



**STUDI KELAYAKAN PEMASANGAN *CLOSED LOOP*
SCRUBBER PADA SISTEM GAS BUANG KAPAL
TANKER DITINJAU SECARA TEKNIS
DAN EKONOMIS**

SKRIPSI

ZIDAN AQSAL NUR AKBAR

1910313023

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN
2023**



**STUDI KELAYAKAN PEMASANGAN *CLOSED LOOP*
SCRUBBER PADA SISTEM GAS BUANG KAPAL
TANKER DITINJAU SECARA TEKNIS
DAN EKONOMIS**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

ZIDAN AQSAL NUR AKBAR

1910313023

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Zidan Aqsal Nur Akbar

NIM : 1910313023

Program Studi : Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : Studi Kelayakan Pemasangan *Closed Loop Scrubber* Pada Sistem Gas Buang Kapal Tanker Ditinjau Secara Teknis dan Ekonomi

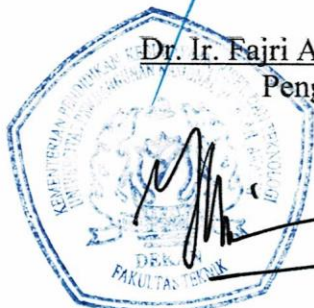
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Dr. Wiwin Sulistyawati, ST. MT
Penguji Utama



Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, ST., MT
Penguji Anggota



Dr. Henry B H Sitorus, ST., MT
Dekan Fakultas Teknik



Ir. Amir Marassabessy, MT
Penguji Pembimbing



Dr. Wiwin Sulistyawati, ST. MT
Kepala Program Studi S1 Teknik Perkapalan

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 22 Juni 2023

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

STUDI KELAYAKAN PEMASANGAN *CLOSED LOOP SCRUBBER*
PADA SISTEM GAS BUANG KAPAL TANKER DITINJAU
SECARA TEKNIS DAN EKONOMI

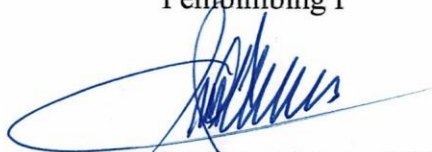
Disusun Oleh :

ZIDAN AQSAL NUR AKBAR

1910313023

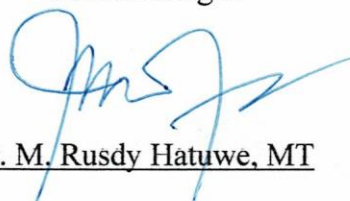
Menyetujui,

Pembimbing I



Ir. Amir Marassabessy, MT


Pembimbing II



Ir. M. Rusdy Hatuwe, MT

Mengetahui,

Kepala Program Studi S1 Teknik Perkapalan



Dr. Wiwin Sulistyawati, ST. MT

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip atau dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Zidan Aqsal Nur Akbar

NIM : 1910313023

Program Studi : Teknik Perkapalan

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntun dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 21 Juni 2023

Yang Menyatakan,



Zidan Aqsal Nur Akbar

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Zidan Aqsal Nur Akbar

NIM : 1910313023

Fakultas : Teknik

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

”STUDI KELAYAKAN PEMASANGAN *CLOSED LOOP SCRUBBER* PADA
SISTEM GAS BUANG KAPAL TANKER DITINJAU SECARA TEKNIS DAN
EKONOMI”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada Tanggal : 21 Juni 2023
Yang Menyatakan,



Zidan Aqsal Nur Akbar

**STUDI KELAYAKAN PEMASANGAN *CLOSED LOOP*
SCRUBBER PADA SISTEM GAS BUANG KAPAL TANKER
DITINJAU SECARA TEKNIS DAN EKONOMI**

