

PERENCANAAN SISTEM POMPA UNTUK MELAYANI KERJA SCRUBBER PADA KAPAL MT. NONI T

Safiani¹⁾, Pravitno Ciptoad²⁾, Fany Laamena³⁾

¹⁾S1 Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
E-mail: fianyy.ani0802@gmail.com

²⁾Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
E-mail: pciptoadi69@gmail.com

³⁾Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
E-mail: navalfany@gmail.com

Abstrak Kapal MT. Noni T adalah kapal tanker berbendera Indonesia dengan jalur pelayaran Ambon-Sorong-Tual-Jayapura-Ambon. Kapal MT. Noni T dibuat sebelum ditetapkan peraturan tentang kewajiban penggunaan alat *exhaust gas cleaning system* atau *scrubber* yang berfungsi untuk memfilter emisi gas buangan agar tidak pencemaran udara. Dalam pengoperasiannya motor induk kapal MT. Noni T menggunakan bahan bakar high sulfur. Sehingga emisi gas buangan kapal dihasilkan oleh motor induk kapal banyak mengandung Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO₂), Nitrogen Oksida (NO), Particule Monoksida (PM) dan Sulfur Dioksida (SO₂) yang menyebabkan pencemaran udara. Maka berdasarkan permasalahan di atas, penulis akan mendesain system pompa untuk mendistribusikan air laut untuk memfilter emisi gas buang motor induk kapal. Penelitian ini dilakukan dengan dua metode yaitu dengan metode wawancara dan metode kepustakaan. Berdasarkan hasil perencanaan pompa pada sistem *scrubber* MT. Noni T. maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut: untuk memenuhi kebutuhan air yang dibutuhkan untuk pengkabutan emisi gas buang motor induk MT Noni T. sebesar 0,682 kg/sec adalah 0.00133073 m³/sec. Besar daya pompa yang dihitung untuk melayani kerja *scrubber* pada kapal MT. Noni T. dengan rute perjalanan dari pelabuhan Ambon ke pelabuhan Jayapura sebesar 0,269375675 kW dan besar daya motor sebesar 1,5 kW. Jika pemilik kapal MT. Noni T. mengadakan pemasangan *scrubber* serta instalasi pompa, maka perhitungan pada penelitian ini dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pemasangan instalasi, pemilihan jenis dan kapasitas pompa.

Kata Kunci : *Scrubber*, Sistem Pompa, Emisi Gas Buang

1. PENDAHULUAN

Kapal MT. Noni T adalah kapala tanker berbendera Indonesia dengan jalur pelayaran Ambon – Sorong – Tual – Jayapura – Ambon. Kapal MT. Noni T. dibuat sebelum ditetapkan peraturan tentang kewajiban penggunaan alat *exhaust gas cleaning system* atau *scrubber* yang berfungsi untuk memfilter emisi gas buang agar tidak terjadi pencemaran udara. Dalam operasinya di laut suatu kapal yang memiliki *scrubber* harus dilengkapi sistem pompa untuk menyuplay air laut (*alkali water*) yang merupakan bahan utama penetral SO_x pada emisi gas buangan motor induk kapal. Hal ini mempunyai arti bahwa suatu kapal haruslah memiliki rancangan sistem instalasi pompa sebagai syarat atomisasi agar memenuhi kebijakan dan peraturan pemerintah.

Dalam pengoperasiannya motor induk kapal MT. Noni T. menggunakan bahan bakar high sulfur. Sehingga emisi gas buangan kapal yang dihasilkan oleh motor induk kapal banyak mengandung Karbon Monoksida (CO), Karbon Diokasida (CO₂), Nitrogen Oksida (NO), PARTICULATE Matter (PM) dan Sulfur Oksida (SO₂), penyebab pencemaran udara. Dampak buruk dari pencemaran udara ini dapat mengurangi kadar oksigen di udara dan

