation D-2 Compliance.

Keuntungan yang didapat dalam pemakaian *coagulation treatment* sebagai BWT, yaitu:

1. Meningkatkan keamanan biologis, lingkungan, dan maritim
 - c. Tidak memerlukan disinfektan, sistem tidak menimbulkan ancaman kontaminasi sekunder dari bahan kimia residu.
 - d. Sistem tidak memiliki efek buruk pada cat atau pelapis lain dalam tangki ballast. (Dikonfirmasi melalui pengujian penilaian korosi).
2. Mengurangi penumpukan lumpur di dalam tangki pemberat
Tidak hanya mampu menghilangkan plankton, bakteri dan sejenisnya dari air laut, sistem ini juga dapat menghilangkan pasir, lumpur, dan padatan tersuspensi lainnya yang berasal dari dasar laut sebelum terakumulasi di dalam tangki. Selain itu, dapat mencegah penumpukan lumpur yang terdiri dari organisme mati di dalam tangki pemberat.
3. Mengurangi pembiakan bakteri dan ganggang di dalam tangki pemberat.
Sistem koagulasi tidak hanya menghambat penyebaran bakteri di dalam lumpur, tetapi karena ia juga menghilangkan unsur bio-esensial fosfor yang tersuspensi dalam air laut,

sistem ini mampu sangat menekan proliferasi alga yang dihasilkan dalam jumlah besar oleh ganggang merah atau penyebab lainnya. secara kebetulan dicampur ke dalam tangki pengolah.

4. Biaya perawatan yang murah dari segi pemanfaatan bahan koagulant yang digunakan dan komponen alat yang mudah didapatkan.

Clear Ballast mempunyai beberapa tipe yang dapat dipilih berdasarkan kapasitas dari pompa ballas utama yang digunakan pada pelabuhan ataupun kapal. Pada Tabel 4.1 dapat dilihat beberapa tipe *Clear Ballast* :

Specification (The figures are based on February, 2010 designs.)

Ballast Pump Capacity 3 (m ³ /h)	Foot print(m ²) **1							Electric Power (kW)
	Coagulation Tank	Flocculation Tank (Vertical Blade)	Magnetic Separator	Filter Separator	Additive Processing Unit **2	Collected Flocs Heating Equipment	Control panel	
200	1.2	3.3	4.2	4.3	4.5	1.4	1.2	21
400	1.8	3.7	6.8	7.5	8.3	1.4	1.2	31
800	2.5	11	14					

Tabel. 4.1. *Clear ballast water treatment*

Berdasarkan tipe-tipe pada Tabel 4.1 , dipilih *Clear Ballast* 400 m³/h berdasarkan perhitungan kebutuhan pompa ballast sebesar 260 m³/h.

4.1.2 UV Treatment

Pilihan kedua pemakaian sistem *ballast water treatment facilities port based* untuk pelabuhan Tanjung Perak Surabaya adalah dengan menggunakan Alva Laval PureBallast 3.1 dari maker Alva Laval menawarkan sistem ballast water treatment yang ramah lingkungan, namun efektif dalam membunuh mikroorganisme yang terdapat pada air ballast. Hal tersebut dikarenakan Alva Laval menggunakan kombinasi antara filter dan *ultraviolet reactor* untuk membasmi mikroorganisme, sehingga tidak ada zat aktif yang digunakan dalam proses pembunuhan mikroorganisme.

Sama halnya dengan pemilihan *Clear Ballast* , pemilihan tipe Alva Laval PureBallast 3.1 komponen juga didasari oleh kapasitas yang

dihasilkan oleh ballast utama yang digunakan di pelabuhan. Tipe Alva Laval PureBallast 3.1 dapat dilihat pada Tabel 4.2

	PureBallast 170 m ³ /h	PureBallast 300 m ³ /h	PureBallast 600 m ³ /h	PureBallast 1000 m ³ /h
Lamps	6 x 3 kW	10 x 3 kW	20 x 3 kW	16 x 6 kW
Min power	11 kW	18 kW	33 kW	53 kW
Max power	20 kW	33 kW	63 kW	100 kW

Tabel. 4.2 Alva Laval pure ballast

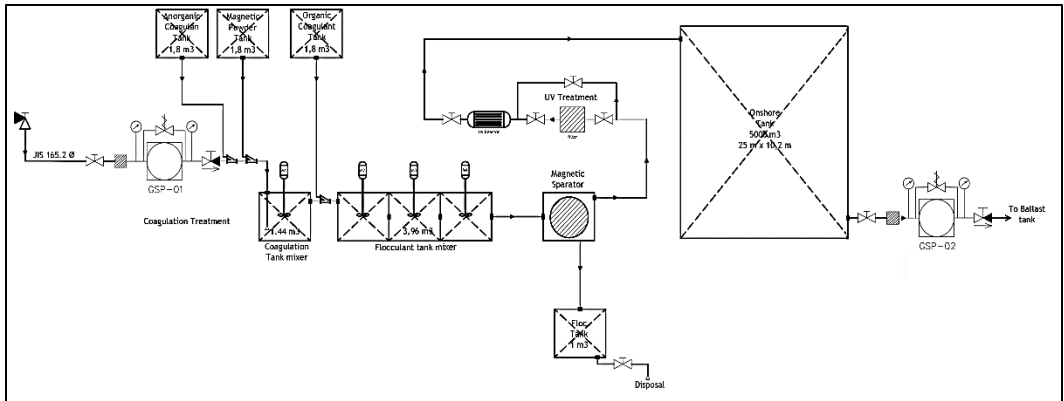
Berdasarkan tipe-tipe pada tabel 4.2, dipilih filter dan *UV reactor* dengan spesifikasi 300 m³/h agar dapat mengimbangi pompa di pelabuhan dikarenakan pompa ballast treatment utama yang akan digunakan pada pelabuhan berkapasitas 260 m³/h .

4.2 Modifikasi P & ID

Pada sub-bab ini akan dilakukan modifikasi dalam bentuk P&ID dari sistem ballast yang akan diterapkan di pelabuhan Tanjung Perak setelah diinstal alat *ballast water treatment reception facilities port based*.

4.2.1 *Coagulation Treatment*

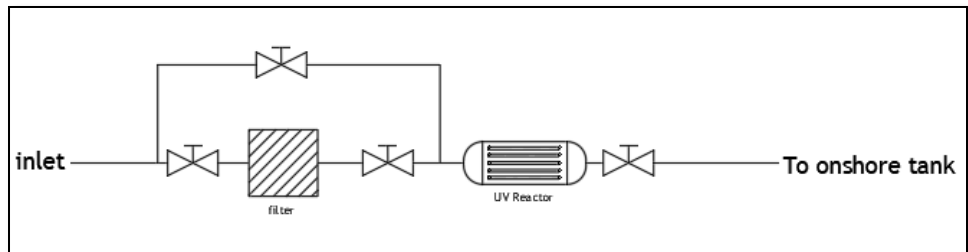
Hasil modifikasi sistem *ballast Coagulation Treatment* dapat dilihat di gambar 4.1 tersebut merupakan proses dimana air ballast akan dicampurkan dengan zat coagulant melewati *coagulation mixer tank* dan *flocculation mixer tank* agar dapat terjadi endapan, sehingga selanjutnya dapat dilakukan pemisahan hasil endapan dan air bersih di magnetic separator dan dilakukan filtrasi sebelum masuk pada *UV radiation treatment*. Untuk detail proses akan dijelaskan pada 4.3.1.1 dan spesifikasinya akan dijelaskan pada 4.3.1.3



Gambar. 4.1 Sistem *coagulation treatment*

4.2.2 UV Treatment

Hasil modifikasi sistem ballast UV dapat dilihat di gambar 4.2 tersebut merupakan proses dimana air ballast akan melewati filter dan UV reaktor terlebih dahulu untuk di-treatment sebelum masuk ke dalam tangki penampungan. Untuk detail proses akan dijelaskan pada 4.3.2.1, pada modifikasi ditambahkan komponen reaktor ultraviolet dan filter yang spesifikasinya akan dijelaskan pada 4.3.2.3. Selain itu adanya penambahan butterfly valve berukuran 12” sebanyak 4 buah. Gambar lebih jelas dilihat pada lampiran.



Gambar. 4.2 Sistem Radiasi *UV Treatment*

4.3 Analisa Teknis

Pada sub-bab ini akan dibahas mengenai analisa teknis dari masing-masing komponen BWTS yang akan diterapkan pada pelabuhan Tanjung Perak. Analisa teknis yang dilakukan adalah proses *ballast water treatment*, komponen-komponen yang dibutuhkan.

