

PENURUNAN TEKANAN PADA POMPA AIR LAUT PADA MESIN INDUK KAPAL

Iing Mustain^{1*}, Abdurohman¹, Ujang Abdullah²

^{1,2} Jurusan Teknik, AKMI Cirebon

Jl. Jend. Sudirman No. 156 Ciperna Kabupaten Cirebon.

*Email: iing.mustain@akmicirebon.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui penyebab menurunnya tekanan pompa pendingin air laut pada mesin induk di kapal. Metode penelitian menggunakan analisis kuantitatif deskriptif yaitu dengan melakukan pengamatan tentang menurunnya tekanan pompa air laut pendingin mesin induk kapal. Waktu yang digunakan dalam melaksanakan penelitian dan pengumpulan data-data yang diperlukan adalah 12 bulan lebih 10 hari. Hasil pengamatan diperoleh kurangnya daya hisap dan tekanan pompa air laut disebabkan saringan isap tertutup kotoran saat kapal masuk ke perairan dangkal baik pantai maupun sungai yang terdapat kotoran terutama sampah plastik dan lumpur, kotoran tersebut akan menghalangi aliran isap dari pompa pendingin. Menurunnya kinerja impeller pada pompa disebabkan karena terjadinya penyumbatan pada Impeller oleh kotoran-kotoran, keran-keran atau binatang laut yang masuk melalui Sea Chest sehingga menyebabkan terjadinya penurunan tekanan pompa air laut. Kebocoran pada bagian gland packing pompa berupa tetesan zat cair yang jumlahnya tidak lebih dari 0,5 cm³/s. Jika jumlah tetesan lebih dari ini, penekan Packing harus di kencangkan pelan-pelan dan merata dengan mengencangkan kedua mur secara bergantian sampai tetesan menjadi normal, apabila setelah di kencangkan tetesan masih tidak normal gland packing wajib diganti dengan yang baru.

Kata Kunci: pompa pendingin, mesin induk, impeller, tekanan pompa

PENDAHULUAN

Pompa sebagai salah satu mesin aliran fluida hidrolik pada dasarnya digunakan untuk memindahkan fluida (*incompressible fluids*) dari suatu tempat ke tempat lain melalui suatu media perpipaan. Aliran fluida terjadi karena terdapat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.

Pompa air laut pendingin mesin induk merupakan salah satu jenis pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal sebagai salah satu jenis pompa yang banyak dijumpai dalam perindustri di perkapalan maupun di lingkungan perumahan. Pompa sentrifugal bekerja dengan prinsip gaya sentrifugal dimana gaya sentrifugal ini adalah gaya gerak melingkar yang berputar menjauhi pusat lingkaran.

Pompa sentrifugal terdapat *Impeller* yaitu sebagai elemen pemindah fluida yang digerakkan memutar oleh suatu penggerak

mula. Zat cair yang berada di dalam akan berputar akibat dorongan sudu-sudu dan menimbulkan gaya sentrifugal yang menyebabkan cairan mengalir dari tengah *Impeller* dan keluar melalui saluran di antara sudu-sudu dan meninggalkan *Impeller* dengan kecepatan tinggi.

Cairan dengan kecepatan tinggi ini dilewatkan saluran yang penampangnya makin membesar (*Diffuser*) sehingga terjadi perubahan *Head* (tinggi tekan) kecepatan menjadi *head* tekanan. Setelah cairan dilemparkan oleh *Impeller*, ruang di antara sudu-sudu menjadi vakum, menyebabkan cairan akan terhisap masuk sehingga terjadi proses pengisapan.

Beberapa keunggulan pompa air laut sentrifugal adalah biaya perawatan terbilang lebih terjangkau begitu pula dengan harga beli suku cadangnya, konstruksi pompa sederhana dan ukuran pompa yang terbilang kecil menjadi tidak memakan banyak tempat sehingga lebih efisien, harga yang lebih murah, dan termasuk jenis pompa yang ringan

sehingga mempermudah pemasangan, kapasitas dan tinggi tekan (*head*) yang tinggi, kehandalan dan ketahanan yang tinggi (Susanto, 2018).