ZIDAN AQSAL NUR AKBAR

ABSTRAK

Emisi sektor transportasi laut menjadi isu penting terkait dengan polusi udara yang dikeluarkan pada gas buang kapal. IMO menetapkan suatu kebijakan baru bernama Global Sulphur Cap 2020 dan pemerintah Indonesia menegaskan bahwa kapal berbendera Indonesia yang masih menggunakan bahan bakar sulfur lebih besar dari 0,5% m/m agar dilengkapi sistem pembersih gas buang. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kelayakan pemasangan closed loop scrubber pada sistem gas buang kapal secara teknis dan ekonomis. Metode yang digunakan adalah pengumpulan data yang diolah dengan metode numerik berdasarkan kebutuhan spesifikasi peralatan dalam pemasangan system closed loop scrubber dan kelayakan investasi. Scrubber merupakan alat tambahan untuk mengurangi kadar sulfur (SO_x) dalam gas buang mesin kapal sampai batas tertentu. Berdasarkan hasil penelitian, secara teknis terdapat beberapa komponen yang diperlukan, diantaranya: Scrubber, Pompa freshwater, Pompa sea water, Pompa NaOH, Heat exchanger, dan Washwater treatment. Secara ekonomis, total biaya capital expenditure dari closed loop scrubber mengeluarkan biaya sebesar Rp51.077.744.859, total biaya operational expenditure yang dibutuhkan sebesar Rp5.206.913.306. Hasil kelayakan investasi diperoleh nilai Net Present Value (NPV) sebesar Rp147.286.579.845 dalam waktu 10 tahun, Nilai Internal Rate of Return (IRR) = 56,21% dan Payback Period (PP) pada tahun ke-1 bulan ke-9.

Kata Kunci : Emisi, Closed Loop Scrubber, Studi Kelayakan

**FEASIBILITY STUDY TECHNICAL AND ECONOMIC OF
INSTALLATION CLOSED LOOP SCRUBBER ON THE
EXHAUST GAS SYSTEM OF TANKER SHIP**

ZIDAN AQSAL NUR AKBAR

ABSTRACT

Emissions from the marine transportation sector are an important issue related to air pollution. IMO established a new policy called the Global Sulfur Cap 2020 and the Indonesian government emphasized that Indonesian-flagged ships that still use sulfur fuel greater than 0.5% m/m must be equipped with an exhaust gas cleaning system. The purpose of this study is to determine the feasibility of installing a closed loop scrubber on a ship's exhaust gas system technically and economically. The method used is data collection which is processed by numerical methods based on equipment specifications in the installation of a closed loop scrubber system and investment feasibility. Scrubber is an additional tool to reduce sulfur content (SO_x) in ship engine exhaust gas to a certain extent. Based on the results of the research, technically the components needed include: scrubber, freshwater pump, sea water pump, NaOH pump, heat exchanger, and washwater treatment. Economically, the total cost of capital expenditure from the closed loop scrubber costs IDR 51,077,744,859, the total operational expenditure required is IDR 5,206,913,306. The investment feasibility results a Net Present Value (NPV) of IDR 147,286,579,845, Internal Rate of Return (IRR) = 56.21% and Payback Period (PP) in year 1st month 9th.

Keywords : *Emissions, Closed Loop Scrubber, Feasibility Study*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yaitu Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya yang telah memberi berkat, anugrah, serta karunia yang melimpah. Tidak Lupa Sholawat serta Salam, saya haturkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu ‘Alaihi Wassalam sehingga Proposal Skripsi dengan judul “Studi Kelayakan Pemasangan *Scrubber Closed Loop* pada Sistem Gas Buang Kapal ditinjau Secara Teknis dan Ekonomis” yang mana skripsi ini merupakan syarat kelulusan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi S1 Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, penulis ingin menyampaikan rasa syukur dan terima kasih serta penghargaan yang tak terhingga kepada:

1. Dr. Anter Venus, MA, Comm selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
2. Dr. Henry B H Sitorus, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Jakarta.
3. Dr. Wiwin Sulistyawati, ST, MT. selaku Kepala Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
4. Ir. Amir Marasabessy, MT. selaku dosen pembimbing I yang telah membantu memberikan saran dan arahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Ir. M. Rusdy Hatuwe, MT. selaku dosen pembimbing II yang telah membantu memberikan saran dan arahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Keluarga penulis (Ayah, Ibu, dan Kaka) yang tercinta atas dukungan, doa dan restunya selama penulis menyusun proposal skripsi.
7. Saudara dan saudari Maritim 2019 yang senantiasa dalam suka dan duka serta berbagi ilmu yang dimiliki serta memberi semangat dan dukungan.
8. Bapak Ferdi Raditya Effendy selaku *Senior Analyst III Sea Transportation Optimization* PT. XYZ yang telah membantu memberikan inspirasi judul skripsi, saran dan masukannya untuk skripsi ini.
9. Terima kasih juga kepada seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini terdapat banyak kekurangan baik dalam penyajian materi hingga sistematika penulisan, oleh sebab itu penulis sangat terbuka untuk kritik dan saran agar melengkapi kekurangan tersebut.