4.3.1 *Coagulation Treatment*

4.3.1.1 *Proses Treatment*

Berikut ini adalah langkah-langkah dari proses *ballast water treatment* menggunakan *Clear Ballast*, yaitu :

- Proses operasi pertama yaitu air laut akan dimasukkan melalui pipa inlet ballast menggunakan ballast pump.
- Selanjutnya akan dimasukkan pada coagulation tank dimana pada proses tersebut juga akan di injeksikan *inorganic coagulant* dan *magnetic powder* dengan tempat terpisah sehingga akan tercampur di dalam *coagulation tank* dengan cara di *mixer* dengan putaran cepat. Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air.
- Setelah melalui coagulation tank air akan dialirkan masuk ke flocculant tank dimana telah di injeksikan lagi dengan *organic coagulant*. Setelah masuk ke *flocculant tank* akan dilakukan pencampuran lagi dengan menggunakan *mixer* dengan putaran lambat. Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel hingga berukuran besar. Secara berulang tiga kali pada tiap tanki penampung. Setelah semua tercampur maka akan membentuk flok magnet seperti gumpalan berukuran 1 mm yang terdiri dari plankton, bakteri, lumpur dan bahan lain yang terkandung dalam air laut.
- Setelah terbentuk flok air akan dialirkan ke *magnetic separator* yang akan diproses dengan cara memisahkan flok magnetic dengan air laut dan membuang flok tersebut pada flok tank. Setelah dipisahkan air akan dialirkan ke *filter separator* untuk menghindari adanya kotoran yang terbawa dan sebelum dipompa ke sistem UV.

4.3.1.2 *Perawatan Komponen*

Perawatan untuk BWT *Clear Ballast* terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

- Inspeksi magnetic sparator, mixer dan ejector setahun sekali
- Pembersihan tangki pengolahan setiap selesai melakukan treatment

- Pengecekan katub, mixer dan ejector setiap akan dilakukan treatment

4.3.1.3 Komponen Alat

Berikut adalah komponen-komponen yang digunakan dalam pengoperasian *Clear Ballast*, yaitu :

- *Booster Pump*
Befungsi untuk memompa air ballast dari kapal menuju ballast treatment port facilities dan sebaliknya. Berikut ini adalah spesifikasinya:
 - Merk : Sili Pump (150CLH – 10)
 - Kapasitas : 260 m³/h
 - Head : 86 m
 - Frequency : 50 Hz
 - Rpm : 2900 rpm
 - Power : 110 Kw
 - Jumlah : 2 buah

- *Injector Pump*
Befungsi untuk menginjeksikan zat coagulant ke air ballast dengan takaran tertentu. Berikut ini adalah spesifikasinya:
 - Jumlah : 3 buah

- *Anorganic Coagulation Tank*
Berguna untuk menampung zat anorganic coagulant selama dilakukan treatment. Berikut ini adalah spesifikasinya.
 - Bahan : SS 400
 - Dimensi (m) : 1,34 m x 1,34 m x 1 m

- *Magnetic Powder Tank*
Berguna untuk menampung zat magnetic powder selama dilakukan treatment. Berikut ini adalah spesifikasinya.
 - Bahan : SS 400
 - Dimensi (m) : 1,34 m x 1,34 m x 1 m

- *Organic Coagulation Tank*
Berguna untuk menampung zat Organic Coagulation selama dilakukan treatment. Berikut ini adalah spesifikasinya.
 - Bahan : SS 400
 - Dimensi (m) : 1,34 m x 1,34 m x 1 m

- *Coagulation mixer Tank*
Berguna untuk melakukan *mixing* antara zat *coagulant* dengan air ballast selama dilakukan treatment. Berikut ini adalah spesifikasinya.
 - Bahan : SS 400
 - Dimensi (m) : 1,2 m x 1,2 m x 1 m
- *Flocculant mixer Tank*
Berguna untuk melakukan *mixing* antara zat *coagulant* dengan air ballast sampai terjadinya gumpalan floc selama dilakukan treatment. Berikut ini adalah spesifikasinya.
 - Bahan : SS 400
 - Dimensi (m) : 3,96 m² x 1 m
- *Floc Tank*
Berguna untuk menampung floc atau kotoran yang dipisahkan oleh *magnetic sparator* selama dilakukan treatment. Berikut ini adalah spesifikasinya.
 - Bahan : SS 400
 - Dimensi (m) : 1 m x 1m x 1 m
- *Mixer*
Befungsi untuk mengaduk dan mencampur zat koagulan dengan air ballast di mixing tank:
 - Daya : 0,5 HP
 - Kapasitas : 2 ton
 - Putaran : 50 – 430 Rpm
- *Magnetic Sparator*
Befungsi untuk memisahkan hasil pengendapan floc dengan air ballast. Berikut ini adalah spesifikasinya:
 - Dimensi (m) : 1,5 m x 3 m
 - Kapasitas : 220 ton/jam

4.3.2 UV radiation

4.3.2.1 Proses Treatment

Berikut adalah langkah-langkah dari proses *ballast water treatment* menggunakan Alfa Laval PureBallast 3.1, yaitu:

- Pada saat proses ballasting, air dihisap masuk dan langsung dialirkan ke sebuah filter untuk menyaring mikroorganisme berukuran 50 µm atau lebih besar.

- Setelah keluar dari filter, air ballast akan masuk ke sebuah *UV reactor* untuk di- *treatment* oleh sinar-sinar ultraviolet. Lalu air ballast akan masuk ke dalam tangki ballast *di port facilities*.
- Setelah proses *ballasting* selesai, akan dilakukan proses pembilasan *UV reactor* dengan menggunakan air murni oleh komponen *Cleaning-in-Place (CIP)*. Proses ini harus dilakukan maksimal 30 jam setelah proses *ballasting* selesai.
- Saat proses *treatment* berlangsung, filter akan dibersihkan menggunakan *automatic backflushing* yang merupakan bagian dari filter tersebut.

4.3.2.2 Perawatan Komponen

Perawatan untuk BWT Alfa Laval PureBallast 3.1 terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu :

- Inspeksi filter setahun sekali
- Penggantian lampu UV setiap 3000 jam pemakaian
- Penggantian cairan fluida CIP setahun sekali atau saat nilai pH sudah mencapai 3.

4.3.2.3 Komponen Alat

Berikut adalah komponen-komponen yang digunakan dalam mengoperasikan Alfa Laval PureBallast 3.1, yaitu:

- *UV reactor*
Berguna untuk membasmi bakteri menggunakan sinar ultraviolet. Berikut ini adalah spesifikasinya.
 - Kapasitas : 300 m³/h
 - Bahan : 254 SMO steel
 - Dimensi (mm) : 700 x 650 x 1400
- *Lamp Drive Cabinet*
Berguna untuk memberi daya ke lampu pada *UV reactor*. Diletakkan terpisah dengan reactor dan dapat berpisah jarak maksimal 150 m. Berikut ini adalah spesifikasinya:
 - Dimensi (mm) : 900 x 480 x 2000
- *Cleaning-in-Place (CIP)*
Berguna untuk membersihkan *UV reactor*. Berikut ini adalah spesifikasinya:
 - Dimensi (mm) : 740 x 870 x 1800
- *Control Cabinet*
Berguna untuk menyalakan, mematikan, dan juga mengcontrol kerja water ballast treatment. Berikut ini adalah spesifikasinya:
 - Dimensi (mm) : 650 x 310 x 1100

➤ *Filter*

Berfungsi untuk menyaring mikroorganisme berukuran 50 μm atau lebih besar sebelum air ballast masuk ke *UV reactor*.

Berikut ini adalah spesifikasinya:

- Kapasitas : 300 m^3/h
- Dimensi (mm) : 490 x 503 x 1201

4.3.3 Pompa dan diameter Pipa *Ballast Treatment*

Pada perhitungan diameter pipa ballast akan ditentukan berdasarkan ukuran kapasitas rata-rata pompa yang digunakan pada kapal. Perhitungan pompa dan diameter pipa ballast dapat dilihat pada lampiran. Adapun ukuran pompa ballast, yaitu:

Merk	=	SILI PUMP (150CLH - 10)	
Capacity	=	260	m ³ /hr
Head	=	86	m
Frequency	=	50	Hz
Rpm	=	2900	rpm
Power	=	110	kw

Capacity pompa ballast yang digunakan : 260 m³/h. dengan diameter pipa ballast yaitu:

Type	=	JIS G 3452	
Nominal Pipe Size	=	150A	
Inside diameter	=	143.2	mm
Thickness	=	11	mm
Outside diameter	=	165.2	mm

Pipe the selected type of carbon steel galvanized, JIS Standard.