Sistem pendingin di dalam kapal dikenal ada dua macam yaitu sistem pendingin terbuka (*direct cooling system*) dan sistem pendingin tertutup (*indirect cooling system*). Sistem pendinginan terbuka merupakan sistem pendingin yang langsung berhubungan dengan air laut, sistem ini menggunakan air laut yang langsung masuk untuk mendinginkan komponen yang perlu untuk didinginkan dan kembali dibuang ke laut. Sedangkan sistem pendingin tertutup merupakan sistem pendingin yang menggunakan air tawar yang disirkulasikan dari tangki ekspansi menuju mesin yang kemudian dipompa menuju pendingin dan kembali ke ekspansi.

Sistem pendingin adalah salah satu bagian penting pada sebuah kapal yang memerlukan perhatian yang cukup, karena lancar tidaknya pengoperasian kapal sangat tergantung pada hasil kerja mesin, karena dalam mesin diesel dinding silinder selalu dikenai panas akibat dari pembakaran secara radiasi yaitu: perpindahan panas melalui sinar atau cahaya. Jika silinder tidak didinginkan, maka minyak yang melumasi torak akan encer dan menguap dengan cepat, sehingga torak maupun silinder akan cepat rusak akibat suhu tinggi hasil dari pembakaran.

Pada saat penulis melaksanakan kegiatan praktek laut dimana pada saat kegiatan kapal berlayar tekanan dari *main Sea Water Cooling Pump* mengalami penurunan yang sangat signifikan sehingga menimbulkan adanya peningkatan suhu pada media yang di dinginkan oleh air laut sebagai pendingin untuk mendukung kelancaran pengoperasian mesin induk, hal ini dikarenakan kurang optimalnya pompa air laut pendingin.

Melihat kejadian di atas, pompa air laut sebagai pendingin mesin induk di atas kapal sangatlah perlu untuk dijaga dan diadakan perawatan yang sifatnya berkelanjutan, selain diadakan perawatan,

penyediaan suku cadang juga perlu diperhatikan guna untuk menunjang pengoperasian permesinan induk diatas kapal.

Turunnya Performansi pompa secara tiba-tiba dan ketidakstabilan dalam operasi sering menjadi masalah yang serius dan mengganggu kinerja sistem secara keseluruhan. Salah satu indikasi penyebab turunnya tekanan performansi pompa. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui penyebab menurunnya tekanan pompa pendingin air laut pada mesin induk di kapal.

LANDASAN TEORI

Dalam abad modern sekarang ini, pengertian pompa telah banyak diperoleh dari berbagai buku para ahli tergantung dari sudut atau kondisi mana pompa itu berada. Jadi kalau pompa itu pada suatu kapal, dan berfungsi untuk mendinginkan mesin induk yaitu pompa air laut/tawar. Menurut Adji (1972) bahwa pompa dapat diartikan dengan pesawat bantu, pompa itu menurutnya adalah pesawat yang pada umumnya di pergunakan orang untuk memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat yang lainnya.

Menurut Beno Van Casand (1993) mengatakan bahwa pompa Sentrifugal adalah pompa- pompa yang bekerja berdasarkan prinsip gaya Centrifugal. Sedangkan menurut Saputra (2010) mengungkapkan bahwa pompa sentrifugal adalah suatu mesin yang digunakan untuk memindahkan fluida dengan cara putaran menaikkan tekanan dengan gaya sentrifugal dan fluida keluar secara radial melalui Impeller. Pompa sentrifugal merupakan pompa dinamik yaitu energi yang ditambahkan pada cairan untuk menurunkan kecepatannya, maka tekanannya akan meningkat, energinya diperoleh dengan perputaran Impeller lalu fluida masuk ke *volute* yang berbentuk spiral.

Prinsip Dasar Pompa Sentrifugal

Menurut Rahadian (2008) prinsip-prinsip dasar pompa sentrifugal adalah sebagai

berikut:

- 1 Gaya sentrifugal bekerja pada impeler untuk mendorong fluida ke sisi luar sehingga kecepatan Fluida meningkat.
- 2 Kecepatan Fluida yang tinggi diubah oleh rumah pompa (*volute* atau *diffuser*) menjadi tekanan.

Cara Kerja Pompa Sentrifugal

Menurut Suharto (1991) menjelaskan tentang cara kerja pompa sentrifugal ialah cairan masuk ke *Impeller* (*Impeller eye*) dan bergerak ke arah radial diantara sudu – sudu *Impeller* (*Impeller vanes*) hingga cairan tersebut keluar dari diameter luar *Impeller*. Ketika cairan tersebut meninggalkan *Impeller*, cairan tersebut dikumpulkan didalam rumah pompa (*casing*). Salah satu desain casing dibentuk seperti spiral yang mengumpulkan cairan dari *Impeller* dan menggerakannya ke *discharge Nozzle*.

