

**ANALISIS PENYEBAB HANCURNYA *FORCED DRAFT FAN* TERHADAP
UDARA PEMBAKARAN AUXILIARY BOILER DI KAPAL MT.
SEPINGGAN**



SKRIPSI

**Diajukan guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan Pelayaran**

Disusun Oleh:

DESTA ALIMASONI FEBRIANTORO
NIT. 51145374. T

**PROGRAM STUDI TEKNIKA DIPLOMA IV
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN
SEMARANG
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS PENYEBAB HANCURNYA *FORCED DRAFT FAN AUXILIARY*
BOILER GUNA MENCEGAH TERJADINYA KERUSAKAN BERULANG DI
KAPAL MT. SEPINGGAN**

Disusun Oleh :

DESTA ALIMASONI FEBRIANTORO
NIT. 51145374 T

**Telah Disetujui/Diterima Dan Selanjutnya Dapat Diujikan Didepan Dewan Penguji
Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang**

Semarang, January 2019

Dosen Pembimbing I

Materi

Dr. EKO NUGROHO W, MM, Mar.
NIP. 19721228 199803 1 001

Dosen Pembimbing II

Metode Penulisan

BUDI JOKO RAHARJO, M.M.
NIP. 19740321 199808 1 001

Mengetahui

Kepala Jurusan Teknika

H. AMAD NARTO, M.Pd., M.Mar.E.
NIP. 19641212 199808 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENYEBAB HANCURNYA *FORCED DRAFT FAN* *AUXILIARY BOILER* GUNA MENCEGAH TERJADINYA KERUSAKAN BERULANG DI KAPAL MT. SEPINGGAN

Disusun oleh:

DESTA ALIMASONI FEBRIANTORO
NIT: 51145374. T

Telah Diuji dan Disahkan, oleh Dewan Penguji serta dinyatakan lulus dengan
dengan nilai pada tanggal

Penguji I



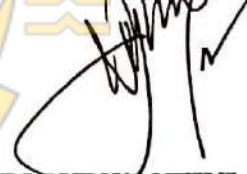
H. RAHYONO, SP.1, MM, M.Mar.E
Pembina Utama Muda (IV/c)
NIP. 19590401 198211 1 001

Penguji II



H. MUSTHOLIO, MM
Pembina (IV/a)
NIP. 19650320 199303 1 002

Penguji III



SRI PURWANTINI, SE, S.Pd, MM
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19661217 198703 2 002

Dikukuhkan oleh:

DIREKTUR POLITEKNIK ILMU PELAYARAN SEMARANG,

Dr. Capt. MASHUDI ROFIK, M.Sc, M.Mar
Pembina (IV/a)
NIP. 19670605 199808 1 001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : DESTA ALIMASONI FEBRIANTORO

NIT : 51145374 T

Jurusan : TEKNIKA

Menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat dengan judul "**Analisi penyebab hancurnya forced draft auxiliary biler guna mencegah terjadinya kerusakan berulang di kapal MT. Sepingga**" adalah benar hasil karya saya bukan jiplakan / plagiat skripsi dari orang lain dan saya bertanggung jawab kepada judul maupun isi skripsi ini. Bilamana terbukti merupakan jiplakan dari orang lain maka saya bersedia untuk membuat skripsi dengan judul baru dan atau menerima sanksi lain.

Semarang, February 2019



DESTA ALIMASONI F
NIT. 51145374 T

MOTTO

“All praise is due to Allah, Who created the heavens and the earth and made the darkness and light; yet those who disbelieve set up equals with their Lord. (Quran 6:1)”

“Kerja Keras Kerja Cerdas, Kerja Ikhlas Kerja Tuntas”

“Jangan kau abaikan akibat dari suatu hal yang kau lakukan”

“Rahasia kesuksesan adalah melakukan hal yang biasa dengan cara yang tak biasa”

“Cerdas dalam berfikir, cermat dalam bertindak”

“Jangan sampai emosimu mengalahkan kecerdasanmu”

PERSEMBAHAN

Puji syukur Alhamdulillah Hirobbil ‘alamin

Hamba Panjatkan Kehadirat Allah SWT Yang Telah melimpahkan BerkahNya
Serta junjungan Nabi Agung Muhammad SAW Yang menuntun menuju RidhoMu

Skripsi ini kutulis dan kupersembahkan kepada:

Yang Terhormat dan Yang Tercinta,

Bapak dan Ibu

Sujud Sungkum dalem Aturraken, Keringat dan tetesan air mata do'a mu

Saksi setiap harapanmu dan sebagai semangatku

Semoga Putra-mu menjadi seorang yang berguna bagi Agama, Dunia dan Akhirat

Untuk kedua adik perempuanku, semoga mendapat yang terbaik dalam hidupmu

dan sukses selalu

Seluruh keluarga besarku yang selalu mendukungku

To my Sweetheart

You're Always in My Heart

Dan

Teman-Teman seperjuangan angkatan LI

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat serta hidayah-Nya yang telah memberikan segala kemudahan bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi dengan judul: “Analisis penyebab hancurnya *Forced Draft Fan Auxiliary Boiler* Guna Mencegah Terjadinya Kerusakan Berulang Di Kapal MT. Sepingga”.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa berbagai pihak telah membantu penyusunan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan yang baik ini, maka perkenankanlah penulis untuk mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada yang terhormat:

1. Dr. Capt. Mashudi rofik, M.Sc, M.Mar selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
2. H. Amad Narto, M.Pd., M.Mar.E. selaku ketua jurusan Teknika
3. Dr. Eko Nugroho Widjatmoko, MM,Mar. selaku dosen pembimbing I materi
4. Bpk. Budi Joko Raharjo, M.M. selaku dosen pembimbing II teknik penulisan
5. Seluruh staf pengajar dan staf akademik yang telah memberikan bekal ilmu dan pengetahuan serta penyelenggaraan kegiatan belajar mengajar.
6. Semua pihak yang turut membantu dan mendukung baik secara langsung maupun tidak langsung hingga terselesainya skripsi ini baik secara moril maupun materiil.

7. Seluruh Awak kapal MT. Sepingan yang telah membantu saya dalam pelaksanaan kerja praktek selama ini.
8. Seluruh teman-teman angkatan LI terutama anggota kelas Teknika VIII yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh civitas akademika Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang khususnya jurusan Teknika dan semoga juga bermanfaat bagi semua pembaca skripsi ini.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Peneitian.....	4
E. Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
A. Tinjauan Pustaka	7
1. Karakteristik <i>Fan</i>	8

2. Hukum <i>Fan</i>	9
3. Klasifikasi <i>Fan</i>	10
4. Pengaturan <i>Fan</i>	12
5. Macam-Macam <i>Fan</i>	14
a. <i>Forced Draft Fan</i>	14
b. <i>Induced Draft Fan</i>	15
c. <i>Primary Air Fan</i>	16
d. <i>Gas Re-circulating fan</i>	17
e. <i>Seal Air Fan</i>	17
6. Pengertian Umum	18
a. <i>Forced Draft Fan</i>	18
b. Sistem Udara Sekunder	19
7. Perancangan	19
8. Keuntungan Dan Kerugian	19
B. Kerangka Pikir Penelitian	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
A. Jenis Penelitian.....	25
B. Waktu Dan Tempat Penelitian	26
C. Data Yang Diperlukan.....	27
D. Metode Pengumpulan Data	27
E. Teknik Analisis Data	30
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	35

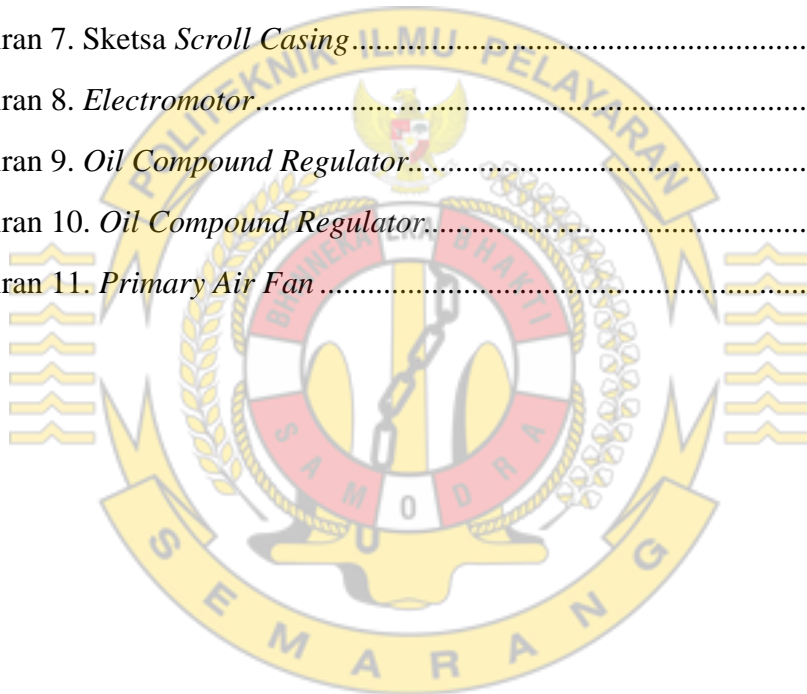
A. Gambaran Umum Obyek Penelitian	35
1. Spesifikasi <i>Auxiliary Boiler</i>	36
2. Spesifikasi <i>forced draft fan</i>	36
3. Fakta Kondisi	37
B. Analisis Masalah	39
C. Pembahasan Masalah	40
1. Apa yang menyebabkan terjadinya kerusakan <i>Forced draft fan auxiliary boiler</i>	40
2. Bagaimana pengaruh <i>air damper</i> pada <i>suction cone</i> dan <i>wind box forced draft fan</i>	45
3. Bagaimana upaya penanganan terhadap kerusakan <i>forced draft fan auxiliary boiler</i>	52
4. Pembahasan Prioritas Masalah	59
5. Pengamatan	61
BAB V PENUTUP	71
A. Kesimpulan	71
B. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN-LAMPIRAN	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Fan Sentrifugal</i>	11
Gambar 2.1 Tiga jenis <i>axial blade fan</i>	12
Gambar 2.3. Kerangka pikir	22
Gambar 4.1. <i>Bearing electromotor</i>	42
Gambar 4.2. Baut pondasi	43
Gambar 4.3. <i>Impeller fan</i>	45
Gambar 4.4. <i>Air damper</i>	49
Gambar 4.5. Pengaturan <i>air damper</i>	51
Gambar 4.6. <i>Scroll casing</i>	53
Gambar 4.7. <i>Suction cone</i>	53
Gambar 4.8. Pemeriksaan <i>electromotor</i>	55
Gambar 4.9. <i>Fan baru</i>	56
Gambar 4.10. <i>Fan rusak</i>	56
Gambar 4.11. Pondasi	57
Gambar 4.12. <i>Air damper windbox</i>	57
Gambar 4.13. <i>Final inspection</i>	59
Gambar 4.14. <i>Finishing</i>	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Wawancara	74
Lampiran 2. Gambar <i>Forced Draft Fan</i>	77
Lampiran 3. <i>Ship Particular</i>	78
Lampiran 4. Sketsa <i>Auxiliary Boiler</i>	79
Lampiran 5. Sketsa <i>Forced Draft Fan</i>	80
Lampiran 6. Nama Komponen.....	81
Lampiran 7. Sketsa <i>Scroll Casing</i>	82
Lampiran 8. <i>Electromotor</i>	83
Lampiran 9. <i>Oil Compound Regulator</i>	84
Lampiran 10. <i>Oil Compound Regulator</i>	85
Lampiran 11. <i>Primary Air Fan</i>	86



ABSTRAK

Desta Alimasoni Febriantoro, 2019, “*Analisis Penyebab Hancurnya Forced Draft Fan Terhadap Udara Pembakaran Auxiliary Boiler Di Kapal MT. Sepingga*”. Skripsi, Teknik Program Diploma IV PIP Semarang. Pembimbing: (I) Dr. Eko Nugroho Widjatmoko, MM, Mar. (II) Budi Joko Raharjo, M.M.