Pada hasil diatas untuk mempermudah dalam pemilihan pipa maka ukuran diameter pipa dibulatkan menjadi 150 mm atau berukuran 6" inchi.

4.3.4 Kebutuhan daya listrik

Sumber listrik di pelabuhan bisa dari PLN ataupun generator. Dengan menambahkan sebuah komponen pada pelabuhan Tanjung

Perak, artinya kebutuhan listrik pada pelabuhan juga akan meningkat sehingga mempengaruhi kebutuhan daya pada pelabuhan tersebut. Oleh karena itu, perhitungan kebutuhan listrik perlu diperhatikan dalam kaitannya penambahan alat *ballast water treatment reception facilities port based*. Dengan menghitung seluruh komponen BWTS didapatkan kebutuhan daya listrik yang akan ditambah untuk pelabuhan adalah sebesar 264,48 kW, untuk detail perhitungan terdapat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

No	Komponen	Ukuran	Jumlah		maker	Daya KW	Total Daya
1	Booster Pump	Capacity : 260 m ³ /h	2	buah	SILI PUMP (150CLH - 10)	110	220
2	Mixer	Kapasitas: 2 ton / (1/2 hp)	4	buah	IBC Aligator Factory	0,37	1,48
3	Magnetic Sparator	Kapasitas: 1-220 ton/h	1	buah	Glote CTB1024	11	11
4	UV Treatment	kapasitas: 300 m ³ /h	1	buah	Alva Laval Pure Ballast	32	32
						Total kW	264,48

Tabel. 4.3 Kebutuhan daya listrik BWTS

4.3.5 Pembuatan *onshore tank*

Dapat kita ketahui setelah semua proses *ballast water treatment* yang dilakukan akan menghasilkan kualitas air ballast yang sebelumnya tercampur dengan mikroorganisme dan zat-zat sedimen menjadi bersih dan steril dari mikroba dalam air. Sehingga sangat disayangkan jika setelah dilakukan proses treatment air ballast langsung dibuang kelaut dan tidak dimanfaatkan untuk keperluan lain, maka dengan perencanaan *ballast treatment port facilities* ini air hasil treatment dapat digunakan kembali sebagai kebutuhan air ballast kapal yang bersih dari mikroorganisme dan dapat dijual pada kapal-kapal yang membutuhkan sehingga tidak perlu dilakukan lagi treatment jika akan melakukan *deballasting*.

Dengan adanya pemanfaatan air bersih tersebut maka dibutuhkannya tangki penampungan untuk menampung air bersih hasil *treatment*. Direncanakan untuk tangki penampungan didesain berukuran 5000 m³ dengan ukuran diameter 25 meter dan tinggi 10,2 m untuk dapat menampung dua atau lebih kapal yang akan melakukan proses ballast treatment. Adapun hitungan total biaya pembuatan tangki pada lampiran. Pada perhitungan biaya total pembuatan

onshore tank tidak dilakukan perhitungan kekuatan beban konstruksi dan pembiayaan pondasi secara keseluruhan, perhitungan hanya pada material saja sehingga belum termasuk pada biaya pembuatan pondasi tangki.

4.4 Project Schedule *Coagulation Teratment dan UV Radiation*

Pada sub-bab ini akan dijelaskan mengenai penjadwalan dari pemasangan *ballast water treatment*, mulai dari proses pre-research sampai dengan performance test. Penjadwalan ini bertujuan untuk mengetahui estimasi waktu yang dibutuhkan untuk merancang dan pemasangan sebuah komponen *ballast water treatment* di pelabuhan Tanjung perak. Estimasi waktu tersebut nantinya dapat digunakan untuk melakukan analisa ekonomi dari pemasangan seluruh komponen alat karena waktu tersebut mempengaruhi biaya yang akan dikeluarkan untuk jasa pemasangan komponen dan lain-lain. Secara umum penjadwalan *Coagulation Teratment dan UV radiation treatment* (Alfa Laval pure ballast 3.1) dapat dilihat pada tabel 4.4 dan 4.5 untuk lebih jelasnya dapat dilihat di lampiran.

Project Schedule																				
Research Engineering													Design		BWTS Installation	Performance Test				
Pre - Reserch													Modification system BWTS							
Port Survey												Make approval Drawing								
Cost Estimation													Working Drawing		Detail / Day	Detail / Day				
													Order BWTS							
													Order other equipment (electrical, outfitting, and component BWTS)							
-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Weeks																				

Tabel. 4.4 Jadwal Pemasangan BWTS

Project Schedule											
BWTS Installation											
Supporter and port seat preparation + Ballast Tank building											
			BWTS Modification Equipment Installation								
						Cable and piping Installation work					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Days											

Project Schedule						
BWTS Port Based performance test						
Performance Test						
Crew Training						
1	2	3	4	5	6	7
Days						

Tabel. 4.5 Detail Pemasangan BWTS

4.5 Analisa Ekonomi

Pada analisa ekonomi akan dibagi menjadi dua yaitu biaya instalasi dan biaya operasional dari BWTS.

4.5.1 Coagulation Teratment

4.5.1.1 Biaya Instalasi

Perhitungan biaya instalasi untuk *Coagulation Treatment* terdapat biaya-biaya seperti pompa, mixer, magnetic sparator, pajak dan lainnya. Untuk detailnya dapat dilihat pada tabel 4.6. Total biaya instalasi komponen sistem BWTS Coagulation Treatment adalah Rp. 484.529.333 . Semua ukuran spesifikasi alat didapatkan berdasarkan sebuah laporan teknis asal perusahaan Jepang dengan ketentuan penerapan segi harga tiap komponen di kalkulasikan berdasarkan maker masing-masing atau terpisah sesuai desain yang ada. Untuk perhitungan pajak dilakukan secara terpisah pada tabel 4.7, dengan total pajak yang harus dibayar adalah Rp 110.210.616 . Berikut rincian biaya instalasi *Coagulation Treatment* :

No	komponen	Spesifikasi	Jumlah		maker	Harga persatuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	Boster Pump	1. Capacity : 260 m ³ /h	2	Buah	SILI PUMP (150CLH - 11)	70.000.000	140.000.000
		2. Head : 85 m					
		3. Power : 110 Kw					
2	Anorganic Coagulant tank	Ukuran: 1,34 m x 1,34 m x 1 m	1	Buah	Clear Ballast Treatment	2.602.000	
3	Magnetic Powder Tank	Ukuran: 1,34 m x 1,34 m x 1 m	1	Buah			

No	komponen	Spesifikasi	Jumlah		maker	Harga persatuan (Rp)	Total harga (Rp)
4	Organic Coagulant Tank	Ukuran: 1,34 m x 1,34 m x 1 m	1	Buah			
5	Coaguant Tank mixer	Ukuran : 1,2 m x 1,2 m x 1 m	1	Buah			
6	Flocculant Tank Mixer	Ukuran : 3,96 m ² x 1 m	1	Buah			
7	Floc Tank	Ukuran : 1m x 1m x 1m	1	Buah			
8	Mixer	1. Kapasitas : 2 ton	4	Buah	IBC Aligator Factory	12.356.484	49.425.936
		2. Daya : 1/2 HP					
		3. Putaran : 50 - 430 Rpm					
9	Magnetic Sparator	1. Ukuran role leght :1050 x 2400 mm	1	Buah	Glote CTB1024	98.000.000	98.000.000
		2. Kapasitas : 1-220 ton/h					
10	Jasa Pemasangan	Estimasi pemasangan 1 minggu	6	hari		30.000.000	180.000.000
11	BWTS sparepart	5% dari BWTS System Hardware					15.901.397
						Total	484.529.333

Tabel. 4.6 Detail biaya pemasangan BWTS *Coagulation treatment*

No	Jenis	Uraian	Biaya (Rp)
1	Bea masuk	10% dari biaya barang	29.002.794
2	PPN	10% dari biaya barang	29.002.794
3	pph	3% dari biaya barang	8.700.838
4	Shipping	15% dari biaya barang	43.504.190
Total			110.210.616