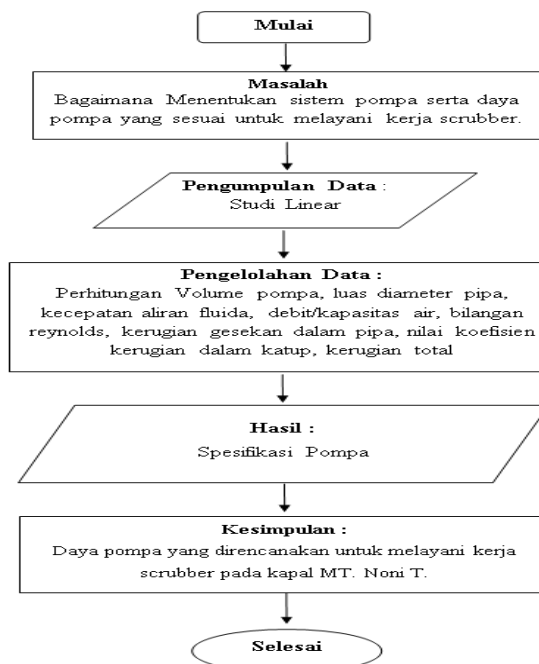
mencemari udara yang ada di sekitar pantai. Dari kondisi untuk memenuhi peraturan dan kebijakan pemerintah dalam penelitian sebelumnya oleh Muhammad Zein Pattisahusiwa dengan judul “Evaluasi Emisi Gas Buang dan Pemillihan *Scrubber* pada kapal MT.Noni T. “ dimana penelitian ini tidak menghitung kapasitas pompa sebagai penyuplai air yang masuk kedalam *scrubber* untuk proses pengkabutan agar terjadi penyaringan terhadap gas buang yang akan keluar. Dalam hal ini untuk mengatasi kondisi permasalahan pada MT.Noni T. melalui penelitian ini akan dilakukan perencanaan sistem pompa untuk optimalisasi penggunaan *Scrubber*.

Scrubber atau *Exhaust Gas Cleaning System (EGCS)* adalah peralatan tambahan untuk mengurangi kadar sulfur (SO_x) dalam gas buangan motor induk kapal (IMO, 2020). *Scrubber* menyemprotkan air alkali (*alkali water*) kedalam aliran gas buang untuk menetralkan Sifur Oksida (SO_x), pada sistem loop terbuka menetralkan SO_x dengan memanfaatkan alkali initas alami air laut yang kemudian dibersihkan dan dibuang kembali ke laut (Gerald T. Joseph). Sistem pompa yang terpasang adalah yang dapat mendistribusikan fluida cair menuju *scrubber*, aplikasinya dpat dilihat pada tipe *wet scrubber* dikarenakan pada umumnya fluida tersebut harus dalam kondisi bertekanan sebagai syarat atomisasi serta kondisi penempatan *scrubber* yang lebih tinggi dari pada bak penampung (Johan Kusumo, 2008).

Maka berdasarkan permasalahan diatas, penulis akan mendesain sistem pompa untuk mendistribusikan air laut untuk memfilter emisi gas buang motor induk kapal. Hasil desain tersebut akan dituangkan dalam skripsi dengan judul “Perencanaan Sistem Pompa Untuk Melayani Kerja *Scrubber* Pada Kapal MT. Noni T.” Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan sistem untuk melayani kerja *scrubber*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan proses pengambilan data mulai dari tanggal 25 Juli 2023 s/d 12 November 2022 pada kapal MT. Noni T. Ada beberapa metode pengumpulan data yang dilakukan peneliti dalam penelitian ini antara lain: metode wawancara dan metode kepustakaan. Data terkait yang diperoleh dilakukan analisa estimasi data dengan bebrapa tahapan yaitu tahap identifikasi, tahap analisa dan tahap penutup. Adapun diagram alir (*flowchart*) penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Asumsi Emisi Kapal

Perhitungan asumsi emisi kapal diambil dari penelitian terdahulu yaitu Muhammad Zein Pattisahusiwa (2022).

$$t = 75,67 \text{ jam.}$$

a. Konsumsi bahan bakar

- Start FC = 0,99 ton dengan waktu tempuh 4 jam
- Manuver FC = 0,49 ton dengan waktu tempuh 2 jam
- Perjalanan FC = 17,22 ton dengan waktu tempuh 69,67 jam

b. Emisi gas buang

Perhitungan emisi gas buang saat *start* diambil dari penelitian terdahulu yaitu Muhammad Zein Pattisahusiwa (2022).