Discharge nozzle dibentuk seperti suatu kerucut sehingga kecepatan aliran yang tinggi dari *Impeller* secara bertahap turun. Kerucut ini disebut *diffuser*. Pada waktu penurunan kecepatan di dalam *diffuser*, energi kecepatan pada aliran cairan diubah menjadi energi tekanan.

Klasifikasi pompa sentrifugal

Menurut Suswono (2011) dalam Halorik Simbolon Gerson (2017) menjelaskan bahwa pompa sentrifugal dapat diklasifikasikan berdasarkan:

- 1 Kapasitas:
 - 1) Kapasitas rendah : $< 20 \text{ m}^3 / \text{jam}$
 - 2) Kapasitas menengah: $20 - 60 \text{ m}^3 / \text{jam}$
 - 3) Kapasitas tinggi : $> 60 \text{ m}^3 / \text{jam}$
- 2 Tekanan *discharge*:
 - 1) Tekanan rendah : $< 5 \text{ kg} / \text{cm}^2$
 - 2) Tekanan menengah : $5 - 50 \text{ kg} / \text{cm}^2$
 - 3) Tekanan tinggi : $> 50 \text{ kg} / \text{cm}^2$

Keuntungan Dan Kerugian Pompa Sentrifugal

- 1 Keuntungan-keuntungan pompa sentrifugal antara lain:
 - 1) Ongkos pembelian dan perawatan murah
 - 2) Bobot dan fondasi kecil

- 3) Ruang atau tempat kecil
- 4) Kemungkinan langsung digerakkan oleh tenaga penggerak
- 5) Kapasitas tenaga yang lebih besar dari pompa *Plunger*
- 2 Kerugian-kerugian pompa sentrifugal terhadap pompa *Plunger* adalah:
 - 1) Pompa *Plunger* terutama jika penghasilan kecil dan tinggi kenaikannya besar. Tetapi untuk jam kerja yang terbatas pompa seperti ini untuk penggulingan dan pompa pemadam api, rendemen ini tidak begitu penting dan lebih banyak kerugian untuk pompa sentrifugal.
 - 2) Kerugian pompa sentrifugal lainnya yaitu dalam pemakaian yang normal pompa-pompa itu tidak dapat menghisap sendiri sehingga terlebih dahulu harus di pancing sebelum dijalankan

METODE

Metode penelitian menggunakan analisis kuantitatif deskriptif (Sugiyono, 2011). Penelitian yang digunakan di dalam melakukan pengamatan tentang menurunnya tekanan pompa air laut pendingin mesin induk kapal dengan karakteristik ditunjukkan pada tabel 1. Kapal ini berbendera Indonesia yang merupakan salah satu dari armada kapal dari perusahaan pelayaran Nasional Indonesia dengan rute pelayaran NCV. Waktu yang digunakan dalam melaksanakan penelitian dan pengumpulan data-data yang diperlukan adalah 12 bulan lebih 10 hari.

Tabel 1. Data Karakteristik Kapal

Name Of Vessel	MV. A.J 1
Kind Of Vessel	Cargo Vessel
Call Sign	Y H Y D
Nationality / Flag	Indonesia
Port Of Registry	Jakarta
Official number	14189-84C
MMSI Number	525014014
IMO Number	8401755
Operator	PT. “ ADMIRAL LINES“

C l a s s	Nipon Kaiji Kyokai	penyebabnya, namun tidak di temukan
Date of Louching	April 12th-1984	adanya kerusakan pada sistem instalasi
Gross Tonnage	5477.00 tons	pompa air laut tersebut. Akhirnya masinis
Number of Crew	24 Person including Master	melaporkan kejadian itu kepada Kepala Kamar Mesin (KKM) dan mengusulkan
Netto Tonnage	2261 tons	untuk di adakan perbaikan secara
Dead Weight Tonnage	6839,83 tons	menyeluruh (<i>overhaul</i>) terhadap pompa
Full Loaded Displ	9186,29 tons	terhadap semua komponen pada pompa
Light Weight Displ	2346,46 tons	tersebut ternyata banyak di temukan
Length Over All	98,15 Mtrs	kotoran sampah dan kerang-kerang kecil
Length Between P.P	89,85 Mtrs	menyumbat pada <i>Impeller</i> yang dapat
Main Engine	Hansin 6EL40 x 240	menyebabkan isapan dan tekanan dari
M.C.R	3300 P.S X 240 RPM	pompa tersebut berkurang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kurangnya Daya Hisap Dan Tekanan Pompa Air Laut