Tabel. 4.7 Pajak Pengadaan Barang BWTS *Coagulation Treatment*

4.5.1.2 Biaya Operasional

Biaya operasional untuk BWTS *Coagulation Treatment* terdiri dari biaya kebutuhan zat koagulant, biaya perawatan untuk pekerja dan material sistem sendiri. Total biaya operasional adalah Rp. 301.811.303 per tahun. Pada biaya operasional tidak dilakukan penghitungan biaya konsumsi bahan bakar atau listrik dikarenakan merujuk dari sistem BWTS yang dipasang pada *onshore* atau *port based* sehingga kebutuhan konsumsi listrik bersumber dari pelabuhan itu sendiri atau PLN. Untuk rincian biaya kebutuhan zat koagulant dapat dilihat pada tabel 4.8 dan tabel biaya perawatan pada tabel 4.9 sebagai berikut:

No	Komponen	Uraian	Jumlah		Produk	Harga Persatuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	Zat Organic Coagulant	Polydadmac	1,8	ton	Yixing Bluwat Chemicals	41.891.196	75.404.153
2	Zat Anorganic Coagulant	aluminium sulfat $Al_2(SO_4)_3$ atau tawas	1,8	ton	Hengyang J Industry	2.874.602	5.174.284
3	Magnetic Powder	serbuk magnet	1,8	ton	Gongyi city meiqi Industry	79.448.000	143.006.400
						Total	223.584.836

Tabel. 4.8 Biaya kebutuhan zat koagulant BWTS *Coagulation Treatment*

No	Jenis Biaya	Uraian	Biaya total
1	Biaya Perawatan (pekerja)	15%/ tahun dari jasa pemasangan BWTS	54.000.000
2	Biaya perawatan (material)	5%/ tahun dari biaya instalasi BWTS	24.226.467
Total			78.226.467

Tabel. 4.9 Biaya perawatan BWTS *Coagulation treatment*

4.5.2 UV Radiation

4.5.2.1 Biaya Instalasi

Biaya instalasi Alfa Laval Pure ballast 3.1 terdiri dari biaya komponen, jasa pemasangan, pajak dan lainnya. Semua biaya tersebut

berasal dari sebuah laporan perusahaan yang sudah lama memproduksi BWTS UV radiation. Hasil biaya instalasi adalah Rp. 4.322.019.000. Untuk detailnya dapat dilihat pada tabel 4.10 sedangkan perhitungan pajak dilakukan secara terpisah dan ditunjukkan pada tabel 4.11, dimana pajak yang harus dibayar adalah Rp. 1.499.016.400. berikut detail perhitungannya:

No	komponen	Spesifikasi	jumlah		maker	Harga persatuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	filter	1. kapasitas : 300 m ³ /h	1	buah	Alva Laval Pure Ballast	Maker Package	3.944.780.000
		2. filtration grade : 0.01 mikron					
2	UV Reactor	1. Tipe reactor pure ballast 3.1 : 250 m ³ /h	1	buah	Alva Laval Pure Ballast		
		2. kapasitas : 300 m ³ /h					
3	Lamp Drive Cabinet	Power supply voltage: 400 - 440 VAC; 50/60 Hz	1	buah	Alva Laval Pure Ballast		
4	Control Cabinet	Power supply voltage: 400 - 440 VAC; 50/60 Hz	1	buah	Alva Laval Pure Ballast		
5	CIP Unit	-	1	buah	Alva Laval Pure Ballast		
6	Jasa Pemasangan	Estimasi pemasangan 1 minggu	6	hari		30.000.000	180.000.000
7	BWTS sparepart	5% dari BWTS System Hardware					197.239.000
						Total	4.322.019.000

Tabel. 4.10 Detail biaya pemasangan BWTS *UV Radiation*

No	Jenis	Uraian	Biaya (Rp)
1	Bea masuk	10% dari biaya barang	394.478.000
2	PPN	10% dari biaya barang	394.478.000
3	pph	3% dari biaya barang	118.343.400
4	Shipping	15% dari biaya barang	591.717.000
Total			1.499.016.400

Tabel. 4.11 Pajak Pengadaan Barang BWTS *UV Radiation*

4.5.2.2 Biaya Operasional

Biaya operasional untuk BWTS *UV Radiation* terdiri dari biaya perawatan untuk pekerja dan material untuk sistem sendiri. Total biaya operasional adalah Rp. 243.100.950 per tahun. Pada biaya operasional tidak dilakukan penghitungan biaya konsumsi bahan bakar atau listrik dikarenakan merujuk dari sistem BWTS yang dipasang pada *onshore* atau *port based* sehingga kebutuhan konsumsi listrik bersumber dari pelabuhan itu sendiri atau PLN. Untuk rincian biaya perawatan pada tabel 4.12 sebagai berikut:

No	Jenis Biaya	Uraian	Biaya total (Rp)
1	Biaya Perawatan (pekerja)	15%/ tahun dari jasa pemasangan BWTS	27.000.000
2	Biaya perawatan (material)	5%/ tahun dari biaya installasi BWTS	216.100.950
		Total	243.100.950

Tabel. 4.12 Biaya Operasional BWTS *UV Radiation*

4.5.3 Sistem *outfitting* pada pelabuhan

Biaya instalasi sistem *outfitting* di pelabuhan terdiri dari biaya komponen pipa, elbow, valve, pembuatan tangki, jasa pemasangan, dan lainnya. Semua kebutuhan komponen berasal dari perhitungan keseluruhan mulai dari panjang pipa dan alat penunjang lainnya untuk pemasangan BWTS. Hasil biaya instalasi untuk sistem *outfitting* adalah Rp. 4.030.193.386. Untuk detailnya dapat dilihat pada tabel 4.13 sebagai berikut :

No	komponen	ukuran	Jumlah		maker	Harga persatuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	Pipe	carbon steel galvanizes JIS G 3452, sch 40	1544,17	meter	Rukindo	2.100.000	3.242.757.000
		Ukuran 6" inc					
2	elbow	Galvanized, Ukuran 6" inc	38	buah	Rukindo	373.000	14.174.000
3	Butterfly Valve	DN 40-300 , Ukuran 6" inc	17	buah	Rukindo	784.000	13.328.000
4	Angle Valve	ukuran 6" inc	4	buah	Onda	7.861.700	31.446.800

No	komponen	ukuran	Jumlah		maker	Harga persatuan (Rp)	Total harga (Rp)
5	Non Return Valve	Ukuran 6" inc	2	buah	Onda	6.063.400	12.126.800
6	Flange pipe	Ukuran 6" inc	8	buah	Rukindo	322.000	2.576.000
7	Ejector pump		3	buah	Shimitzu	265.000	795.000
8	BWTS Port Cabinet	ukuran 2m x 1m x 1m	4	buah		3.252.500	13.010.000
9	Hose	20 meter, 6 inch, 3 bar	4	buah	China (Mainland)	1.120.000	4.480.000
10	Onshore Tank	Volume: 5000 m ³ , D: 25 m x 10,2 m, t plat: 10 mm	1	buah	KS SS400, 4m x 8m x 10 mm	1.631.000	156.696.000
11	Shore Connection	Ukuran 6" inc	8	buah	Wuxi Gochuan Marine, Ltd	504.084	4.032.672
12	kabel dan lain-lain	5% dari BWTS System Hardware outfitting					174.771.114
13	Jasa Pemasangan	Estimasi pemasangan 12 hari	12	hari		30.000.000	360.000.000
						Total	4.030.193.386

Tabel. 4.13 Biaya instalasi system outfitting BWTS

4.5.4 Total Biaya BWTS

Setelah semua kebutuhan biaya didapatkan selanjutnya adalah perhitungan total biaya pembuatan BWTS di pelabuhan. Total biaya pembuatan BWTS didapatkan dari penjumlahan seluruh biaya-biaya yang telah ada seperti total biaya instalasi, operasional dan pajak. Sehingga didapatkan total biaya pembuatan BWTS *port facilities* dengan sistem *Coagulation Treatment* dan *UV Radiation* di pelabuhan tanjung perak pada terminal Jamrud Utara sebesar Rp. 10.990.880.987. Untuk detail biaya dapat dilihat pada tabel 4.14 sebagai berikut:

No	Jenis biaya	Uraian	Biaya (Rp)
1	Coagulation System	Total biaya instalasi. Capacity 400 m ³ /hr	484.529.333
2	UV Radiation System	Total biaya instalasi. Capacity 300 m ³ /hr	4.322.019.000
3	Outfitting	Total biaya instalasi	4.030.193.386
4	Biaya Operasional	Total biaya operasional dan perawatan	544.912.253
5	Pajak	Total biaya pajak BWTS	1.609.227.016
		total	10.990.880.987

Tabel. 4.14 Total biaya pembuatan sistem BWTS port facilities

4.5.5 Payback period

Dalam perencanaan pembangunan *sistem Ballast Water treatment Port Based* ini diharapkan akan balik modal (payback period) pada tahun ke 2. Untuk aliran kas dan perhitungan detail terdapat di lampiran.