Tabel 1. Perhitungan Emisi Gas Buang (*Start*)

MSDE	NO _x	CO	CO ₂	PM	SO _x		
E = FC × F	56,36	7,32	3164,19	1,19	19,78	3248,84	Kg
kg/s	0,004	0,001	0,220	0,0001	0,001	0,226	0,226

Keterangan tabel :

E = Emisi gas buang (kg)

FC = Konsumsi bahan bakar saat *start* (ton)

F = Faktor emisi (kg/ton)

Perhitungan emisi gas buang saat *manuver* diambil dari penelitian terdahulu yaitu Muhammad Zein Pattisahusiwa (2022).

Tabel 2. Perhitungan Emisi Gas Buang (*Manuver*)

MSDE	NO _x	CO	CO ₂	PM	SO _x		
E = FC × F	25,21	13,84	1582,10	0,59	9,89	1631,64	kg
kg/s	0,004	0,002	0,220	0,0001	0,001	0,227	0,227

Keterangan tabel :

E = Emisi gas buang (kg)

FC = Konsumsi bahan bakar saat *manuver* (ton)

F = Faktor emisi (kg/ton)

Perhitungan emisi gas buang diambil dari penelitian terdahulu yaitu Muhammad Zein Pattisahusiwa (2022).

Tabel 3. Perhitungan Emisi Gas Buang (Perjalanan Kapal)

MSDE	NO _x	CO	CO ₂	PM	SO _x		
E = FC × F	396,10	1704,96	55109,72	20,67	344,44	57575,88	kg
kg/s	0,002	0,007	0,220	0,0001	0,001	0,230	0,230

Keterangan tabel :

E = Emisi gas buang (kg)

FC = Konsumsi bahan bakar saat perjalanan kapal (ton)

F = Faktor emisi (kg/ton)

Maka total Emisi Gas Buang Sebesar 0.682 kg/s

B. Perhitungan Laju Aliran Massa

Berdasarkan total emisi gas buang sebesar 0.682 kg/s, maka jumlah air yang dibutuhkan untuk pengkabutan emisi gas buang tersebut adalah sebagai berikut. (Wa Ode Nurul Roisyah Amini Budiman, 2018)

Maka, nilai kapasitas air yang dibutuhkan untuk pengkabutan emisi tersebut adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\dot{m} &= 2 \times 0,682 \text{ Kg/Sec} \\ &= 1,364\end{aligned}$$

C. Perhitungan Kapasitas Pompa

Kapasitas pompa dapat dihitung berdasarkan persamaan (1)

$$\begin{aligned}V &= \frac{1,364 \text{ kg/Sec}}{1.025 \text{ Kg/m}^3} \\ V = Q &= 0,00133 \text{ m}^3 / \text{Sec}\end{aligned}$$

D. Perhitungan Kerugian Head Pompa

Menurut standar ukuran pipa baja (JIS) direncanakan diameter dalam pipa (OD) = 25 mm/ 1 inch, diameter luar pipa (ID) = 34,0 mm sch 40

Tabel 4. Ukuran pipa *System* Pompa Yang Digunakan

Diameter luar	= 34,0 mm (0,034 m)
Diameter dalam	= 25 mm (0,025 m)
Tebal pipa	= 3,5 mm (0,00338 m)
Panjang pipa	= 18 m
Panjang pipa isap	= 1 m
Panjang head statis	= 17 m
Temperatur air	= 30°C
Densitas air laut	= 1025 kg/m ³
Viskositas air laut	= 0.001025 m/s ²
Percepatan Gravitasi	= 9,8 m/s ²
Pi (π)	= 3,14

a. Luas Penampang Pipa

Luas penampang pipa dapat dihitung berdasarkan persamaan (2)

$$\begin{aligned}A &= \frac{3,14}{4} \times 0,025^2 \\ A &= 0.000491 \text{ m}^2\end{aligned}$$

b. Kecepatan Aliran Fluida

Kecepatan aliran fluida dapat dihitung berdasarkan persamaan (3)

$$\begin{aligned}A &= \frac{0,00133073}{0,000490625} \\ A &= 2.7123 \text{ m}^3 / \text{sec}\end{aligned}$$

c. Bilangan Reynolds

Nilai Reynolds number dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut (4)

