



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SKRIPSI – ME141501

Perancangan *Vortex Generator* Untuk *Ballast Water Treatment* Dengan Menggunakan Metode *CFD* (*Computational Fluid Dynamic*)

Muhammad Ikbar Abdul Baqi
NRP. 04211440000116

Dosen Pembimbing
Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SKRIPSI – ME141501

**Perancangan *Vortex Generator* Untuk *Ballast Water Treatment* Dengan Menggunakan Metode CFD
(*Computational Fluid Dynamic*)**

Muhammad Ikbar Abdul Baqi
NRP. 04211440000116

Dosen Pembimbing
Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BACHELOR THESIS – ME141501

***Design of Vortex Generator for Ballast Water Treatment
By Using CFD (Computational Fluid Dynamic) Method***

Muhammad Ikbar Abdul Baqi
NRP. 04211440000116

Supersivior
Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.

**DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**Perancangan *Vortex Generator* Untuk *Ballast Water Treatment* Dengan
Menggunakan Metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*)**

TUGAS AKHIR

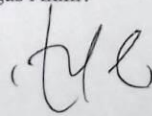
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Marine Machinery and System (MMS)
Program Studi S1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUHAMMAD IKBAR ABDUL BAQI
NRP. 04211440000116

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.



SURABAYA
JULI, 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**Perancangan *Vortex Generator* Untuk *Ballast Water Treatment* Dengan
Menggunakan Metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Marine Machinery and System (MMS)
Program Studi S1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUHAMMAD IKBAR ABDUL BAQI
NRP. 04211440000116

Disetujui Oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



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

SURABAYA
JULI, 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Perancangan *Vortex Generator* Untuk *Ballast Water Treatment* Dengan Menggunakan Metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

Nama Mahasiswa : Muhammad Ikbar Abdul Baqi
NRP : 04211440000116
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Dosen Pembimbing : Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.

ABSTRAK

Air balas dapat menyebabkan ancaman bagi lingkungan, kesehatan masyarakat dan ekonomi. Hal tersebut terjadi ketika air balas yang digunakan, banyak mengandung organisme mikropis dan sedimen organisme. Langkah-langkah dilakukan untuk menanggulangi pencemaran akibat pembuangan air balas, pemerintah Indonesia pun meratifikasi IMO BWMC (*Ballast Water Management Convention*) pada tahun 2017. Metode pengolahan air balas didalam kapal pun banyak diupayakan, dari berbagai macam metode baik pengolahan secara mekanis, kimiawi dan *physical* akan tetap memerlukan pengamatan terkait kondisi aliran air balas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kondisi aliran fluida atau nilai turbulensi dari simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamic*), terhadap matinya zooplankton pada sampel air dengan selang waktu *treatment* tertentu. Konsep sederhana yang digunakan dalam pengembangan prototipe ini adalah mengalirkan sampel air laut dari pantai Kenjeran Surabaya dengan variasi debit 5 lpm, 10 lpm, 15 lpm, 20 lpm dan 25 lpm ke dalam perancangan *vortex generator* sebesar 2.355 liter. Sampel air dianalisis menggunakan alat bantu mikroskop stereo hingga didapatkan hasil dengan metode perhitungan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, indeks dominasi simpson dan indeks pemerataan pielou. Dari pengamatan tersebut didapatkan hasil bahwa prototipe dapat mengurangi 99% zooplankton jenis ragam lain pada sampel air laut Kenjeran.

Kata kunci : prototipe pengolah air balas kapal, *vortex generator*, turbulensi, zooplankton, IMO *Ballast Water Management Convention*, *Computational Fluid Dynamic*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Design of Vortex Generator For Ballast Water Treatment Using CFD (Computational Fluid Dynamic) Method

Student Name : Muhammad Ikbar Abdul Baqi
NRP : 04211440000116
Departement : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Supervisor : Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.

ABSTRACT

Ballast water can cause a threat to the environment, public health and the economy. This occurs when the ballast water is used, much in comparison with microphic organisms and organism sediments. Steps taken to cope with pollution due to water discharge, the Indonesian government also ratified the IMO BWMC (Ballast Water Management Convention) in 2017. Water repellent water treatment methods in the vessel were also strived, from a variety of methods both processing mechanically, chemically and physically will still require observations regarding the water flow conditions of reply. This study aims to determine the effect of fluid flow conditions or turbulence values from the simulation of CFD (Computational Fluid Dynamic), to the death of zooplankton on water samples with specific treatment intervals. The simple concept used in the development of this prototype is the flow of seawater samples from Kenjeran beach Surabaya with variation of discharge 5 lpm, 10 lpm, 15 lpm, 20 lpm and 25 lpm into the design of vortex generator 2,355 liters. Water samples were analyzed using stereo microscopy tools to obtain results by the method of calculating the Shannon-Wiener diversity index, the simpson dominance index and the pielou evenness index. From these observations we can see that the prototype can reduce 99% of zooplankton in the sample of seawater of Kenjeran.

Keywords— *Water Ballast Treatment Prototype, Vortex Generator, Turbulent, Zooplankton, IMO Ballast Water Management Convention, Computational Fluid Dynamic.*

“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 “Perancangan *Vortex Generator* Untuk *Ballast Water Treatment* Dengan Menggunakan Metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*)”. 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 orang tua terkasih, Anang Budi Setiawan dan Noor Umaroh yang dengan sabar dan gigih selalu mendukung secara moral dan spiritual kepada penulis hingga saat ini, Saudari-saudari tercinta, Nasywa Bintang Azalia dan Queena Aurora Khayzuran, yang senantiasa memberikan simpati dan doa-doanya. Serta sanak kerabat, semoga Allah SWT memberikan keberkahan serta kebaikan seluruhnya.
2. Bapak Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan pandangan gagasan, pemikiran dan motivasinya dalam proses penelitian ini berlangsung.
3. Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc. selaku dosen kepala laboratorium yang telah memberikan ide dan selalu memberikan dukungan kepada penulis.
4. Bapak Dr. Eng. Trika Pitana, S.T., M.Sc. selaku dosen wali penulis yang selalu memberikan motivasinya kepada penulis.
5. Teknisi dan Surveyor Laboratorium Ekologi, Departemen Biologi ITS yang telah membantu penulis dalam melaksanakan pengamatan kuantitatif zooplankton pada air balas.
6. Rekan senasib Mercusuar’14, secara khusus rekan seperjuangan, anggota laboratorium Marine Fluid Machinery and System (MMS) yang telah memberikan berbagai macam dukungan kepada penulis selama proses penelitian berlangsung.
7. Seluruh mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan, Bismarck’12, Barakuda’13, Salvage’15, Voyage’16 dan Badrikara’17 yang telah memberikan semangat dan support selama perkuliahan.
8. Teman-teman yang secara khusus telah memberikan arahan, dukungan dan doa selama pengerjaan penelitian ini kepada penulis yaitu Pandhu Hayu Amarta, Desy Agung Rachmawaty, Irma Dwi Amalia, Riyan Bagus Prihandanu, Dinari Pribawastuti, Hamzah Fansyuri, Kentari Hasna Lailyka, Sindy Windya N, member kosan MMS, member MMD, B9, konco ngopi mesra, WASPADA, dan SMABOY’14,.
9. 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 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ix
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	1
1.3. Batasan Masalah	1
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1. Sistem Air Balas pada Kapal	3
2.2. Sistem Pengolahan Air Balas pada Kapal	4
2.3. Pengaruh Tekanan Dan Suhu Terhadap Inaktivasi Mikroba.....	7
2.4. Aliran Vorteks	7
2.5. Computational Fluid Dynamic (CFD).....	8
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	9
3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	10
3.2. Studi Pustaka dan Literatur.....	10
3.3. Pemodelan Vortex Generator	10
3.4. Simulasi dengan CFD.....	12
3.4.1. Pengolahan model pada NUMECA Fine Open.....	12
3.4.2. Simulasi <i>CFD</i> NUMECA Fine Open.....	14
3.5. Rancang Bangun Prototipe	15
3.5.1. Merancang Prototipe Sistem	15

3.5.2. Desain Prototipe Alat	17
3.6. Eksperimen Menggunakan Prototipe	18
3.7. Analisa Kandungan Zooplankton pada Sampel Air Laut Sebelum dan Setelah Terhadap Sistem Pengolahan Air Balas	24
3.8. Kesimpulan.....	26
BAB IV RANCANG BANGUN PROTOTIPE.....	27
4.1. Umum.....	27
4.2. Desain Prototipe Alat	27
4.3. Perhitungan Head dan Kapasitas Pompa.....	27
4.4. Hasil Simulasi Rancangan <i>Vortex Generator Tube</i>	34
BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	43
5.1. Umum.....	43
5.2. Kandungan Zooplankton dalam Air Laut Pada Kondisi Eksisting	44
5.3. Pengaruh <i>Vortex Generator</i> Terhadap Kandungan Zooplankton Dalam Air Laut	44
5.4. Pengaruh Gaya <i>Impact</i> Terhadap Mortalitas Zooplankton Dalam Air Sampel.....	49
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	53
6.1. Kesimpulan.....	53
6.2. Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	57
BIODATA PENULIS	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Proses Sistem Air Balas	3
Gambar 2. 2. Bagan <i>Ballast Water Management</i> (Sumber: Haris, 2017)	4
Gambar 2. 3. Klasifikasi Vorteks berdasarkan kekuatannya	7
Gambar 3. 1. <i>Flowchart</i> penelitian.....	9
Gambar 3. 2. Rancangan 3D <i>Vortex Generator Tube</i>	10
Gambar 3. 3. Peletakkan <i>Vortex Generator</i> pada Pipa	11
Gambar 3. 4. Import model pada Hexpress.....	12
Gambar 3. 5. Tahapan proses <i>mesh generation</i>	13
Gambar 3. 6. Hasil dari <i>mesh generation</i> pada model	13
Gambar 3. 7. Batasan pada model	14
Gambar 3. 8. <i>Properties</i> dari Fluida Kerja pada saat simulasi.....	15
Gambar 3. 9. Kondisi <i>massflow</i> pada posisi <i>inlet</i> dan <i>outlet</i>	15
Gambar 3. 10. Skema Rancangan Sistem Pengolahan Air Balas.....	17
Gambar 3. 11. Rancang Bangun Sistem Pengolahan Air Balas.....	18
Gambar 3. 12. <i>Flowchart</i> percobaan	18
Gambar 3. 13. Tangki air laut sisi masukan pompa	21
Gambar 3. 14. Menghubungkan pada stop kontak.....	21
Gambar 3. 15. Katup untuk mengatur masukan air ke dalam <i>vortex generator</i>	22
Gambar 3. 16. Alat ukur kapasitas air keluaran pompa	22
Gambar 3. 17. Memutuskan hubungan arus dengan pompa	23
Gambar 3. 18. Katup untuk drainase tangki keluaran air.....	23
Gambar 3. 19. Jaring dengan serat padat untuk menampung zooplankton	24
Gambar 4. 1. Rancangan Prototipe Sistem.....	27
Gambar 4. 2. Tabel Hasil <i>Moody Diagram</i> pada <i>Suction</i> Pompa	29
Gambar 4. 3. Tabel Hasil <i>Moody Diagram</i> pada <i>Discharge</i> Pompa ($\Phi \frac{3}{4}$ Inch)	30
Gambar 4. 4. Tabel Hasil <i>Moody Diagram</i> pada <i>Discharge</i> Pompa (Φ 100 mm)	33
Gambar 4. 5. Grafik <i>Enhancement efficiency</i> – <i>Reynolds No.</i>	34
Gambar 4. 6. Kecepatan aliran – <i>Reynolds No.</i> pada berbagai berbagai nilai variasinya	36
Gambar 4. 7. Proses input salah satu nilai kecepatan aliran sebelum proses simulasi.....	36
Gambar 4. 8. Submenu pada <i>project parameter</i>	37

Gambar 4. 9. . Hasil simulasi berupa konduktivitas termal pada <i>vortex generator tube</i>	37
Gambar 4. 10. Hasil simulasi berupa kecepatan aliran pada <i>vortex generator tube</i>	38
Gambar 4. 11. Grafik koefisiensi perpindahan panas – <i>Reynolds No.</i> pada berbagai berbagai nilai variasinya	41
Gambar 5. 1. Zooplankton pada sampel air laut di Kenjeran	44
Gambar 5. 2. Grafik hasil pengamatan kuantitatif jumlah zooplankton berdasarkan debit	45
Gambar 5. 3. Grafik perbandingan jumlah zooplankton jenis <i>nauplius</i> dan ragam lain.....	46
Gambar 5. 4. Perbandingan hasil indeks keanekaragaman tiap jenis zooplankton	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jumlah Kandungan Mikroba dalam Air Balas (Lloyd's Register's)...	6
Tabel 4. 1. Nilai <i>Friction factor</i> berdasarkan <i>Reynould Number</i>	39
Tabel 4. 2. Nilai <i>Nusslet Number</i> berdasarkan <i>Reynould Number</i>	40
Tabel 5. 1. Validasi nilai kecepatan aliran	43
Tabel 5. 2. Hasil analisis jumlah zooplankton berdasarkan debit	45
Tabel 5. 3. Perbandingan jumlah zooplankton jenis <i>nauplius</i> dan ragam lain...	46
Tabel 5. 4. Perbandingan indeks keanekaragaman tiap jenis zooplankton	47
Tabel 5. 5. Nilai indeks dominasi Simpson (D) dan indeks pemerataan jenis <i>Pielou</i> (J) pada hasil eksperimen	49
Tabel 5. 6. Hasil eksperimen nilai tekanan aliran fluida terhadap debit	50
Tabel 5. 7. Hasil perhitungan nilai tekanan aliran fluida terhadap debit	50

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut *European Maritime Safety Agency* (2013), selain memberikan dampak yang positif bagi kapal air balas dapat menyebabkan ancaman besar bagi lingkungan, kesehatan masyarakat dan ekonomi. Organisme yang mampu hidup di dalam tangki kapal hingga saat proses pembongkaran air balas akan dilepaskan ke lingkungan baru. Terlebih lagi ketika air balas diambil dari pelabuhan yang banyak mengandung organisme mikroskopis dan sedimen terkondisikan pada lingkungan air balas rilis mendukung kehidupan organisme. Maka organisme tersebut akan bertahan hidup dan dapat bereproduksi menjadi spesies *invasif* yang dapat menyebabkan kepunahan spesies asli, menimbulkan dampak terhadap keanekaragaman hayati lokal atau regional, dampak terhadap kesehatan dan dampak terhadap masyarakat ekonomi lokal berbasis pada perikanan.

Indonesia sebagai negara yang terpilih kembali menjadi dewan IMO kategori C periode 2018 – 2019 yang disahkan pada *Assembly ke-30 International Maritime Organization (IMO)* di London pada tanggal 2 Desember 2017 memiliki tanggung jawab yang besar untuk menjaga kelestarian laut dan mencegah terjadinya pencemaran akibat operasional kapal. Dengan adanya ratifikasi ini akan membawa kepastian hukum yang akan melindungi laut Indonesia dari *Invasive Alien Species (IAS)* atau *Harmful Aquatic Organism and Pathogens (HAOP)* [Haris, 2016]. Komitmen Indonesia dalam menjaga kelestarian laut ditunjukkan pada kebijakan Indonesia yang akan meratifikasi *IMO Ballast Water Management Convention* yang dikeluarkan pada tahun 2004, mengenai manajemen pengolahan air balas kapal yang tertulis dalam *IMO Ballast Water Management Convention* air balas yang hendak dibuang ke laut harus diolah hingga memenuhi standar IMO.

Dengan penelitian yang sudah banyak dikembangkan, maka pada penelitian ini akan dilakukan studi mengenai studi optimasi sistem pengolahan air balas dengan *vortex generator* menggunakan metode CFD untuk menghancurkan zooplankton pada sampel air laut. Dengan adanya penelitian ini akan diketahui bagaimana perancangan *vortex generator* yang efisien untuk melakukan pengamatan mortalitas mikro-organisme. Secara lanjut adalah untuk mengetahui pengaruh laju aliran terhadap gaya *impact* terhadap mortalitas zooplankton dengan menghasilkan air olahan seoptimal mungkin yang terstandarisasi oleh *IMO Ballast Water Management Convention*.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ada tiga, yaitu:

1. Bagaimana bentuk perancangan *vortex generator* yang efisien untuk sistem pengolahan air balas?
2. Bagaimana pengaruh gaya *impact* terhadap mortalitas zooplankton?

1.3. Batasan Masalah

Batasan yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah dimensi *vortex generator* pada rancangan pengolahan air balas metode CFD.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Mengetahui bentuk perancangan *vortex generator* yang efisien untuk sistem.
2. Mengetahui pengaruh gaya *impact vortex generator* pada kapasitas aliran terhadap mortalitas zooplankton.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang akan dilakukan adalah :

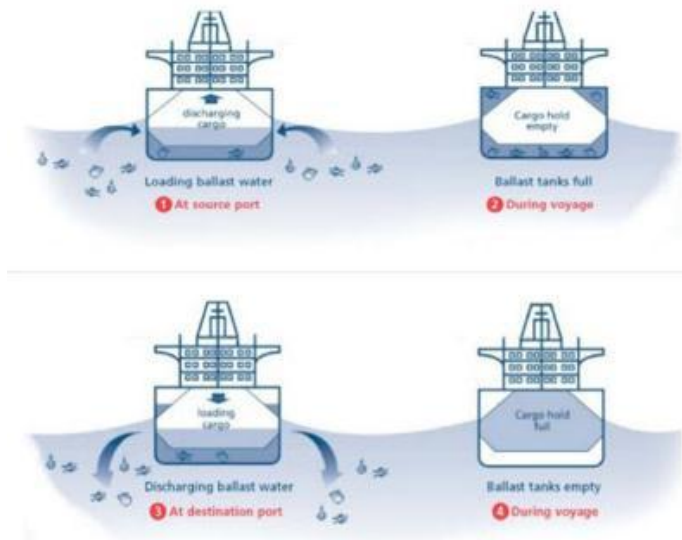
1. Menghasilkan rancangan *vortex generator* sistem prototipe pengolahan air balas skala lab yang dapat digunakan sebagai role model pembelajaran pengembangan alat pengolah air balas.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh kapasitas aliran fluida dan gaya *impact* yang tepat untuk diterapkan pada rancangan pengolahan air balas metode *vortex generator*

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Air Balas pada Kapal

Air balas merupakan air yang disimpan di dalam tangki balas pada kapal yang digunakan untuk meningkatkan stabilitas, keseimbangan dan *trim* pada kapal. Pengisian dan pembuangan air balas pada kapal dilakukan pada saat kapal melakukan proses bongkar muat atau pada saat kapal membutuhkan stabilitas ekstra pada saat cuaca buruk. Sistem balas ini berfungsi untuk menjaga stabilitas pada kapal yaitu menjaga tinggi sarat dan posisi kapal agar tetap aman untuk berlayar. Selain memberikan dampak positif pada kapal, ribuan spesies laut (termasuk bakteri dan mikro-organisme lainnya, invertebrate kecil, kista, dan larva sebagai spesies) yang terkandung dalam air balas pada kapal. Ketika kapal melakukan proses ballasting dan deballasting maka akan terjadi pertukaran organisme disatu daerah dengan daerah lainnya. Proses ini berlangsung secara *continous* bertahun-tahun selama selama kapal beroperasi di dunia. Hal ini mengakibatkan keseimbangan ekosistem terganggu. Karena organism asli bercampur dengan organism pendatang menyebabkan banyak terjadi mutasi genetika.

Gambar 2.1 menunjukkan proses sistem air balas dimana sistem tersebut terbagi menjadi dua yaitu sistem *ballasting* dimana dilakukan pengisian air balas pada tangki-tangki yang berada di kapal, sedangkan yang kedua adalah sistem *deballasting* dimana dilakukan pembuangan air balas. Selain itu juga pada sistem air balas ini terdapat sistem dimana air balas dipindahkan dari tangki 1 ke tangki lainnya untuk menjaga stabilitas pada kapal.