Kapal-kapal pengangkut bahan bakar minyak (*oil product tanker*) yang masih menggunakan ketel uap sebagai pesawat bantu, untuk menggerakkan turbin uap, *windlass* dan sebagai pemanas bahan bakar serta kebutuhan lainnya untuk menunjang beroperasinya kapal, instalasi ketel uap penghasil uap bertekanan tidak terlepas dari yang namanya *forced draft fan*. Pada instalasi ketel uap, *forced draft fan* berfungsi untuk menghasilkan udara pembakaran dengan debit udara yang sangat besar.

Kerusakan yang terjadi pada *forced draft fan auxiliary boiler* yaitu hancurnya *impeller fan* dan kerusakan pada *electromotor* serta *scrool casing* yang diakibatkan karena beberapa faktor. Sehingga menyebabkan *auxiliary boiler* tidak dapat dioperasikan karena tidak ada pasokan udara pembakaran yang dihasilkan *forced draft fan*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *ball bearing electromotor*, *air damper* pada *suction cone* dan *windbox*.

Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif, dengan menjelaskan secara spesifik gambaran tentang *forced draft fan auxiliary boiler*, dan teknik analisis yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *urgency*, *seriousness*, *growth (USG)* penilaian prioritas masalah. Setelah dilakukan penilaian prioritas masalah, kemudian dilakukan pengamatan permasalahan menggunakan Teknik analisis *software*, *hardware*, *environment*, *liveware (SHEL)*.

Hasil penelitian yang dilakukan pada permasalahan ini adalah kerusakan pada komponen *ball bearing electromotor* penggerak *impeller fan* yang harus diganti karena tidak dapat dilakukan perbaikan. Pengaruh pengaturan *air damper* pada *suction cone* dan *windbox* terhadap nyala api dalam *auxiliary boiler* karena debit udara pembakaran yang dihasilkan dan beban yang diterima *electromotor* untuk menggerakkan *impeller fan* karena udara yang dihasilkan tertahan didalam *windbox* oleh *air damper*.

Kata kunci: Hancurnya, *Forced draft fan*, Analisis, *USG*, *SHEL*.

ABSTRACT

Desta Alimasoni Febriantoro, 2019, “*Analysis The Causes of Destruction of the Forced Draft Fan Towards Air Combustion Auxiliary Boiler on the vessel MT. Sepinggan*”. Final Project, Technical Department Diploma IV Program PIP Semarang. Advisory by: (I) Dr. Eko Nugroho Widjatomoko,MM,Mar. (II) Budi Joko Raharjo, M.M.

Oil fuel tankers (oil product tankers) that still use steam boilers as auxiliary engine, to drive steam turbines, windshields and fuel heaters as well. They support the operation of the ship, the gas-producing boiler installation was forced to drive the fan. In a steam boiler installation, forced draft fan functions to produce combustion air with very large air discharge.

The damage that occurred in the forced draft fan auxiliary boiler was the destruction of the fan impeller and damage of the electromotor and the casing scroll caused by several factors. So that the auxiliary boiler couldn't be operated due to there was no supply of combustion air produced by forced draft fan. The purpose of this study was to determine the effect of electromotor ball bearings, air dampers on the suction cone and wind box.

The method used was descriptive qualitative, by explaining the description of the forced draft fan auxiliary boiler specifically, and the analysis technique used in this study using urgency, seriousness, growth (USG) to assess the priority of the problems. After evaluating the priority of the problems, then for collecting data by observation and interview. And analysis software, hardware, environment, liveware (SHEL) techniques was used to observe the causes of destruction of forced draft fan.

The results of the research showed that the damage of the components of the ball bearing electromotor drive impeller fan which must be replaced because it cannot be repaired. The effect of the water damper setting on the suction cone and wind box on the flame in the auxiliary boiler because of the combustion air produced and the load received by the electromotor to drive the fan impeller due to the air produced was held in the wind box by the damper water.

Keyword: Destruction, Forced Draft Fan, Damage, USG, SHEL.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bidang pegas hasil uap bertekanan tenaga bahan bakar minyak selalu membutuhkan udara didalam proses produksi uapnya. Pemasokan udara diperoleh dari satu sumber utama, yaitu *forced draft fan* yang menghasilkan udara sekunder. Komponen ini merupakan komponen vital didalam penghasil uap bertekanan, untuk memasok kebutuhan udara didalam *auxiliary boiler* pada proses pembakaran (Priambodo, 2015)

Dalam hal ini penulis akan membahas tentang *forced draft fan auxiliary boiler* pada kapal *tanker* khususnya *light-oil product tanker*, karena menurut jenis muatan yang biasa diangkut oleh kapal MT. Sepingga adalah *High Speed Diesel* (HSD). MT. Sepingga ini adalah salah satu armada kapal milik perusahaan PT. PERTAMINA (persero), yang dikhususkan untuk mengangkut muatan *light-oil product* atau biasa dikenal dengan sebutan bahan bakar minyak (BBM).

Fan digunakan sebagai peningkatan efisiensi pembangkit karena *fan* dapat memaksimalkan penghematan bahan bakar dan membantu proses pembakaran agar sempurna. Karena tanpa adanya *fan*, akan sulit didapatkan efisiensi thermal dan ketel. Selain itu, dalam proses pencampuran bahan bakar minyak dan udara juga dapat menyempurnakan pencampuran bahan bakar dan udara untuk pembakaran didalam dapur (*furnace auxiliary boiler*).

Forced draft fan yang bekerja tekanan rendah mengambil udara dari luar untuk dijadikan sebagai udara sekunder, lalu *forced draft fan* akan bekerja dengan menaikkan tekanan untuk meningkatkan aliran udara untuk kebutuhan pembakaran di *furnace*. Sebelum masuk *boiler*, udara sekunder akan ditampung sementara pada *windbox* dan disalurkan ke *furnace boiler* oleh *dampers* (Priambodo, 2015).

Dalam pelaksanaan tugas pengoperasian peralatan yang semakin canggih serta rumit, kompleks dan maju, menjadi tantangan yang harus lebih dikuasai oleh tenaga kerja yang mengoperasikannya. Peralatan bongkar muat yang canggih tidak menjamin untuk ketepatan waktu dalam bongkar muat, sehingga kemampuan dari pada tenaga kerja itu harus dikembangkan sesuai dengan aturan-aturan yang berlaku agar dapat menciptakan waktu yang efisien baik dari bongkar muat maupun dari keselamatan pekerja itu sendiri.

Pada kapal-kapal pengangkut *oil product* hampir semuanya masih menggunakan ketel uap, khususnya kapal MT. Sepinggalan yang dibangun pada tahun 1982. Penggunaan *auxiliary boiler* sebagai permesinan bantu untuk mendukung beroperasinya kapal. Salah satunya adalah untuk penggerak *COPT* (*Cargo Oil Pump Turbin*) sebagai motor penggerak pompa muatan bahan bakar. Penggunaan *COPT* karena berbagai faktor, salah satunya adalah faktor pengamanan pada muatan bahan bakar terhadap bahaya arus pendek listrik yang dapat menyebabkan kebakaran dibandingkan menggunakan *electro motor*.

Pada instalasi ketel uap sebagai permesinan bantu tidak terlepas dari yang namanya *forced draft fan*. Pada system ketel uap, *forced draft fan*

berfungsi menghasilkan udara sekunder yang akan dialirkan ke dalam *boiler furnace* untuk mencampur bahan bakar dan sebagai udara pembakaran pada *boiler furnace*. Udara yang diproduksi oleh *forced draft fan* diambil dari udara luar. Produksi udara yang dihasilkan *forced draft fan* juga berfungsi sebagai *purging* (pembilasan) ruang bakar untuk mengurangi resiko ledakan yang disebabkan oleh endapan sisa-sisa bahan bakar sebelum boiler dinyalakan dan kerak bunga api setelah boiler dimatikan. Dan mendorong gas buang sisa pembakaran menuju atmosfer.

Penulis tertarik untuk meneliti hancurnya *forced draft fan* karena berdasarkan pengalaman bahwa kejadian tersebut terjadi 3 kali selama penulis melaksanakan praktek laut di kapal yang menyebabkan instalasi ketel uap tidak dapat beroperasi dan timbulnya kerusakan-kerusakan pada komponen lain. Sebagai calon masinis, penulis ingin benar-benar mampu mengatasi semua masalah tentang hancurnya *forced draft fan*. Dengan latar belakang permasalahan diatas, maka penulis tertarik untuk menganalisa permasalahan tersebut dengan judul “**Analisis penyebab hancurnya forced draft fan terhadap udara pembakaran auxiliary boiler di kapal MT. Sepinggan**”.

B. Perumusan Masalah

Untuk memudahkan pembaca dalam memperoleh gambaran mengenai hal-hal yang akan penulis bahas, maka penulis merumuskan masalah dalam skripsi ini tentang kerusakan atau gangguan yang terjadi dan dapat

mempengaruhi sistem-sistem operasional *axiliary boiler*. Hal-hal tersebut adalah:

1. Apa pengaruh *ball bearing electromotor* penggerak *impeller fan*?
2. Apa pengaruh *air damper* pada *suction cone* dan *wind box forced draft fan*?
3. Bagaimana upaya penanganan terhadap hancurnya *forced draft fan*?

C. Tujuan Penelitian

Pembuatan skripsi ini pada dasarnya bertujuan untuk mengembangkan pikiran, pengalaman serta hal-hal yang menyangkut berbagai kejadian yang terjadi di kapal, khususnya yang berkaitan dan berhubungan dengan kerusakan-kerusakan atau gangguan yang sering terjadi diatas kapal penulis. Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh *ball bearing electromotor* penggerak *impeller fan*.
2. Untuk mengetahui dampak apa saja yang terjadi akibat hancurnya *forced draft fan*.
3. Untuk mengetahui penanggulangan dan cara mengatasi hancurnya *forced draft fan*.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat diadakannya penelitian dibagi menjadi manfaat aspek teoritis dan aspek praktis sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

- a. Melatih penulis untuk menuangkan pikiran, ide dan pendapat dalam Bahasa yang deskriptif dan dapat dipertanggung jawabkan.
- b. Untuk memperkaya ilmu pengetahuan khususnya tentang penggunaan auxiliary boiler
- c. Diharapkan dapat memberikan sumbangsih kepada Lembaga Pendidikan maupun perusahaan.

2. Manfaat Praktis

- a. Mengurangi pengeluaran perusahaan terhadap pengeluaran biaya perbaikan dan biaya keterlambatan.
- b. Menambah informasi bagi para kru kamar mesin sehingga dapat meningkatkan efisiensi kerja.
- c. Meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja, akibat kerusakan permesinan.

E. Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan dalam mengikuti seluruh uraian dan pembahasan atas skripsi ini maka penulisan skripsi ini akan dilakukan dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang penelitian yang menerangkan tentang alasan pemilihan judul dalam penelitian, dalam bab ini juga memuat perumusan masalah, memuat tujuan penelitian yang menerangkan tentang tujuan penelitian, memuat manfaat

penelitian yang didalamnya berisi tentang manfaat-manfaat penelitian ini bagi pembaca.

BAB II. LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisi tentang teori-teori pendukung yang menerangkan hal-hal yang hubungannya dengan permasalahan pada penelitian ini serta kajian pustaka, kerangka pikir, serta definisi operasional tentang instalasi ketel uap, yang menguraikan secara detail istilah-istilah yang sering digunakan pada penelitian ini.

BAB III. METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang segala bentuk prosedur dan teknik analisis dalam melakukan penelitian yang diperlukan untuk menyelesaikan skripsi.