Pada saat kapal MV. A.J 1 berlayar pada tgl 23 januari 2018 pompa sedang bekerja tiba-tiba saja isapan pada pompa air laut menurun dari tekanan normal 3,4 bar menjadi 2,9 bar, mengetahui hal itu *oiler* jaga langsung menghidupkan pompa air laut nomor dua dan langsung mematikan pompa yang bermasalah tersebut, setelah pompa nomor dua bekerja dengan baik barulah melaporkan kejadian itu kepada masinis jaga yang kemudian dilaporkan ke masinis yang bertanggung jawab. Setelah mendapat laporan tersebut dengan di bantu oleh cadet segera mengecek pompa dengan membawa peralatan yang di perlukan.

Dalam pelaksanaan masinis hanya mengecek katup-katup pada instalasi pompa saja, dan ternyata katup-katup tersebut memang sudah harus di ganti dengan yang baru karena banyak terdapat kerak di sekelilingnya, sehingga kinerja dari pompa tersebut menjadi terganggu. Setelah katup-katup tersebut diganti dengan baru, kemudian di adakan pengetesan terhadap pompa tersebut ternyata isapan yang di hasilkan masih tetap tidak berubah.

Kemudian Masinis melakukan pengecekan pada sistem instalasi penataan pipa yang berhubungan dengan pompa air laut tersebut agar dapat menemukan

Permasalahan lain yang ditemukan diatas kapal adalah tentang pengadaan suku cadang, bahwa pengadaan tersebut masih kurang dengan apa yang diharapkan oleh orang yang berada diatas kapal khususnya pada bagian mesin, dan kurang tersusunnya manajemen untuk pemakaian dan penerimaan suku cadang diatas kapal, itu dilihat dari kebutuhan suku cadang yang selalu kekurangan serta kurangnya perhatian dari pihak perusahaan tentang pengadaan suku cadang. Hal ini akan mempengaruhi proses yang menyangkut perawatan dan perbaikan pesawat-pesawat yang ada diatas kapal. Ditambah buruknya kualitas dari suku cadang tersebut membuat perawatan tidak optimal, karena dari bahan yang tidak sesuai mengakibatkan ketahanan dari suatu benda tersebut tidak akan lama.

Kinerja Dari Impeller Pada Pompa

Selain permasalahan tekanan pada pompa air laut juga ditemukan peristiwa saat pompa dijalankan terdapat bunyi dan putaran yang tidak normal, setelah dicek ternyata sumber dari suara dan getaran tersebut adalah diakibatkan *Impeller* terkikis oleh kotoran. Akibat dari kinerja *Impeller* pada pompa yang mengakibatkan getaran pada pompa dapat mengakibatkan bagian-bagian dari pompa menjadi ikut terpengaruh oleh getaran tersebut, sehingga pompa tidak dapat bekerja secara optimal dan menyebabkan produksi dari pompa menurun.

Zat cair yang telah masuk kedalam

ruang *Impeller* akan ditekan keluar oleh pompa dengan tenaga penggerak motor listrik, disini zat cair akan ditekan keluar oleh *Impeller* akibat gaya sentrifugal dengan dihubungkan satu poros dengan motor listrik melalui saluran keluar yang berbentuk Konis. Permulaan dari rumah pompa adalah bagian yang sempit, kemudian melebar semakin jauh semakin lebar dan akhirnya keluar dari bagian ini adalah bagian yang paling lebar dan cairan itu akan bergerak dan menuju kearah keluar menuju *cooler* yang ada.

Kebocoran Pada Bagian Gland Packing Pompa

Pada saat pengamatan juga sering sekali ditemukan adanya kebocoran pada bagian *Gland Packing* pompa berupa kebocoran air yang mulanya sedikit dan akan bertambah jika semakin lama tidak diperhatikan. Hal ini berdampak langsung pada tekanan keluar pompa yang sering turun dari normalnya. Umumnya terjadi kerusakan dan bocor pada bagian *gland packing* pompa tidak mudah dihindari dan waktu/umur pakai untuk diprediksi kapan akan terjadi kerusakan. Kerusakan *packing* banyak disebabkan oleh kesalahan pemasangan, tidak mengikuti prosedur yang benar atau tidak mengikuti petunjuk yang diberikan oleh produsen *packing*.