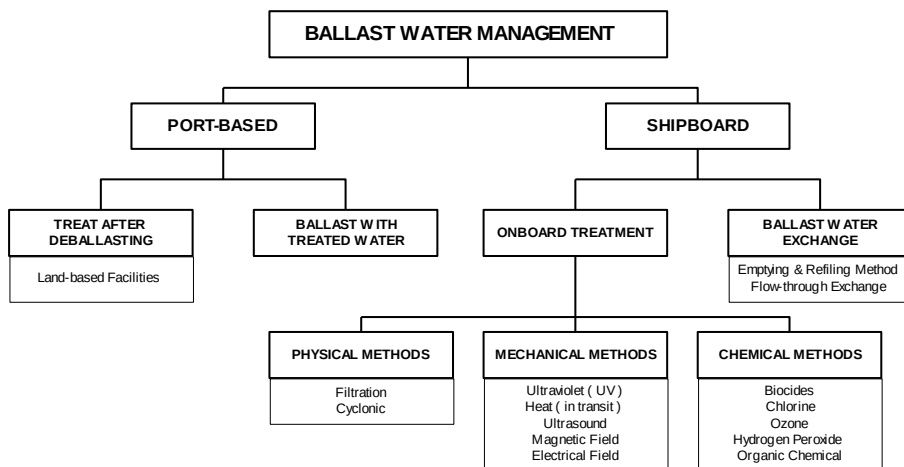


Gambar 2. 1. Proses Sistem Air Balas

(Sumber : <http://www.maritimeworld.web.id/2014/05/sistem-air-balast-di-kapal-dan-berbagai-permasalahanya.html>)

2.2. Sistem Pengolahan Air Balas pada Kapal

Dengan adanya peraturan pada IMO *International Convention for the Control and Management of Ships Ballast Water and Sediments*, maka diperlukan sebuah pengolahan air balas agar bisa terstandarisasi pada peraturan tersebut. Menurut Suroso (2006), secara garis besar terdapat dua metode pengolahan air balas yaitu pengolahan di pelabuhan dan pengolahan pada kapal. Sedangkan pengolahan pada kapal terbagi menjadi 3 jenis yaitu metode fisika, metode mekanik dan metode kimia. Untuk metode fisika menggunakan metode filtrasi dan siklonik, untuk metode mekanik menggunakan Sinar UV, pemanasan, Ultrasonik, medan magnet dan medan listrik. Sedangkan untuk metode kimia menggunakan zat kimia seperti klorin, hidrogen peroksida, kimia organik dan lainnya seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2. 2. Bagan *Ballast Water Management*
(Sumber: Haris, 2017)

Pada tanggal 28 – 30 Maret 2001 yang berjudul “*International Ballast Water Treatment Standards Workshop-IMO*” IMO menetapkan kriteria dari pengolahan air yang dilaksanakan di London sebagai berikut :

- ❖ **Safety** yaitu keselamatan kapal dan ABK tetap pada prioritas utama, sehingga standar keselamatan yang ada mungkin harus dikembangkan untuk mencakup masalah *ballast water treatment*
- ❖ **Environmental Acceptability** yaitu sistem pengolahan baru yang tidak akan menimbulkan masalah lingkungan yang lebih besar dibandingkan dengan sebelumnya
- ❖ **Practicability** yaitu sistem pengolahan baru harus bisa kompatibel dengan rancangan kapal dan batas-batas operasionalnya agar praktis untuk kapal yang sudah ada ataupun bangunan baru
- ❖ **Cost Effectiveness** yaitu sistem pengolahan baru tidak membutuhkan biaya yang sangat tinggi
- ❖ **Effectiveness** yaitu efektifitas teknologi yang dapat mematikan atau membuang mikroorganisme merupakan hal penting.

Dari konvensi ini lahir berbagai aturan mengenai pengolahan air balas kapal. Aturan ini kemudian dikenal dengan nama ANNEX, yang terdiri dari lima bagian yaitu ANNEX A hingga ANNEX E, sebagai berikut :

- ❖ ANNEX bagian A membahas mengenai ketentuan umum. Di dalam peraturan ini disebutkan bahwa “Kecuali secara tegas dinyatakan lain, maka pembuangan air balas harus melalui suatu sistem pengelolaan air balas sesuai dengan aturan pada ANNEX ini”.
- ❖ ANNEX bagian B membahas mengenai syarat manajemen dan kontrol air balas pada kapal. Peraturan – peraturan yang harus ditaati di dalam ANNEX ini diantaranya sebagai berikut:
 - Kapal harus memiliki sistem penanganan air balas yang telah disetujui oleh pihak yang berwenang.
 - Kapal harus memiliki log book untuk mencatat waktu pengambilan, penanganan, dan pembuangan air balas.
 - Kapal yang dibangun sebelum tahun 2009 dengan kapasitas tangki air balas setara 1500 dan 5000 m³ harus memenuhi standar penanganan air balas dengan menggunakan metode pertukaran air atau standar performa air balas hingga tahun 2014. Kapal yang dibangun sebelum tahun 2009 dengan kapasitas tangki air balas kurang dari 1500 atau lebih dari 500 m³ harus memenuhi standar penanganan air balas dengan menggunakan metode petukaran air balas atau standar performa air balas hingga tahun 2016.
 - Kapal yang dibangun pada tahun 2009 atau setelahnya dengan kapasitas tangki air balas kurang dari 5000 m³ harus memenuhi aturan standar performa dari air balas.
 - Kapal yang dibangun antara tahun 2009 – 2012, dengan kapasitas tangki air balas lebih dari 5000 m³ atau lebih harus memenuhi aturan standar performa dari air balas.
 - Kapal yang dibangun pada tahun 2012 atau setelahnyadengan kapasitas tangki air balas kurang dari 5000 m³ harus memenuhi aturan standar performa dari air balas.
 - Kapal yang menggunakan sistem pertukaran air balas harus melakukan pertukaran air balas setidaknya 200 mil laut dari pulau terdekat dan pada kedalaman air laut setidaknya 200 m.
 - Dalam kasus ketika kapal tidak bisa melakukan pertukaran air balas seperti aturan di atas, maka pertukaran harus dilakukan sejauh mungkin dari pulau terdekat, yaitu setidaknya 50 mil laut dari pulau terdekat dan setidaknya dalam kedalaman 200 m.
- ❖ ANNEX bagian C membahas mengenai undang – undang tambahan. Pada ANNEX ini disebutkan bahwa “Negara atau gabungan dari beberapa Negara yang saling bekerjasama, dimungkinkan untuk memberikan pemaksaan aturan tambahan untuk mencapai tujuan mengurangi mikroorganisme yang berbahaya akibat air balas dan endapannya. Dalam kasus ini, Negara atau gabungan dari beberapa Negara yang bekerjasama haru berkoordinasi

dengan negara tetangga terdekat yang mungkin terkena imbas pelaksanaan pemaksaan aturan tambahan tersebut dan harus berkomunikasi dengan IMO untuk mendapatkan persetujuan dari pemaksaan aturan tambahan setidaknya enam bulan”.

- ❖ ANNEX bagian D membahas mengenai standar untuk sistem pengolahan air balas. Peraturan pada ANNEX ini adalah sebagai berikut
 - Pada regulasi D-1, menyebutkan bahwa standar dari metode pertukaran air balas adalah, kapal yang menggunakan metode ini harus melakukannya dengan efisiensi 95% volume pertukaran air balas. Untuk kapal yang melakukan pertukaran air balas dengan menggunakan metode pumping-through. Pumping-through sebesar tiga kali volume tiap tangki air balas harus dipertimbangkan untuk memenuhi standar yang telah ditetapkan, untuk pumping-through kurang dari tiga kali yang diperbolehkan asalkan memenuhi standar.
 - Pada regulasi D-2, menyebutkan bahwa kapal yang menggunakan sistem penanganan air balas hanya diperbolehkan membuang kurang dari 10 organisme hidup dengan ukuran lebih dari atau sama dengan 50 mikrometer setiap 1 m³. Dan untuk mikroorganisme yang berukuran antara 10 hingga 50 mikrometer hanya boleh dibuang 10 mikroorganisme tiap 1 milimeter. Sedangkan untuk jenis mikroba, tidak boleh melebihi konsentrasi yang telah ditetapkan. Untuk vibrio cholerae kurang dari 1 cfu per 100 ml. Untuk Escherichia coli kurang dari 250 cfu per 100 ml. untuk intestinalenterococci kurang dari 100 cfu per 100 ml (**Tabel 2.1**).

Tabel 2. 1 Jumlah Kandungan Mikroba dalam Air Balas (Lloyd's Register's)

Organism category	Regulation
Plankton, > 10-50 μm in minimum dimension	< 10 cells/m ³
Plankton, 10-50 μm	< 10 cells / ml
Toxicogenic Vibrio Cholera (O1 and O139)	< 1 cfu/ 100 ml or less than 1 cfu/gr
Escherichia Coli	< 250 cfu / 100 ml
Intestinal Enterococci	< 100 cfu / 100 ml

- ❖ ANNEX bagian E adalah mengenai syarat survey dan sertifikasi untuk sistem pengolahan air balas. Pada ANNEX ini mengatur tentang pemberian syarat untuk berbagai macam survey dan sertifikasi. Sebagai

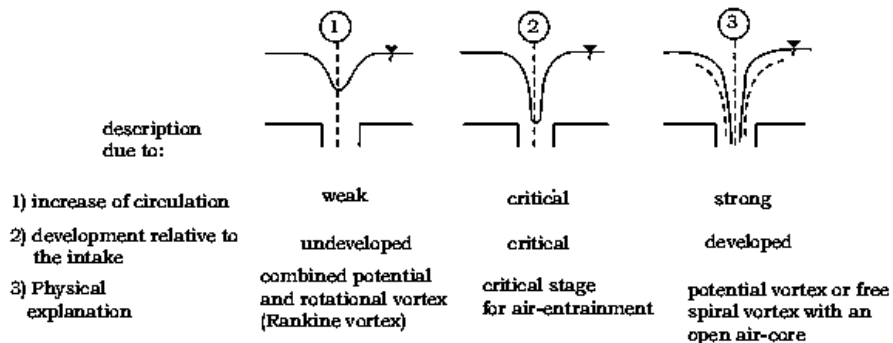
tambahan, juga memberikan formulir untuk sertifikat manajemen pengolahan air balas, dan formulir buku catatan air balas.

2.3. Pengaruh Tekanan Dan Suhu Terhadap Inaktivasi Mikroba

Spora bakteri tentu lebih tahan dibandingkan bakteri vegetatif dengan inaktivasi dengan tekanan hidrostatik tinggi (Cheftel 1995). Penggunaan tekanan tinggi pada rancangan hidrostatik sebagai pengganti perlakuan panas tradisional memerlukan studi dasar lebih lanjut untuk menentukan parameter (tekanan, waktu, dan suhu) inaktivasi, kinetika inaktivasi dan pengaruh faktor lingkungan terhadap ketahanan spora bakteri terhadap pengobatan (J.Raso 1997). Diketahui bahwa perkecambahan spora dan inaktivasi dapat dicapai dalam rentang suhu dan tekanan yang luas. Berdasarkan literatur yang ada, menginformasikan hasil yang kontradiktif mengenai keefektifan kombinasi tekanan-suhu yang berbeda dan mekanisme inaktivasi yang mendasarinya. Data tinjauan yang dipublikasikan rentan terhadap kesalahan akibat kondisi suhu pada proses yang tidak stabil atau penyelidikan yang tidak lengkap terhadap keseluruhan jalur inaktivasi (Kai Reineke 2013).

2.4. Aliran Vorteks

Dalam dinamika fluida, vorteks adalah sebuah daerah di dalam fluida dimana aliran sebagian besar bergerak memutar pada terhadap sumbu yang imajiner. Pusaran sangat tinggi di wilayah inti sekitar sumbu, dan hampir nol di ujung pusaran; sementara tekanan turun tajam saat mendekati wilayah itu. Setelah terbentuk, vorteks dapat berpindah, meregang, berputar, dan berinteraksi secara kompleks. Sebuah Vorteks bergerak membawa serta momentum sudut dan linier, energi, dan massa di dalamnya. Pola gerakan disebut Aliran Vorteks.



Gambar 2. 3. Klasifikasi Vorteks berdasarkan kekuatannya
(Sumber : Prof. B. S. Thandaveswara, Indian Institue of Technology Madras)

Secara umum, fenomena vorteks terbagi atas dua bahagian yaitu :

1. Vorteks Paksa / Vorteks Berotasi

Adalah vorteks yang terbentuk karena adanya gaya luar yang berpengaruh pada fluida.

2. Vorteks Bebas / Vorteks Tak Berotasi

Adalah vorteks yang terbentuk karena fenomena natural, tidak terpengaruh oleh gaya dari luar sistem fluida, pada aliran inkompresibel, umumnya terjadi karena adanya lubang keluar.

2.5. Computational Fluid Dynamic (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas (Widayatno, Utama KAP, 2011). Ada beberapa keuntungan dari penggunaan metode CFD yaitu:

1. Menekan biaya dan waktu dalam mendesain suatu produk, jika proses desain tersebut dilakukan dengan uji eksperimen dengan akurasi tinggi.
2. Mempunyai kemampuan sistem studi yang dapat mengendalikan percobaan yang sulit atau tidak mungkin dilakukan melalui eksperimen.
3. Mempunyai kemampuan untuk sistem studi di bawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan skenario kecelakaan).

Code Computational Fluid Dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

1. *Pre Processor*

Tahapan ini merupakan tahapan awal ketika akan melakukan proses simulasi. Pada tahap ini terdiri dari penggambaran model serta pembuatan mesh yang sesuai. Penggambaran model dapat dilakukan di luar software simulasi atau dapat juga melakukan penggambaran model pada software simulasi tersebut. Pada tugas akhir ini model akan dilakukan penggambaran dengan menggunakan software Inventor 2018. Setelah pemodelan telah dilakukan maka tahapan selanjutnya adalah melakukan proses mesh pada software NUMECA Fine Open. Proses meshing bertujuan untuk membuat model agar terdiri dari beberapa susunan atau yang lazim disebut cell agar model dapat dijalankan dan dianalisa oleh solver NUMECA Fine Open. Pada tahap meshing juga akan dilakukan penentuan batas-batas model yang akan dilakukan pengujian.

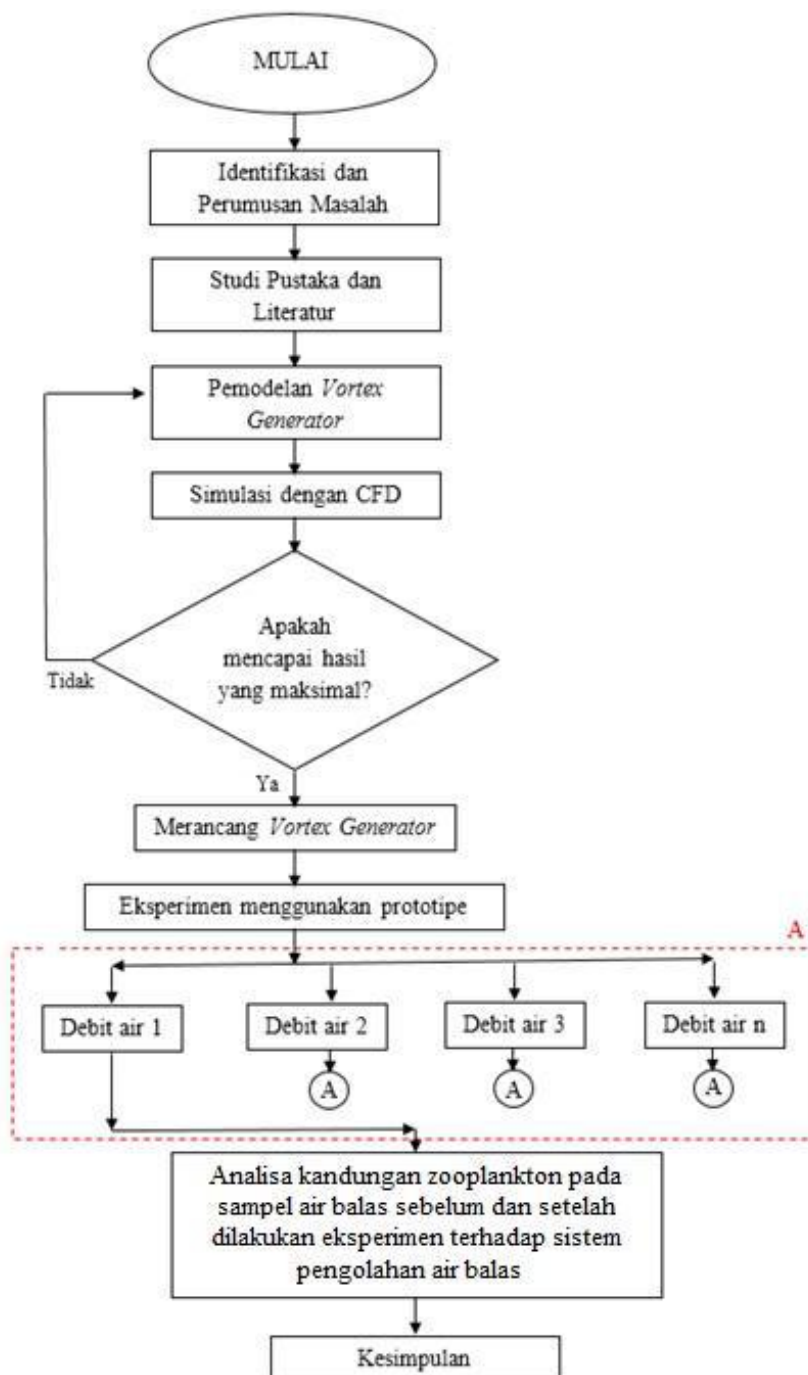
2. *Solver Manager*

Merupakan tahapan utama dari simulasi dengan CFD, yaitu dengan melakukan iterasi atau perhitungan terhadap kondisi-kondisi batas yang telah ditentukan dalam tahapan *preprocessing*. Dalam proses ini data-data mengenai karakteristik kondisi batas dan material atau jenis fluida yang digunakan dimasukkan ke dalam program.

3. *Post Processor*

Postprocessing adalah langkah terakhir dalam analisis CFD. Hal yang dilakukan pada langkah ini adalah mengolah dan menginterpretasi data hasil simulasi CFD yang bisa berupa data, gambar, grafik ataupun animasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3. 1. Flowchart penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dengan metode berbasis simulasi untuk membuat rancangan yang diujikan dengan menggunakan software sesuai referensi literatur dari yang sudah ada, kemudian hasil dari simulasi akan di gunakan sebagai acuan perancangan untuk pemecahan masalah yang ada (seperti yang dapat dilihat pada **gambar 3.1**). Metodologi penulisan skripsi ini mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan tugas akhir. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan sebagai berikut :

3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

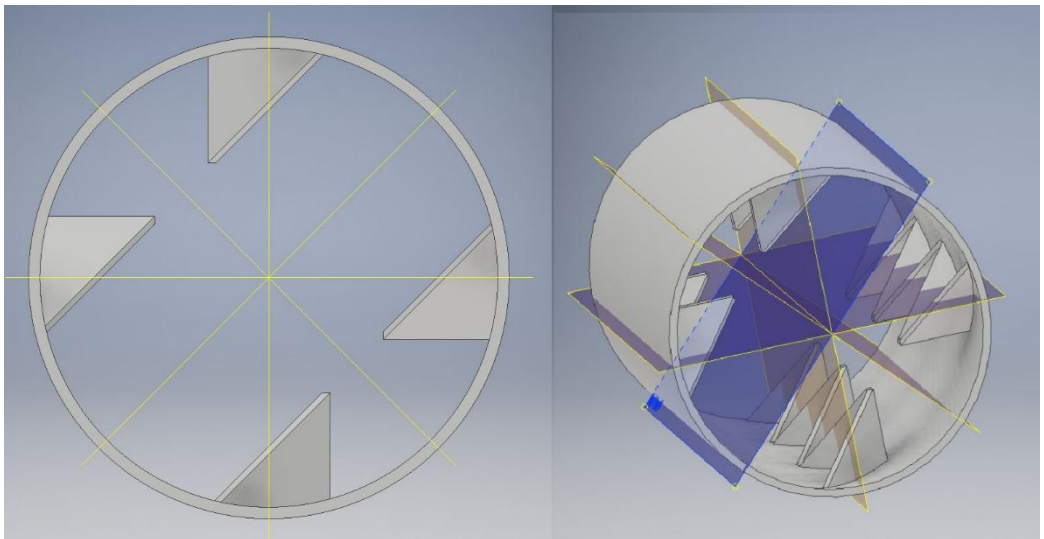
Penulisan tugas akhir ini dimulai dengan mengidentifikasi dan merumuskan masalah mengenai pengerjaan yang akan dilakukan dan juga batasan masalahnya. Hal ini dilakukan untuk menyederhanakan masalah sehingga memudahkan pengerjaan dan penyelesaian penulisan tugas akhir ini.