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang gambaran umum obyek yang diteliti yaitu instalasi ketel uap di atas kapal, memuat tentang temuan hasil penelitian, dan pembahasan.

BAB V. PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dianalisis dan saran yang bermanfaat untuk penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Fan merupakan peralatan yang digunakan untuk menyalurkan sejumlah volume udara atau gas melalui suatu saluran (*duct*). Selain itu *fan* juga digunakan untuk pensuplai udara pembakaran *boiler*, pensuplai udara dalam proses pengeringan, pemindahan bahan tersuspensi dalam gas, pembuangan asap, pembuangan debu, aerasi sampah, pengeringan, pendinginan proses-proses industrial, sistem ventilasi ruangan, dan aplikasi sistem aliran tinggi yang membutuhkan udara bertekanan lainnya. *Fan* adalah peralatan yang menyebabkan aliran suatu fluida gas dengan cara menciptakan sebuah beda tekan melalui pertukaran momentum dari bilah *fan* ke partikel-partikel fluida gas. *Impeller fan* mengubah energi mekanik menjadi energi kinetik dan tekanan yang diciptakan serta efisiensi energi bergantung pada jenis *impeller fan* yang dirancang. *Fan* aliran aksial dirancang untuk menangani laju alir udara yang sangat tinggi dan bertekanan rendah. *Fan* jenis *disc* (piringan) adalah sama dengan *fan-fan* rumah tangga. *Fan* tersebut umumnya untuk sirkulasi atau pembuangan yang bekerja tanpa saluran *fan* jenis *propeller* dengan bilah yang dirancang secara aerodinamik dapat terdiri dari 2 tahap atau lebih. Pada tipe ini, udara masuk dalam daerah aksial dan meninggalkan juga dalam arah aksial. *Fan* ini biasanya mempunyai baling-baling yang mengarahkan aliran masuk (*inlet guide vane*), yang diikuti bilah putar dan bilah statis (Priambodo, 2015).

Terdapat beberapa pengertian dan penjelasan terkait *fan* yang dapat disampaikan yaitu:

1. Karakteristik sistem *fan*

Menurut Piambodo (2015) Pada berbagai sistem *fan*, resistansi terhadap aliran udara (tekanan) jika aliran udara meningkat. Sebagaimana disebutkan sebelumnya, resistensi ini bervariasi dengan kuadrat aliran. tekanan yang diperlukan oleh sistem pada suatu kisaran aliran dapat ditentukan dan kinerja sistem dapat dikembangkan untuk menunjukkan titik operasi *fan* yang sebenarnya. Titik operasinya yaitu aliran udara terhadap tekan sebuah *fan* beroperasi pada kinerja yang telah diberikan oleh pabrik pembuatnya untuk kecepatan *fan* tertentu. Titik operasi *fan* yang sebenarnya tergantung pada resistansi sistem.

Dua metode dapat digunakan untuk menurunkan aliran udara:

- a. Metode pertama adalah membatasi aliran udara dengan menutup sebagian *dampers* dalam sistem. Tindakan ini menyebabkan dimana tekanan udara yang dikehendaki lebih besar untuk aliran udara yang diberikan.
- b. Metode kedua untuk menurunkan aliran udara adalah dengan menurunkan kecepatan. Menjaga *dampers* terbuka penuh. *Fan* akan beroperasi untuk memberikan aliran udara yang sama, namun pada tekanan yang lebih rendah. menurunkan kecepatan *fan* merupakan metode yang jauh lebih efisien untuk mengurangi aliran

udara karena daya yang diperlukan berkurang dan lebih sedikit energi yang dipakai.

- c. Metode ketiga adalah dengan modifikasi atau memberikan katup *release* udara untuk membebaskan tekanan udara berlebih. Katup tersebut terletak pada *windbox*.

2. Hukum *Fan*

Menurut Yogi Wibisono Budhi modul fan sentrifugal hal 7-8 menerangkan bahwa Hukum *fan* berkaitan dengan variable kinerja untuk setiap rangkaian *fan* yang sama secara dinamis pada titik penilaian (*rating*) yang sama pada kurva kinerja. Variable-variabelnya adalah ukuran *fan* (D), laju putaran (N), densitas gas (ρ), laju alir volume (Q), tekanan (p), efisiensi total (N_{tj}), dan daya poros (P).

- a. Hukum *fan* 1 adalah efek perubahan ukuran, laju atau densitas pada aliran volume, tekanan dan level daya.
- b. Hukum *fan* 2 adalah efek perubahan ukuran, tekanan, atau densitas pada laju alir volume, kecepatan dan daya.
- c. Hukum *fan* 3 adalah pengaruh perubahan ukuran, aliran volume atau densitas pada kecepatan, tekanan dan daya.

Hukum-hukum *fan* dapat diterapkan pada *fan* tertentu untuk menentukan pengaruh perubahan kecepatan. Tetapi perlu diperhatikan bahwa hukum-hukum *fan* tersebut tidak melibatkan koreksi untuk aliran kompresibel (Budhi).

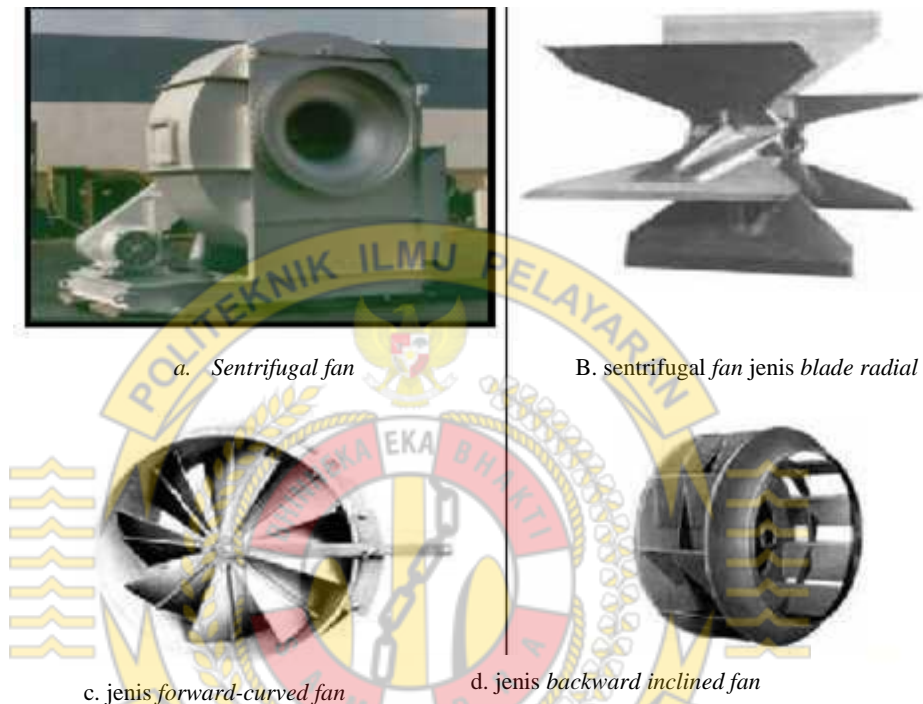
3. Klasifikasi *Fan*

Fan dapat diklasifikasikan dalam 2 (dua) tipe yaitu: sentrifugal dan aksial. *Fan* sentrifugal dapat mengalirkan gas akibat gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal dibangkitkan oleh putaran sudu-sudu (*impeller*) yaitu udara atau gas yang masuk ke pusat *impeller* dan digerakkan secara *radial* ke sekelilingnya. Gerakan udara keluar mengakibatkan penurunan tekanan pada saluran masuk *fan* sehingga menghisap lebih banyak udara atau gas ke dalam *fan*.

Gaya sentrifugal dapat diciptakan dengan menggunakan piranti tipe sentrifugal yang bergantung pada fasa fluida yang diolah. Untuk fasa cair, pompa sentrifugal dapat mengakomodasi keperluan tersebut, sedangkan untuk fasa gas, biasanya digunakan *fan* atau *blower* sentrifugal. Masing-masing mempunyai prinsip dasar yang sama, yaitu menciptakan energi kinetik melalui tindakan gaya sentrifugal, lalu mengubah energi kinetik tersebut menjadi energi tekanan melalui penurunan kecepatan fluida alir secara efisien.

Sentrifugal *fan* dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu: *fan radial* dengan *blades datar*, *forward – curved fan* dan *backward inclined fan*, yang dapat dilihat pada gambar 2.1. Gambar (d) menunjukkan *fan* bersudu melengkung ke belakang (*backward*). Rancangan ini menghasilkan efisiensi yang paling tinggi. Efisiensi terjadi pada sekitar tenaga maksimum sehingga mengakibatkan pebatasan sendiri karakteristik daya *fan* dan oleh karena itu

secara teori tidak perlu kelonggaran kapasitas motor tenaga penggerak dan switchgear untuk melindungi terhadap beban lebih, salah satu *fan* yang menggunakan jenis *backward inclined fan* adalah *primary air fan*.



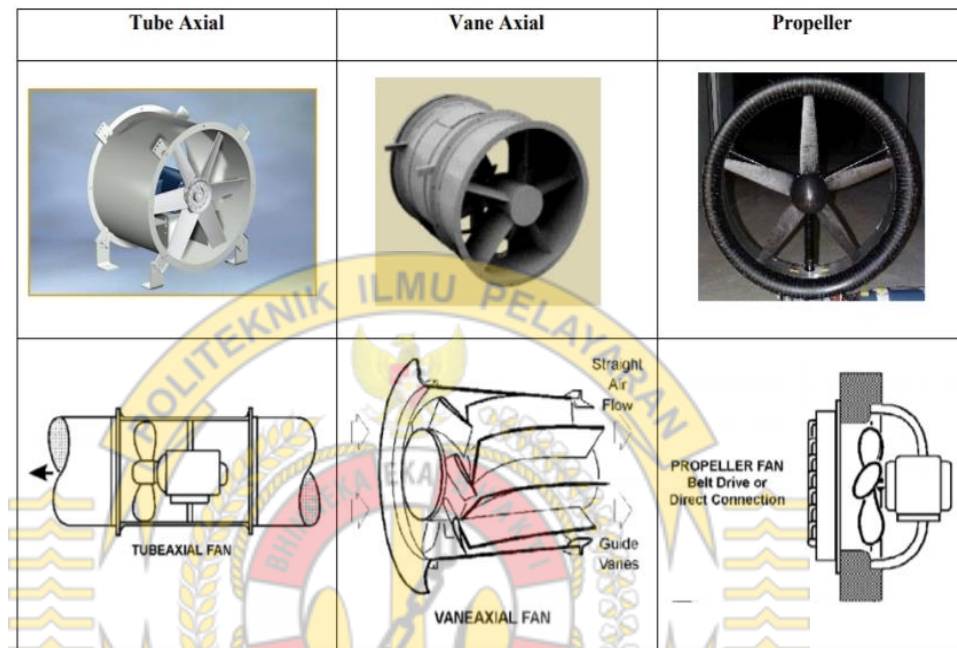
(Sumber: Pedoman Efisiensi Energy untuk Industri di Asia © UNEP)

Gambar 2.1. *Fan* sentrifugal

Aksial fan beroperasi seperti *propeller*, yang menghasilkan aliran udara disepanjang porosnya. *Aksial fan* dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu: *tube-axial fan*, *vane axial fan* dan *propeller fan*.

Vane-axial fan merupakan *fan* aksial dengan efisiensi tinggi dengan ciri *housing fan* yang berbentuk silinder dipasang tepat pada *radius blade*. Efisiensi maksimum terjadi pada sekitar tenaga maksimum sehingga mengakibatkan pembatasan sendiri karakteristik daya *fan* dan oleh karena

itu secara teori tidak perlu kelonggaran kapasitas motor tenaga penggerak dan *switchgear* untuk melindungi terhadap beban lebih, salah satu *fan* yang menggunakan jenis *vane axial*.