$$\begin{aligned}Re &= \frac{2.712315924 \times 0.025^2}{0.001025} \\ Re &= 67807.89809 \\ Re &> 4000 \text{ (Aliran turbulen)}\end{aligned}$$

d. Perhitungan Head Statis Total (*Suction Head*) dapat dihitung berdasarkan persamaan (5)

$$h_a = h_d + h_s$$

$$h_a = 18 + (-1)$$

$$h_a = 17 \text{ m}$$

$\Delta h_p = 0$ (reservoir atas dan reservoir bawah tekanan airnya sama)

e. Perhitungan Losses

1) Kerugian gesek dalam pipa

Rumus umum persamaan (6)

$$hf = f \frac{Lxv^2}{2 xDxg}$$

Rumus empiris Hazen William persamaan (7)

$$hf = \frac{10,666 \times 0,00133073^{1,85}}{100^{1,85} \times 0,025^{4,85}} \times 22 \text{ cm}$$

$$hf = 1,07818 \text{ m}$$

2) Kerugian pada balokan (elbow)

Selanjutnya menghitung koefisien kerugian pada katup dengan saringan dapat dihitung berdasarkan persamaan (8)

$$hf = f \frac{v^2}{2g} \text{ dimana } f \text{ adalah gesekan}$$

Sebelum menghitung nilai koefisien gesekan terlebih dahulu kita mencari nilai koedisien geseknya dengan rumus sebagai berikut:

$$f = 0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \text{ dimana } \frac{R}{D} = 1, \frac{D}{R} = 1$$

$$f = 0,131 + 1,847 \left(\frac{1}{2} \right)^{3,5} \left(\frac{90}{90} \right)^{0,5}$$

$$f = 0,29$$

$$\text{maka } hf = 0,29 \times \frac{2,27123^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$hf = 0,1088485 \text{ (untuk 1 belokan), maka untuk 4 belokan nilainya adalah } 0,43539.$$

3) Kerugian pada katup-katup sepanjang jalur pipa dapat dihitung berdasarkan persamaan (9)

Tabel 4. Koefisien kerugian pada katup (fv)

Fitting	Jumlah	Fv	Fv _{total}
Gate Valve	1	0,31	0,31
Strainer	1	0,49	0,49
Flexible	2	0,04	0,08
Joint			
Check Valve	1	2,6	2,6
	Total		3,48

Maka:

$$h_f = 3,48 \frac{2,27123^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_f = 1,30618$$

4) Nilai hf (kerugian) total

Nilai kerugian total dapat dihitung menggunakan persamaan (10)

hf_{total} = mayor losses (kerugian gesekan dalam pipa) + minor losses (kerugian pada belokan + kerugian pada katup)

$$hf_{total} = 1,07818 + 1,74157$$

$$hf_{total} = 2,81975 \text{ m}$$

5) Kerugian head pada pipa tekan

Head karena kecepatan kaluer dapat dihitung menggunakan persamaan (11)

$$= \frac{2,27123 \times 0,025^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 0.33225 \text{ m}$$

E. Perhitungan Head Pompa

Maka, H_{total} dapat dihitung berdasarkan persamaan (12)

$$H_{total} = 17 \text{ m} + 0 + 3,05935 \text{ m} + 0,33226 \text{ m}$$

$$H_{total} = 20,15201 \text{ m}$$

F. Perhitungan Daya Pompa

Daya pompa dapat dihitung berdasarkan persamaan (13)

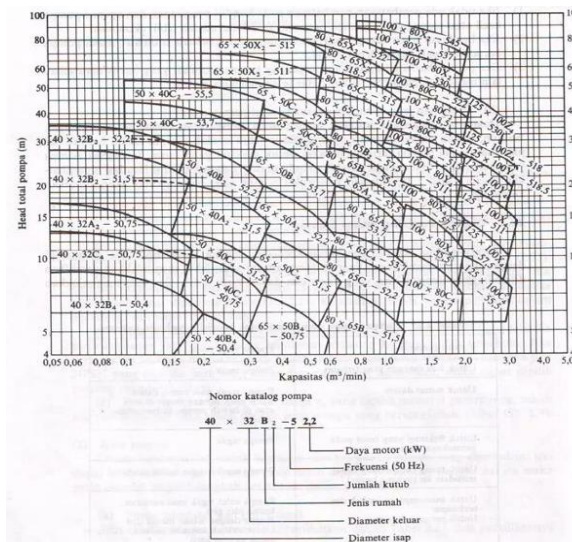
$$= \frac{1025 \times 9,8 \times 0,00133 \times 20,15201 \text{ m}}{1000}$$