4.5.6 Tarif Treatment

Setelah melakukan perhitungan perencanaan payback period maka selanjutnya perhitungan dari tarif jasa sistem BWTS ini. Perhitungan tarif jasa dilakukan dengan cara pendapatan per-tahun dibagi dengan volume air ballast yang akan di treatment selama setahun.

no	Uraian	Jumlah	Satuan
1	Volume Ballast	2500	Per-kapal (m ³)
2	Jumlah Kapal	1320	Per-Tahun
3	Pendapatan	Rp16.918.945.313	Per-Tahun
	Tarif	Rp 5.126,95	Per-m ³

Tabel. 4.15 Tarif treatment sistem BWTS port based

Jadi, dengan pendapatan Rp. 16.918.945.313 per-tahun maka tarif jasa akan dikenakan kepada pengguna jasa BWTS *port based* ini sebesar Rp. 5.127 .

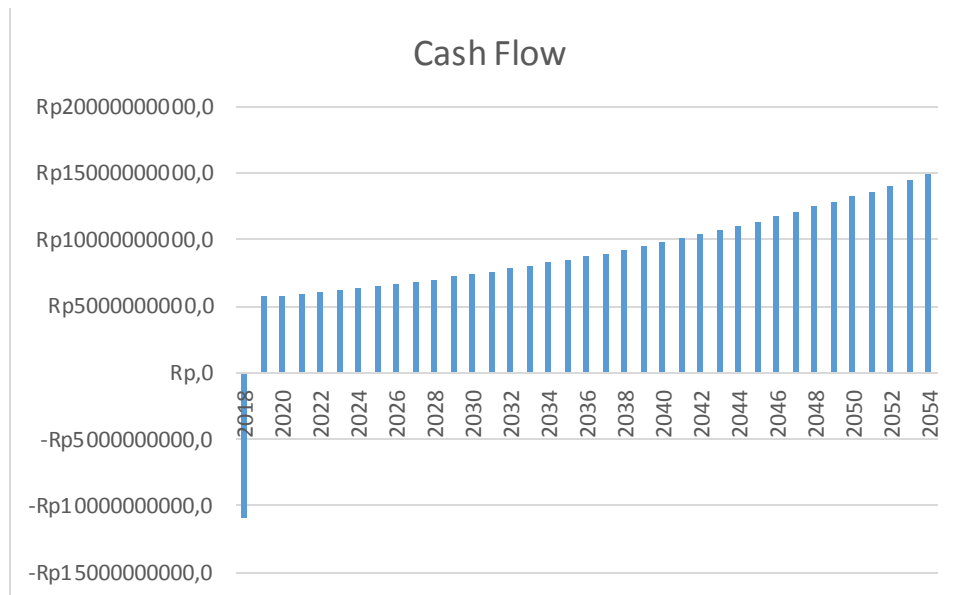
4.5.7 Aliran Kas

Setelah mengetahui jumlah pengeluaran dan pemasukan maka selanjutnya yaitu menghitung *cash flow* (aliran kas) pada sistem BWTS tersebut. *Cash flow* merupakan aliran kas yang terdiri dari aliran kas masuk dan aliran kas keluar dari suatu proyek yang dibangun serta besaran saldo per periodenya.

Tahun	Tahun Investasi	Cash Flow	NPV
2018	0	-Rp10.990.880.987	-Rp10.990.880.987
2019	0	Rp5.708.246.706	Rp4.963.692.788
2020	1	Rp5.826.807.992	Rp4.405.903.964
2021	2	Rp5.952.136.857	Rp3.913.626.601
2022	3	Rp6.084.368.651	Rp3.478.757.524
2023	4	Rp6.223.641.434	Rp3.094.249.730
2024	5	Rp6.370.096.024	Rp2.753.968.300
2025	6	Rp6.523.876.059	Rp2.452.566.655
2026	7	Rp6.685.128.047	Rp2.185.380.217
2027	8	Rp6.854.001.427	Rp1.948.334.978
2028	9	Rp7.030.648.627	Rp1.737.868.815
2029	10	Rp7.215.225.124	Rp1.550.863.741
2030	11	Rp7.407.889.503	Rp1.384.587.516
2031	12	Rp7.608.803.521	Rp1.236.643.289
2032	13	Rp7.818.132.173	Rp1.104.926.128
2033	14	Rp8.036.043.750	Rp987.585.460
2034	15	Rp8.262.709.911	Rp882.992.592
2035	16	Rp8.498.305.747	Rp789.712.597
2036	17	Rp8.743.009.853	Rp706.479.951
2037	18	Rp8.997.004.393	Rp632.177.400
2038	19	Rp9.260.475.177	Rp565.817.616
2039	20	Rp9.533.611.728	Rp506.527.249
2040	21	Rp9.816.607.363	Rp453.533.042
2041	22	Rp10.109.659.263	Rp406.149.750
2042	23	Rp10.412.968.553	Rp363.769.588
2043	24	Rp10.726.740.382	Rp325.853.028

Tahun	Tahun Investasi	Cash Flow	NPV
2044	25	Rp11.051.183.999	Rp291.920.746
2045	26	Rp11.386.512.842	Rp261.546.583
2046	27	Rp11.732.944.613	Rp234.351.367
2047	28	Rp12.090.701.372	Rp209.997.500
2048	29	Rp12.460.009.619	Rp188.184.204
2049	30	Rp12.841.100.383	Rp168.643.338
2050	31	Rp13.234.209.315	Rp151.135.716
2051	32	Rp13.639.576.778	Rp135.447.865
2052	33	Rp14.057.447.943	Rp121.389.162
2053	34	Rp14.488.072.883	Rp108.789.307
2054	35	Rp14.931.706.675	Rp97.496.090
		Total NPV =	Rp33.809.989.406

Tabel. 4.16 Aliran kas

Gambar. 4.3 Grafik *Cash flow*

Pada *cash flow* diatas total NPV di targetkan harus mendekati tiga kali lipat nilai dari asset awal, sehingga diperoleh nilai total NPV sebesar Rp 33.809.989.406 dengan total asset awal sebesar Rp10.990.880.987 dan didapatkan nilai persentase total NPV/Aset awal 3,08.

4.5.8 Perbandingan harga air di pelabuhan

Berdasarkan hasil analisa yang didapatkan pada sub bab 4.5.6 diatas selanjutnya akan dilakukan perbandingan biaya dari pembelian air bersih di pelabuhan dengan air treatment BWTS untuk mengisi ballast sehingga dapat dianalisa dari segi ekonomisnya. Adapun perhitungannya pada tabel berikut :

no	Uraian	Jumlah	Satuan
1	Volume Ballast	2500	Per-kapal (m ³)
2	harga air	Rp 5.126,95	m ³
Tarif		Rp 12.817.383	Per-kapal

Tabel. 4.17 Tarif harga air per-kapal dengan treatment BWTS

no	Uraian	Jumlah	Satuan
1	Volume Ballast	2500	Per-kapal (m ³)
2	harga air	Rp 17.500,00	m ³
Tarif		Rp 43.750.000	Per-kapal

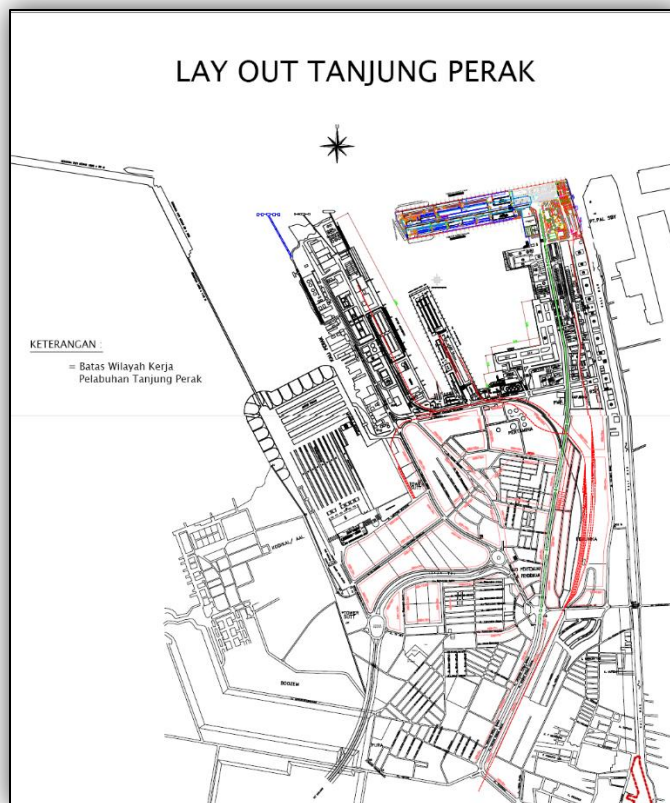
Tabel. 4.18 Tarif harga air per-kapal di pelabuhan

Untuk harga air di pelabuhan didapatkan dari nilai tarif rata-rata penjualan air di pelindo. Dari hasil yang didapatkan maka dapat diambil kesimpulan bahwa tarif harga air ballast dengan BWTS lebih ekonomis dengan harga Rp. 12.817.383 per-kapal dibandingkan pengisian air bersih langsung pada pelabuhan dengan harga Rp. 43.750.000 per-kapal.