(Sumber: Bureau of Efficiency Energy)

Gambar 2.2. Tiga jenis *blade axial fan*

Dalam penggunaannya, sentrifugal *fan* yang digunakan pada *forced draft fan auxiliary boiler* di MT. Sepingan adalah *fan* sentrifugal menggunakan *impeller fan* jenis *backward inclined fan*.

4. Pengaturan *Fan*

Pengaturan aliran *fan* dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti:

- a. Pengaturan dengan tingkap (*damper*)
- b. Pengaturan dengan sudu udara (*vane*)
- c. Pengaturan dengan kecepatan

d. Pengaturan dengan jumlah *fan*

Keluaran *fan* harus diatur untuk memenuhi kebutuhan udara *boiler* ketika beban bertambah atau berkurang. *Inlet damper* digunakan *PA fan* untuk mengontrol keluaran *fan*, sehingga mengatur aliran dan tekanan pengaturan paling ekonomis tercapai dengan menggunakan kecepatan bervariasi. Pada pengaturan aliran udara atau gas, variasi volume berbanding lurus dengan kecepatan. kontrol *damper* menginduksi tahanan variable yang sesuai didalam sistem untuk merubah keluaran *fan* ketika diperlukan. Tetapi *control damper* menyebabkan pembuangan daya karena energi tekanan berlebih harus didisipasi melalui *throttling*. Keuntungan *control damper* adalah sebagai berikut:

- a. Biaya awal yang rendah
- b. Penggerak yang diperlukan yang paling murah
- c. Mudah operasinya atau adaptasinya ke control otomatis
- d. Kontinyu dibanding kontrol bertahap. Hal ini membuat efektif sepanjang rentang operasi *fan*.

Induced draft fan dan *forced draft fan* umumnya diatur dengan sudu atur (*vane*) dan dua kecepatan (*two speed*). Alternatif lain *Induced draft fan* diatur dengan dua kecepatan dan *forced draft fan* dengan kecepatan konstan, atau kecepatan bervariasi. Pengaturan dengan *vane* pada sisi masuk dilakukan secara radial pada saluran masuk rumah *fan*. *Fan* dihubungkan

pada ring. Gerakan ring dilakukan oleh penggerak dari sistem pengaturan sesuai dengan harga yang diinginkan.

Konsumsi daya akan berkurang bilamana aliran gas masuk *fan* berputar dalam arah yang sama dengan putaran *fan*. Tinggi tekanan (*pressure head*) dari *fan* yang berputar pada kecepatan yang sama akan berkurang. Pengurangan tekanan ini disertai dengan penurunan konsumsi daya. Kelonggaran (toleransi) terhadap tekanan dan volume, diatas kebutuhan normal diberikan untuk mengkompensasi akibat adanya kerak (*fouling*), kondisi pembakaran yang buruk, bahan bakar yang jelek dan untuk mengatasi kemungkinan kesalahan perkiraan kebutuhan aliran udara/gas. Angka keamanan biasanya sekitar 20 % untuk volume dan 30% untuk tahanan sistem. Biaya pemberian kelonggaran dalam kerja *fan* seperti pada pompa adalah tinggi dibanding untuk semua komponen lain yang ada di unit, karena hukum hubungan kuadrat antara volume terhadap tekanan dan hubungan pangkat tiga antara volume dengan daya kuda. Jadi keputusan untuk menaikkan kapasitas *fan* yang berlebihan akan menambah biaya modal dan biaya operasi (priambodo, 2015).

5. Macam-Macam *Fan*

Menurut (priambodo, 2015) macam-macam *fan* didefinisikan sebagai berikut:

a. *Forced draft fan*

Boiler balanced draft ataupun *pressurised* memerlukan *forced draft fan*. Pada *boiler pressurised FD* fan diperlukan untuk memasok udara pembakaran ke ruang bakar, kemudian membuang atau mendorong gas pembakaran melewati *boiler* dan keluar melalui cerobong. Pada *boiler balanced draft fan*, *FD fan* diperlukan untuk memasok udara pembakaran ke ruang bakar. *Forced draft fan* dilengkapi dengan *dampers inlet/outlet dampers inlet, outlet dan inlet vane (louver)*. Sebagian *forced draft fan* hanya dilengkapi dengan *outlet* yang dapat di adjust untuk mengontrol jumlah udara yang dialirkan (yang dalam pengaturan otomatis tergantung pada jumlah bahan bakar yang dibakar).

Forced draft fan digerakkan oleh motor listrik dengan kecepatan yang konstan. Pada sistem *pressurised forced draft fan* harus menghasilkan tekanan yang lebih tinggi dari pada dalam sistem *balanced draft*, sehingga motor listriknya lebih besar dan lebih bertenaga sekalipun total udaranya sama.

b. *Induced Draft Fan*

Induced draft fan digunakan dalam *boiler balanced draft* untuk menarik gas buang melewati permukaan pemindahan panas di *boiler* dan saluran pembuangan, gas ini selanjutnya didorong ke atmosfer melalui cerobong. *Induced draft fan* juga berfungsi untuk menjaga tekanan ruang bakar selalu sedikit dibawah tekanan atmosfer. Secara sepiantas bentuk dan ukuran *induced draft fan* serupa dengan *forced draft*

fan. Namun *induced draft fan* menangani gas panas dan dilengkapi dengan *inlet damper* atau *vane* yang dapat di *adjust* untuk mengontrol jumlah gas yang ditanganinya. Kapasitas *induced draft fan* umumnya lebih besar dari *forced draft fan* untuk suatu unit. Ukuran *fan* ini harus cukup untuk menangani aliran gas pada laju pembakaran maksimum *boiler*, ditambah kemungkinan masuknya kebocoran udara pada *air heater*. Kebocoran pada *air heater* selalu dari udara masuk ke sisi gas sehingga meningkatkan jumlah gas melalui *induced draft fan*. Sebagaimana pada *forced draft*, *induced draft fan* juga dilengkapi dengan *damper* atau *vane* yang dapat di *adjust* untuk mengatur aliran gas.

c. *Primary Air Fan*

Primary air fan atau *fan* udara primer mempunyai dua fungsi, yaitu memberikan udara ke *mill pulveriser* dengan temperatur yang sesuai untuk mengeringkan batu bara bubuk agar tidak menggumpal dan membawanya melalui pipa ke *burner* (ruang bakar). Aliran udara primer yang panas masuk *mill* mempunyai kecepatan yang tinggi sehingga partikel-partikel bubuk batu bara yang halus masuk dalam dalam arus udara, mengalir melalui *classifier*, masuk ke pipa dan membawanya ke *burner*. *Primary air fan* biasanya mempunyai kecepatan konstan, tipe sentrifugal dengan sudu melengkung kebelakang. *Damper* harus mengontrol jumlah batu bara dan udara yang dikirim ke *burner*. Bila *damper* tidak membuka dengan cukup ketika *output* batu bara naik, kemungkinan udara tidak cukup untuk menyapu atau membawa bubuk

batu bara dari *mill*. Bila hal ini terjadi, maka batu bara bubuk tidak terbawa secepat aliran batu bara dari *feeder ke mill* sehingga menimbulkan *overload* pada *mill*. Hal ini dapat menyebabkan *mill* menjadi vibrasi dan trip motornya.

d. *Gas Re-circulation fan*

Sistem resirkulasi gas digunakan untuk mengontrol temperatur uap. Penyerapan panas diruang bakar, dan pengotoran (*fouling*) akibat *slagging* pada permukaan panas. Resirkulasi gas digunakan pada pemanfaatan *boiler* untuk mengontrol temperatur uap keluar dan mengontrol temperatur gas didalam ruang bakar sehingga menurunkan *slagging*. Sistem resirkulasi gas terdiri dari *Gas Recirculation Fan (GR Fan)* atau saluran gas dari sisi keluar *induced draft fan* kembali kedalam ruang bakar. *GR fan* serupa dengan *induced draft fan*, walaupun ukurannya lebih kecil (karena hanya menangani sebagian dari gas buang). *Damper* yang dapat di *adjust* biasanya terdapat pada sisi tekan *fan*. *GR fan* biasanya mengambil sisi hisap pada saluran setelah *economizer* dan menginjeksikan gas yang *relative* lebih dingin ini kembali ke dasar (*bottom*) ruang bakar. Biasanya *GR fan* dioperasikan pada beban partial karena temperatur uap cenderung turun sebagai usaha untuk menaikkan temperatur ini sehingga menaikkan efisiensi.

e. *Seal Air Fan*

Seal air fan berfungsi untuk menghasilkan udara yang digunakan untuk melindungi bagian-bagian *mill* (bantalan) dari pencemaran bubuk

batu bara. Udara dari *seal air fan* juga digunakan untuk memberi tekanan pada *coal feeder* sehingga mencegah udara primer dari *mill* masuk ke *coal feeder*.

6. Pengertian Umum

a. *Forced Draft Fan*

Forced draft auxiliary boiler terletak tidak jauh dari *furnace* dan berfungsi sebagai penghasil udara sekunder (*secondary air*) yang digunakan untuk sebagai kebutuhan utama udara pembakaran dalam *auxiliary boiler*, udara sekunder dihembuskan menuju *furnace boiler* (ruang yang berisi pipa-pipa boiler yang digunakan untuk tempat pembakaran).

b. Sistem udara sekunder

Forced draft fan auxiliary boiler mula-mula bekerja dengan mengambil udara dari luar yang telah disaring untuk dijadikan sebagai udara sekunder, lalu *forced draft fan auxiliary boiler* menyalurkan udara sekunder menuju *furnace boiler*. sebelum masuk ke *auxiliary boiler*, udara sekunder dinaikkan suhunya terlebih dahulu oleh *secondary air heater* yang berfungsi sebagai pemanas awal udara sekunder, kemudian udara sekunder akan ditampung sementara di *windbox* untuk menstabilkan tekanan sebelum dihembuskan dengan mengatur keperluan udara sekunder ke *boiler* (Priambodo, 2015). Namun pada *auxiliary boiler* di kapal MT. Sepinggian tidak terdapat *secondary air heater* (Priambodo, 2015).

7. Perancangan

Forced draft fan dirancang seoptimal mungkin agar dapat menghasilkan udara sekunder sesuai dengan kebutuhan, sehingga dalam perancangannya dibutuhkan komponen-komponen utama dalam perancangannya antara lain:

- a. *Impeller forced draft fan* digerakkan oleh *electromotor* yang dipasang seporos dengan rotor
- b. *Casing forced draft fan* berguna untuk melindungi komponen yang ada di dalamnya sekaligus sebagai saluran udara.

8. Keuntungan dan Kerugian

a. Keuntungan

- 1) *Fan* ini cocok untuk penggunaan tekanan sedang sampai tinggi.

Fan jenis ini dapat beroperasi pada tekanan sedang sampai tinggi, maksudnya adalah dalam penggunaan *fan* ini tekanan digunakan untuk mengatur kebutuhan aliran udara yang digunakan sebagai suplai udara pembakaran didalam *furnace*, kebutuhan udara pembakaran bergantung dengan perubahan beban yang mengakibatkan perubahan kebutuhan udara pembakaran, perubahan aliran udara dilakukan dengan pengaturan perubahan sudu pada *fan*, untuk menurunkan jumlah aliran udara pada sudu *fan* akan sedikit ditutup sehingga aliran udara akan berkurang dan sebaliknya.

- 2) *Fan* ini dapat dengan cepat dipercepat sampai sampai ke nilai kecepatan tertentu (disebabkan putaran massanya yang rendah).

Fan ini digunakan untuk mengirimkan udara yang memiliki massa jenis yang rendah, dan memiliki sudu 1 tingkat sehingga tekanan yang dihasilkan rendah aliran yang langsung ditransportasikan menuju *furnace* hal ini berakibat *impeller* tidak menanggung beban yang terlalu berat.

b. Kerugian

1) Kerugian mekanik

- a) *Fan* ini tidak cocok untuk aliran udara yang kotor (karena bentuk *fan* mendukung terjadinya penumpukan debu)
- b) *Fan* ini mudah terkena erosi karena *blade* yang tipis.