3.2. Studi Pustaka dan Literatur

Pengumpulan bahan pustaka yang menunjang kegiatan penelitian ini, yaitu mengenai perancangan *vortex generator* untuk *ballast water treatment* menggunakan metode CFD. *Vortex Generator*, CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dan pengaruh tekanan terhadap peningkatan nilai mortalitas mikro-organisme bersumber dari:

- a. Buku
- b. Paper
- c. Tugas akhir
- d. Internet

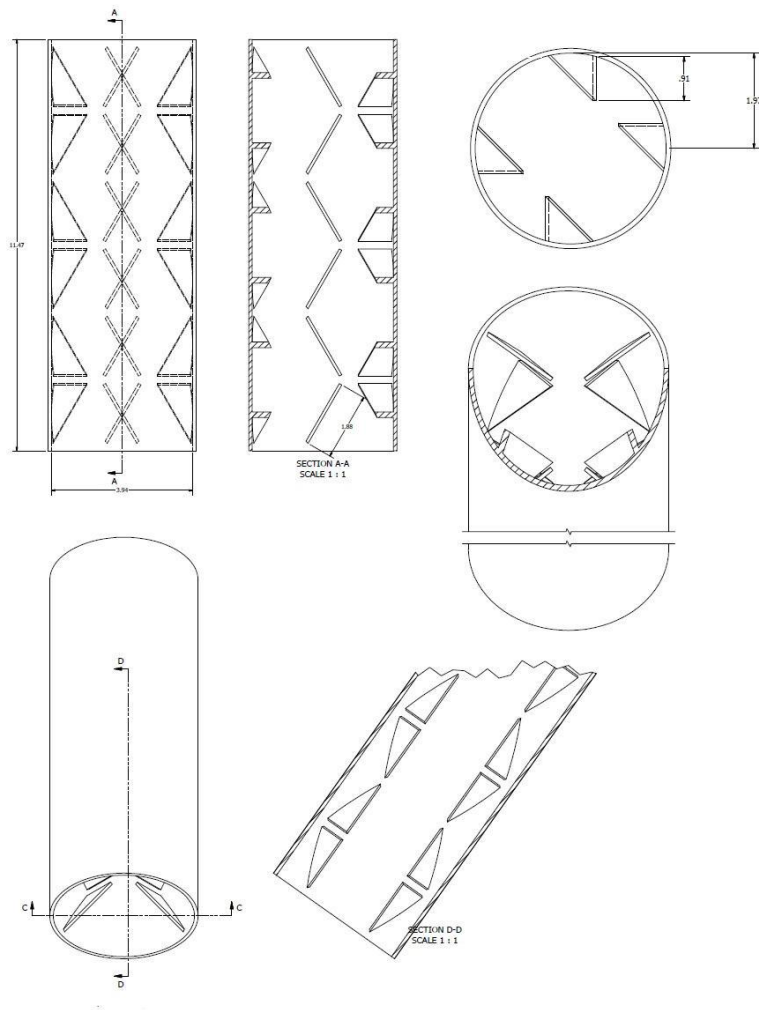
3.3. Pemodelan Vortex Generator



Gambar 3. 2. Rancangan 3D *Vortex Generator Tube*

Sebelum memasuki tahap simulasi perlu dilakukan pemodelan benda uji yang akan dilakukan simulasi. Pemodelan kali ini akan dilakukan dengan menggunakan software Inventor 2018. Model yang akan digunakan pada simulasi pada tugas akhir ini mengacu pada referensi hasil literasi yang sudah ada.

Model sistem dengan modifikasi dilakukan untuk mendapatkan nilai *vortex* atau turbulensi. Modifikasi model yang dilakukan adalah dengan menambahkan alat pangcau aliran atau yang sering dikenal dengan *Vortex Generator* (VG) yang dapat dilihat pada **gambar 3.2**.



Gambar 3. 3. Peletakkan *Vortex Generator* pada Pipa

Model dan dimensi *vortex generator* mengacu pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Sandip B. Kharge, N. C. Ghuge, V. S. Daund, seperti pada **gambar 3.3**.

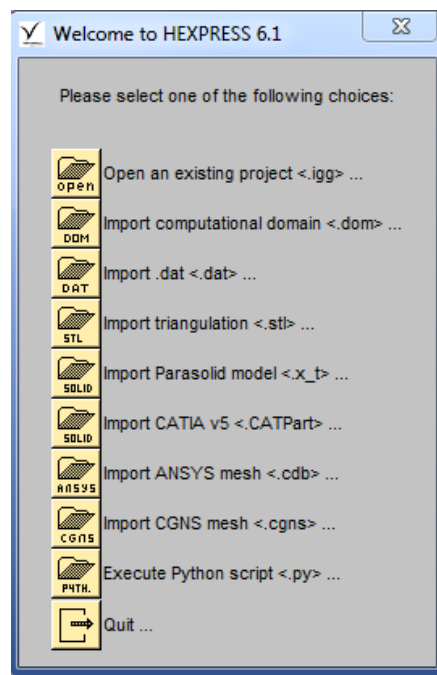
3.4. Simulasi dengan CFD

Pada tahap pelaksanaan percobaan hal yang dilakukan adalah melakukan simulasi untuk mengetahui kondisi aliran yang ada pada sistem. Hasil pengujian nantinya akan diketahui tekanan serta laju aliran pada sistem. Simulasi pada tugas akhir ini akan dilakukan dengan menggunakan software yaitu NUMECA Fine Open.

Sesuai dengan bahasan pada tinjauan pustaka terkait CFD (*Computational Fluid Dynamic*) terdapat beberapa tahapan dalam simulasi CFD mulai dari *pre prossesor*, *solver* dan *post prossesor*. Tahap *pre prossesor* sebagian telah dilakukan dalam pembuatan model yang dilakukan pada Inventor 2018, selanjutnya akan dilakukan tahap lanjutan dari *pre prossesor* adalah penggenerasian mesh pada model yang dilakukan melalui NUMECA Fine Open.

3.4.1. Pengolahan model pada NUMECA Fine Open

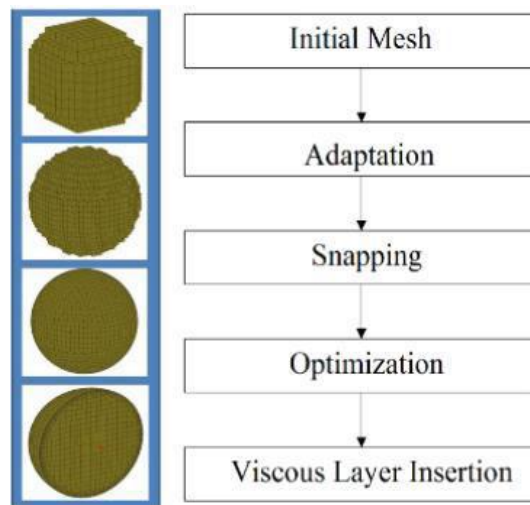
Penggenerasian mesh pada Fine Open menggunakan menu Hexpress (**lihat gambar 3.4**), dimana pada menu Hexpress terdapat beberapa pilihan sub menu yang berfungsi untuk memasukkan model yang akan di simulasikan dengan berbagai macam tipe atau bentuk model sesuai format 3D Modeling yang kita miliki.



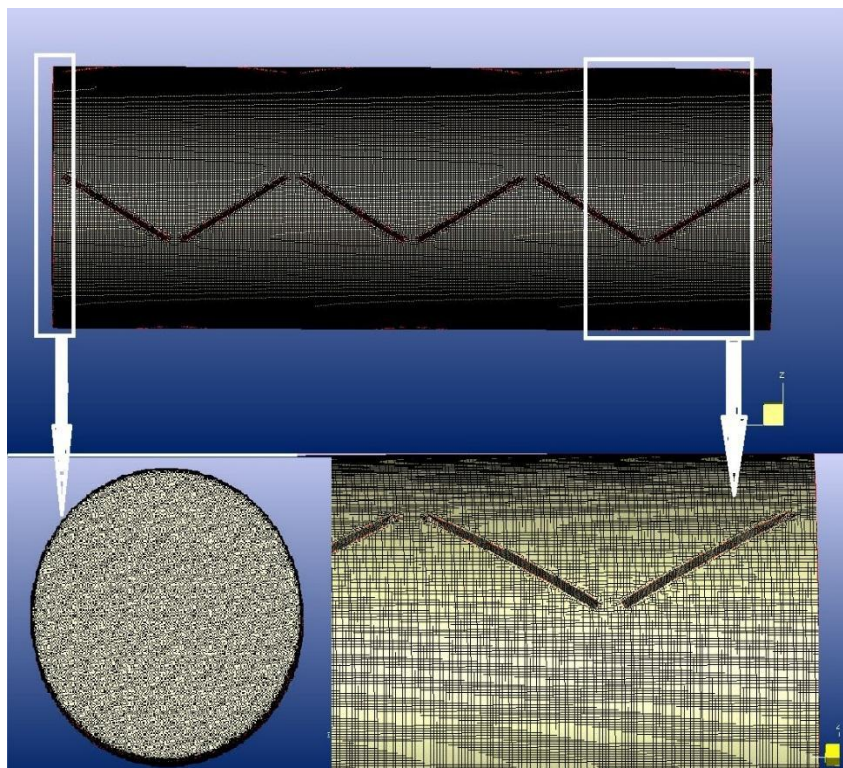
Gambar 3. 4. Import model pada Hexpress

Setelah pembentukan domain dari model maka dapat dilakukan pembuatan mesh dari model yang dibuat. Pembuatan mesh ini menggunakan fitur Mesh Wizard dari Hexpress.

Dalam proses yang ada di Mesh Wizard akan melalui beberapa tahapan yaitu *Initial Mesh*, *Adaptation*, *Snapping*, *Optimization* dan *Viscous Layer* seperti yang dapat dilihat pada **gambar 3.5**.



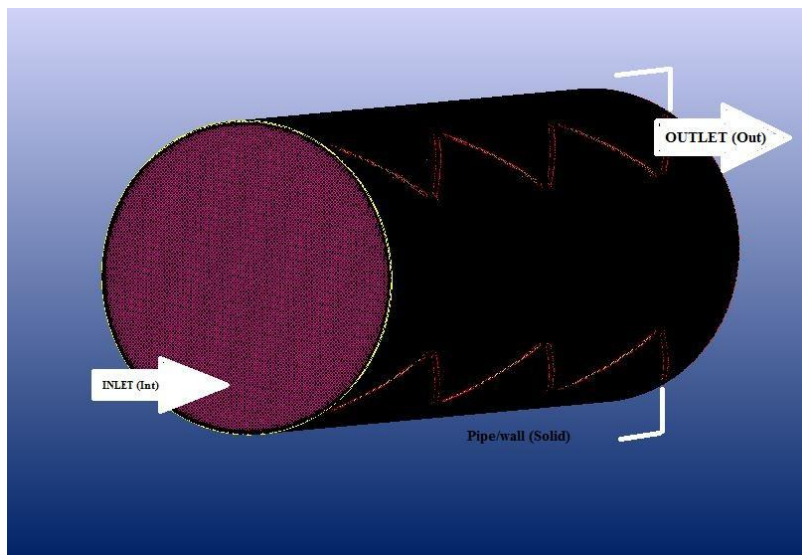
Gambar 3. 5. Tahapan proses *mesh generation*



Gambar 3. 6. Hasil dari *mesh generation* pada model

Dari proses meshing yang telah dilalui maka didapatkan hasil mesh model seperti **gambar 3.6** dengan total jumlah mesh 2,993,912. Tahapan akhir dalam proses Penggenerasian Mesh adalah melakukan pengecekan hasil meshing pada model. Pengecekan dapat dilakukan dengan menggunakan Meshing Quality. Hasil mesh harus dapat dipastikan tidak mengandung 3 jenis cell yaitu *negative cell*, *twisted cell* dan *concave cell*, yang mana artinya ketiga *cell* tersebut harus bernilai 0.

Setelah penggenerasian mesh selesai dilakukan maka langkah terakhir sebelum akhirnya model dilakukan simulasi adalah melakukan penentuan *Boundary Condition* terhadap model yang akan kita simulasikan. Hasil dari *boundary condition* adalah berupa batasan serta posisi inlet dan outlet pada sistem yang dapat dilihat seperti pada **gambar 3.7**.

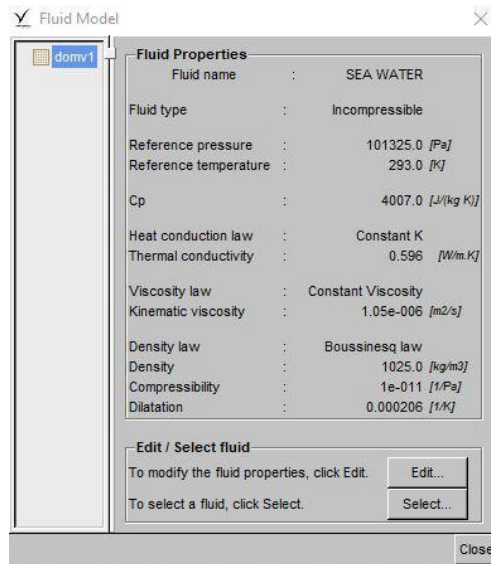


Gambar 3. 7. Batasan pada model

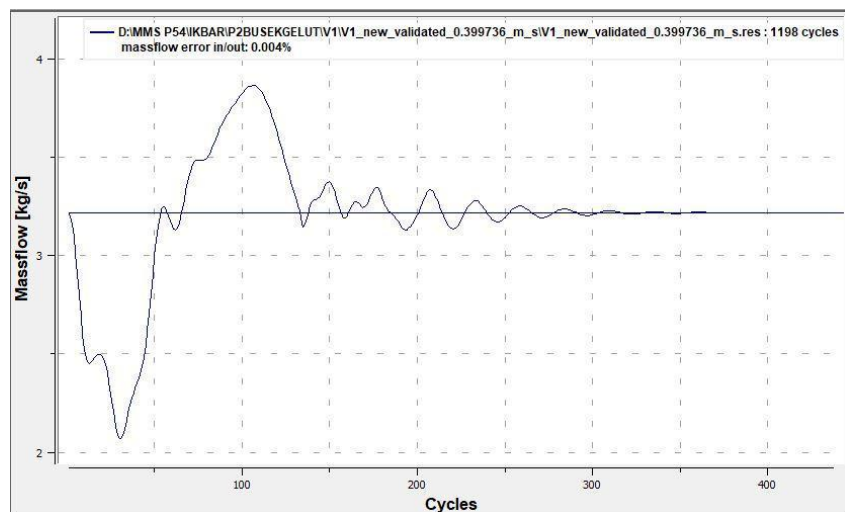
3.4.2. Simulasi *CFD* NUMECA Fine Open

Dalam proses simulasi atau masuk pada proses *solver* pada simulasi *CFD* langkah yang penting dilakukan adalah penentuan parameter fluida yang mengalir dalam sistem mulai dari bentuk fluida hingga bentuk atau model aliran yang akan disimulasikan. Dalam simulasi pada tugas akhir ini fluida yang digunakan adalah Sea Water atau air laut dengan *properties* seperti pada **gambar 3.8**.

Data karakteristik model didapatkan dari rancangan terhadap sistem. Proses simulasi divalidasi dengan melihat nilai dari *massflow* yang masuk dan keluar. Syarat dari sebuah simulasi berhasil dalam NUMECA adalah nilai *error massflow* kurang dari 0,05% (dapat dilihat pada **gambar 3.9**).



Gambar 3. 8. *Properties* dari Fluida Kerja pada saat simulasi



Gambar 3. 9. Kondisi *massflow* pada posisi *inlet* dan *outlet*

3.5. Rancang Bangun Prototipe

3.5.1. Merancang Prototipe Sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan *prototype vortex generator* sistem pengolahan air balas. Pada metode ini, akan dilakukan analisa kapasitas aliran dan gaya *impact* pada *prototype* tersebut untuk mengetahui apakah hasil pengujian yang dilakukan memiliki pengaruh terhadap peningkatan mortalitas zooplankton. Pada

perancangan ini beberapa tahapan yang harus dilalui yaitu pembuatan *prototipe* dari rancangan dan perakitan instalasi dan uji coba alat.

Dikarenakan menggunakan metode *CFD*, maka dibutuhkan perhitungan lanjut terkait debit air balas yang akan divariasikan dalam sistem, *head loss* dari rancangan sistem prototipe untuk mempertimbangkan melakukan penentuan spesifikasi pompa yang digunakan. Adapun beberapa formula yang digunakan dalam perhitungan *head* pompa, debit air balas adalah sebagai berikut :

Perhitungan debit

$$Q = \frac{v}{t} \dots\dots\dots 3.1$$

Dimana :

Q = Debit (ml/s²)

v = Kecepatan aliran fluida (ml)

t = waktu tempuh fluida (detik)

Kecepatan fluida

$$v = \frac{Q (cm^2 dt^{-1})}{A (cm^2)} \dots\dots\dots 3.2$$

Dimana :

Q = Debit (ml/s²)

A = luas alas pipa bagian dalam (cm²)

Perhitungan kebutuhan head pompa

$$H = ha + hp + hv + hl \dots\dots\dots 3.3$$

Dimana :

H = Head total yang dibutuhkan

ha = Head Statis

hp = Head Pressure

hv = Head velocity

hl = Head loss

$$hp = Hp \text{ discharge} - Hp \text{ suction} \dots\dots\dots 3.4$$

$$hv = (v \text{ discharge} - v \text{ suction})^2 / 2g \dots\dots\dots 3.5$$

$$hl = hl \text{ mayor} + hl \text{ minor} \dots\dots\dots 3.6$$

$$hl \text{ mayor} = f \frac{Lv^2}{2gD} \dots\dots\dots 3.7$$

Hl mayor = head loss mayor

f = friction factor

L = panjang pipa (m)

v = kecepatan aliran fluida (m/s)

g = percepatan grafitasi (m/s^2)
 d = diameter dalam pipa (m)

Nilai friction factor didapatkan dari persinggungan antara nilai *Relative Pipe Roughness* dengan *Renould Number* (Re) pada *Moody Diagram*.