Selama peneliti melaksanakan pengamatan kebocoran *gland packing* sangat sering dijumpai pada pompa pendingin air laut sehingga hal ini lama kelamaan jika tidak ditangani dengan serius akan menimbulkan penurunan pada kapasitas tekanan pompa. Spesifikasi pada pompa air laut pendingin mesin induk ditunjukkan pada tabel 2. Berdasarkan *Engine Ship Particular* MV. A.J 1 salah satu unit kapal berbendera INDONESIA dengan tipe mesin induk Max 1 X 3300 HP, 240 RPM, Type : Hanshin 6 EL 40 dengan kecepatan maksimal 12,861 knot yang dibuat oleh Hikagi Shipbuilding Co.LTD-JAPAN yang merupakan type kapal *cargo Ship*.

Penulis akan menguraikan data-data

yang ada dan menjelaskan penyebab dari timbulnya masalah pada pompa air laut serta mencari hubungannya dari permasalahan tersebut dengan cara-cara mengatasi permasalahan tersebut.

Tabel 2. Spesifikasi Pompa Pendingin mesin Induk pada MV. A.J 1

Maker	Naniwa Pump Mfg.co.,ltd
Type	FBSV – 450
Model	Horizontal Centrifugal,
Capacity	200 / 30 m ³ / h
Suction Bore	450 mm
Delivery Bore	450 mm
Total Head	20 / 50 m
Suction Head	-5 m
Speed	1750 rpm
Motor Output	45 kw
W.T.P	4,5 kg / cm ²
HYD Test Pressure	5 Kg / cm ²
Power Source	440 V, 60 HZ, 3 Ph

Data pengamatan pompa air laut pendingin selama praktek di MV.AMRTA JAYA 1 meliputi :

1. Pendataan mingguan

- 1) Pendataan mingguan digambarkan dalam tabel 3. Pendataan mingguan tentang tekanan masuk dan tekanan keluar pompa air laut.
- 2) Pengamatan terhadap rumah pompa (*Casing*) Memperhatikan bila ada keretakan, kebocoran akibat korosi.
- 3) Pengamatan *Packing* apabila terjadi kebocoran
- 4) Pelumasan pada *Shaft* pompa

Pendataan bulanan

1. Pendataan bulan tentang pengamatan tekanan masuk dan tekanan keluar pompa pendingin air laut sebagaimana digambarkan dalam tabel 4.
2. Penggantian paking dan *gland packing* pada rumah pompa dan poros pompa.
3. Pengamatan atau pengantian *Ball Bearing*, *Impeller* dan baut, kopling.

4. Pengamatan terhadap motor listrik diantaranya <i>Ball Bearing</i> , kelurusan poros, kekencangan ikatan kabel, pengecekan <i>Carbon Brush</i> bila ada.	15 / 09 / 2017	3 kg/cm ²	4,3 kg/cm ²	Kondisi normal
	22 / 09 / 2017	3 kg/cm ²	4,3 kg/cm ²	Kondisi normal
	29 / 09 / 2017	3 kg/cm ²	4,3 kg/cm ²	Kondisi normal
	06 / 10 / 2017	3 kg/cm ²	4,3 kg/cm ²	Kondisi normal

B. PEMBAHASAN

Terjadinya penurunan tekanan pompa air laut pendingin mesin induk antara lain sebagai berikut :

1. Kurangnya isapan pompa pendingin mesin induk
Saringan isap tertutup kotoran saat kapal masuk ke perairan dangkal baik pantai maupun sungai yang terdapat kotoran terutama sampah plastik dan lumpur, kotoran tersebut akan menghalangi aliran isap dari pompa pendingin.
2. Menurunnya kinerja *Impeller* Pada Pompa
Menurunnya tekanan pompa air laut disebabkan karena terjadinya penyumbatan pada *Impeller* oleh kotoran-kotoran, keran-keran atau binatang laut yang masuk melalui *Sea Chest* sehingga menyebabkan terjadinya penurunan tekanan pompa air laut.
3. Kebocoran pada bagian *gland packing* Pompa.
Kebocoran dari kotak *packing* berupa tetesan zat cair yang jumlahnya tidak lebih dari 0,5 cm³/s. Jika jumlah tetesan lebih dari ini, penekan *packing* harus dikencangkan pelan-pelan dan merata dengan mengencangkan kedua mur secara bergantian sampai tetesan menjadi normal, apabila setelah dikencangkan tetesan masih tidak normal *gland packing* wajib diganti dengan yang baru.