2) Kerugian sistem

a) Kebocoran

Kebocoran dalam sistem udara sekunder terjadi pada sambungan. Sambungan biasanya terletak pada belokan saluran udara. Kebocoran lain yang sering mengakibatkan tekanan udara menjadi turun. Tekanan turun akan mengakibatkan menurunnya efisiensi pada *forced draft fan*.

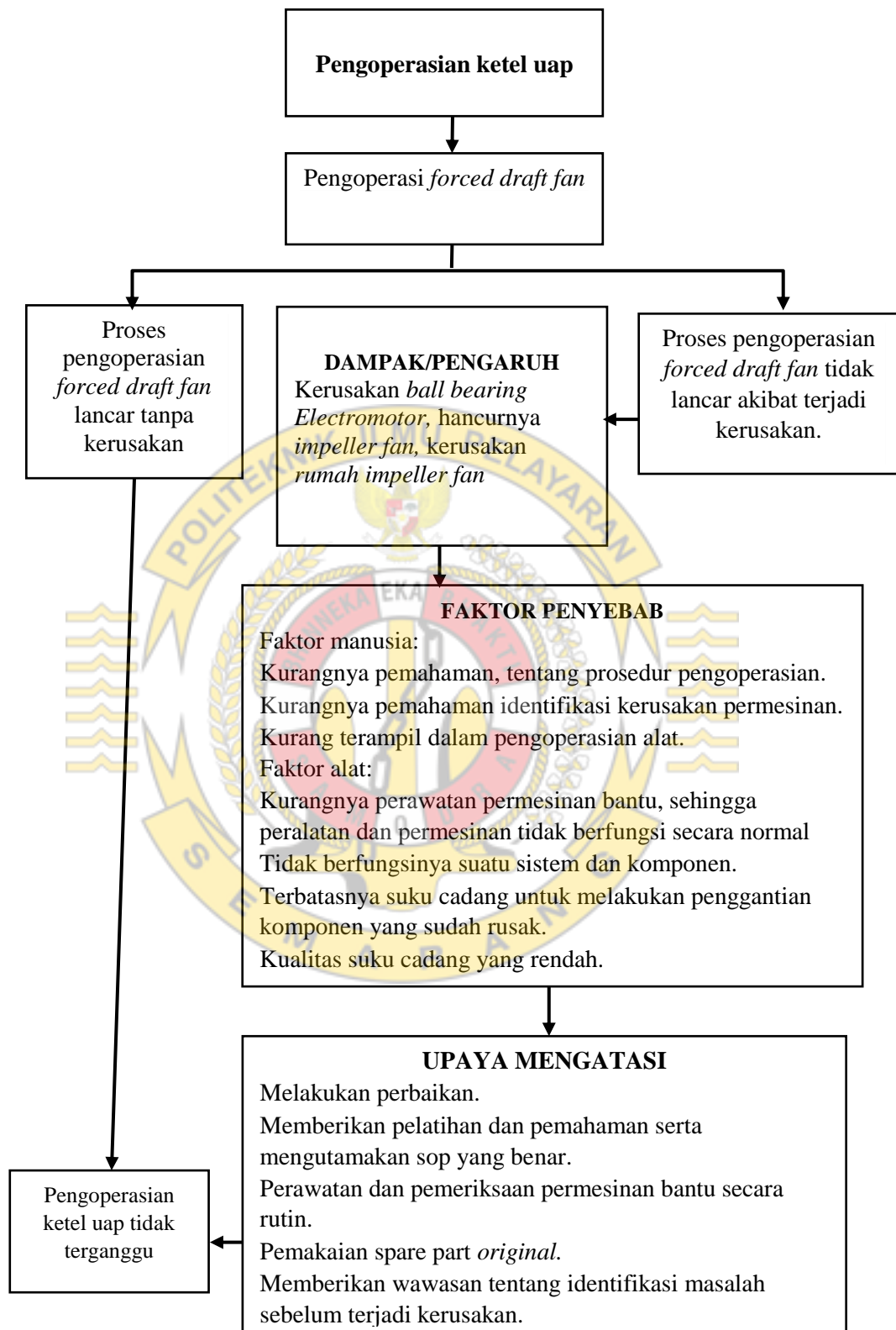
b) Pengotoran

Saluran *inlet* pada *forced draft fan* harus diberi pada *strainer* atau *filter*. *Filter* berguna untuk menyaring udara yang akan masuk ke sistem. Apabila udara yang ada didalam sistem tidak bersih maka akan terjadi plak-plak sehingga akan mengurangi luas penampang pada saluran udara. Efek lain yang

akan terjadi adalah udara yang membawa kotoran itu akan menimbun di *impeller* sehingga akan mengganggu kinerja *impeller* sekaligus akan memberi beban yang lebih pada motor (Priambodo, 2015).

B. Kerangka Berfikir

Pada kerangka pikir yang disusun penulis, menitik beratkan pada penelitian tentang kerusakan komponen permesinan bantu yang disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut antara lain disebabkan oleh manusia, bahan atau material pada komponen dan alat-alat. Dengan memperhatikan fakta-fakta yang menyebabkan terjadinya kerusakan komponen permesinan bantu, terjadinya kerusakan komponen *forced draft fan*. Pengaruh *ball bearing electromotor* penggerak *impeller fan*, pengaruh *air damper* pada *suction cone* dan *wind box*. Analisis yang dilakukan yaitu dengan menganalisa tiap-tiap komponen pada *forced draft fan*, kerusakan tiap komponen dan penyebab rusaknya komponen *forced draft fan*. Kemudian dampak yang ditimbulkan kerusakan komponen terhadap pengoperasian *auxiliary boiler*, pengaruh dari tiap-tiap komponen *forced draft fan* tersebut. Setelah dilakukan analisis pengaruh tiap-tiap komponen terhadap kerusakan *forced draft fan*, maka dilakukan upaya penanganan terhadap hancurnya *forced draft fan*. Tindakan apa saja yang harus dilakukan untuk menangani kerusakan *forced draft fan*, melakukan rencana perbaikan dan evaluasi agar kerusakan dapat diminimalisir.



Gambar 2.3 Kerangka Pikir Penelitian

C. Definisi Operasional

1. *Scroll casing*

Adalah rumah *impeller fan* pada *centrifugal fan*. Berfungsi untuk menutup bagian dalam untuk mencegah kebocoran dan menahan tekan.

2. *Impeller fan*

Adalah komponen yang berputar dari kipas sentrifugal yang terdapat sudu-sudu untuk menghisap dan mendorong udara secara radial.

3. *Electromotor*

Adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik atau menjadi tenaga gerak putar.

4. *Flapper damper*

Adalah plat yang terdapat pada *casing impeller fan* untuk mengatur besar kecilnya debit udara yang masuk atau dihisap oleh *centrifugal fan*.

5. *Centrifugal fan*

Adalah sebuah pesawat bantu yang berfungsi untuk menghasilkan aliran udara dengan debit yang sangat besar pada tekanan rendah dengan gaya putar atau sentrifugal.

6. *Windbox*

Adalah kotak (*box*) memanjang berfungsi untuk menyalurkan aliran udara dari *centrifugal fan* menuju ruang pembakaran ketel uap.

7. *Air damper regulator*

Adalah kran atau plat alat pengatur besar kecilnya debit udara yang masuk ke ruang pembakaran ketel uap untuk udara pembakar dan udara

8. *Vane*

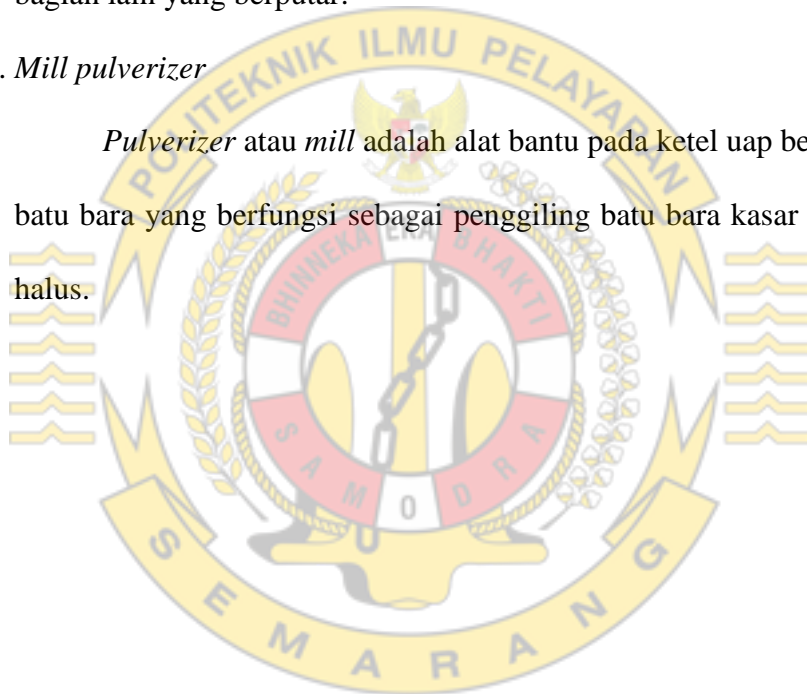
Vane adalah sudu *impeller* yang berfungsi sebagai tempat berlalunya fluida/gas pada *impeller*.

9. *Shaft*

Shaft atau poros berfungsi untuk merumuskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat tumpuan *impeller* dan bagian-bagian lain yang berputar.

10. *Mill pulverizer*

Pulverizer atau *mill* adalah alat bantu pada ketel uap berbahan bakar batu bara yang berfungsi sebagai penggiling batu bara kasar agar menjadi halus.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan pembahasan masalah pada bab sebelumnya, maka penulis memberikan kesimpulan bahwa:

1. Pengaruh *ball bearing electromotor* penggerak *impeller fan*

Ball bearing pada *electromotor* yang mengalami kerusakan dapat mengakibatkan putaran pada *shaft impeller fan* tidak stabil, sehingga mengakibatkan unbalanced dan timbul getaran yang sangat tinggi dan dapat menyebabkan gesekan antara *impeller fan* dan *scroll casing*.

2. Pengaruh *air damper* pada *suction cone* dan *wind box forced draft fan auxiliary boiler* di MT. Sepinggan.

- a. Beban yang diterima *electromotor* terhadap udara yang dihisap dan didistribusikan sangat besar, sehingga *electromotor* beroperasi melebihi batas kemampuannya
- b. Mempengaruhi nyala api pembakaran dalam dapur ketel uap karena kebutuhan udara pembakaran yang bervariasi karena pembukaan dan pentupan *air damper* sesuai dengan *input* bahan bakar.

3. Upaya penanganan terhadap kerusakan *forced draft fan auxiliary boiler* di MT. Sepingga.

Upaya penanganan harus segera dilakukan untuk mengatasi kerusakan pada *forced draft fan*. Perbaiki tiap-tiap komponen pada *forced draft fan* dan penggantian komponen yang sudah tidak dapat diperbaiki.