Renould Number (Re)

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} \dots\dots\dots 3.8$$

Re = Renould Number

ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

v = kecepatan fluida (m/s)

d = diameter dalam pipa (m)

μ = viskositas kinematik fluida

Realtive Pipe Roughnes

$$\text{Relative Pipe Roughnes} = \varepsilon/D \dots\dots\dots 3.9$$

ε = Kekasaran permukaan pipa bagian dalam

D = Diameter dalam pipa (m)

$$h = k \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots 3.10$$

h = head loss minor (m)

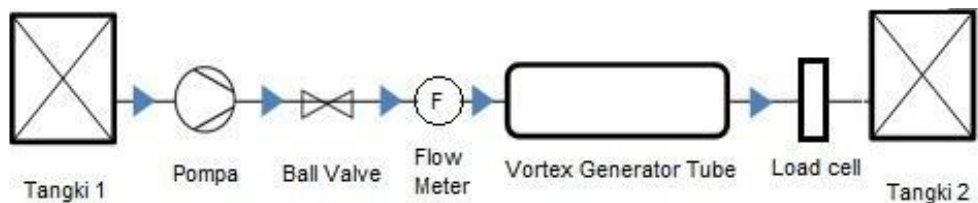
k = koefisien resistansi

v = kecepatan fluida dalam pipa (m/s)

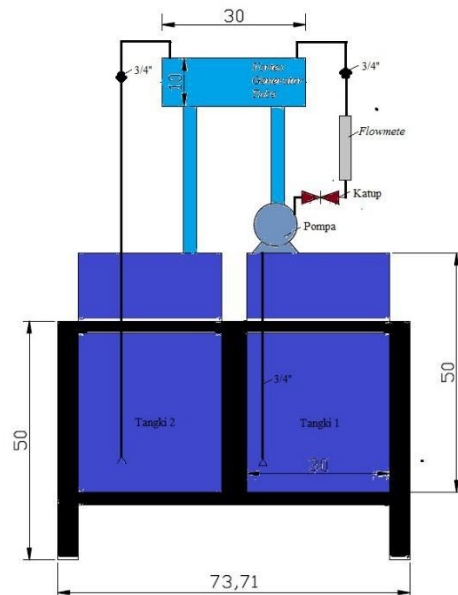
g = percepatan gravitasi (m/s^2)

3.5.2.Desain Prototipe Alat

Tahap desain prototipe dimulai dengan merencanakan rangkaian dan skema kerja prototipe. Berikut adalah diagram kerja dari prototipe alat yang akan dibangun, yang dapat dilihat pada **gambar 3.10 dan 3.11**.

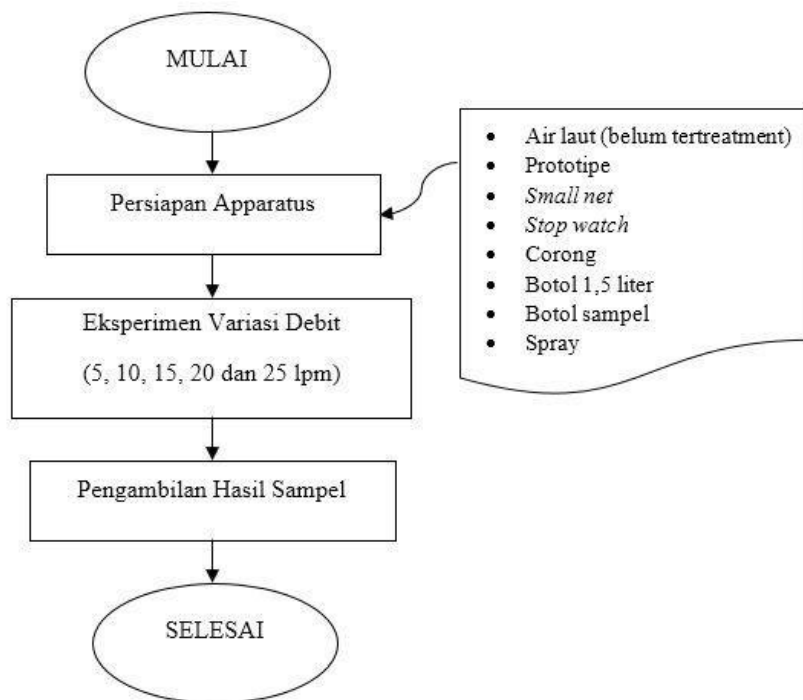


Gambar 3. 10. Skema Rancangan Sistem Pengolahan Air Balas



Gambar 3. 11. Rancang Bangun Sistem Pengolahan Air Balas

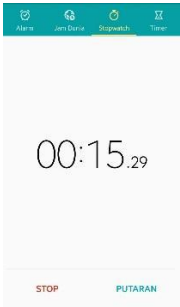
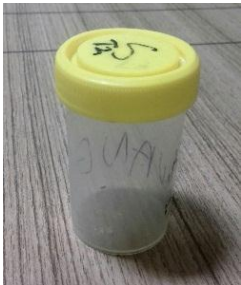
3.6. Eksperimen Menggunakan Prototipe



Gambar 3. 12. Flowchart percobaan

Tabel 3.1. Daftar apparatus eksperimen menggunakan prototipe

No	Komponen	Fungsi
1	Air laut (Pantai kenjeran) 	<i>Raw material</i> pada penelitian
2	Prototipe 	Alat pengolahan air laut (<i>raw material</i>)
3	<i>Small net</i> 	Menyaring zooplankton

4	Stop watch 	Mengukur waktu estimasi
5	Corong 	Alat bantu untuk menuang fluida (air laut)
6	Botol 1,5 liter 	Botol ukur air <i>treatment</i> yang disaringkan
7	Botol sampel 	Menampung air sampel untuk dianalisis

8	Spray 	Untuk memecah cairan yang disemprotkan agar mendistribusikan zooplankton yang menempel pada <i>small net</i>
---	--	--

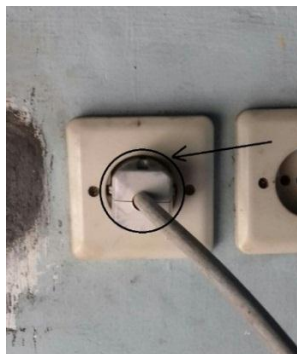
Prosedur eksperimen pengolahan air laut:

1. Sebelum pengolahan air laut dimulai, dilakukan perhitungan estimasi waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan air laut *tertreatment* sebanyak 10 liter berdasarkan masing-masing variasi eksperimen debitnya.



Gambar 3. 13. Tangki air laut sisi masukan pompa

2. Mengisi drum tangki (30 liter) untuk masukan ke sistem pengolahan dengan air laut (*raw material*) hingga penuh atau cukup untuk mengoperasikan prototipe, seperti yang dapat dilihat pada **gambar 3.13**.



Gambar 3. 14. Menghubungkan pada stop kontak

3. Tahapan ke 2 dilakukan pengulangan apabila diperlukan.
4. Menyalakan atau menghubungkan suplai listrik (**gambar 3.14**) pada pompa yang terangkai dalam prototipe.
5. Mengatur bukaan katup (**gambar 3.15**) hingga mencapai variasi debit yang sesuai.



Gambar 3. 15. Katup untuk mengatur masukan air ke dalam vortex generator

6. Setelah debit yang terukur pada *flowmeter* telah tercapai (**gambar 3.16**), dilakukan pengukuran waktu sesuai perhitungan waktu estimasi.



Gambar 3. 16. Alat ukur kapasitas air keluaran pompa

7. Memutuskan suplai listrik (seperti **gambar 3.17**) pada pompa ketika mencapai estimasi waktu terhitung.



Gambar 3. 17. Memutuskan hubungan arus dengan pompa

8. Mengisi spray dengan air *treatment* pada variasi debit tertentu.
9. Memindahkan air *treatment* dari drum tangki keluaran sistem (**lihat 3.18**) ke botol 1,5 liter yang digunakan sebagai botol ukur (pengulangan 7x atau $\pm$ 10 liter).



Gambar 3. 18. Katup untuk drainase tangki keluaran air

10. Menuangkan air pada botol 1,5 liter ke *small net* (pengulangan 7x atau $\pm$ 10 liter).
11. Setelah tahapan ke 10 bisa dicukupkan, botol sampel yang sudah tersedia diletakan pada ujung *small net* atau *cod end*.

12. Gunakan spray untuk menyemprotkan air yang *tertreatment* sama pada *small net*, hal tersebut dilakukan untuk mengalirkan zooplankton yang menempel ke *cod end*. Proses ini dilakukan dengan menyemprot bagian *small net* secara menyeluruh.
13. Zooplankton yang terkumpul di *cod end* (**lihat gambar 3.19**), disemprot dengan spray untuk dituangkan pada botol sampel masing-masing variasi debit.



Gambar 3. 19. Jaring dengan serat padat untuk menampung zooplankton

14. Komponen yang terkontaminasi air *tertreatment* dibilas dengan air tawar sebelum digunakan
15. Tahap 4 hingga 14 dilakukan secara berulang setiap perubahan variasi debit

3.7. Analisa Kandungan Zooplankton pada Sampel Air Laut Sebelum dan Setelah Terhadap Sistem Pengolahan Air Balas

Pada tahap ini dilakukan analisa jumlah kandungan zooplankton pada air balas sebelum diolah dalam prototipe dan air balas yang telah diolah dalam prototipe guna mengetahui bagaimana kinerja dari prototipe sistem pengolahan air balas yang telah dibuat dalam mengolah air balas pada eksperimen ini. Adapun analisa kandungan zooplankton sampel air balas pada penelitian ini menggunakan metode *Perhitungan Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener*, *Indeks Dominasi Simpson* dan *Indeks Kemerataan Pielou*.

- a. Keanekaragaman spesies merupakan ciri tingkatan komunitas berdasarkan organisasi biologinya. Keanekaragaman spesies dapat digunakan untuk menyatakan struktur komunitas, yaitu kemampuan suatu komunitas untuk menjaga dirinya tetap stabil meskipun ada gangguan terhadap komponen-komponennya (Soegianto, 1994). Untuk mengetahui keanekaragaman jenis, dihitung dengan menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (Odum, 1993) dengan rumus sebagai berikut:

$$H' = -\sum P_i \ln(P_i), \text{ dimana } P_i = \left(\frac{n_i}{N}\right)$$

Dimana:

H' = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

N_i = Jumlah individu jenis ke- i

N = Jumlah individu seluruh jenis

Kriteria nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') adalah sebagai berikut:

$H' < 1$: Keanekaragaman rendah

$1 < H' < 3$: Keanekaragaman sedang

$H' > 3$: Keanekaragaman tinggi

- b. Nilai indeks dominansi mendekati satu apabila komunitas didominasi oleh jenis atau spesies tertentu dan jika indeks dominansi mendekati nol maka tidak ada jenis atau spesies yang mendominasi (Odum, 1971). Banyak sedikitnya spesies yang terdapat dalam suatu contoh air akan mempengaruhi indeks dominansi, meskipun nilai ini sangat tergantung dari jumlah individu masing-masing spesies (Kaswadi, 1976). Indeks dominansi digunakan untuk memperoleh informasi mengenai jenis yang mendominasi pada suatu komunitas pada tiap habitat indeks dominansi yang dikemukakan oleh Simpson adalah sebagai berikut (Ludwig dan Reynold, 1988):

$$D_i = \sum_{i=1}^S (P_i)^2$$

Dimana:

D_i = Indeks dominansi Simpson

S = Jumlah jenis (spesies)

n_i = Jumlah total individu jenis larva i

N = Jumlah seluruh individu dalam total n

$P_i, (n_i/N)$ = Sebagai proporsi jenis ke- i

Pengaruh kualitas lingkungan terhadap kelimpahan selalu berbeda tergantung pada jenisnya, karena setiap jenis memiliki adaptasi dan toleransi yang berbeda terhadap habitatnya. Indeks tersebut digunakan untuk memperoleh informasi yang lebih rinci tentang komunitas ikan (Anwar, 2011).

- c. Nilai indeks pemerataan jenis dapat menggambarkan kestabilan suatu komunitas. Nilai indeks pemerataan (E) ada pada rentang nilai 0 sampai 1. Semakin kecil nilai E atau mendekati nol, maka semakin tidak merata penyebaran organisme dalam komunitas tersebut yang didominasi oleh jenis tertentu dan sebaliknya, semakin besar nilai E atau mendekati satu maka organisme dalam komunitas akan menyebar secara merata (Krebs, 1989).

Untuk mengetahui besarnya indeks kesamarataan menurut Pielou (1966) dalam Odum (1993) yaitu sebagai berikut:

$$J = \frac{H'}{\log S}$$

Dimana:

H' = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

S = Jumlah Spesies

J = Indeks Kemerataan

Kriteria komunitas lingkungan berdasarkan indeks kemerataan:

$0 < E < 0,5$: Komunitas rendah

$0,5 < E < 0,75$: Komunitas sedang

$0,75 < E < 1$: Komunitas tinggi

3.8. Kesimpulan

Setelah melakukan analisa data maka akan diketahui kondisi dari tiap variasi yang memiliki nilai optimum, maka penarikan kesimpulan dapat diputuskan dari hasil analisis. Kesimpulan menjawab rumusan masalah dan sesuai dengan tujuan penelitian.

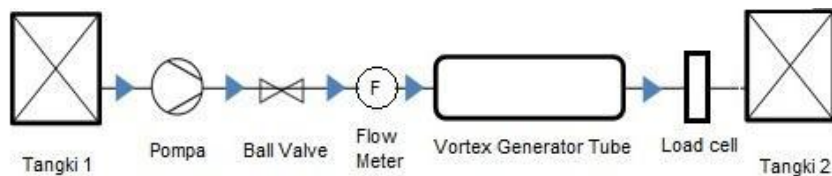
BAB IV RANCANG BANGUN PROTOTIPE

4.1. Umum

Pada bab ini dijelaskan langkah – langkah perancangan dan pembuatan prototipe alat pengolah air balas kapal yang meliputi proses desain prototipe dan perhitungan teknis yang meliputi perhitungan kapasitas dan head pompa.

4.2. Desain Prototipe Alat

Tahap desain prototipe dimulai dengan merencanakan rangkaian dan skema kerja prototipe. Berikut adalah diagram kerja dari prototipe alat yang akan dibangun pada **gambar 4.1.**



Gambar 4. 1. Rancangan Prototipe Sistem

Berdasarkan diagram di atas, prototipe pengolah air balas yang akan dibangun terdiri dari tangki nomor 1 yang berfungsi sebagai penampung air laut pada kondisi eksisting. Air dalam tangki ini akan dipompa menuju filter dengan debit yang divariasikan. Variasi debit di dalam sistem didapatkan dari pengaturan laju aliran air dengan menggunakan ball valve yang terletak pada discharge pompa. Ketika mengatur debit air balas diantara ball valve dengan flow meter. Pemantauan ini dilakukan guna mengetahui monimal dari besaran debit air dalam sistem apakah telah sesuai dengan variasi debit yang telah ditentukan. Setelah keluar dari flow meter, air balas akan masuk ke Vortex Generator Tube untuk mengetahui nilai mortilitas zooplankton. Setelah keluar dari Vortex Generator Tube, tekanan air keluar akan diukur nilai potensial bebannya pada load cell board. Air laut akan ditampung pada tangki olahan, dari tangki ini akan diambil sampel air laut untuk dianalisa jumlah zooplankton yang terkandung di dalam air balas. Setelah mendesain skema kerja dari prototipe, langkah selanjutnya dilakukan perancangan gambar desain prototipe.

4.3. Perhitungan Head dan Kapasitas Pompa

Pada tahap ini dilakukan perhitungan head dan kapasitas yang dibutuhkan oleh pompa untuk mengalirkan air balas pada prototipe pengolah air balas. Berikut adalah proses perhitungan head dan kapasitas pompa pada prototipe alat pengolah air balas kapal.

Perhitungan Head Pompa

- a. Head Statis
- b. Head Pressure
- c. Head Loss

- Perhitungan kecepatan aliran air pada pipa penghubung

$$Q = 30 \text{ lpm}$$

$$\text{Diameter Pipa} = 3/4 \text{ inch} = 1,905 \text{ cm}$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{30 \text{ liter/menit}}{3,14 \times 1,9525^2 \text{ cm}^2}$$

$$V = \frac{30000 \text{ cm}^3/\text{min}}{3,81225 \text{ cm}^2}$$

$$V = 7869,36848 \text{ cm/min}$$

$$V = 1,3115614 \text{ m/s}$$

- Perhitungan head loss pada suction

Head Loss Friction

Renould Number (Re)

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu}$$

Re = Renould Number

ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

v = kecepatan fluida (m/s)

d = diameter dalam pipa (m)

μ = viskositas dinamik fluida ($\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$)

$$Re = \frac{1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,3115614 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,01905 \text{ m}}{1,08 \times 10^{-3}}$$

$$Re = 23712,848$$

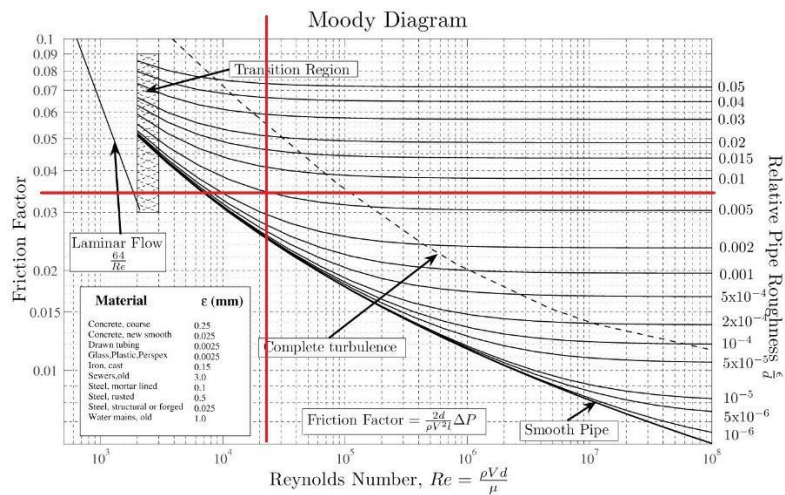
$$Re = 2,37 \times 10^4$$

$$\text{Relative pipe roughness} = \frac{\varepsilon}{D}$$

$$\text{Relative pipe roughness} = \frac{0,015}{1,905}$$

$$\text{Relative pipe roughness} = 0,00787$$

Ploting bilangan Reynolds dan *relative pipe roughness* pada diagram Moody untuk mendapatkan nilai koefisien gesekan (**lihat gambar 4.2**)



Gambar 4. 2. Tabel Hasil *Moody Diagram* pada *Suction Pompa*

Dari plotting bilangan Reynolds dan *relative pipe roughness* pada diagram Moody didapatkan nilai koefisien gesekan sebesar 0,0344.

$$H_f = f \frac{Lv^2}{2gD}$$

H_f = head loss friction

L = panjang pipa (m)

v = kecepatan aliran fluida (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

d = diameter dalam pipa (m)

$$H_f = 0,0344 \times \frac{1 \text{ m} \times 1,31156^2 \text{ m/s}^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,01905 \text{ m}}$$

$$H_f = 0,1208358 \text{ m}$$

Head Loss Accessories

$$h = k \frac{v^2}{2g}$$

h = head loss accessories (m)

k = koefisien resistansi

v = kecepatan fluida dalam pipa (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

k = elbow (2 buah) = 2

$$h = 2 \times \frac{1,31156^2}{2 \times 9,8}$$

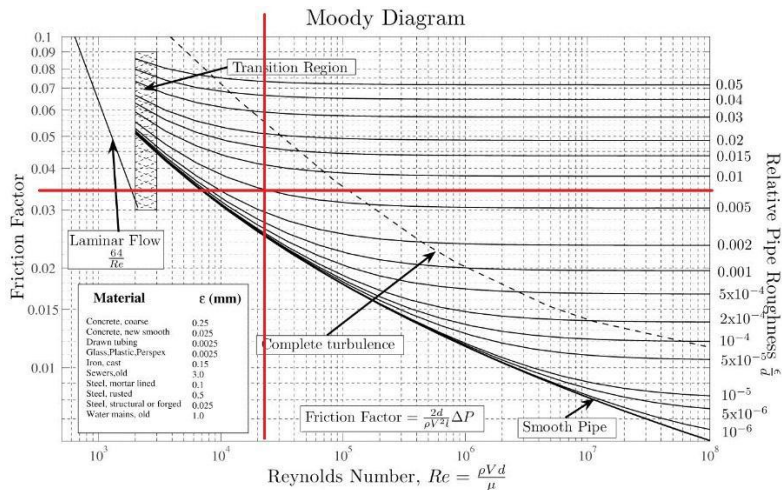
$$h = 0,17553 \text{ m}$$

Hl Suction = Hl friction + Hl accessories

$$\text{Head loss suction} = 0,1208358 \text{ m} + 0,17553 \text{ m}$$

$$\text{Head loss suction} = \mathbf{0,2963653 \text{ m}}$$

- Perhitungan head loss pada discharge (pipa ¾ inch)