Akhir kata penulis mengucapkan Alhamdulillah, semoga Allah SWT selalu menyertai langkah penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat menambah wawasan berpikir serta sebagai bahan referensi dan informasi yang bermanfaat bagi pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Perkapalan.

Jakarta, Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Kapal Tanker.....	5
2.2 Emisi Gas Buang Kapal	6
2.3 Pembersih Gas Buang Kapal (<i>Scrubber</i>)	7
2.4 <i>Open Loop Scrubber</i>	8
2.5 <i>Closed Loop Scrubber</i>	9
2.6 <i>Hybrid Scrubber</i>	10
2.7 Komponen Utama Scrubber.....	11
2.8 Desain Sistem <i>Closed Loop Scrubber</i>	13
2.9 Studi Kelayakan.....	16

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	20
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Data Utama Kapal	23
4.2 Biaya Konsumsi Bahan Bakar Kapal	23
4.3 Analisis Perencanaan Sistem <i>Closed Loop Scrubber</i>	25
4.4 Perhitungan Ekonomi	50
4.5 Perbandingan Biaya Operasional antara bahan bakar LSFO dengan bahan bakar HSFO + Scrubber	54
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	
RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Open Loop Scrubber.....	8
Tabel 2.2 Kelebihan dan Kekurangan Closed Loop Scrubber	10
Tabel 2.3 Kelebihan dan Kekurangan Hybrid Scrubber	11
Tabel 4.1 Data Ukuran Utama Kapal	23
Tabel 4.2 Data Pelayaran Kapal	23
Tabel 4.3 Spesifikasi Mesin Utama.....	24
Tabel 4.4 Spesifikasi Bahan Bakar.....	24
Tabel 4.5 Komposisi Gas Buang	26
Tabel 4.6 Exhaust Gas Specific Heat	30
Tabel 4.7 Fittings Pompa NaOH pada sisi suction.....	36
Tabel 4.8 Fittings Pompa NaOH pada bagian discharge.....	37
Tabel 4.9 Fittings Pompa air laut pada sisi suction.....	40
Tabel 4.10 Fittings Pompa air laut pada bagian discharge	42
Tabel 4.11 Fittings Pompa air tawar pada sisi suction	45
Tabel 4.12 Fittings Pompa air tawar pada bagian discharge	46
Tabel 4.13 Komponen Spesifikasi Peralatan Scrubber	47
Tabel 4.14 Biaya Peralatan Komponen Scrubber.....	51
Tabel 4.15 Biaya Pengadaan Scrubber.....	52
Tabel 4.16 Total Capital Expenditure	52
Tabel 4.17 Konsumsi Bahan Bakar	53
Tabel 4.18 Biaya Konsumsi NaOH.....	54
Tabel 4.19 Total <i>Operational Expenditure</i>	54
Tabel 4.20 Perbandingan Biaya Operasional	54
Tabel 4.21 Arus Kas	56
Tabel 4.22 Penilaian Investasi Closed Loop Scrubber.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal <i>Product Tanker</i>	5
Gambar 2.2 Kapal <i>Crude Carrier</i>	6
Gambar 2.3 Kapal <i>LPG Tanker</i>	6
Gambar 2.4 Open Loop Scrubber	8
Gambar 2.5 Closed Loop Scrubber System	9
Gambar 2.6 Hybrid Scrubber	11
Gambar 2.7 Komponen Scrubber	12
Gambar 2.8 <i>Scrubber I-line</i>	12
Gambar 2.9 Wash Water Treatment Unit	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 4.1 Moody Diagram pompa air laut	40
Gambar 4.2 Moody Diagram pompa air tawar	44
Gambar 4.3 Process Flow Diagram Scrubber	49
Gambar 4.4 Perencanaan Sistem Closed Loop Scrubber	50
Gambar 4.5 Perbandingan Biaya Operasional Kapal	55
Gambar 4.6 Cash Flow Diagram	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Konsultasi Pembimbing

Lampiran 2 Perhitungan Capital Expenditure

Lampiran 3 Operational Expenditure

Lampiran 4 Pedoman Standar Tarif Pemeliharaan dan Perbaikan Kapal Iperindo

Lampiran 5 Spesifikasi Scrubber

Lampiran 6 Spesifikasi Pompa NaOH

Lampiran 7 Spesifikasi Pompa Air Tawar

Lampiran 8 Spesifikasi Pompa Air Laut

Lampiran 9 Spesifikasi Heat Exchanger

Lampiran 10 Spesifikasi Wash Water Treatment