$$= 0.269227 \text{ kW}$$

G. Pemilihan Pompa Berdasarkan Diagram Pemilihan Pompa Standar

Diketahui :

$$Q = 0,00133073 \text{ m}^3/\text{sec} = 0,0798438 \text{ m}^3/\text{min}$$

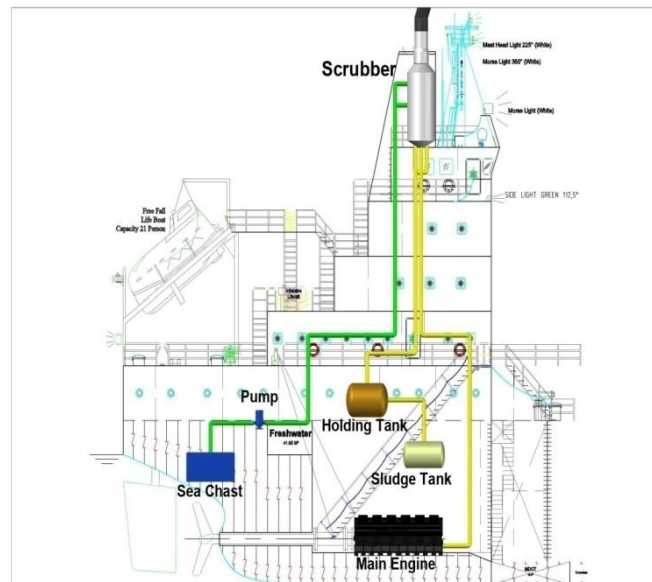


Gambar 1. Diagram pemilihan pompa standar
Sumber: Haruo Tahara. (2000), *Pompa Dan Kompresor*

Berdasarkan diagram pemilihan pompa standar maka di dapat pompa dengan spesifikasi seperti di tunjukan pada gambar 1 pompa yang dipilih adalah : 40 x 32 B₂ – 5 1,5. Arti dari kode tersebut adalah:

- 40 = Diameter isap (40 mm/0,04 m)
- 32 = Diameter buang (32 mm/0,032 m)
- B₂ = Jenis Rumah
- 5 = Frekuensi (50 Hz)
- 1,5 = Daya motor (1.5 kW/2,01153 HP)

H. Gambar Rencana System Instalasi Pompa



Gambar 2 Rencana System Instalasi Pompa

I. Pembahasan

Dalam penelitian ini, kapal MT Noni T dengan rute pelayaran pelabuhan Amboon ke pelabuhan Jayapura dengan jarak 836 mil membutuhkan waktu tempuh selama 69,67 jam. Saat melakukan *start* atau menghidupkan mesin, kapal membutuhkan waktu selama 4 jam, dimana 2 jam saat di pelabuhan Amboon dan 2 jam di pelabuhan Jayapura. Selama proses *start* kapal membutuhkan bahan bakar sekitar 0,99 ton. Pada saat manuver kapal membutuhkan waktu selama 2 jam dengan bahan bakar 0,49 ton. Sedangkan, saat melakukan perjalanan kapal membutuhkan waktu 75,67 jam dengan bahan bakar 17,22 ton.

Hasil emisi dalam penelitian ini diambil dari peneliti sebelumnya yaitu, Muhammad Zein Pattisahusiwa, sebagai titik acuan untuk melakukan perhitungan emisi gas buang kapal MT Noni T. Emisi gas buang yang dihasilkan kapal MT Noni T saat *start*, manuver dan melakukan perjalanan sebesar 0,682 kg/sec.