Gambar 4. 3. Tabel Hasil *Moody Diagram* pada *Discharge Pompa* ($\Phi \frac{3}{4}$ Inch)

Head Loss Friction

Renould Number (*Re*)

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu}$$

Re = Renould Number

ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

v = kecepatan fluida (m/s)

d = diameter dalam pipa (m)

π = viskositas kinematik fluida

$$Re = \frac{1025,87 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,31156 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,01905 \text{ m}}{1,08 \times 10^{-3}}$$

$$Re = 23712,848$$

$$Re = 2,37 \times 10^4$$

Relative pipe roughness

$$\begin{aligned} \text{Relative pipe roughness} &= \frac{\varepsilon}{D} \\ \text{Relative pipe roughness} &= \frac{0,015}{1,905} \\ \text{Relative pipe roughness} &= 0,00787 \end{aligned}$$

Ploting bilangan Reynolds dan *relative pipe roughness* pada diagram Moody untuk mendapatkan nilai koefisien gesekan (**lihat gambar 4.3**). Dari ploting bilangan Reynolds dan *relative pipe roughness* pada diagram Moody didapatkan nilai koefisien gesekan sebesar 0,0344.

$$H_f = f \frac{Lv^2}{2gD}$$

H_f = head loss friction
 L = panjang pipa (m)
 v = kecepatan aliran fluida (m/s)
 g = percepatan gravitasi (m/s^2)
 d = diameter dalam pipa (m)

$$H_f = 0,0344 \times \frac{1 \text{ m} \times 1,31156^2 \text{ m/s}^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,01905 \text{ m}}$$

$$H_f = 0,988 \text{ m}$$

$$h = k \frac{v^2}{2g}$$

h = head loss accessories (m)
 k = koefisien resistansi
 v = kecepatan fluida dalam pipa (m/s)
 g = percepatan gravitasi (m/s^2)
 k =

Fitting	k	Jumlah	Koefisien resistansi (k) x jumlah
Elbow 90°	0,75	1	0,75
Union	0,04	4	0,16
Flow meter	2,5	1	2,5
Tee	2	4	8
Ball valve	0,9	1	0,9
Koefisien resistansi total			12,31

$$\begin{aligned} h &= 12,31 \times \frac{1,31156^2}{2 \times 9,8} \\ h &= 1,0804 \text{ m} \end{aligned}$$

Head loss discharge $\frac{3}{4}$ inch = Head loss friction + Head loss accessories

$$Hl \text{ discharge pipa } \frac{3}{4} \text{ inch} = 0,988m + 1,0804m$$

$$\text{Head loss discharge pipa } \frac{3}{4} \text{ inch} = \mathbf{2,06838 \text{ m}}$$

- Perhitungan kecepatan aliran Air Pada Vortex Generator Tube

$$Q \text{ variasi 1} = 30 \text{ lpm}$$

$$\text{Diameter Pipa} = 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{30 \text{ liter/menit}}{3,14 \times 5^2 \text{ cm}^2}$$

$$V = \frac{30000 \text{ cm}^3/\text{min}}{78,5 \text{ cm}^2}$$

$$V = 382,1656051 \text{ cm/min}$$

$$V = 0,063694177 \text{ m/s}$$

- Perhitungan head loss pada discharge (Vortex Generator Tube 10 cm)

Head Loss Friction

Renould Number (Re)

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu}$$

Re = Renould Number

ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

v = kecepatan fluida (m/s)

d = diameter dalam pipa (m)

μ = viskositas dinamik fluida (N/m^2)

$$Re = \frac{1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,063694 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,1 \text{ m}}{1,08 \times 10^{-3}}$$

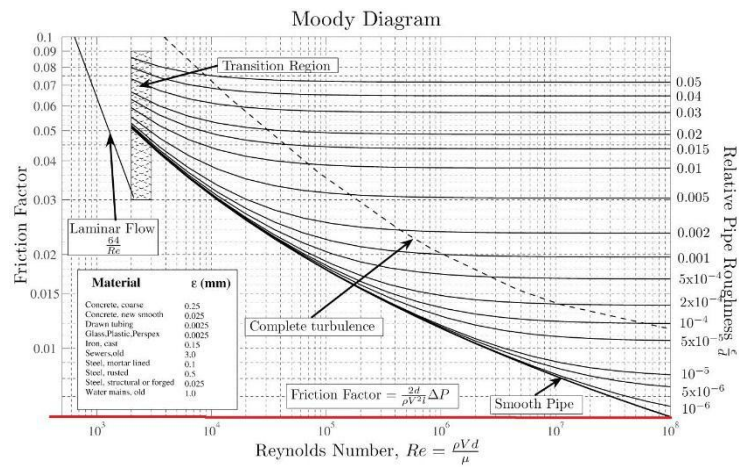
$$Re = 5985,75324$$

$$Re = 5,98 \times 10^3$$

$$\text{Relative pipe roughness} = \frac{\varepsilon}{D}$$

$$\text{Relative pipe roughness} = \frac{0,015}{10}$$

$$\text{Relative pipe roughness} = 0,15$$



Gambar 4. 4. Tabel Hasil *Moody Diagram* pada *Discharge Pompa* (Φ 100 mm)

Ploting bilangan Reynolds dan *relative pipe roughness* pada diagram Moody untuk mendapatkan nilai koefisien gesekan 0,15 (**lihat gambar 4.4**). Dari hasil ploting tersebut, didapatkan bilangan Reynolds dan *relative pipe roughness* pada diagram Moody didapatkan nilai koefisien gesekan sebesar 0,008.

Head Loss Friction

$$H_f = f \frac{Lv^2}{2gD}$$

H_f = head loss friction

L = panjang pipa (m)

v = kecepatan aliran fluida (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

d = diameter dalam pipa (m)

$$H_f = f \frac{Lv^2}{2gD}$$

$$H_f = 0,008 \times \frac{0,3 \text{ m} \times 0,063694^2 \text{ m/s}^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,1 \text{ m}}$$

$$H_f = 6,01 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Head Loss Accessories

Pada *Vortex Generator Tube* tidak terdapat fitting, sehingga tidak memiliki nilai head loss accessories.

H_l discharge pipa 4 inch = H_l friction + H_l accessories

Head loss discharge pipa 4 inch = 0,0601 m + 0 m

Head loss discharge pipa 4 inch = **0,0601 m**

- Head Loss Total

HL = Head loss suction + head loss discharge pipa $\frac{3}{4}$ inch + head loss discharge 10 cm

$$HL = 0,2964 \text{ m} + 2,0684 \text{ m} + 0,0601 \text{ m}$$

$$HL = 2,4249 \text{ m}$$

- Head Total

HT = Head Pressure + Head Statis + Head Velocity + Head Loss

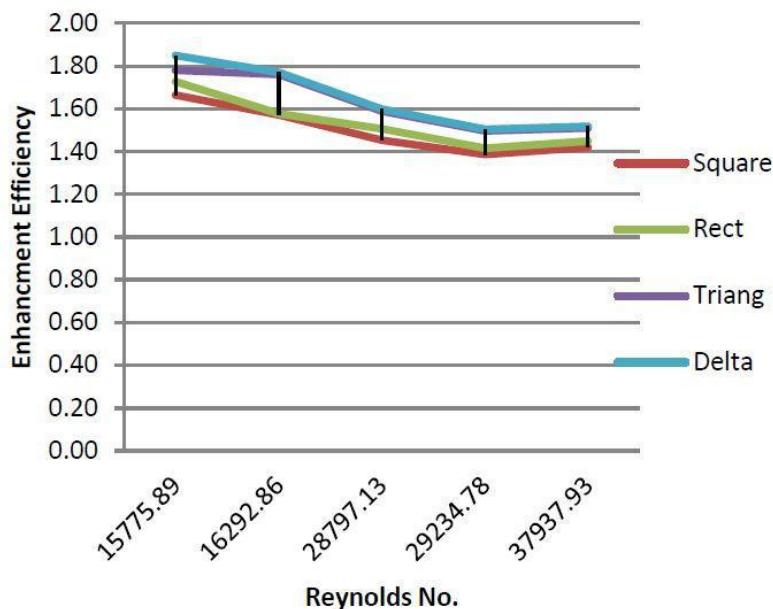
$$HT = 0 + 1 \text{ m} + 0 + 2,4249 \text{ m}$$

$$HT = 3,4249 \text{ m}$$

Perhitungan Kapasitas Pompa

Besarnya kapasitas pompa dipilih berdasarkan kemampuan nilai maksimum dari variasi kapasitas aliran terhadap mortalitas zooplankton pada debit tertentu. Nilai debit maksimum yang direncanakan untuk analisis mortalitas zooplankton maksimal pada debit 8 GPM atau 30 lpm. Oleh karena itu dipilih kapasitas pompa sebesar 35 lpm untuk menjalankan prototipe pengolah air balas.

4.4. Hasil Simulasi Rancangan *Vortex Generator Tube*



Gambar 4. 5. Grafik *Enhancement efficiency* – *Reynolds No.*
(Sumber: Sandip B. Kharge, N.C. Ghuge, V.S. Daund, 2016).

Vortex Generator menjadi sebuah alat pengacau aliran sehingga dapat menghasilkan aliran turbulen pada fluida. Pada rancangan *vortex generator* dengan berbagai geometri seperti *delta winglet*, *triangular*, *rectangular* dan *square shape*.

Rancangan dengan bentuk *vortex generator winglet* dan *triangular* adalah jenis atau tipe yang paling sederhana dimana memiliki penurunan tekanan paling sedikit. Dimensi yang optimum perbandingan panjang dan tinggi pada delta winglet adalah 2:1, yang mana memiliki nilai *heat transfer* yang paling besar. *Pressure drop* dan *heat transfer* dapat di optimalkan dengan melakukan rancangan sudut serang sebesar 30° terhadap sumbunya. Berdasarkan hasil percobaan yang disampaikan pada literatur, nilai *heat transfer coefficient* dan *rate* serta *enhancement efficiency* pada *delta winglet vortex generator* memiliki nilai yang paling besar ketika dibandingkan dengan tipe yang lain. (Sandip B. Kharge, N.C. Ghuge, V.S. Daund, 2016). Sehingga seperti yang dapat dilihat pada **gambar 4.5** dengan kesimpulan dari referensi yang ada, maka dilakukan perancangan *vortex generator tube* dengan tipe *delta winglet*.

- Perhitungan kecepatan aliran fluida pada *discharge* berdasarkan nilai Reynould Number (*Vortex Generator Tube 10 cm*)

Reynould Number (Re)

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu}$$

Re = Renould Number

ρ = *Massa jenis fluida (kg/m³)*

v = *kecepatan fluida (m/s)*

d = *diameter dalam pipa (m)*

μ = *viskositas dinamik fluida ($\frac{N}{m^2}$)*

Untuk mencari kecepatan aliran maka didapatkan perumusan dan diketahui nilai perhitungan sebagai berikut:

$$v = \frac{Re \mu}{\rho d}$$

Re = Reynould Number (variasi 1 sampai 5)

$\rho = 1025 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

$d = 0,1 \text{ (m)}$

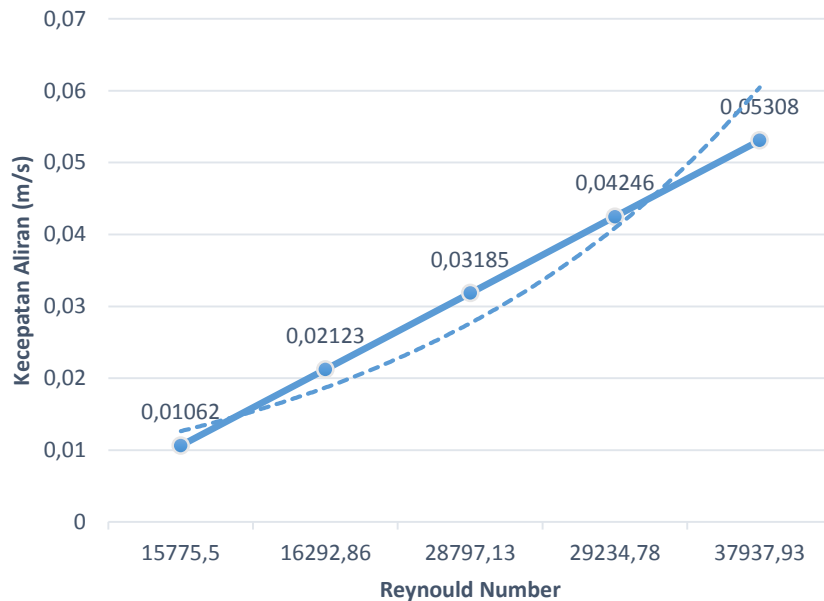
$\mu = 0,00108 \text{ ($\frac{N}{m^2}$)}$

Nilai untuk tiap kecepatan aliran, disesuaikan berdasarkan nilai tiap Reynould Number yang bervariasi.

$$v_1 = \frac{15775,5 \times 1,08 \times 10^{-3}}{1025 \frac{kg}{m^3} \times 0,1 \text{ m}}$$

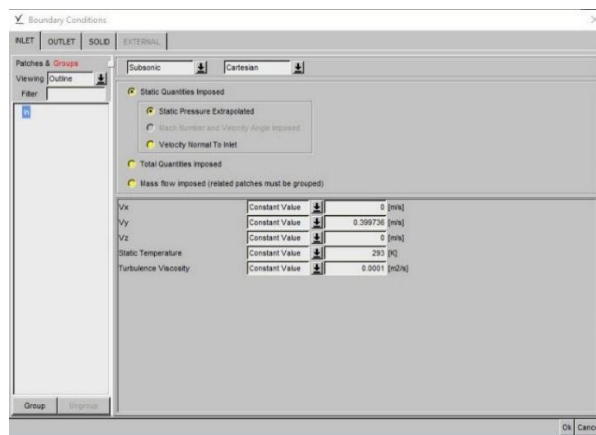
$$v_1 = 0,010622 \text{ m/s}$$

Secara berturut-turut didapatkan nilai kecepatan aliran fluida berdasarkan nilai Reynold Number, seperti yang dapat dilihat pada **gambar 4.6**.



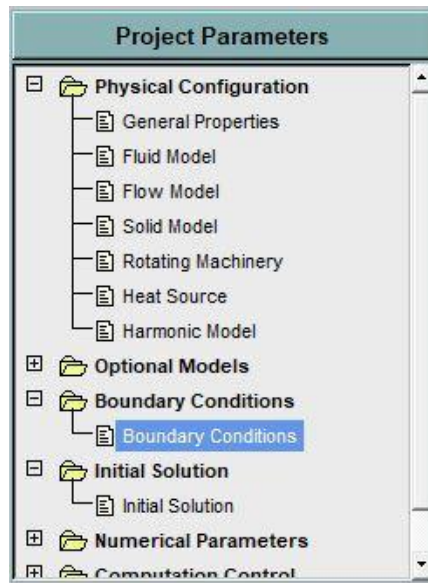
Gambar 4. 6. Kecepatan aliran – *Reynolds No.* pada berbagai berbagai nilai variasinya

- Perhitungan *Heat Transfer Coefficient* berdasarkan hasil simulasi CFD (*Vortex Generator Tube 10 cm*)



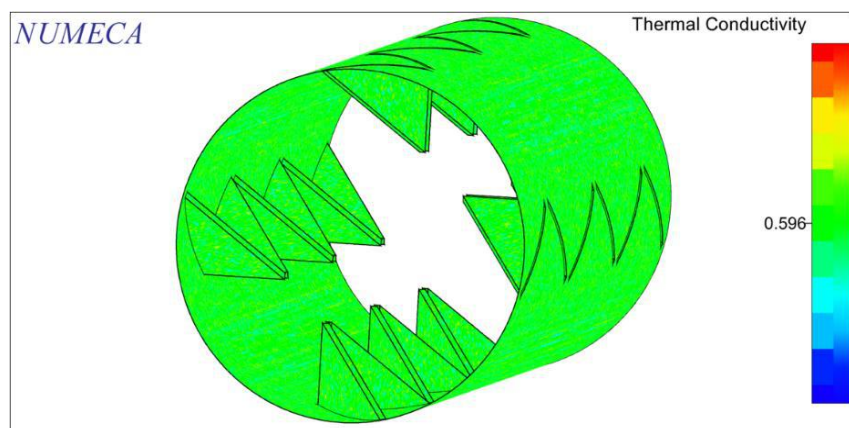
Gambar 4. 7. Proses input salah satu nilai kecepatan aliran sebelum proses simulasi

Nilai kecepatan aliran yang didapatkan akan menjadi inputan pada *project parameters* saat proses simulasi, nilai tersebut diinputkan pada *flow model*, *boundary conditions* dan *initial solutions* (lihat gambar 4.7 dan 4.8).

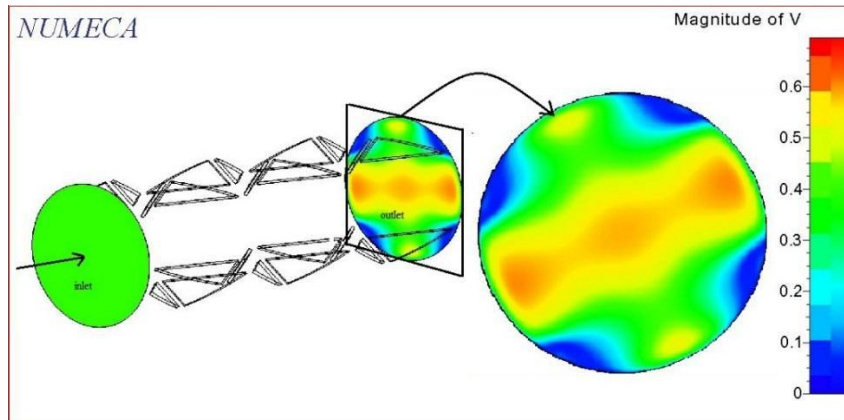


Gambar 4. 8. Submenu pada *project parameter*

Hasil yang diperoleh dari proses simulasi nantinya akan berupa kecepatan aliran dan nilai konduktivitas termal seperti yang dapat dilihat pada **gambar 4.9 dan 4.10**. Hasil tersebut akan menunjukkan terkait fenomena aliran juga lebih lanjut akan ditinjau berdasarkan teori yang sudah ada untuk mengetahui nilai koefisiensi perpindahan panas fluida pada rancang *vortex generator tube*. Berikut ini merupakan hasil simulasi pada model standart dari sistem yang ada.