B. Saran

Adapun sumbangan pemikiran penulis mengenai permasalahan kerusakan *forced draft fan auxiliary boiler* adalah sebagai berikut:

1. *Ball bearing* yang sudah rusak tidak dapat diperbaiki, maka dilakukan penggantian yang sesuai dengan spesifikasi dan *original part* untuk meminimalisir terjadinya kerusakan.
2. Pengaturan *air damper* harus sesuai dengan standar pengoperasian pada *manual book*, maka perlu dilakukan pemasangan *pressure gauge* untuk memonitor tekanan udara yang dihasilkan.
3. Rekondisi atau memperbaiki kembali setiap komponen seperti semula harus dilakukan untuk menghindari kerusakan berulang akibat perbaikan yang tidak sempurna atau sesuai sebelum terjadi kerusakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2004). Fans And Blower. In *Energy Efficiency In Electrical Utilities* (pp. 93-112). India: Bureau Efficiency Of Energy. Retrieved 10 1, 2018, from <http://www.em-ea.org/gbook13.asp>
- Anonim. (2006). *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*. Kenya, Nairobi: United Nation Environment Programme. Retrieved from www.energyefficiencyasia.org
- Asmoko, H. (2013). Teknik Analisis Permasalahan Menentukan Masalah Prioritas. Retrieved 11 1, 2018, from <http://bppk.kemenkeu.go.id/id/publikasi/artikel/418-artikel-soft-competency/10998-teknik-analisis-permasalahan-menentukan-masalah-prioritas>
- Budhi, Y. W. (n.d.). Modul Fan Sentrifugal. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Edwards, E. (1972). *SHELL model*. Retrieved from Wikipedia: http://en.m.wikipedia.org/wiki/SHELL_modelcite_ref-Hawkins_1-6
- Handoyo, J. J. (2015). *ketel Uap, Turbin Uap, Turbin Gas Penggerak Utama Kapal*. Jakarta: Djangkar.
- Karoto, S. (2010). Perawatan Motor Listrik Pada Mesin Penggerak Sistem Crane Di PT Krakatau Bandar Samudera.
- Moleong, L. J. (2002). *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Priambodo, R. B. (2015). *Analisa Efisiensi Forced Draft Fan B Unit 10 PT. PJB UBJ O&M PLTU Rembang*. Tugas Akhir, Universitas Diponegoro, Fakultas Teknik, Semarang.
- Soegijono, D. K. (1993). Wawancara Sebagai Salah Satu Metode Pengumpulan Data. *Media Litbangkes, III*, 17-21.
- The Technical Director. (1982). *Instruction Manual Book For Aalborg Boiler Marine types*. Denmark: Aalborg Vaerft A/S.
- Tim Penyusun PIP Semarang. (2018). *Pedoman Penyusunan Skripsi*. Semarang.

LAMPIRAN 1

DAFTAR WAWANCARA

Koresponden : Chief Engineer

Nama : Tri Wihardy

1. Mengapa terdapat *forced draft fan* dalam ketel uap?

Karena sebagai penghasil udara pembakaran didalam ketel uap.

2. Apa fungsi dari *forced draft fan*?

Forced draft fan berfungsi untuk menghasilkan udara dengan debit yang besar. Sebagai udara pembilasan sebelum dan sesudah beroperasinya *boiler*, mendorong gas buang sisa pembakaran dalam dapur menuju ke atmosfer melewati *funnel* dan udara pembakaran agar tercapainya pembakaran yang sempurna dan efisien sesuai dengan input bahan bakar.

3. Kenapa *forecd draft fan* dapat mengalami kerusakan?

Karena kemungkinan terjadi kerusakan pada komponen dan kesalahan atau ketidaksesuaian pengoperasian misalnya yang pernah terjadi dikapal yaitu


- a. Kerusakan *ball bearing* pada *electromotor* karena kurang pelumasan akibat tidak terawat atau menerima panas yang berlebih.
- b. Kelonggaran baut pengikat dudukan *electromotor*, sehingga dapat menyebabkan vibrasi, vibrasi yang tinggi dan terus menerus dapat menyebabkan bergesernya *motor* dan beban pada dudukan, apabila beban atau *impeller* bergesar, maka akan bersentuhan dengan rumah *impeller (scroll casing)*.

- c. Terjadinya *fan unbalanced*, ketidakseimbangan *impeller fan* yang dapat menyebabkan vibrasi dan berpotensi mengakibatkan kerusakan pada komponen.
 - d. Tekanan udara yang dihasilkan terlalu tinggi karena terlalu terbukanya *air damper* sehingga *impeller fan* dan motor menerima beban berat pengoperasian melebihi kapasitasnya.
 - e. Kesalahan atau ketidaksesuaian pengoperasian *air damper* yang mengakibatkan udara tertahan didalam *windbox* kemudian tekannya semakin tinggi dan mengakibatkan *back pressure*.
4. Apakah faktor suku cadang dapat berpengaruh terhadap kerusakan?
Faktor suku cadang sangat berpengaruh terhadap suatu komponen permesinan, suku cadang yang tidak sesuai dengan standar dapat menyebabkan faktor terjadinya kerusakan
5. Apakah jam kerja dan usia suatu permesinan juga dapat berpengaruh terhadap kerusakan?
Jam kerja dapat mempengaruhi kerusakan, namun tidak terlalu tinggi pengaruhnya karena mesin sudah di desain oleh pabrik untuk dapat bertahan sesuai dengan rancangan mesin tersebut difungsikan, sedangkan usia berpengaruh terhadap kekuatan dan kelelahan bahan material pada komponen.
6. Dampak apa saja yang terjadi akibat kerusakan *forced draft fan* tersebut yang pernah terjadi di kapal?
- a. Kerusakan pada *electromotor* meliputi lilitan (*short circuit*) dan *bearing*

- b. Kerusakan *scroll casing* dan *suction cone* yang mengakibatkan pecah karena tekanan balik dan putaran yang sangat tinggi.
 - c. Hancurnya *impeller fan* dan tidak dapat diperbaiki lagi
7. Bagaimana cara mengatasi dan mencegah kerusakan pada *forced draft fan auxiliary boiler*?
- a. Melakukan perawatan rutin dan pengoperasian sesuai dengan buku manualnya terutama untuk *system grease* dan mengoperasikan permesinan sesuai dengan semestinya terutama pada pengoperasian *air damper*.
 - b. Melakukan pemasangan alat ukur temperatur atau pengecekan temperatur dengan alat ukur *sensor* untuk memonitor temperatur *bearing* dan *sensor* temperatur *winding* pada *motor* untuk mengamati kenaikan beban kerja yang diterima *motor*
 - c. Menggunakan spare part original untuk seluruh komponen agar sesuai dan awet, lebih tahan dari *spare part* tiruan.
 - d. Melakukan pemeriksaan pada titiap tiap komponen secara periodik terutama ununtuk *impeller fan balance*, tahanan isolasi *electromotor*, *air damper* dan baut-baut pengikat.



Lampiran 2. Gambar *Forced Draft Fan Auxiliary Boiler*

SHIP'S PARTICULAR			
GENERAL			
SHIP'S NAME	:	MT. SEPINGGAN - PERTAMINA 3008	
OWNERS	:	PT. PERTAMINA (PERSERO) - BIDANG PERKAPALAN	
CALL SIGN	:	Y D X T	
PORT OF REGISTRY	:	J A K A R T A	
REGISTRATION MARK	:	1997 BA NO. 918/L	
BUILDER	:	ONOMICHI DOCKYARD CO.LTD. JAPAN	
KEEL LAID	:	MARCH 20, 1982	
LAUNCHED	:	JULY 09, 1982	
DELIVERED	:	DECEMBER 21, 1982	
KIND OF SHIP	:	OIL TANKER	
TYPE OF SHIP	:	FLUSH DECKER WITH FORECASTLE	
TYPE OF BOW	:	BULBOUS BOW	
TYPE OF STERN	:	TRANSOM STERN	
TYPE OF RUDDER	:	STREAMLINED BALANCED RUDDER	
CLASSIFICATION	:	LR + BKI (DUAL CLASS)	
		IMO NO. 8103432	
II. PRINCIPAL DIMENTION			
LENGTH OVER ALL (LOA)	:	180.00 M	
LENGTH PERPENDICULARS (LBP)	:	171.00 M	
LENGTH REGISTERED	:	172.35 M	
BREAD MOULDED (B.M)	:	30.00 M	
DEPTH MOULDED (D.M)	:	15.00 M	
GROSS TONNAGE (G.T)	:	21.747 M	
NET TONNAGE (N.T)	:	7.541 M	
DEAD WEIGHT TON (DWT)	- S	29.441 LT	... DRAFT : 8.855 M
	- T	30.304 LT	... DRAFT : 9.039 M
EFFECTIVE CARGO WEIGHT	- S	27.681 LT	
DISPLACEMENT		37.516 LT	
MAIN ENGINE		1 SET IHI SULZER 6RLB66 (ERP-2) M.C.O 11.100 x 124 Rpm N.C.O 9.900 x 120 Rpm	
AUX ENGINE		3 SET BRUSHLESS TYPE WITH EXCITING DEVICE	
CAPACITY		850 KVA (680 RW) x 450 V x 1091 A	
EMERGENCY GENERATOR		BRUSHLESS TYPE WITH SELF EXCITING DEVICE	
CAPACITY		50 KVA (40) x 64 A	
AUX BOILER		1 SET AABORG AQ - 9 WORKING STEAM PRESSURE = 16 KG/CM ²	
CARGO OIL PUMP		3 SET KHD 300 - 1000 M ³ /H x 75 M	
TURBIN CARGO PUMP		3 SET RE - 600 - 290 KW x 6613/ 1550 RPM	
STRIPPING PUMP		1 SET KPH - 150 - 140 M ³ /H x 125 M	
TANK CLEANING PUMPS		1 SET KPH - 150 - 140 M ³ /H x 125 M	
BALLAST PUMP		1 SET - 1000 M ³ /H	
EDUCTOR FOR BALLAST		1 SET	
III. TANK CAPACITY			
CARGO OIL TANK	:	FUEL OIL TANK	
SLOP TANK - P	: 40.134,840 M ³	F.O.T (P)	: 411.87 M ³
- S	: 794,150 M ³	F.O.T (S)	: 499.47 M ³ +
	: 793,720 M ³	TOTAL	: 911.34 M ³
WATER BALLAST TANK		DIESEL OIL TANK	
F.P.T	: 1.784,52 M ³	D.O.T (P)	: 119.29 M ³
NO. 2 WBT (P/S)	: 2 x 1.802,62 M ³	D.O.T (S)	: 127.52 M ³ +
NO. 3 WBT (P/S)	: 2 x 3.619,73 M ³	TOTAL	: 246.81 M ³
A.P.T	: 798,83 M ³ +		
TOTAL	: 13.428,05 M ³	LUB OIL TANK	: 19.51 M ³
FRESH WATER TANK			
F.W.T (P)	: 292.03 M ³		
F.W.T (S)	: 292.03 M ³		
FEED WATER TANK	: 78.06 M ³ +		
TOTAL	: 662.12 M ³		
MASTER			