4.6 Penempatan alat *ballast water treatment reception port facilities*

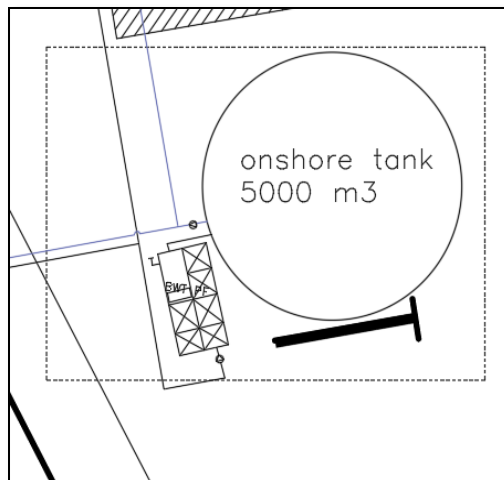
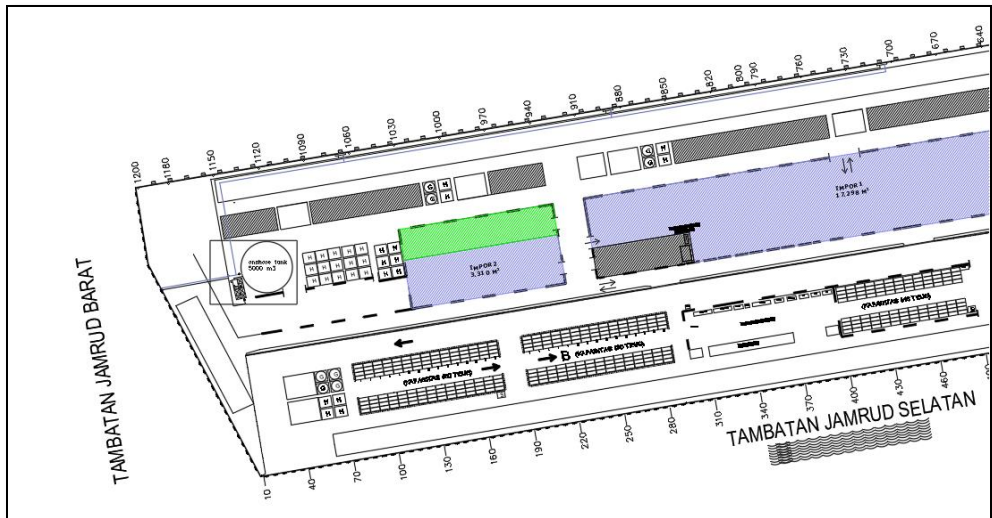
Setelah perancangan alat *ballast water treatment* selesai maka akan dilakukan penempatan lokasi untuk *ballast water treatment reception port facilities*. Dengan pemilihan pelabuhan Tanjung Perak Surabaya sebagai studi penerapan, maka dengan adanya layout dari pelabuhan dapat

dilakukan desain peletakkan alat yang tepat dan strategis sehingga memudahkan dalam melakukan proses ballast treatment. Sebagai contoh peletakan alat sesuai dengan ukuran dan kondisi lapangan dapat dilihat pada gambar berikut:



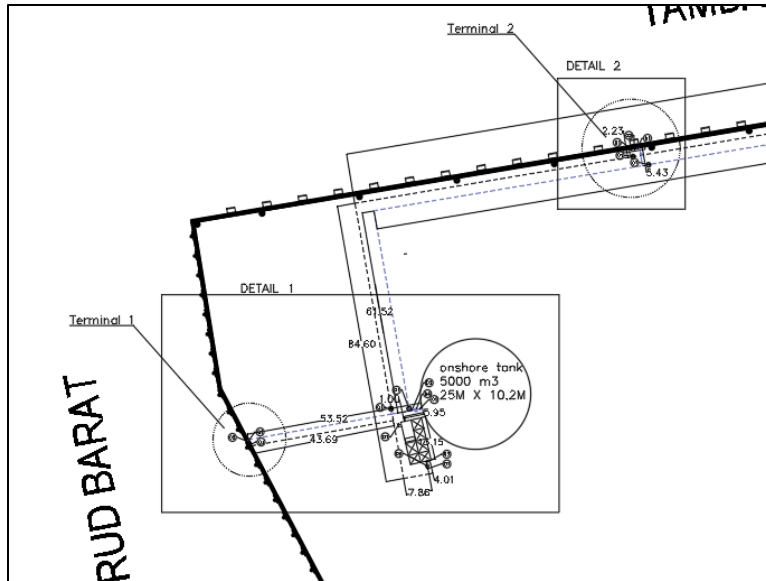
Gambar. 4.4 Layout Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

Berdasarkan layout pelabuhan Tanjung Perak diatas dapat dilakukan perencanaan lokasi penempatan dari sistem BWTS pada dermaga. Berdasarkan survei lapangan, terminal Jamrut Utara merupakan lokasi yang sangat berpotensi sebagai penempatan alat BWTS dimana terminal tersebut sebagai lokasi bongkar muat kapal dengan pelayaran Internasional terbanyak di pelabuhan dengan data dapat dilihat pada (tabel 2.1).Setelah didapatkan lokasi yang sesuai selanjutnya dapat dilakukan desain layout penempatan dari sistem BWTS pada gambar 4.5 sebagai berikut:

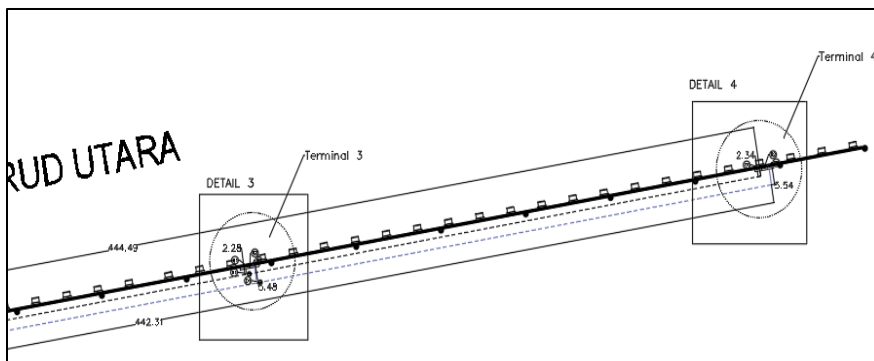


Gambar. 4.5 Desain layout sistem BWTs

Pada layout diatas didesain 4 lokasi untuk bongkar muat ballast diantaranya 3 pada dermaga jamrud utara dan 1 pada dermaga jamrud barat. Untuk detail gambar dapat dilihat pada gambar 4.6 dan 4.7, sedangkan untuk gambar jelasnya detail dengan ukuran terdapat pada lampiran.