Gambar 4. 9. . Hasil simulasi berupa konduktivitas termal pada *vortex generator tube*



Gambar 4. 10. Hasil simulasi berupa kecepatan aliran pada vortex generator tube

Nilai dari konduktivitas termal ini nantinya akan lebih jauh digunakan untuk mendapatkan *nusslet number*, dimana dari nilai tersebut dapat diketahui nilai dari *heat transfer coeffiecient* spesifik terhadap nilai *reynould number* tertentu. Perumusan *nusslet number* didapatkan dari literasi referensi yang ada (Sandip B. Kharge, N.C. Ghuge, V.S. Daund, 2016).

$$N_{reference} = \frac{\left(\frac{f}{8}\right) \cdot (Re - 1000) Pr}{1 + 12,7 \left(\frac{f}{8}\right)^{0,5} \cdot (Pr^{2/3} - 1)}$$

Pada perumusan di atas perlu diketahui nilai dari *Prandtl Number* (Pr) dan nilai *Petukhov Correlation for friction factor* (f)

$$f = (0,79 \cdot \ln Re - 1,64)^{-2}$$

Re = *Reynould Number* (variasi 1 sampai 5)

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{k}$$

$$C_p = \text{Panas spesifik} \left(\frac{kJ}{kg \cdot K} \right)$$

$$\mu = \text{Viskositas dinamik Abst.} (Ns/m^2)$$

$$k = \text{Konduktivitas termal} (W/mK)$$

Pada perhitungan nilai *Prandtl Number* (Pr) dan *Petukhov Correlation for friction factor* (f), ditentukan bahwa fluida kerja ada pada temperatur $20^\circ C$. Sehingga pada perhitungan nilai *Prandtl Number* (Pr) didapatkan nilai perhitungan sebagai berikut:

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{k}$$

$$C_p = 4007 \left(\frac{kJ}{kg \cdot K} \right)$$

$$\mu = 0,00108 \text{ (Ns/m}^2\text{)}$$

$$k = 0,596 \text{ (W/mK)}$$

$$Pr = \frac{4007 \times 1,08 \times 10^{-3}}{0,596}$$

$$Pr = 7,26101$$

Selanjutnya untuk mencari kecepatan aliran maka didapatkan perumusan dan diketahui nilai perhitungan sebagai berikut:

$$f = (0,79 \cdot \ln Re - 1,64)^{-2}$$

Secara berturut-turut didapatkan nilai *Petukhov Correlation for friction factor (f)* berdasarkan nilai variasi Reynould Number dapat dilihat pada **tabel 4.1**, dimana pada variasi 15775,89 didapatkan nilai *f* sebesar **0,02781**. Setelah diketahui nilai *prandtl number (Pr)* dan *petukhov correlation for friction factor (f)* berdasarkan perhitungan sebelumnya, maka dapat dilakukan perhitungan *nusslet number* dari perumusan referensi yang ada. Sehingga diketahui nilai perhitungan sebagai berikut:

$$Nu_{reference} = \frac{\left(\frac{f}{8}\right) \cdot (Re - 1000) Pr}{1 + 12,7 \left(\frac{f}{8}\right)^{0,5} \cdot (Pr^{2/3} - 1)}$$

$$Pr = 7,26101$$

Re = Reynould Number (variasi 1 sampai 5)

f = faktor gesek berdasarkan korelasi Petukhov, dimana nilai tergantung dari nilai inputan dari *Re*

Tabel 4. 1. Nilai *Friction factor* berdasarkan *Reynould Number*

No	Reynould Number	Friction Factor (Petukhov)
1	15775,89	0,02781
2	16292,86	0,027577
3	28797,13	0,023876
4	29234,78	0,023788
5	37937,93	0,02235

$$\begin{aligned} \text{Nureference} &= \frac{\left(\frac{0,02781}{8}\right) \cdot (15775,89 - 1000)7,26101}{1 + 12,7 \left(\frac{0,02781}{8}\right)(7,26101^{2/3} - 1)} \\ \text{Nureference} &= 27,812 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan secara berturut-turut nilai *nusslet number* berdasarkan rumus referensi adalah sebagai berikut (**tabel 4.2**):

Tabel 4. 2. Nilai *Nusslet Number* berdasarkan *Reynould Number*

No	Reynould Number	Nusslet Number (reference)
1	15775,89	27,812
2	16292,86	28,65424
3	28797,13	48,19287
4	29234,78	48,85448
5	37937,93	61,7893

Setelah mendapatkan nilai *nusslet number*, maka dapat diketahui nilai dari koefisiensi perpindahan panas. Nilai *nusslet number* digunakan dalam perhitungan, karena untuk perhitungan koefisiensi perpindahan panas dalam perancangannya tidak diketahui nilai perbedaan temperatur pada area fluida dan permukaan solidnya. Korelasi yang khusus namun sederhana dan digunakan pada aplikasi adalah korelasi perpindahan panas dalam aliran turbulen. Korelasi ini dapat digunakan ketika konveksi adalah satu-satunya cara dalam memindahkan panas, tidak ada perubahan fase dan tidak ada radiasi yang signifikan. Maka perhitungan untuk mengetahui nilai koefisiensi perpindahan panas adalah sebagai berikut:

$$\text{NuL} = \frac{h \cdot L}{k}$$

Sehingga perumusan yang digunakan untuk mencari nilai koefisiensi perpindahan panas (*h*) adalah b:

$$h = \text{NuL} \times (k/L)$$

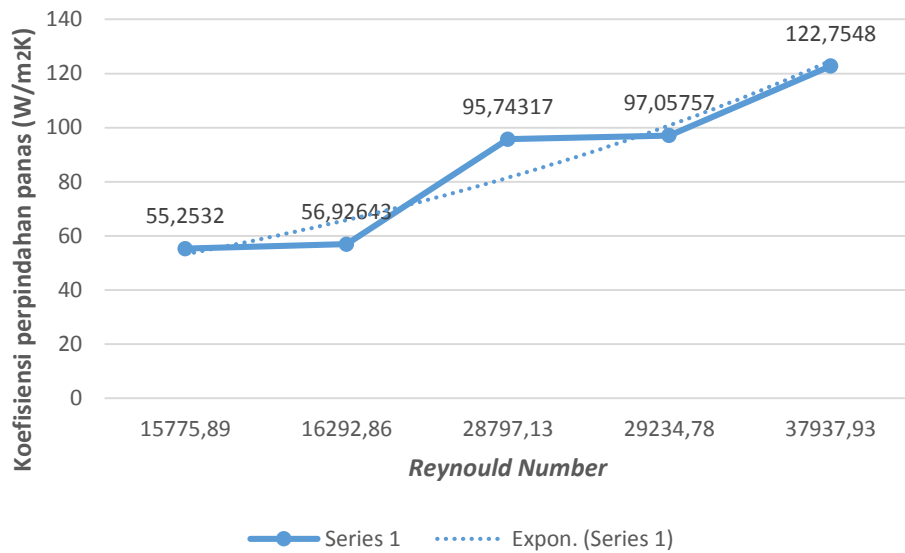
Nu = *Nusslet Number* (variasi 1 sampai 5)

L = 30 cm = 0,3 m

k = 0,596 (W/mK)

$$h = 27,812 \times (0,596/0,3)$$

$$h = 55,2532$$



Gambar 4. 11. Grafik koefisiensi perpindahan panas – *Reynolds No.* pada berbagai berbagai nilai variasinya

Secara berturut-turut didapatkan nilai koefisiensi perpindahan panas berdasarkan nilai variasi *Reynould number* dapat dilihat pada **gambar 4.11** dimana pada variasi 15775,89 didapatkan nilai h sebesar 55,2532.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

5.1. Umum

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisa data dan pembahasan hasil eksperimen pengolahan air laut dengan menggunakan prototipe alat pengolah air balas kapal yang telah dibuat. Analisa data ini didapatkan dari hasil pengamatan lab mengenai jumlah plankton (zooplankton) yang terkandung di dalam air laut dengan keadaan air yang telah diolah dalam prototipe pengolah air balas serta air laut yang belum diolah. Adapun analisa kandungan zooplankton pada air patogen dalam penelitian ini menggunakan metode *Perhitungan Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener, Indeks Dominasi Simpson dan Indeks Kemerataan Pielou*. Dari hasil pengamatan ini akan diketahui apakah prototipe alat pengolah air balas kapal yang telah dibuat dapat bekerja dengan efektif dalam membunuh zooplankton yang terkandung dalam air laut. Berikut adalah perhitungan validasi nilai kecepatan aliran berdasarkan hasil simulasi dengan perhitungan.

- Perhitungan kecepatan aliran fluida pada *discharge* berdasarkan nilai Reynould Number (Vortex Generator Tube 10 cm)

$$Q = v.A$$

$$Q = \text{Kapasitas aliran (cm}^3/\text{min)}$$

$$v = \text{kecepatan fluida (m/s)}$$

$$A = \text{luas permukaan pipa (cm}^2\text{)}$$

Untuk mencari kecepatan aliran maka didapatkan perumusan dan diketahui nilai perhitungan sebagai berikut:

$$v = Q/(\pi.r^2)$$

$$Q_1 = 5000 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$A = 78,571 \text{ cm}^2$$

$$v = 5000 / 78,571$$

$$v = 63,636 \text{ cm/min}$$

$$= 0,010606 \text{ m/s}$$

Sehingga nilai perhitungan validasi nilai kecepatan aliran berdasarkan hasil simulasi (**lihat gambar 4.6**) dengan perhitungan, lebih lanjut seperti pada **tabel 5.1**. Dimana didapatkan nilai error kurang dari 0,001%.

Tabel 5. 1. Validasi nilai kecepatan aliran

No	Kecepatan aliran simulasi	Kecepatan aliran perhitungan
1	0,01062	0,01060
2	0,02123	0,02121
3	0,03185	0,03181
4	0,04246	0,04242
5	0,05308	0,05303

5.2. Kandungan Zooplankton dalam Air Laut Pada Kondisi Eksisting

Analisa kandungan Zooplankton dalam sampel air laut pada kondisi eksisting (seperti pada **gambar 5.1**) ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop stereo. Pada analisa ini digunakan satu sampel air laut, yaitu sampel air laut dari Kenjeran. Setelah diamati sampel air laut Kenjeran mengandung 45 zooplankton dengan beragam jenis. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang menyebutkan mikroba air laut kenjeran lebih banyak (Haris, 2017), maka selanjutnya pada penelitian ini akan digunakan air laut yang berasal dari Kenjeran.



Gambar 5. 1. Zooplankton pada sampel air laut di Kenjeran

5.3. Pengaruh *Vortex Generator* Terhadap Kandungan Zooplankton Dalam Air Laut

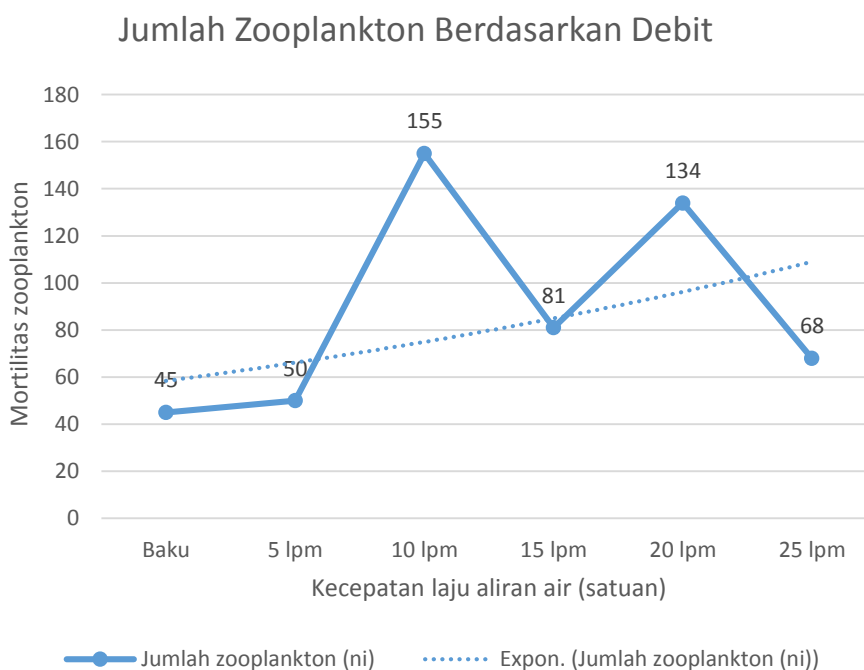
Pengaruh *vortex generator* atau turbulensi aliran terhadap kandungan zooplankton dalam air laut dilaksanakan setelah dilakukan penyaringan air laut dengan debit 5 lpm, 10 lpm, 15 lpm, 20 lpm dan 25 lpm menggunakan *small tow net*. Hasil dari perlakuan *vortex generator* kemudian dianalisis dengan menggunakan alat

mikroskop stereo. Hasil dari pengaruh *vortex generator* tersebut kemudian dianalisa dengan metode *Perhitungan Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener*, *Indeks Dominasi Simpson* dan *Indeks Kemerataan Pielou*.

Pada analisis kandungan zooplankton dari pengamatan yang telah dilakukan dengan menggunakan mikroskop stereo, didapatkan hasil pengamatan yang dapat dilihat pada **tabel 5.2**.

Tabel 5. 2. Hasil analisis jumlah zooplankton berdasarkan debit

No	Debit (litre/minute)	Jumlah Zooplankton (ni)
1	Baku	45
2	5 lpm	50
3	10 lpm	155
4	15 lpm	81
5	20 lpm	134
6	25 lpm	68



Gambar 5. 2. Grafik hasil pengamatan kuantitatif jumlah zooplankton berdasarkan debit

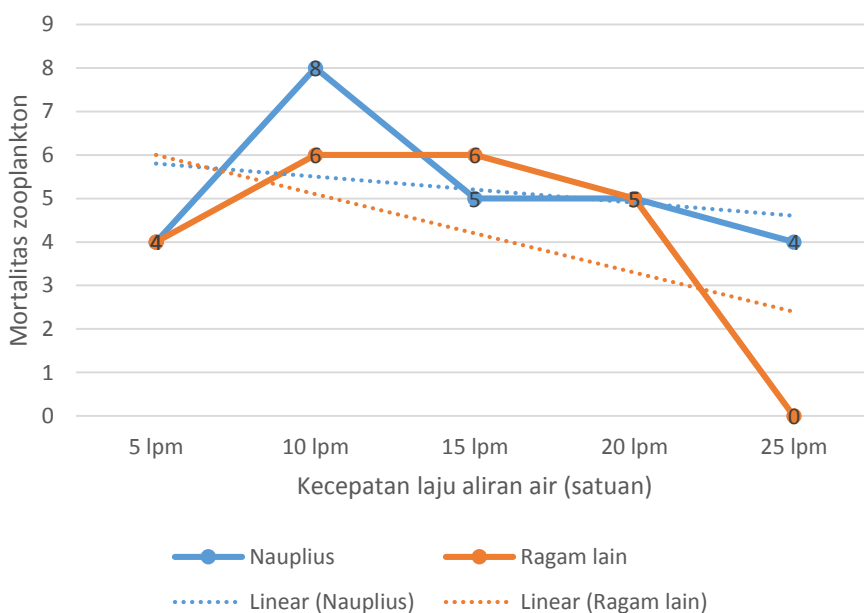
Gambar 5.2 merupakan gambaran hasil analisis kuantitatif zooplankton pada sampel air laut yang telah diolah pada prototipe *vortex tube generator*. Berdasarkan hasil eksperimen dengan mengabaikan jumlah plankton pada air baku, secara umum

didapatkan pengurangan zooplankton setiap terjadi penambahan kapasitas laju aliran. Melihat perubahan kecepatan aliran dari 20 lpm ke 25 lpm menghasilkan efektivitas pengurangan jumlah zooplankton secara signifikan, yaitu sebesar 98,529% dengan jumlah 134 pada 20 lpm menjadi 68 pada 25 lpm. Trend hasil baik yang diperoleh pada sampel 20 lpm dan 25 lpm tidak dapat di pertahankan pada hasil sampel eksperimen air sampel baku, air sampel 5 lpm dan 15 lpm. Hal ini terlihat pada hasil pengamatan sampel tersebut, dimana peningkatan debit memberikan trend hasil yang berlawanan dengan trend air sampel 10 lpm hingga 25 lpm. Hal tersebut menyebabkan sebuah hipotesis bahwa peningkatan debit maksimal belum mampu untuk memberikan pengurangan zooplankton secara lebih baik.

Tabel 5. 3. Perbandingan jumlah zooplankton jenis *nauplius* dan ragam lain

No	Debit (litre/minute)	Nauplius	Ragam lain
1	5 lpm	4	4
2	10 lpm	8	6
3	15 lpm	5	6
4	20 lpm	5	5
5	25 lpm	4	0

Berbandingan Jumlah Zooplanton *Nauplius* dan ragam lain



Gambar 5. 3. Grafik perbandingan jumlah zooplankton jenis *nauplius* dan ragam lain

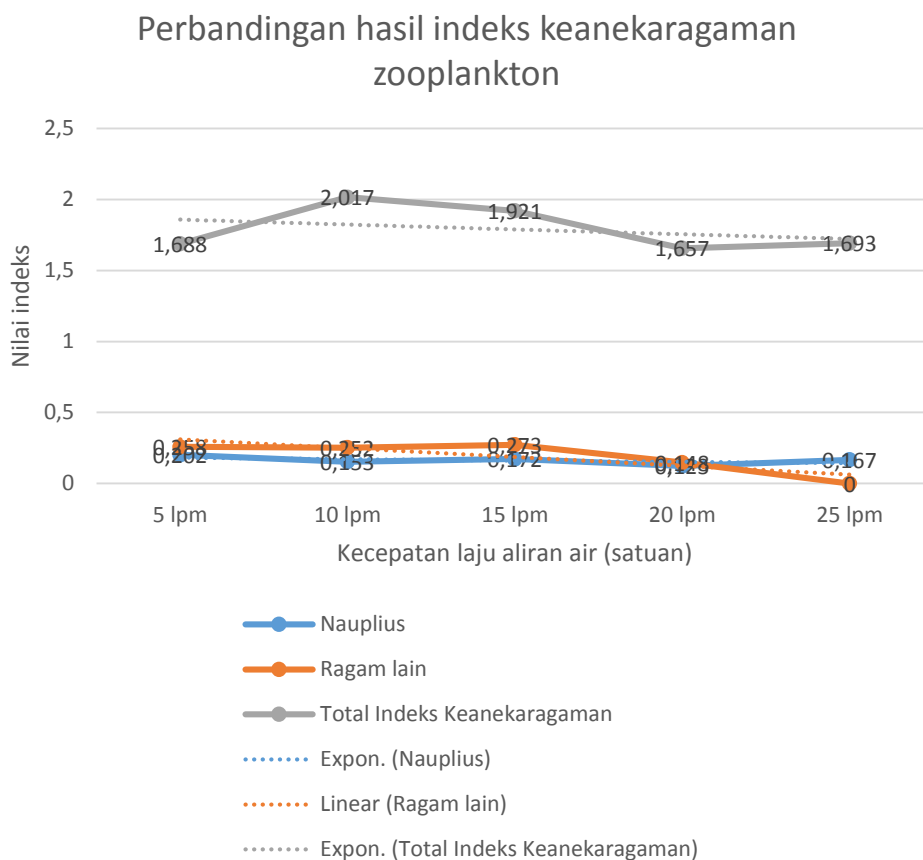
Analisis lebih lanjut mengacu pada hasil pengamatan kuantitatif zooplanton pada sampel air balas yang telah diolah menggunakan *vortex generator*. Dimana pada **tabel 5.3** perbandingan zooplankton jenis *nauplius* dan ragam jenis yang lain (*Foraminifera*, *Larva bivalvia*, *Larva gastropoda*, *Copepoda Harpac*, *Copepoda Harpactidoida*, *Tintinnopsis*) terlihat air sampel 10 lpm hingga 25 lpm, cenderung mendapatkan hasil pengurangan jumlah zooplankton secara konstan. Penurunan signifikan terlihat pada air sampel 20 lpm dengan 25 lpm, dimana tidak menyisakan satupun zooplankton ragam lain. Sekalipun pada sampel air laut yang berbeda, peningkatan debit menghasilkan jumlah konstan seperti zooplankton jenis *nauplius* pada 15 lpm dengan 20 lpm dan jenis ragam lainnya pada 10 lpm dengan 15 lpm. Inkonsistensi hasil pengamatan air sampel 5 lpm untuk zooplanton jenis *nauplius* dan ragam lain, masih menunjukkan kondisi yang sama dengan analisis jumlah zooplanton seluruhnya. Pada analisis tahap ini, hasil pengamatan menampilkan kesimpulan sebelumnya bahwa peningkatan debit cenderung memberikan pengurangan zooplankton secara lebih baik.

Inkonsistensi hasil uji sampel air laut khususnya pada 5 lpm seperti yang dapat dilihat pada **gambar 5.3**, masih mengikuti keabstrakan pengamatan jumlah zooplankton total. Hal tersebut dimungkinkan akibat adanya perbedaan volume sampel secara praktis pada sampel air baku, sampel air 5 lpm dan sampel air 15 lpm. Zooplankton pada perairan air laut akan ada pada lingkungan idelan yang memiliki salinitas, ph, kadar air, predator dari zooplankton itu sendiri dan faktor penunjang lainnya.