Lampiran 3. Ship Particular

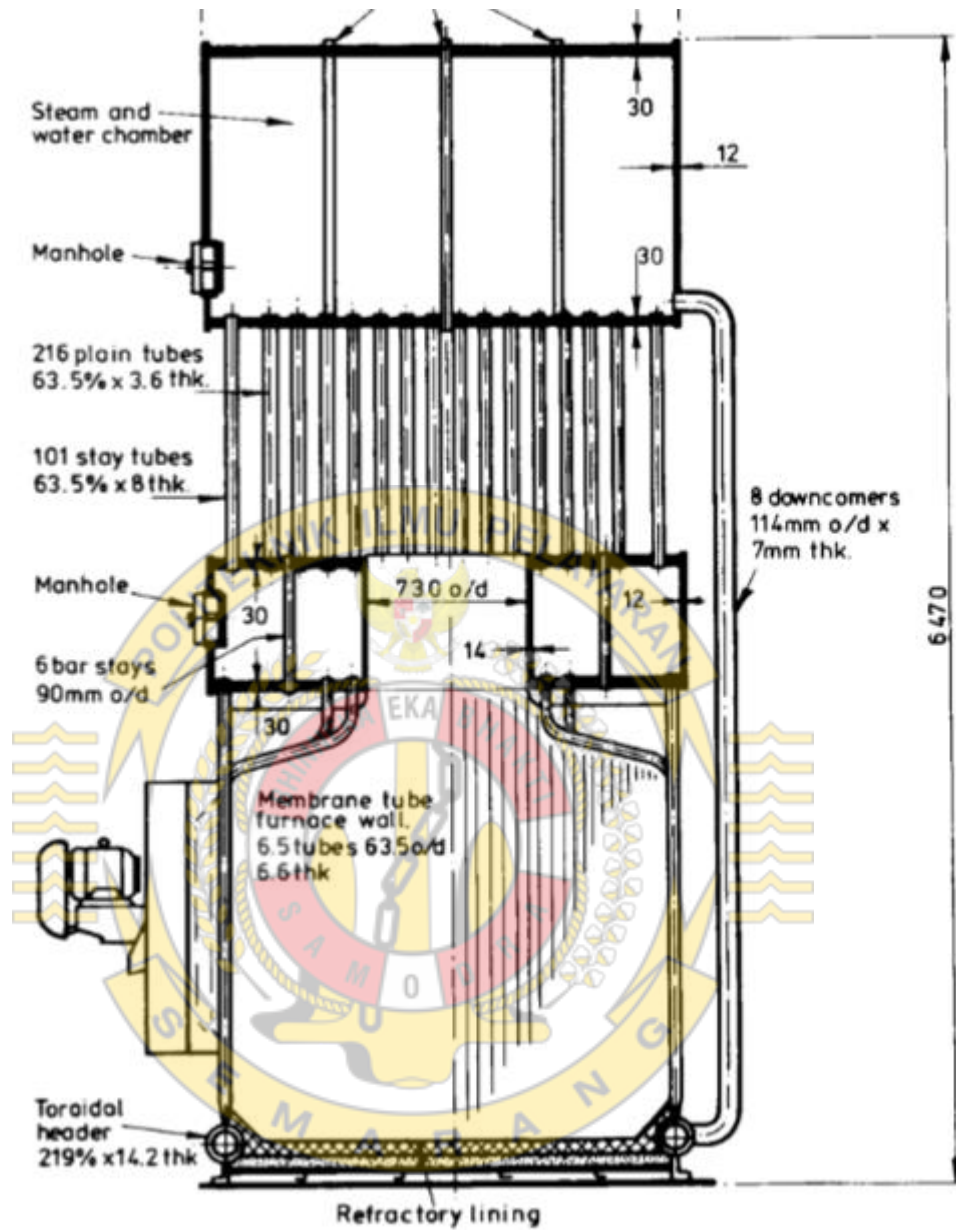
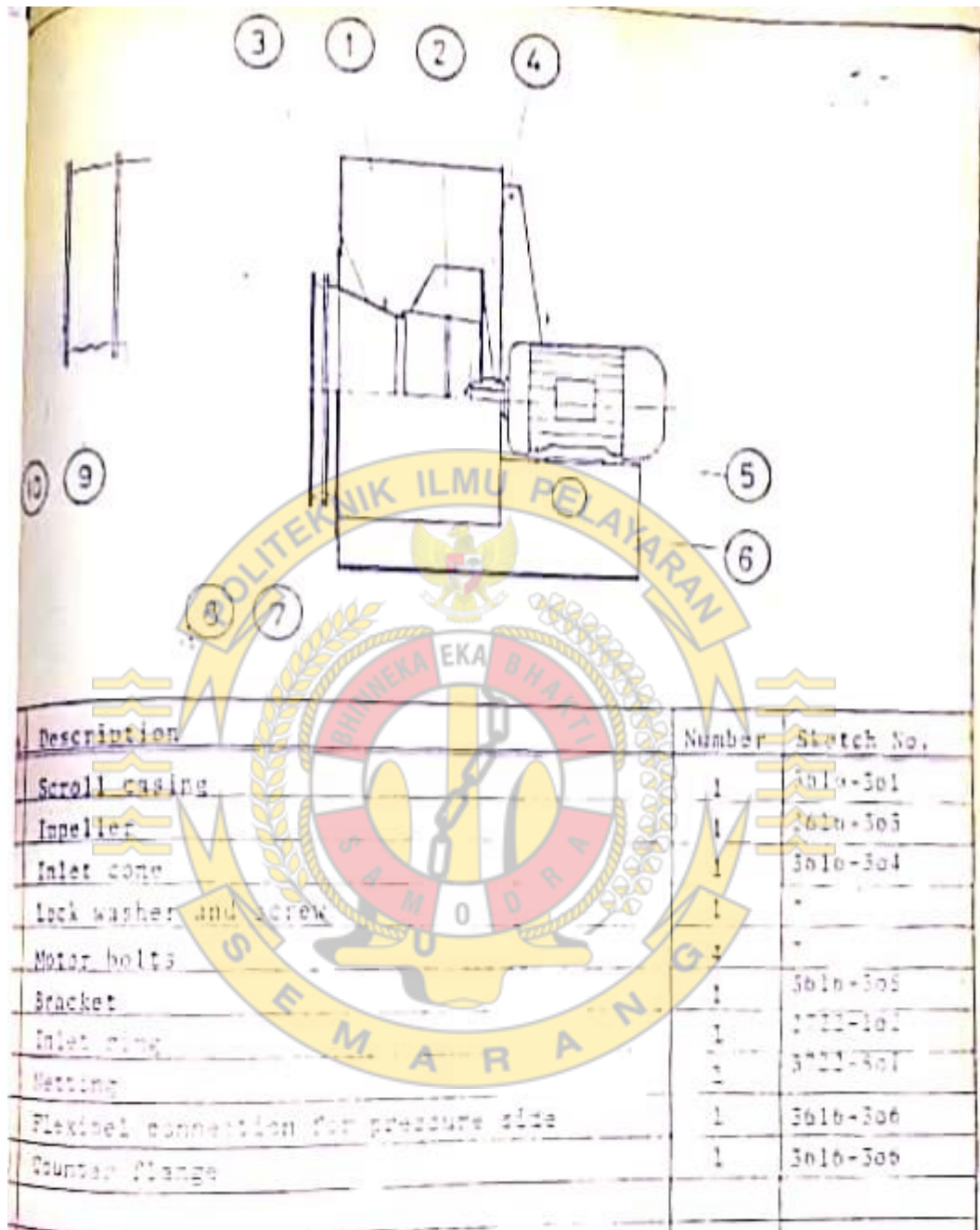
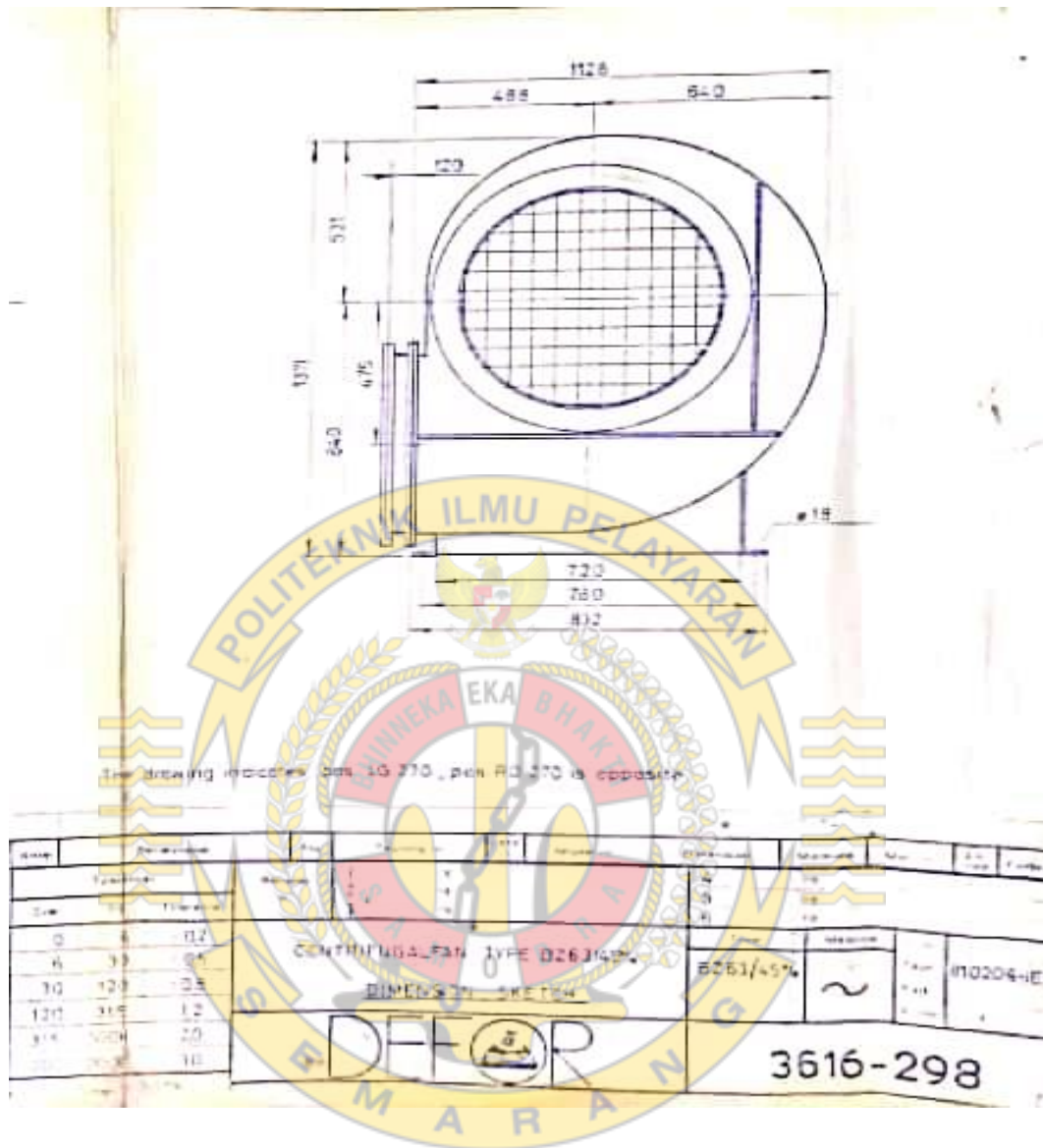


Figure 3.31 Type AQ9 Aalborg vertical boiler

Lampiran 4. Sketsa Auxiliary Boiler



Lampiran 6. Nama komponen



Lampiran 7. Sketsa Scroll Casing

When ordering spare parts the full type designation of the motor must be stated. If the machine is stamped with the manuf. No. and/or Cat. No., this should also be stated.

Vid beställning av reservdelar skall maskinens fullständiga typbeteckning anges. Har maskinen tillverkningsnummer och/eller beställningsnummer skall även detta anges.

ASEA		MADE IN SWEDEN TILLVERKAD I SVEA	
Motor MKR 250 M 75 - 4			
3 ~	50 Hz	No. 6493 251	
90 kW		1460	r/min
Prim	380 V	Prim	220 V
Y	175 A	Δ	305 A
Sec	V A	Cl B	cos φ 0.87
IEC 34-1		SEN 2601 + 260 402	
Cat No MK 371 009-AA		IP 21 S	420 kg

Beställningsnummer
Cat No

Tillverkningsnumme
Manuf. No.



Conclusion

We hope that the advice and instructions given in this booklet will be useful to those responsible for the installation and maintenance of electrical machines. Further instructions concerning the care and repair of motors are given in the ASEA brochure "How to look after rotating electrical machines". Instructions on the maintenance of starters are given in the ASEA brochure "The selection and maintenance of electrical apparatus".

Slutord

Vi hoppas att de råd och anvisningar som här lämnats kommer att vara till god hjälp för Er, som svarar för montering och skötsel av elmaskiner. Ytterligare anvisningar om skötsel samt reparationer av motorer finner Ni i ASEA-broschyren "Hur man sköter roterande elmaskiner". Anvisningar om skötsel av startapparater lämnas i ASEA-broschyren "Val och skötsel av elapparater". Uppstår problem i samband med skötseln eller vid installation av elmaskiner, så vänd Er till ASEA-SERVICE.