Tabel 3. Pendataan Mingguan Pompa Air Laut

Waktu pengamatan	Tekanan masuk (kg/cm ²)	Tekanan keluar (kg/cm ²)	Keterangan
01 / 09 / 2017	3 kg/cm ²	4,3 kg/cm ²	Kondisi normal
08 / 09 / 2017	3 kg/cm ²	4,3 kg/cm ²	Kondisi normal

Tabel 4. Pendataan Bulanan Pompa Air Laut

Waktu pengamatan	Tekanan masuk (kg/cm ²)	Tekanan keluar (kg/cm ²)	Keterangan
08 / 10 / 2017	3 kg/cm ²	4,3 kg/cm ²	kondisi normal
23 / 11 / 2017	3 kg/cm ²	4,1 kg/cm ²	Bocor (penggantian gland packing)
08 / 12 / 2017	3 kg/cm ²	3,8 kg/cm ²	Overhaul, penggantian ball bearing, impeller gland packing
10 / 01 / 2018	3 kg/cm ²	4,2 kg/cm ²	Kondisi normal
19 / 02 / 2018	3 kg/cm ²	4,1 kg/cm ²	Bocor (penggantian gland packing)
04 / 03 / 2018	3 kg/cm ²	4,0 kg/cm ²	Kondisi normal
08 / 04 / 2018	3 kg/cm ²	4,0 kg/cm ²	Penggantian gland packing dan gemuk
05 / 05 / 2018	2,9 kg/cm ²	4,2 kg/cm ²	Kondisi normal
03 / 06 / 2018	3 kg/cm ²	4,2 kg/cm ²	Kondisi normal
01 / 07 / 2018	3 kg/cm ²	4,2 kg/cm ²	Kondisi normal

Sumber: MV. AMRTA JAYA 1

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka kesimpulan penelitiannya sebagai berikut:

1. Penyebab menurunnya tekanan pompa air pendingin mesin induk di kapal dikarenakan kurangnya daya hisap dan tekanan pompa yang disebabkan oleh tertutupnya saringan utama oleh sampah

dan kotoran kotoran dan menurunkan kinerja *Impeller* pada pompa yang disebabkan oleh terkikisnya *Impeller* akibat dari korosi sehingga *Impeller* tersebut menjadi gompal dan mengakibatkan getaran pada pompa, selain dari itu penyebab menurunnya tekanan juga dipengaruhi oleh kebocoran pada bagian *gland packing*.

2. Perawatan pompa sentrifugal di kapal yang baik dan benar dengan cara membersihkan saringan utama, memeriksa kelurusan poros pompa dan pemeriksaan pada kondisi operasi dengan memeriksa tekanan keluar dan tekan hisap manometer, juga memeriksa arus listrik yang masuk ke elektro motor harus lebih rendah dari pada yang dinyatakan pada label motor.

DAFTAR PUSTAKA

- Adji, R. 1972. *Pesawat Bantu*. Jakarta: Persatuan Pelaut Indonesia.
- Casand. B Van. 1993. *Pesawat Bantu Pompa Sentrifugal*. Jakarta: PT. Pradny. Paramitha.
- Gerson, Halorik Simbolon. 2017. *Optimalisasi Perawatan Pompa Ballast di AHTS. TEMASEK ATAKA*. Semarang: Diploma thesis, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang
- Rahadian. 2008. *Vessel Aux. Engine*.
- Saputra, 2010. *Mekanika Fluida jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kombinasi*. Bandung: Alfabeta.
- Suharto. 1991. *Manajemen Perawatan Pesawat Bantu*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Susanto, Firman Adi. (2018). *Perancangan Pompa Air (Sentrifugal Pump) Modifikasi Mesin Pencacah Limbah Plastik Otomatis*. Tugas Akhir thesis, Institut Teknologi Nasional Malang