Tabel 5. 4. Perbandingan indeks keanekaragaman tiap jenis zooplankton

No	Debit (litre/ minute)	Nauplius	Ragam lain	Total Indeks Keanekaragaman (H')
1	5 lpm	0,202	0,258	1,688
2	10 lpm	0,153	0,252	2,017
3	15 lpm	0,172	0,273	1,921
4	20 lpm	0,123	0,148	1,657
5	25 lpm	0,167	0	1,693

Secara lebih lanjut dilakukan analisis pada detail zooplankton yang sama, yaitu *nauplius* dan ragam lain (*Foraminifera*, *Larva bivalvia*, *Larva gastropoda*, *Copepoda Harpac*, *Copepoda Harpactidoida*, *Tintinnopsis*) dengan menggunakan metode *Perhitungan Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener*, *Indeks Dominasi Simpson* dan *Indeks Kemerataan Pielou*. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, kondisi keanekaragaman dari masing-masing perbandingan jenis zooplankton menunjukkan nilai yang relatif sama (**lihat tabel 5.4**). Hal ini dapat dilihat dari pengamatan air sampel 15 lpm, ketika sampel tersebut memiliki besaran nilai yang cenderung inkonsisten dibanding hasil air sampel yang lain, serupa dengan hasil pengamatan jumlah total zooplankton.



Gambar 5. 4. Perbandingan hasil indeks keanekaragaman tiap jenis zooplankton

Keberagaman atau keanekaragaman spesies digunakan untuk mengetahui suatu komunitas berdasarkan lokasi dan waktu tertentu. Dari hasil indeks keanekaragaman tiap eksperimen debit air sampel memiliki tingkat keanekaragaman sedang, kecuali pada air sampel 10 lpm dan 15 lpm yang menunjukkan tingkat keanekaragaman kategori baik. Pada hasil data pengamatan indeks keanekaragaman zooplankton jenis *nauplius*, yang terdapat pada sampel air laut dalam kondisi eksisting sebanyak 0,244, dengan adanya pengolahan air sampel 20 lpm jumlah indeks keanekaragaman berkurang sejumlah 0,121. Penurunan indeks keanekaragaman memberikan hasil paling efektif untuk jenis zooplankton yang sama, yaitu pada kenaikan sampel air baku ke 20 lpm sebesar 50,41% seperti tergambar pada **gambar 5.4**. Pada air sampel 25 lpm, menunjukkan perbedaan hasil indeks keanekaragaman pada zooplankton jenis *nauplius* dengan ragam lainnya. Pada air sampel dengan perlakuan debit yang paling besar tersebut, menunjukkan bahwa zooplankton jenis *nauplius* yang hidup naik menjadi 0,167. Jumlah ini juga melebihi jumlah keanekaragaman zooplankton jenis *nauplius* pada sampel air 10 lpm dan 20 lpm. Namun kinerja prototipe pada zooplankton ragam lain menunjukkan penurunan indeks keanekaragaman yang paling

baik, dimana tidak ada zooplankton yang mampu bertahan hidup setelah diberlakukan treatment tersebut.

Tabel 5. 5. Nilai indeks dominasi Simpson (D) dan indeks pemerataan jenis *Pielou* (J) pada hasil eksperimen

No	Debit (liter/minute)	Indeks dominasi <i>Simpson</i> (D)	Indeks pemerataan jenis <i>Pielou</i> (J)
1	Baku	0,233	0,948
2	5 lpm	0,222	0,868
3	10 lpm	0,15	0,918
4	15 lpm	0,168	0,874
5	20 lpm	0,244	0,754
6	25 lpm	0,197	0,945

Selanjutnya berdasarkan analisis yang dilakukan, hasil dari indeks dominasi *Simpson* dan indeks pemerataan jenis *Pielou* dapat dilihat pada **tabel 5.5**. Hasil nilai tersebut hanya digunakan sebagai indeks yang menggambarkan kondisi perairan atau dalam hal ini sampel air dari penelitian. Secara umum dapat diketahui bahwa tingkat dominasi menggambarkan tingkat keanekaragaman komunitas, semakin mendekati nilai 0 maka semakin tinggi keanekaragaman tersebut dan sebaliknya. Indeks dominasi *Simpson* (D) dapat dikatakan bahwa, nilainya berkorelasi secara langsung dengan indek keanekaragaman *Shannon-Wiener*. Mengamati hasil dari indeks kemertaan jenis *Pielou* (J), diketahui bahwa semakin tinggi nilainya atau mendekati 1 berarti penyebaran populasi adalah merata didalam komunitas suatu perairannya (Ferianita-Fachrul, 2007).

5.4. Pengaruh Gaya *Impact* Terhadap Mortilitas Zooplankton Dalam Air Sampel

Gaya *impact* pada penelitian kali ini dilakukan dengan menggunakan komponen sensor berat, *load cell* yang merupakan sensor untuk mendeteksi tekanan atau berat sebuah beban. Sensor *load cell* umumnya digunakan sebagai komponen utama pada sistem timbangan digital dan dapat diaplikasikan pada jembatan timbang, pengukuran yang dilakukan *load cell* menggunakan prinsip tekanan yang mengakibatkan reksi terhadap komponen *load cell* menghasilkan gaya regangan (*Load cell and weight*, America Module H : 2010).

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan terdapat pengaruh perbedaan jarak antara *load cell* dengan pipa keluaran sistem, hal tersebut diakibatkan adanya pengaruh ketinggian air dalam tangki drum yang terbatas sehingga membatasi

mobilitas untuk melakukan pengamatan. Melihat hasil percobaan praktikum didapatkan nilai rata-rata tekanan aliran fluida, dimana dengan debit 3,425 lps akan menghasilkan gaya tekan sebesar 1,25. Dengan nilai tersebut dilakukan perbandingan dengan data eksperimen, sehingga didapatkan nilai yang linier seperti yang dapat dilihat pada **tabel 5.5**.

Tabel 5. 6. Hasil eksperimen nilai tekanan aliran fluida terhadap debit

No	Debit (liter/minute)	Tekanan (newton/meter ²)
1	5	2981,22
2	10	5962,44
3	15	8943,67
4	20	11924,89
5	25	14710

Hasil dari nilai tersebut kemudian akan dibandingkan dengan nilai dari perhitungan rumus tekanan aliran fluida pada pipa outlet, sehingga hasil nilai yang lebih besarkan digunakan sebagai acuan tekanan aliran fluida. Diketahui perumusan dan nilai sebagai berikut:

$$P_{inlet} = \gamma \cdot g \cdot \Delta H_{inlet}$$

P_{inlet} = tekanan (pascal)

γ = berat jenis (N/m³)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

ΔH_{outlet} = head outlet (m)

$$P_{inlet} = 1017,7 \times 9,81 \times 0,3$$

$$P_{inlet} = 2995,1 \text{ pascal}$$

Sehingga didapatkan nilai tekanan aliran air dikalikan dengan perbandingan debit aliran, maka nilai secara berturut-turut seperti pada **tabel 5.7**.

Tabel 5. 7. Hasil perhitungan nilai tekanan aliran fluida terhadap debit

No	Debit (liter/minute)	Tekanan (newton/meter ²)
1	5	2995,01
2	10	5995,6
3	15	8993,4
4	20	12002,72
5	25	15003,4

Dari hasil data tekanan aliran air tersebut, nilai dari salinitas memberikan pengaruh terhadap massa jenis (ρ) air sampel, salinitas air sampel berdasarkan debit yang diberlakukan secara berturut-turut 27%, 28%, 29% dan 30% pada 2 air sampel dengan debit paling besar. Nilai tekanan berbanding lurus dengan debit sehingga didapatkan gambaran yang sama antara tekanan aliran air dengan mortalitas zooplankton. Melihat kembali pada **tabel 5.2** bahwa secara utuh, mortalitas dari zooplankton yang inkonsisten disebabkan akibat kelimpahan jenis zooplankton tiap air sampel tidak sama. Diikuti dengan contoh perbandingan nilai indeks keragaman pada air sampel 10 lpm memiliki nilai paling tinggi dengan skala baik, sedangkan air sampel 20 lpm cukup dengan kategori sedang yang dapat disimpulkan dalam kondisi struktur komunitas stabil. Adapun faktor lain yang dapat mengindikasikan penyebab dari hasil pengamatan tersebut adalah pelaksanaan eksperimen yang belum sesuai atau tidak cukup ideal.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian pengolahan air balas dengan prototipe *vortex generator* pengolah air balas yang telah dibangun adalah sebagai berikut:

1. *Vortex generator* yang diaplikasikan pada penelitian ini adalah *vortex generator* bentuk *delta winglet*. Berdasarkan grafik yang divariasikan dengan konfigurasi yang ada, bentuk *delta winglet* dengan perbandingan panjang dan lebar 2:1 (**lihat gambar 6.1**) memiliki nilai *heat transfer coefficient* paling besar dibandingkan dengan bentuk yang lain. Sehingga prototipe akan mampu menghasilkan turbulensi aliran dan performa dalam meningkatkan mortalitas zooplankton secara optimal.



Gambar 6. 1. Perbandingan ukuran *delta winglet*

2. Dengan nilai tekanan yang berbanding lurus dengan debit sehingga didapatkan kesimpulan yang sama antara tekanan aliran air terhadap mortalitas zooplankton. Prototipe *vortex generator* pengolah air balas dapat meningkatkan mortalitas pada sampel air laut kenjeran sebesar 100% terhadap zooplankton jenis ragam lain, ketika diberlakukan variasi debit maksimal.

6.2. Saran

1. Perlu dilakukan *scalling up vortex generator* untuk mengetahui konsistensi yang dihasilkan dari kinerja prototipe.
2. Dapat dilakukan pengamatan mengenai pengaruh turbulensi pada air balas terhadap inaktivasi mikroba bakteri.
3. Untuk mendapatkan hasil pengamatan yang ideal dilakukan proses validasi terhadap nilai indeks keanekaragaman dan dominasi pada tiap variasi perlakuan air sampel.

4. Perlu dilakukan penelitian lanjut untuk mendapatkan nilai optimum kecepatan aliran terhadap matinya mikroba zooplankton

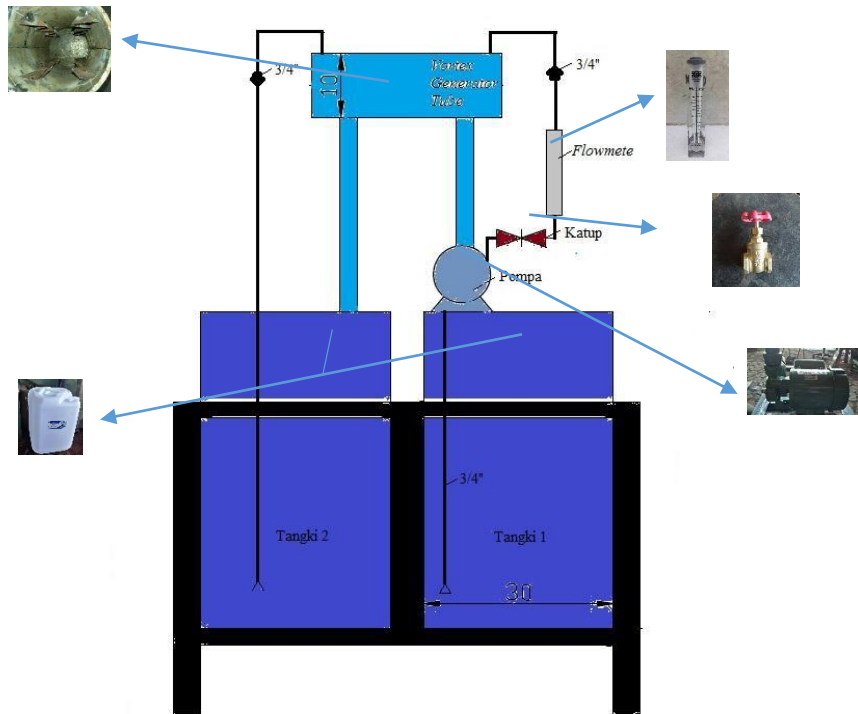
DAFTAR PUSTAKA

- European Maritime Safety Agency. "Ballast Water". 15 Januari 2018.
<http://www.emsa.europa.eu/implementation-tasks/environment/balast-water.html>
- Gerardi, H Michael.2003. *The Microbiolgy of Anaerobic Digesters*. Willey-Interscience Publications. New Jersey
- Peraturan IMO Mengenai Ballast Water Treatment
- Ortmanns, J., & Kahler, C. (August 2007). The effect of a single vortex generator jet on the characteristics. *International journal of heat and fluid flow*, 1302–1311.
- Peraturan IMO Mengenai Ballast Water Treatment
- Raso, J., Barbosa-Canovas, G., & Swanson, B. G. (1998). Sporulation Temperature affects initiation of germination and inactivation by high hydrostatic pressure of *Bacilius Cereus*. *The Society for Applied Microbiology*, 17 - 24.
- Reineke, K., Mathys, A., Heinz, V., & Knorr, D. (2013). Mechanisms of endospore inactivation under high pressure. *Trends in Microbiology*, Vol. 21, No. 6, 296 - 305.
- Sandip B. Kharge, N.C. Ghuge, & V.S. Daund (2016). Experimentation using delta winglet type vortex generator attached on tube surface of tube in tube heat exchanger for heat transfer augmentation. *International Journal of Current Engineering and Technology*
- National Physical Laboratory. "Physical properties of sea water". 7 Mei 2018.
http://www.kayelaby.npl.co.uk/general_physics/2_7/2_7_9.html
- Fachrul, Melati Ferianita.2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Bumi Aksara. Jakarta
- Odum, Eugene Pleasants. 1993. *Dasar-dasar ekologi*. Gajah Mada University Press. 9794202843

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Komponen Utama Penyusun Prototipe



➤ Material Penyusun Prototipe

- Plat Galvanis



Plat galvanis digunakan untuk penyangga tangki penampung air balas. Plat galvanis yang digunakan memiliki ketebalan 1.2 mm.

- Besi siku



Besi siku digunakan untuk membuat kerangka prototipe. Besi siku yang digunakan memiliki spesifikasi 4 cm x 4 cm.

- Besi Piringan



Besi piringan digunakan untuk membuat flange pada *vortex generator tube*. Besi piringan yang digunakan memiliki diameter 5 inch.

- Pipa Galvanis



Pipa galvanis digunakan untuk membuat *vortex generator tube*. Pipa galvanis yang digunakan memiliki diameter 4 inch atau 10,16 cm, ketebalan 1 inch atau 2,54 cm dan panjang 30 cm.

- Pipa PVC $\frac{3}{4}$ inch



Pipa galvanis digunakan untuk membuat saluran air dan penghubung setiap komponen pada prototipe. Pipa PVC yang digunakan memiliki diameter $\frac{3}{4}$ inch.

- Naple



f

Napple digunakan untuk menghubungkan media penghubung komponen dengan pipa pada sistem perpipaan. Napple yang digunakan memiliki diameter $\frac{3}{4}$ inch.

- Elbow



Elbow digunakan untuk membuat belokan pada instalasi perpipaan. Elbow yang digunakan memiliki diameter $\frac{3}{4}$ inch dan derajat lengkung 90^0

- Union



Union digunakan sebagai sambungan antara dua buah pipa. Union yang digunakan memiliki diameter $\frac{3}{4}$ inch.

- Gate Valve



Gate valve digunakan untuk mengatur debit air balas yang masuk ke dalam *vortex generator tube*. Gate valve yang digunakan memiliki diameter $\frac{3}{4}$ inch.

➤ Perakitan Prototipe

- Pembuatan Tangki Air Balas



Gambar Pembuatan tangki air balas

- Pembuatan Rangka



Gambar Besi siku



Gambar Pembuatan rangka prototipe



Gambar Perakitan Rangka prototipe dan Pompa

- Pembuatan *Vortex Generator Tube*.



Gambar Vortex Generator



Gambar Pemasangan Vortex Generator Tube

- Perakitan Prototipe



Gambar Pemasangan flow meter dan fitting

- Pengecatan Prototipe



Gambar Prototipe *ballast water treatment* setelah pengecatan

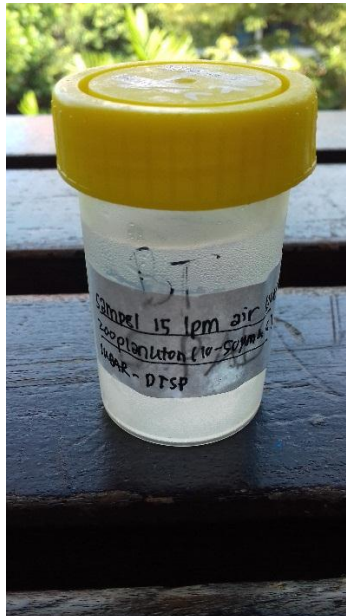
Analisa Kuantitatif Zooplankton Pada Air Balas Menggunakan Mikroskop Stereo



Gambar air sampel debit 5 lpm



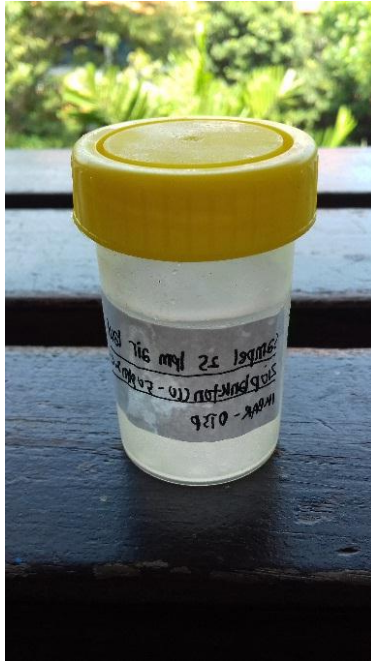
Gambar air sampel debit 10 lpm



Gambar air sampel debit 15 lpm



Gambar air sampel debit 20 lpm



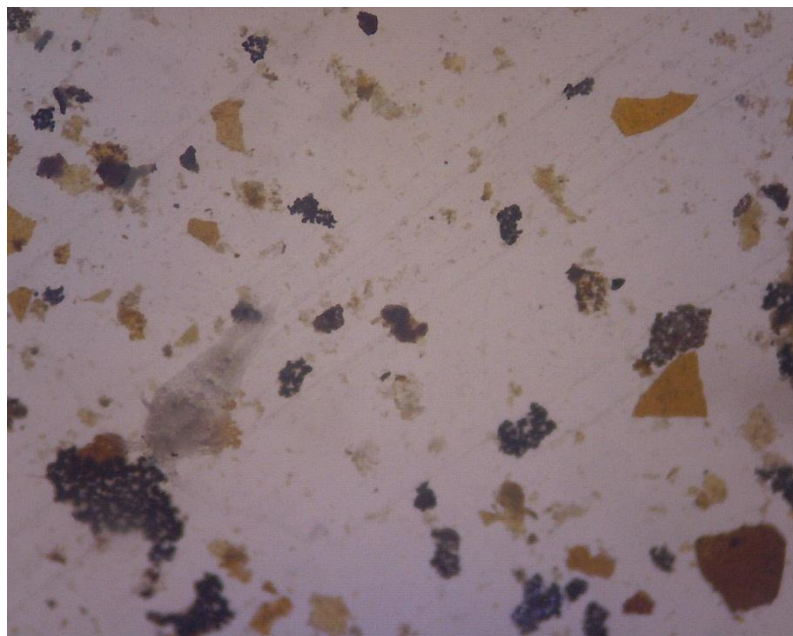
Gambar air sampel debit 25 lpm



Gambar persiapan pengamatan air sampel



Gambar proses pengamatan zooplankton



Gambar salah satu jenis zooplankton pada air sampel

Hasil Analisis Laboratorium



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

LABORATORIUM EKOLOGI

JURUSAN BIOLOGI
Gedung H Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp: 031 596 3857
Fax: 031 596 3857

HASIL ANALISIS LABORATORIUM ZOOPLANKTON

Sampel 1

Identitas sampel

Nama sampel : 001-PI/0718
Kode sampel : Air laut (Baku)
Volume : 57 ml
Salinitas : 30‰
Pengirim : M. Ikbar Abdul Baqi
Tanggal penerimaan sampel : 10 Juli 2018
Tanggal pengamatan sampel : 11 Juli 2018
Metode pengamatan sampel : Identifikasi morfologi (mikroskopis)