Gambar. 4.6 Lokasi bongkar muat 1 dan 2 BWTS

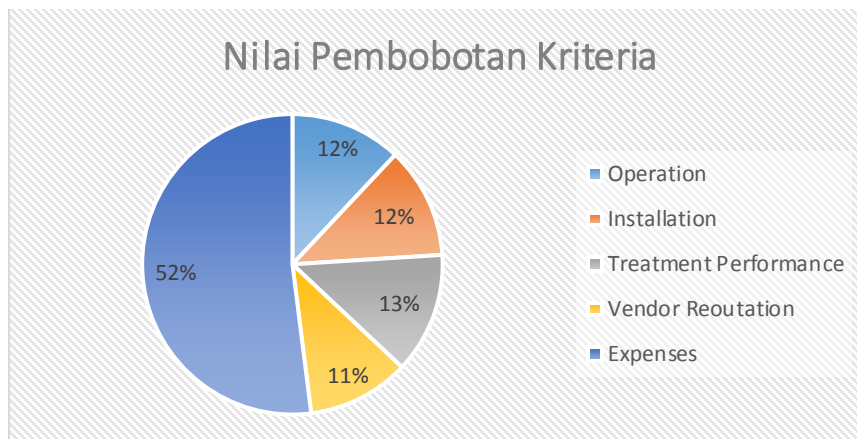


Gambar. 4.7 Lokasi bongkar muat 3 dan 4 BWTS

4.7 Analisa pemilihan

Setelah selesai melakukan analisis teknis dan ekonomis, tahap selanjutnya adalah melakukan pembobotan dengan beberapa parameter untuk mengetahui nilai tertinggi dari kedua sistem. Nilai pembobotan akan dikalikan dengan skor masing-masing dari BWTS. Bobot parameter dapat dilihat pada Gambar 4.8, dimana biaya merupakan parameter dengan nilai tertinggi senilai 52%, diikuti dengan *treatment performance* senilai 13%, selanjutnya instalasi dan operasi vendor sebesar 11%. Pada

tabel 4.19 dapat dilihat hasil dari pemilihan *ballast water treatment* dengan menggunakan parameter dan pembobotan yang terdapat pada Gambar 4.8 sebagai berikut:



Gambar. 4.8 Nilai Pembobotan setiap kriteria

Sumber : *Decision-Making tool for Ballast Water Management System, 2012*

No	Parameter penilaian	Bobot total	Rincian Parameter	Bobot rincian parameter	Skor		Keterangan	Skor x Bobot	
					Koagulasi	UV		Koagulasi	UV
1	Kinerja BWTS	13%	a. Sudah diapprove IACS	6,5%	1	1	Keduanya sudah di approve	6,5%	6,5%
			b. Sesuai dengan kapasitas pompa utama	6,5%	1	1	Kedua BWTS dipilih berdasarkan kapasitas pompa	6,5%	6,5%
2	instalasi	12%	a. ruang untuk penyimpanan zat aktif	3%	1	1	keduanya memiliki ruang untuk penyimpanan zat aktif	3%	3%
			b. memungkinkan untuk instalasi di pelabuhan	3%	1	1	keduanya dapat di <i>instalasi</i> di pelabuhan	3%	3%
			c. tersedianya ruang di pelabuhan	3%	1	1	Keduanya memiliki ruang untuk ditematkan di pelabuhan	3%	3%
			d. instalasi layak dilakukan	3%	1	1	Instalasi kedua BWTS dapat dilakukan	3%	3%
3	operasi	12%	a. Tersedianya sistem yang aman	2%	1	1	Keduanya memiliki sistem yang aman	3%	3%
			b. Dapat diaplikasikan pada air tawar	2%	1	1	Keduanya dapat diaplikasikan pada air tawar	2%	2%
			c. Menggunakan zat aktif pada treatment	2%	1	1	Keduanya menggunakan zat aktif dan sudah di <i>approve</i> dengan aturan	2%	2%
			d. Treatment dilakukan hanya sekali/ operasi	2%	1	0	Treatment koagulasi dilakukan sekali, tapi treatment UV dilakukan	2%	0%
			e. konsumsi daya (kW)	2%	1	0,13	Konsumsi UV <i>instalasi</i> lebih sedikit daripada sistem koagulasi	2%	0,3%
			f. Dibutuhkan filter	2%	0	1	UV <i>instalasi</i> tidak membutuhkan filter	0%	2%
4	Reputasi Vendor	11%	Sudah di approve oleh IACS	11%	1	1	Kedua BWTS sudah di <i>approve</i>	11%	11%
5	Total Biaya	52%	a. CAPEX	26%	0,11	1	CAPEX UV lebih tinggi dibanding koagulasi	3%	26%
			b. OPEX	26%	1	0,8	OPEX UV lebih rendah dibanding koagulasi	26%	21%
TOTAL								75,9%	92,06%

Tabel. 4.19 Pembobotan skor setiap kriteria

Berikut ini adalah penjelasan masing-masing parameter pada tabel 4.19 :

a. Kinerja BWTS

Pada parameter ini akan dibandingkan kinerja sistem koaylasi treatment dengan *UV Treatment* dari segi pembasmian bakteri. Hal tersebut dapat dinilai dari sudah di-*approve* atau tidaknya BWTS tersebut. Untuk kasus ini, kedua BWTS masing-masing mendapatkan skor 1, dikarenakan kedua BWTS tersebut sudah di *approve* dalam hal pembasmian bakteri oleh DNV. Selain itu, kinerja BWTS juga dinilai berdasarkan sesuai tidaknya BWTS dengan kapasitas booster pump di pelabuhan. Kedua BWTS mendapatkan skor 1 karena keduanya telah dipilih berdasarkan ukuran pompa utama.

b. Instalasi BWTS

Pada parameter kedua ini akan dibandingkan secara teknis dapat dipasang atau tidaknya BWTS di pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Untuk parameter ini terdapat hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

- Ruang untuk penyimpanan zat aktif
Kedua BWTS mendapatkan skor 1 karena kedua BWTS sama-sama menggunakan zat aktif yang digunakan untuk membasmi bakteri. Penyimpanan zat aktif disimpan pada komponen yang telah disediakan masing-masing.
- Memungkinkan untuk instalasi pada pelabuhan
Seperti terlihat pada sub bab 4.7 bahwa kedua BWTS dapat dipasang pada pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, sehingga kedua BWTS mendapatkan skor 1.
- Tersedianya ruang di pelabuhan
Seperti terlihat pada sub bab 4.7 bahwa kedua BWTS memiliki cukup ruang untuk ditempatkan pada pelabuhan sebagaimana layout yang ada. Sehingga kedua BWTS mendapatkan skor 1.
- Instalasi layak dilakukan
Berdasarkan studi observasi di lapangan bahwa peabuhan Tanjung Perak Surabaya sampai sekarang belum memiliki BWTS *port facilities* untuk mengakomodasi kapal-kapal Internasional dalam kaitanya pembuangan air ballast. Sehingga sangat dimungkinkan perlu adanya sistem penunjang BWTS tersebut. Oleh karena itu kedua BWTS mendapatkan skor 1.

c. Operasi BWTS

Pada parameter ketiga ini akan dibandingkan operasi kedua BWTS di pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Untuk parameter ini terdapat hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

- Tersediannya sistem yang aman
Kedua BWTS telah dijamin keamanannya, maka dari itu masing-masing mendapatkan skor 1. Untuk sistem UV *treatment* dan koagulasi proses pengoperasian tidak membahayakan asalkan sesuai prosedur.
- Dapat diaplikasikan pada air tawar
Kedua *treatment* BWTS dapat diaplikasikan pada air tawar sehingga kedua BWTS mendapatkan skor 1.
- Menggunakan zat aktif untuk melakukan *treatment*
Kedua BWTS menggunakan zat aktif dalam melakukan *treatment* dan sudah sesuai dengan aturan BWM Convention D3.2 dan MEPC G9. Dengan begitu, kedua BWTS mendapatkan skor 1.
- Treatment dilakukan hanya sekali/operasi
Pada hal ini, hanya sistem koagulasi yang mendapatkan skor 1 sedangkan UV *treatment* mendapatkan skor 0. Hal tersebut dikarenakan sistem koagulasi hanya melakukan *treatment* pada proses ballasting, sedangkan UV *treatment* melakukan *treatment* pada proses ballasting dan *deballasting*.
- Konsumsi daya
Pada parameter ini, dilakukan skala perbandingan dalam pemberian skor kedua BWTS. Pada sistem koagulasi mendapatkan konsumsi energi terbesar dengan total 232,48 kW dikarenakan kebutuhan komponen penunjang yang lebih banyak sehingga sistem koagulasi mendapatkan skor 1. Sedangkan dari UV *treatment* mendapatkan skor 0,13 dikarenakan konsumsi energi lebih kecil dibandingkan sistem koagulasi yaitu 32 kW.
- Dibutuhkan *filter*
Pada sistem UV *treatment* mendapatkan skor 1, sedangkan sistem koagulasi mendapatkan skor 0. Hal tersebut dikarenakan, UV *treatment* membutuhkan sebuah *filter* sebelum air ballast masuk ke UV reaktor, di sisi lain sistem koagulasi tidak memerlukan filter karena penyaringan sudah dilakukan pada *magnetic separator*.

d. Reputasi Vendor

Pada parameter ini akan dibandingkan reputasi vendor dari sistem koagulasi hitachi dengan Alfa Laval. Masing-masing BWTS mendapatkan skor 1, dikarenakan kedua BWTS telah di-*approve* oleh DNV yang menandakan bahwa reputasi kedua BWTS memang terpercaya.

e. Biaya

Pada parameter kali ini akan dibandingkan biaya CAPEX dan OPEX dari kedua BWTS. Berikut ini adalah penjelasan lebih detailnya:

- CAPEX

Seperti pada halnya biaya instalasi, CAPEX juga dilakukan skala perbandingan dalam pemberian skor untuk masing-masing BWTS. Alfa Laval mendapatkan skor 1, sedangkan sistem koagulasi mendapatkan skor 0,11 dikarenakan CAPEX Alfa Laval lebih tinggi dibandingkan sistem koagulasi, dengan nilai Rp 4.322.019.000 untuk Alfa Laval dan Rp 484.529.333 untuk sistem koagulasi.