Lampiran 8. Electromotor

SAACKE
Item 17

Oil Compound Regulator

Type: **VR/VRM**
23 c and 31 c
Subject to change

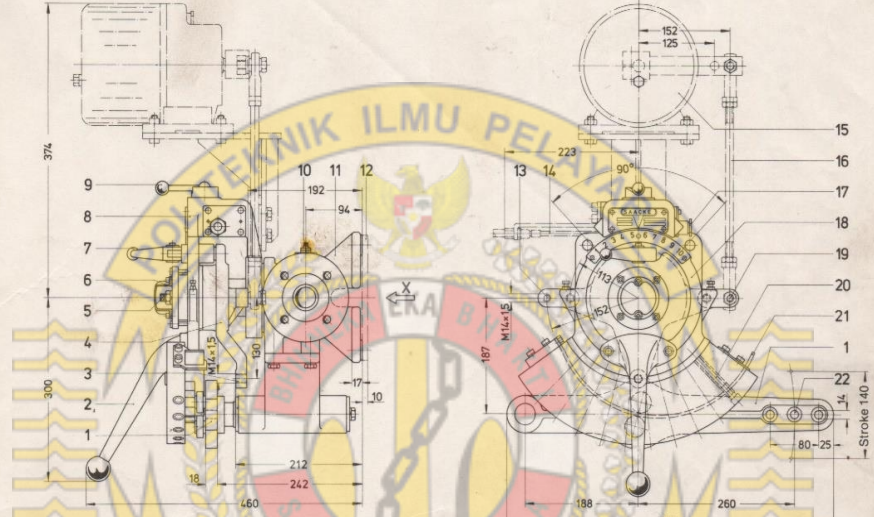
The SAACKE Oil Compound Regulator is a final control element which meters out the fuel oil and the required combustion air to the SAACKE oil burner in the most efficient proportion and fully variably throughout the burner control range.

The rate of oil flow is controlled in a nearly linear fashion by a rotary valve 24. Through the air damper control arm 1, which is connected by means of a linkage to the air control damper provided in the windbox, the combustion air flow is controlled. To compensate for the non-linear characteristic of the air control damper, the control arm 1 is actuated through a cam strip 21 which is mounted in several jacking screws 20 on the air flow control disk 18.

The maximum and minimum rates of oil flow as well as the respective, stoichiometrically most favorable air volumes are preset when the plant is commissioned. With the rotary valve 24 closed, the minimum flow is set by means of the low fire adjusting screw 10. The maximum oil flow is set with the Compound Regulator wide open by means of the adjusting screw 5 of the rotary valve 24. Thereafter, by accurately adjusting the cam strip 21, the most efficient combustion air flow is preset for all — even intermediate — Compound Regulator positions.

For the start-up sequence of the firing plant two positively disconnecting limit microswitches have been installed which are closed in the Compound Regulator positions 1 and 10 respectively.

The SAACKE Oil Compound Regulator may be operated both by hand or by a servomotor 15. With an automatic combustion control system, the Compound Regulator may, if necessary, be separated from the servomotor by disengaging the coupling lever 7 and then operated manually. The detent 9 will then allow its locking in any desired position. The direction of flow is optional in this Compound Regulator.



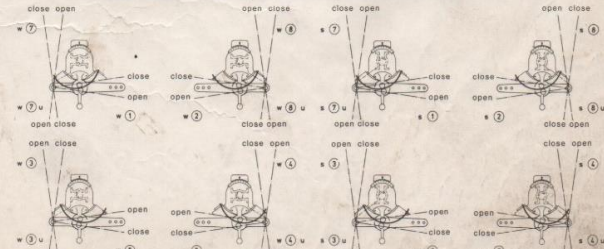
- 1 Air damper control arm
- 2 Handle
- 3 Connection for linkage between two Compound Regulators (horizontal)
- 4 Control lever
- 5 Rotary valve adjusting screw
- 6 Cap
- 7 Coupling lever
- 8 Indicating arm
- 9 Detent
- 10 Low fire adjusting screw
- 11 Casing
- 12 Mounting plate (at extra price only)
- 13 Connection for linkage between two Compound Regulators (vertical) or with a transmission shaft
- 14 Primary air control (upon request only)
- 15 Electric servomotor (with VRM types only)
- 16 Linkage between Compound Regulator and servomotor
- 17 Cable entrance Pg 13.5 for positively disconnecting microswitch
- 18 Air flow control disk
- 19 Connection for linkage of servomotor
- 20 Cam strip jacking screw
- 21 Cam strip
- 22 Connection for linkage of air damper
- 23 Welding neck flange 32-38 to DIN 2633
- 24 Rotary valve

Attention: The Compound Regulator is meant for firing rate control, but not for plant shut-off.

Type	Maximum fuel oil flow at 2 bar and 60 mm ² /s (8 °Engler) kg/hr	Servomotor MED 10 (with VRM types only)		Weight in kgs	
		Control voltage	Power loading	VR	VRM
VR and VRM 23 c	2000	220 volts	30 VA	60	74
VR and VRM 31 c	4000	50 cycles	30 VA	60,3	74,3

Air damper control arm arrangements in positions ① through ⑧

"W" determines the horizontal, "S" the vertical direction of oil flow.



Date: 3/7/78

Gez.: Ht

Telefon (0421) 64 95-1

Telegr. SAACKEBRENNER

Telex 024-4230

H. SAACKE KG

Südweststraße 13

Postfach 21 0260

2800 Bremen 21

T - G 359/1

Lampiran. 8 Oil Compound Regulator

SAACKE <i>Item 17</i>	Operating and Maintenance Instructions for Oil Compound Regulators	Type: VR 23 c and 31 c <small>Subject to change</small>
---------------------------------	---	--

The Oil Compound Regulator (VR) is preset at the factory for the required minimum and maximum fuel oil flows of the burner plant:

- for the minimum flow by means of the low fire spindle 18 (turn clockwise for less flow) and
- for the maximum flow by means of the adjusting screw 5 (turn counter-clockwise for less flow) in the rotary valve 1.

From Compound Regulator position 1 (low firing rate) to position 10 (rated or high firing rate) the rotary valve 1 controls the oil flow in a nearly linear fashion. The rates of air flow most favorable to a satisfactory combustion in the Compound Regulator positions 1 through 10 are predetermined by means of the adjustable cam strip 31 during commissioning of the plant.

To effect the cam strip adjustment engage the detent 9 (as shown in drawing) and separate the drive (servomotor) from the Compound Regulator by means of the coupling 8. Furthermore, for each adjustment the fastening screws of the mounts at the ends of the cam strips must be loosened.

The lever 14 for adjusting the flexible control cable can be carried along from Compound Regulator position 1 to 5 at a maximum or from 1 to 2.5 at a minimum depending on the fixing of the set collar 17. The latter is clamped in place by three hexagon head screws 25. For shortening the control distance e. g. from Compound Regulator positions 1...5 to positions 1...3, turn the set collar 17 clockwise when looking at the Compound Regulator front.

<ul style="list-style-type: none"> 1 Rotary valve 2 Disk 3 Cap 4 Lock nut (Wrench 19) 5 Adjusting screw (Wrench 8) for rotary valve 6 Rotary valve guide 7 Boundary disk 8 Coupling 9 Detent 10 Positively disconnecting microswitch for high fire (not shown) 11 Positively disconnecting microswitch for low fire 	<ul style="list-style-type: none"> 12 Trip cam 13 Indicating arm 14 Lever for flexible control cable 15 Driver 16 Ball 17 Set collar 18 Low fire spindle (Wrench 6) 19 Lock nut (Wrench 17) 20 Sealing ring (4 off) 21 Casing 22 Rotary valve bushing 	<ul style="list-style-type: none"> 23 Sealing ring 24 Sealing ring 25 Clamping screw (3 off, Wrench 14) 26 Ball type lubricator (to DIN 3402) 27 Bearing bracket for air damper control arm 28 Air damper control arm 29 Ball bearing 30 Jacking screw (10 off, Wrench 8) 31 Cam strip 32 Block 33 Sector 34 Air flow control disk 35 Coupling disk (Connection for servomotor)
--	--	--

All bearing points (ball type lubricators 26) and the ball bearings 29 should be lubricated with a good grade of heat resisting ball bearing grease at least three times a year. Also the cam strip 31 should be cleaned and regreased. As lubricants we recommend the ball bearing grease brands recommended for the burner and/or burner motor.

Date: 10/7/78	Telefon (0421) 64 95-1 Telegr. SAACKEBRENNER	H. SAACKE KG	Sudweststraße 13 Postfach 21 02 60
---------------	---	---------------------	---------------------------------------

BA-441/1

Lampiran. 9 Oil Compound Regulator

SAACKE Item 9	Primary Air Control	Type: ZSR
		Subject to change

By the use of a primary air control the control range (turn-down ratio) of SAACKE oil burners can be extended.

The primary air flow is controlled by means of the air damper which is installed in the hinged burner assembly (with SKV burners) or in the air duct provided in the air register (with SK burners). This damper is mechanically actuated by a flexible cable from the Compound Regulator. The damper is controlled in the Compound Regulator positions 1 through 5 only. The angle of damper opening can be corrected at the damper lever. In determining the cable length and when mounting the cable care should be taken that the oil burner can be swung out freely and the cable is never bent at a bending radius smaller than that indicated. With SKV burners the flexible cable should always be arranged on the hinge side (as shown in drawing). With the SK burners and in installations featuring two hinged burner assemblies on one register the integrally mounted air duct makes the arrangement of the cable independent of the burner swing-out direction. An exact specification of the length-Dimension "L" (with due consideration to the dimensions "A" and "B") is necessary in order to enable the factory to equip the flexible cable with the cable end connections.

Flexible cable:

Minimum bending radius = 100 mm
 Admissible ambient temperatures = -40 to +80 °C
 Maximum length = 10 m

Type	For Oil Burner Type SKV	Type	For Oil Burner Type SK	With Compound Regulator VR / VRM	Dimensions in mm				
					A	B	C	D	E
ZSR 01	6a - 10a	—	—	8 b	360	150	206	60	95
ZSR 02	15a - 40a	—	—	10 b	430	200			
ZSR 03	50a	—	—	12 b	500	250			
ZSR 04	60a - 100a	ZSR 11	60a - 100a	14 b	550	220	207	220	98
ZSR 05	150a	ZSR 12	150a	16 b					
ZSR 06	180 - 200	ZSR 13	180 - 200	23 b					
ZSR 07	250 - 350	ZSR 14	250 - 350	31 b	700	250			

um. 20. 2 70	Telefon (0421) 6495-1 Teleg. SAACKEBRENNER Telex 024-4230	H. SAACKE KG	28 BREMEN Südweststraße 13 Postfach 210260	T-G 308 /
--------------	---	---------------------	--	------------------

Lampiran 10. Primary Air Fan

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : DESTA ALIMASONI FEBRIANTORO
Tempat / tanggal lahir : Temanggung, 13 February 1997
Alamat : Pongan Rt 01 Rw 08 Soropadan Pringsurat
Kab.Temanggung

Nama Orang tua

- a. Bapak : Siswanto
Pekerjaan : Swasta
- b. Ibu : Novi Purwati
Pekerjaan : Swasta

Riwayat Pendidikan

1. SD Negeri 2 Soropadan Lulus Tahun 2008
2. SMP Negeri I Grabag Lulus Tahun 2011
3. SMK Yudya Karya Lulus Tahun 2014
4. Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang

Pengalaman Praktek Laut (PRALA)

KAPAL : MT. SEPINGGAN

PERUSAHAAN : PT. PERTAMINA PERKAPALAN