Analisisator

: Fadina YS

Supervisor

: Farid Kamal Muzaki, S.Si., M.Si

Tabel 1. Data Hasil Pengamatan Zooplankton

No.	Spesies	Famill	ni	Pi (%)	Di	H'	J
1	Copepoda Calanoida.1	Acartiidae	14	31.111	0.0968	0.363	
2	Copepoda Calanoida.2	Centropagidae	12	26.667	0.0711	0.352	
3	Copepoda Calanoida.3	Pseudodiaptomidae	9	20	0.0400	0.322	
4	Foraminifera	ordo Foraminifera	5	11.111	0.0123	0.244	
5	Larva nauplius Copepoda	-	5	11.111	0.0123	0.244	
Total			45	100	0.233	1.526	0.948

Keterangan: ni kelimpahan zooplankton species-i
pi proporsi (kelimpahan relatif) atau dominansi plankton spesies-i
H' indeks keanekaragaman Shannon-Wiener
D indeks dominansi Simpson
J indeks kemerataan jenis Pielou

- a. Kualitas perairan menurut indeks diversitas plankton adalah sebagai berikut;

Indeks Keanekaragaman	Kondisi struktur komunitas	Kategori	Skala
> 2.41	Sangat stabil	Sangat baik	5
1.81 – 2.40	Lebih stabil	Baik	4
1.21 – 1.80	Stabil	Sedang	3
0.61 – 1.20	Cukup stabil	Buruk	2
< 0.60	Kurang stabil	Sangat buruk	1

(Wibisono, 2005)

- b. Nilai D berkisar antara 0 – 1.00; semakin tinggi nilai D (mendekati 1.00) berarti tingkat keanekaragaman dalam komunitas adalah semakin rendah (terdapat taksa-taksa tertentu yang mendominasi); sebaliknya, bila nilai D mendekati 0.00 berarti tingkat keanekaragaman komunitas adalah semakin tinggi (Feranita-Fachrul, 2007)
- c. Nilai J berkisar antara 0 – 1.00; semakin tinggi nilai J (mendekati 1.00) berarti penyebaran populasi adalah merata di dalam komunitas; sebaliknya, bila nilai J mendekati 0.00 berarti penyebaran populasi tidak merata dan cenderung terjadi dominansi oleh salah satu atau beberapa spesies tertentu (Feranita-Fachrul, 2007)



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

LABORATORIUM EKOLOGI

JURUSAN BIOLOGI
Gedung H Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp: 031 596 3857
Fax: 031 596 3857

Sampel 2

Identitas sampel

Nama sampel : 002-PI/0718
Kode sampel : Air laut 5 Lpm
Volume : 57 ml
Salinitas : 27‰
Pengirim : M. Ikbar Abdul Baqi
Tanggal penerimaan sampel : 10 Juli 2018
Tanggal pengamatan sampel : 11 Juli 2018
Metode pengamatan sampel : Identifikasi morfologi (mikroskopis)

Analisis

: Fadina YS

Supervisor

: Farid Kamal Muzaki, S.Si., M.Si

Tabel 2. Data Hasil Pengamatan Zooplankton

No.	Spesies	Famili	ni	Pi (%)	Di	H'	J
1	Copepoda Calanoida.1	Acartiidae	18	36	0.1296	0.368	
2	Copepoda Calanoida.2	Centropagidae	9	18	0.0324	0.309	
3	Copepoda Calanoida.3	Pseudodiaptomidae	5	10	0.0100	0.230	
4	Copepoda Cyclopoida.1	Oithonidae	10	20	0.0400	0.322	
5	Larva veliger Bivalvia	kelas Bivalvia	2	4	0.0016	0.129	
6	Larva nauplius Copepoda	-	4	8	0.0064	0.202	
7	Larva veliger Gastropoda	kelas Gastropoda	2	4	0.0016	0.129	
Total			50	100	0.222	1.688	0.868

Keterangan: ni kelimpahan zooplankton species-i
pi proporsi (kelimpahan relatif) atau dominansi plankton species-i
H' indeks keanekaragaman Shannon-Wiener
D indeks dominansi Simpson
J indeks kemerataan jenis Pielou

- a. Kualitas perairan menurut indeks diversitas plankton adalah sebagai berikut;

Indeks Keanekaragaman	Kondisi struktur komunitas	Kategori	Skala
> 2.41	Sangat stabil	Sangat baik	5
1.81 – 2.40	Lebih stabil	Baik	4
1.21 – 1.80	Stabil	Sedang	3
0.61 – 1.20	Cukup stabil	Buruk	2
< 0.60	Kurang stabil	Sangat buruk	1

(Wibisono, 2005)

- b. Nilai D berkisar antara 0 – 1.00; semakin tinggi nilai D (mendekati 1.00) berarti tingkat keanekaragaman dalam komunitas adalah semakin rendah (terdapat taksa-taksa tertentu yang mendominasi); sebaliknya, bila nilai D mendekati 0.00 berarti tingkat keanekaragaman komunitas adalah semakin tinggi (Feranita-Fachrul, 2007)
- c. Nilai J berkisar antara 0 – 1.00; semakin tinggi nilai J (mendekati 1.00) berarti penyebaran populasi adalah merata di dalam komunitas; sebaliknya, bila nilai J mendekati 0.00 berarti penyebaran populasi tidak merata dan cenderung terjadi dominansi oleh salah satu atau beberapa spesies tertentu (Feranita-Fachrul, 2007)



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

LABORATORIUM EKOLOGI

JURUSAN BIOLOGI
Gedung H Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp: 031 596 3857
Fax: 031 596 3857

Sampel 3

Identitas sampel

Nama sampel : 003-PI/0718
Kode sampel : Air laut 10 Lpm
Volume : 57 ml
Salinitas : 28‰
Pengirim : M. Ikbar Abdul Baqi
Tanggal penerimaan sampel : 10 Juli 2018
Tanggal pengamatan sampel : 11 Juli 2018
Metode pengamatan sampel : Identifikasi morfologi (mikroskopis)

Analisisator

: Fadina YS

Supervisor

: Farid Kamal Muzaki, S.Si., M.Si

Tabel 3. Data Hasil Pengamatan Zooplankton

No.	Spesies	Famili	ni	Pi (%)	Di	H'	J
1	Copepoda Calanoida.1	Acartiidae	34	21.935	0.0481	0.333	
2	Copepoda Calanoida.2	Centropagidae	25	16.129	0.0260	0.294	
3	Copepoda Calanoida.3	Pseudodiaptomidae	18	11.613	0.0135	0.250	
4	Copepoda Calanoida.4	Pontellidae	8	5.161	0.0027	0.153	
5	Copepoda Cyclopoida.1	Oithonidae	30	19.355	0.0375	0.318	
6	Copepoda Cyclopoida.2	Cyclopidae	20	12.903	0.0166	0.264	
7	Copepoda Harpacticoida	Euterpidae	6	3.871	0.0015	0.126	
8	Larva nauplius Copepoda	-	8	5.161	0.0027	0.153	
9	Larva veliger Bivalvia	kelas Bivalvia	6	3.871	0.0015	0.126	
Total			155	100	0.150	2.017	0.918

Keterangan: ni kelimpahan zooplankton species-i
pi proporsi (kelimpahan relatif) atau dominansi plankton species-i
H' indeks keanekaragaman Shannon-Wiener
D indeks dominansi Simpson
J indeks kemerataan jenis Pielou

a. Kualitas perairan menurut indeks diversitas plankton adalah sebagai berikut:

Indeks Keanekaragaman	Kondisi struktur komunitas	Kategori	Skala
> 2.41	Sangat stabil	Sangat baik	5
1.81 – 2.40	Lebih stabil	Baik	4
1.21 – 1.80	Stabil	Sedang	3
0.61 – 1.20	Cukup stabil	Buruk	2
< 0.60	Kurang stabil	Sangat buruk	1

(Wibisono, 2005)

- b. Nilai D berkisar antara 0 – 1.00; semakin tinggi nilai D (mendekati 1.00) berarti tingkat keanekaragaman dalam komunitas adalah semakin rendah (terdapat taksa-taksa tertentu yang mendominasi); sebaliknya, bila nilai D mendekati 0.00 berarti tingkat keanekaragaman komunitas adalah semakin tinggi (Ferianita-Fachrul, 2007)
- c. Nilai J berkisar antara 0 – 1.00; semakin tinggi nilai J (mendekati 1.00) berarti penyebaran populasi adalah merata di dalam komunitas; sebaliknya, bila nilai J mendekati 0.00 berarti penyebaran populasi tidak merata dan cenderung terjadi dominansi oleh salah satu atau beberapa spesies tertentu (Ferianita-Fachrul, 2007)



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

LABORATORIUM EKOLOGI

JURUSAN BIOLOGI
Gedung H Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp: 031 596 3857
Fax: 031 596 3857

Sampel 4

Identitas sampel

Nama sampel : 004-PI/0718
Kode sampel : Air laut 15 Lpm
Volume : 57 ml
Salinitas : 29‰
Pengirim : M. Ikbar Abdul Baqi
Tanggal penerimaan sampel : 10 Juli 2018
Tanggal pengamatan sampel : 11 Juli 2018
Metode pengamatan sampel : Identifikasi morfologi (mikroskopis)

Analisis

Supervisor

: Fadina YS
: Farid Kamal Muzaki, S.Si., M.Si

Tabel 4. Data Hasil Pengamatan Zooplankton

No.	Spesies	Famili	ni	Pi (%)	Di	H'	J
1	Copepoda Calanoida.1	Acartiidae	20	24.691	0.0610	0.345	
2	Copepoda Calanoida.2	Centropagidae	15	18.519	0.0343	0.312	
3	Copepoda Calanoida.3	Pseudodiaptomidae	15	18.519	0.0343	0.312	
4	Copepoda Cyclopoida.1	Oithonidae	13	16.049	0.0258	0.294	
5	Copepoda Cyclopoida.2	Cyclopidae	7	8.642	0.0075	0.212	
6	Copepoda Harpacticoida	Euterpinae	2	2.469	0.0006	0.091	
7	Foraminifera	ordo Foraminifera	2	2.469	0.0006	0.091	
8	Tintinnopsis sp	Codonellidae	2	2.469	0.0006	0.091	
9	Larva nauplius Copepoda	-	5	6.173	0.0038	0.172	
	Total		81	100	0.168	1.921	0.874

Keterangan: ni kelimpahan zooplankton species-i
pi proporsi (kelimpahan relatif) atau dominansi plankton spesies-i
H' indeks keanekaragaman Shannon-Wiener
D indeks dominansi Simpson
J indeks kemerataan jenis Pielou

- a. Kualitas perairan menurut indeks diversitas plankton adalah sebagai berikut;

Indeks Keanekaragaman	Kondisi struktur komunitas	Kategori	Skala
> 2.41	Sangat stabil	Sangat baik	5
1.81 – 2.40	Lebih stabil	Baik	4
1.21 – 1.80	Stabil	Sedang	3
0.61 – 1.20	Cukup stabil	Buruk	2
< 0.60	Kurang stabil	Sangat buruk	1

(Wibisono, 2005)

- b. Nilai D berkisar antara 0 – 1.00; semakin tinggi nilai D (mendekati 1.00) berarti tingkat keanekaragaman dalam komunitas adalah semakin rendah (terdapat taksa-taksa tertentu yang mendominasi); sebaliknya, bila nilai D mendekati 0.00 berarti tingkat keanekaragaman komunitas adalah semakin tinggi (Ferianita-Fachrul, 2007)
- c. Nilai J berkisar antara 0 – 1.00; semakin tinggi nilai J (mendekati 1.00) berarti penyebaran populasi adalah merata di dalam komunitas; sebaliknya, bila nilai J mendekati 0.00 berarti penyebaran populasi tidak merata dan cenderung terjadi dominansi oleh salah satu atau beberapa spesies tertentu (Ferianita-Fachrul, 2007)



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

LABORATORIUM EKOLOGI

JURUSAN BIOLOGI
Gedung H Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp: 031 596 3857
Fax: 031 596 3857

Sampel 5

Identitas sampel

Nama sampel : 005-PI/0718
Kode sampel : Air laut 20 Lpm
Volume : 57 ml
Salinitas : 30‰
Pengirim : M. Ikbar Abdul Baqi
Tanggal penerimaan sampel : 10 Juli 2018
Tanggal pengamatan sampel : 11 Juli 2018
Metode pengamatan sampel : Identifikasi morfologi (mikroskopis)

Analisisator

: Fadina YS

Supervisor

: Farid Kamal Muzaki, S.Si., M.Si

Tabel 5. Data Hasil Pengamatan Zooplankton

No.	Spesies	Famili	ni	Pi (%)	Di	H'	J
1	Copepoda Calanoida.1	Acartiidae	49	36.567	0.1337	0.368	
2	Copepoda Calanoida.2	Centropagidae	33	24.627	0.0606	0.345	
3	Copepoda Calanoida.3	Pseudodiaptomidae	28	20.896	0.0437	0.327	
4	Copepoda Calanoida.4	Pontellidae	5	3.731	0.0014	0.123	
5	Copepoda Cyclopoida.1	Oithonidae	6	4.478	0.0020	0.139	
6	Copepoda Cyclopoida.2	Cyclopidae	3	2.239	0.0005	0.085	
7	Larva veliger Bivalvia	kelas Bivalvia	3	2.239	0.0005	0.085	
8	Larva nauplius Copepoda	-	5	3.731	0.0014	0.123	
9	Tintinnopsis sp	Codonellidae	2	1.493	0.0002	0.063	
Total			134	100	0.244	1.657	0.754

Keterangan: ni kelimpahan zooplankton species-i
pi proporsi (kelimpahan relatif) atau dominansi plankton species-i
H' indeks keanekaragaman Shannon-Wiener
D indeks dominansi Simpson
J indeks kemerataan jenis Pielou

- a. Kualitas perairan menurut indeks diversitas plankton adalah sebagai berikut;

Indeks Keanekaragaman	Kondisi struktur komunitas	Kategori	Skala
> 2.41	Sangat stabil	Sangat baik	5
1.81 – 2.40	Lebih stabil	Baik	4
1.21 – 1.80	Stabil	Sedang	3
0.61 – 1.20	Cukup stabil	Buruk	2
< 0.60	Kurang stabil	Sangat buruk	1

(Wibisono, 2005)

- b. Nilai D berkisar antara 0 – 1.00; semakin tinggi nilai D (mendekati 1.00) berarti tingkat keanekaragaman dalam komunitas adalah semakin rendah (terdapat taksa-taksa tertentu yang mendominasi); sebaliknya, bila nilai D mendekati 0.00 berarti tingkat keanekaragaman komunitas adalah semakin tinggi (Ferianita-Fachrul, 2007)
- c. Nilai J berkisar antara 0 – 1.00; semakin tinggi nilai J (mendekati 1.00) berarti penyebaran populasi adalah merata di dalam komunitas; sebaliknya, bila nilai J mendekati 0.00 berarti penyebaran populasi tidak merata dan cenderung terjadi dominansi oleh salah satu atau beberapa spesies tertentu (Ferianita-Fachrul, 2007)



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

LABORATORIUM EKOLOGI

JURUSAN BIOLOGI
Gedung H Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp: 031 596 3857
Fax: 031 596 3857

Sampel 6

Identitas sampel

Nama sampel : 006-PI/0718
Kode sampel : Air laut 25 Lpm
Volume : 57 ml
Salinitas : 30‰
Pengirim : M. Ikbar Abdul Baqi
Tanggal penerimaan sampel : 10 Juli 2018
Tanggal pengamatan sampel : 11 Juli 2018
Metode pengamatan sampel : Identifikasi morfologi (mikroskopis)

Analisis

Supervisor

: Fadina YS
: Farid Kamal Muzaki, S.Si., M.Si

Tabel 6. Data Hasil Pengamatan Zooplankton

No.	Spesies	Famili	ni	Pi (%)	Di	H'	J
1	Copepoda Calanoida.1	Acartiidae	18	26.471	0.0701	0.352	
2	Copepoda Calanoida.2	Centropagidae	14	20.588	0.0424	0.325	
3	Copepoda Calanoida.3	Pseudodiaptomidae	7	10.294	0.0106	0.234	
4	Copepoda Cyclopoida.1	Oithonidae	15	22.059	0.0487	0.333	
5	Copepoda Cyclopoida.2	Cyclopidae	10	14.706	0.0216	0.282	
6	Larva nauplius Copepoda	-	4	5.882	0.0035	0.167	
Total			68	100	0.197	1.693	0.945

Keterangan: ni kelimpahan zooplankton species-i
pi proporsi (kelimpahan relatif) atau dominansi plankton spesies-i
H' indeks keanekaragaman Shannon-Wiener
D indeks dominansi Simpson
J indeks kemerataan jenis Pielou

a. Kualitas perairan menurut indeks diversitas plankton adalah sebagai berikut;

Indeks Keanekaragaman	Kondisi struktur komunitas	Kategori	Skala
> 2.41	Sangat stabil	Sangat baik	5
1.81 – 2.40	Lebih stabil	Baik	4
1.21 – 1.80	Stabil	Sedang	3
0.61 – 1.20	Cukup stabil	Buruk	2
< 0.60	Kurang stabil	Sangat buruk	1

(Wibisono, 2005)

- b. Nilai D berkisar antara 0 – 1.00; semakin tinggi nilai D (mendekati 1.00) berarti tingkat keanekaragaman dalam komunitas adalah semakin rendah (terdapat taksa-taksa tertentu yang mendominasi); sebaliknya, bila nilai D mendekati 0.00 berarti tingkat keanekaragaman komunitas adalah semakin tinggi (Ferianita-Fachrul, 2007)
- c. Nilai J berkisar antara 0 – 1.00; semakin tinggi nilai J (mendekati 1.00) berarti penyebaran populasi adalah merata di dalam komunitas; sebaliknya, bila nilai J mendekati 0.00 berarti penyebaran populasi tidak merata dan cenderung terjadi dominansi oleh salah satu atau beberapa spesies tertentu (Ferianita-Fachrul, 2007)

Surabaya, Juli 2018

Kepala Laboratorium Ekologi, Departemen Biologi – ITS

Indah Krisnawati D.T, Ph.D

NIP. 19730622 199802 2 001

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Tulungagung pada tanggal 28 November 1995, anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis merupakan putra dari pasangan bapak Anang Budi Setiawan dan Ibu Noor Umaroh. Mendapatkan pendidikan formal di Sekolah Dasar di SDN 1 Kampung Dalem tamat pada tahun 2008, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Tulungagung tamat pada tahun 2011 dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Boyolangu tamat pada tahun 2014. Lulus dari SMA pada tahun 2014 penulis diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di Fakultas Teknologi Kelautan, Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Selain memfokuskan diri dalam pengembangan intelektual, selama perkuliahan penulis aktif mengikuti program pengembangan kepribadian khususnya dalam bidang kepemimpinan seperti mengikuti pelatihan The Ambassador Leadership BPJSTK Camp I, II dan III Batch 5 tahun 2018, LKMM Pelatihan Pemandu FTK ITS tahun 2016 dan *Marine Leader School* (MLS) HIMASISKAL FTK-ITS tahun 2016. Turut berkesempatan untuk mengikuti beberapa organisasi seperti pengurus HIMASISKAL pada tahun 2016-2018 sebagai kepala divisi bidang pelatihan dan pembinaan, Paguyuban Karya Salemba Empat ITS pada tahun 2016/2017 sebagai staff departemen hubungan dalam serta sebagai *Supervisor* (koordinator mahasiswa) *Laboratory of Marine Machinery and System* (MMS) tahun 2017/2018.

Pada akhir masa program studi S-1, penulis dapat menyelesaikan penelitian pengembangan awal alat pengolah air balas kapal yang kemudian dituliskan dalam tugas akhir ini dengan judul “Perancangan *Vortex Generator* Untuk *Ballast Water Treatment* Dengan Menggunakan Metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*)”. Informasi dapat melalui mikbarabdlbq@gmail.com