- OPEX

Untuk nilai OPEX, hasilnya berbeda dengan CAPEX dimana Alfa Laval memiliki OPEX yang lebih murah dibandingkan sistem koagulasi. Oleh karena itu, sistem koagulasi mendapatkan skor 1, sedangkan Alfa Laval mendapatkan skor 0,8. Memang biaya operasional dan perawatan Alfa Laval lebih murah dibandingkan sistem koagulasi dikarenakan sistem koagulasi memiliki komponen lebih banyak dan membutuhkan zat koagulant untuk setiap *treatment* yang dilakukan. Masing-masing biayanya adalah Rp 301.811.303 untuk sistem koagulasi dan Rp. 243.100.950 untuk Alfa Laval.

Setelah skor dan bobot dari masing-masing parameter dikalikan maka akan diketahui skor nilai total dari sistem koagulasi dan UV *treatment*. Merujuk pada tabel 4.15, BWTS *port facilities* yang sesuai untuk pelabuhan Tanjung Perak Surabaya pada sistem koagulasi adalah 75,9 % sedangkan perolehan skor UV *treatment* adalah 92,06%. Sehingga perolehan skor UV *treatment* mengalahkan sistem koagulasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil desain, perhitungan dan analisa yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Modifikasi sistem ballast water treatment di pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dapat dilihat pada P&ID yang telah digambar pada sub bab 4.2 . dalam Sub bab tersebut juga telah di kalkulasikan total kebutuhan komponen alat dalam pembuatan BWTS *port based*.
2. Masing-masing dari kedua BWTS dapat dipasang dan ditempatkan pada pelabuhan Tanjung Perak Surabaya bagian dermaga jamrud utara seperti terlihat pada sub-bab 4.6 dan detailnya di lampiran, sehingga ketersediaan ruang pada pelabuhan untuk melakukan instalasi BWTS dapat terpenuhi.
3. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan daya yang akan ditambah pada pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dengan total daya komponen adalah sebesar 264,48 kW.
4. Berdasarkan hasil perhitungan nilai ekonomis dari segi tarif perbandingan antara harga air ballast bersih menggunakan BWTS dan tanpa BWTS di pelabuhan sesuai pada sub bab 4.5.8 dapat diambil kesimpulan bahwa tarif harga air ballast dengan BWTS lebih ekonomis dengan harga Rp. 12.817.383 per-kapal dibandingkan pengisian air bersih langsung pada pelabuhan dengan harga Rp. 43.750.000 per-kapal.
5. Berdasarkan hasil perhitungan analisa ekonomi yang dilakukan pada sub-bab 4.5, biaya instalasi sistem koagulasi *clear ballast* lebih rendah dibandingkan system UV Alfa Laval PureBallast 3.1. Namun, untuk melakukan operasi Alfa Laval memerlukan biaya lebih rendah dibandingkan system koagulasi *clear ballast*. Pada sistem koagulasi *Clear Ballast* didapatkan biaya instalasi sebesar Rp 484.529.333 dan biaya operasional sebesar Rp 301.811.303 per-tahun, sedangkan pada sistem UV Alfa Laval PureBallast 3.1 didapatkan biaya instalasi sebesar Rp 4.030.193.386 dan biaya operasional Rp 243.100.950 per-tahun. Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan hasil skor dari pembobotan kelayakan dari masing-masing parameter termuat pada sub-bab 4.7, sehingga diperoleh total skor 75,9% untuk sistem

koagulasi *Clear Ballast*, sedangkan 92,06% untuk sistem UV Alfa Laval PureBallast 3.1. Maka dari itu kedua sistem BWTS tersebut layak untuk diterapkan pada BWTS *port facilities* dengan perbandingan sistem UV Alfa Laval PureBallast 3.1 dinilai lebih tinggi dari perolehan skor yang di dapatkan daripada sistem koagulasi *Clear Ballast*.

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil desain, perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Dalam melakukan modifikasi sistem diperlukan perhitungan lebih detail dari tiap metode secara menyeluruh agar didapatkan hasil yang pasti sehingga modifikasi kedua metode dapat dipadukan dengan baik dan sesuai.
2. Dalam melakukan analisa teknis, dapat ditambahkan simulasi analisa aliran yang masuk dan keluar pipa agar dapat dilihat tipe aliran yang ada dalam pipa, dikarenakan letak pipa sendiri yang dipasang memanjang di pelabuhan.
3. Dalam metode koagulasi perlu adanya eksperimen lebih khusus dalam menentukan kebutuhan zat koagulant yang efektif digunakan di BWTS.

DAFTAR PUSTAKA

- Lloyd's Register. (2010). Ballast Water Treatment Technology.
- Lloyd's Register. (2018). Ballast Water Treatment Technologies and Current Sistem Availability.
- Lloyd's Register. (2012) .Part of Lloyd's Register's Understanding Ballast Water Management series.
- International Maritime Organization. (2004). International Convention for the Control and Management of Ship's Ballast Water and Sediments..
- Prasetya, Pasca Eka. (2016). Perbandingan Kebutuhan Koagulan $Al_2(SO_4)_3$ Dan Pac Untuk Pengolahan Air Bersih Di Wtp Sungai Ciapus Kampus IPB Dramaga, Progam Studi S1 Teknik Sipil, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Panoguan, Nicholas. (2018). Studi perbandingan teknis dan ekonomi antara metode ballast water treatment radiasi ultraviolet dan ozon treatment pada kapal tanker pertamina, Progam Studi S1 Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Witlandari, Rayzeeladita Agustin. (2018). Analisa teknis dan factor ekonomi port-based ballast water treatment di terminal teluk lamong, Progam Studi S1 Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Ekaprana Daniswara, 2014 .Pemilihan Ballast Water Treatment Plant Untuk Kapal Tanker 17500 Dwt, Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Universitas Indonesia, Depok.
- Alfa Laval PureBallast, February, 2019. Product page , <Url : <http://www.alfalaval.com/solutionfinder/products/pureballast/Pages/Pureballast.aspx>>.
- Clear Ballast , February, 2019. Product page , <Url : http://www.hitachi.com/businesses/infrastructure/product_solution/water_environment/ballast.html>.
- Wardhani, Eka. Dkk. (2011). Penentuan Jenis dan Dosis Koagulan dalam Mengolah Air Limbah Industri Penyamakan Kulit, Institut Teknologi Nasional, Bandung .
- Species Massive, January, 2019. Ballast Water and Introduced Species (adapted – Management options for Nargansett Bay and Rhode Island).
- Reynolds, Tom D. dan Richards, Paul A. (1996). Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, 2nd edition, PWS Publishing Company, Boston.

Droste, Ronald L. (1997). *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*, John Wiley & Sons, New York.

LAMPIRAN

BIODATA

Ali Faizurrohman merupakan nama yang diberikan bapak Samsul Maarif dan Ibu Nurhayati kepada penulis. Dilahirkan di Nganjuk pada 01 April 1996 sebagai anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis dibesarkan di lingkungan Desa Kemlokolegi, Kecamatan Baron, Kabupaten Nganjuk. Penulis memulai studi di SDN Waung IV selama enam tahun dan lulus pada tahun 2008. Melanjutkan jenjang berikutnya di MTsN Kediri II (2009-2011) dan MAN 1 Kertosono, Lulus pada 2014 dan melanjutkan kembali jenjang perguruan tinggi Diploma di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Mengambil Jurusan Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal (2014-2017), dan selanjutnya melanjutkan Strata 1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember mengambil jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Dalam perkuliahan penulis mengambil penelitian untuk Tugas Akhir pada bidang studi *Marine Machinery and Sistem (MMS)*.