Scrubber merupakan salah satu alat yang digunakan untuk memfilter emisi gas buang agar tidak terjadi pencemaran udara dengan media air laut yang membutuhkan sistem pompa untuk mendistribusikan fluida cair menuju *scrubber* karena pada umumnya fluida tersebut harus dalam kondisi bertekanan. Berikut spesifikasi instalasi pipa yaitu: diameter pipa yang direncanakan untuk instalasi pipa sistem *scrubber* adalah 1 inch atau 0,025 m, diameter pipa sebesar 0,025 m, luas penampang 0,000490625 m², kecepatan aliran fluida 2.712315924 m³/sec, setelah melakukan perhitungan mengenai pompa, didapatkan nilai kapasitas aliran air sebesar 0.00133073 m³/sec, jenis aliran turbulen sebesar 667807,8980, total kerugian 2,8197567 m, head pompa sebesar 20,1520154 dengan daya pompa sebesar 0,269375675 kW dan besar daya pompa berdasarkan diagram pemilihan pompa standard untuk melayani kerja *scrubber* pada kapal MT. Noni T adalah 40 x 33 B₂ – 5 1,5. Pompa tersebut akan melayani *scrubber* selama 75,67 jam secara berkala.

Untuk pengkabutan pada sistem *scrubber* dapat menggunakan pompa Sentrifugal dan pompa Spesial efek. Dalam sistem ini menggunakan pompa jenis sentrifugal adapun alasan mengapa penulis memilih pompa sentrifugal yaitu selain memiliki prinsip kerja sederhana, mempunyai banyak jenis, konstruksi kuat, pompa jenis ini juga memiliki harga yang relative murah serta memiliki biaya maintance yang murah.

Pompa spesial efek untuk sistem *scrubber* memiliki desain yang lebih kompleks dan lebih efisien dibandingkan dengan pompa sentrifugal. Namun, pompa spesial efek memiliki biaya pembelian dan pemeliharaan yang lebih mahal dibandingkan dengan pompa sentrifugal. Hal ini yang menjadi pertimbangan dalam keputusan pemilihan pompa untuk sistem *scrubber* pada penelitian ini..

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan pompa pada sistim *scrubber* MT. Noni T. maka diperoleh spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Untuk memenuhi kebutuhan air yang dibutuhkan untuk pengkabutan emisi gas buang motor induk kapal MT. Noni T sebesar 0,682 kg/sec adalah $0.00133073\text{m}^3/\text{Sec}$
- 2) Besar daya pompa yang di hitung untuk melayani kerja *scrubber* pada kapal MT. Noni T dengan rute perjalanan dari pelabuhan ambon ke pelabuhan jayapura sebesar 0,269375675 kW.
- 3) Besar daya motorsebesar 1,5 kW.

DAFTAR PUSTAKA

- Regulasi IMO (International Maritime Organization (IMO) mengatur standar minimum emisi NOx dan SOx dalam ANNEX VI regulasi 13 dan 14)
- Ali, H. (2017). *Improvement of centrifugal wet scrubber design through laboratory experimentation and computationalfluid dynamics. BEng Mechanical Engineering (HONS)* , 1-227.
- Ayre, L. S. (2012). *Design and Evaluation of a Marine Scrubber System. Graduate Theses, Dissertations, and Problem Reports* , 1-90
- Alfarisi, S. (2016). *Menghitung Emisi Gas Buang Pada Kapal Nelayan Kelurahan Brondong Kabupaten Lamongan Provinsi Jawa Timur. Skripsi – ME-141501*, 1-68.
- Direktur Jenderal Perhubungan Laut No. SE.35 pada Tahun 2019Tentang kewajiban penggunaan bahan bakar low sulfur
- Hidayat, N.Y.H (2022), *meneliti tentang “Optimalisasi Penggunaan Alat Bantu Scrubber Dalam Mengatasi Pencemaran Udara Denganmetode Egcs (Exhaust gas cleaning system) Di Mv. HI Port Hedland”* , Skripsi
- Peraturan Pemerintah UU No. 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran
- Purba, D.A.S (2009), *meneliti tentang “Analisa Simulasi Performansi Wet Scrubber Terhadap Filtrasi Partikel 1-10 µm Pada Instalasi Insinerator Limbah Rumah Sakit”* Skripsi
- Simarta, F.C.G (2021). *meneliti tentang " Analisis Pompa Sentrifugal Di Rutan Kelas I Pekan Baru"* Tugas Akhir
- Trozzi, C. (n.d.). *Emission estimate methodology for maritime navigation.* 1-12.