

**PEMANFAATAN GAS CO₂ DENGAN
MENGUNAKAN METODE ABSORPSI SEBAGAI
UPAYA MENDUKUNG TEKNOLOGI CARBON
CAPTURE AND STORAGE (CCS)**

SKRIPSI



Oleh :

IQBAL SYAH PUTRA
NPM 20034010012

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2024**

**PEMANFAATAN GAS CO₂ DENGAN
MENGUNAKAN METODE ABSORPSI SEBAGAI
UPAYA Mendukung TEKNOLOGI CARBON
CAPTURE AND STORAGE (CCS)**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Fakultas Teknik dan Sains Program Studi Teknik Lingkungan
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



Oleh:

IOBAL SYAH PUTRA
NPM 20034010012

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN
PEMANFAATAN GAS CO₂ DENGAN MENGGUNAKAN
METODE ABSORPSI SEBAGAI UPAYA Mendukung
TEKNOLOGI CARBON CAPTURE AND STORAGE (CCS)

Disusun Oleh:

IQBAL SYAH PUTRA
NPM. 20034010012


Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian/Verifikasi Artikel Ilmiah

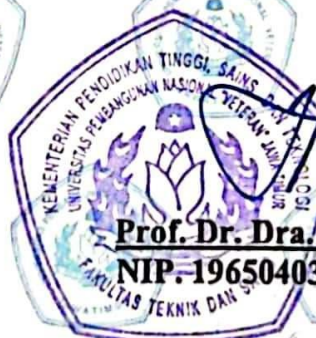
Menyetujui,
PEMBIMBING


Dr. Okik Hendriyanto Cahyonugroho, ST., MT.
NIPPPK. 19750717 202121 1 007

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur


Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001



LEMBAR PENGESAHAN

**PEMANFAATAN GAS CO₂ DENGAN MENGGUNAKAN
METODE ABSORPSI SEBAGAI UPAYA Mendukung
TEKNOLOGI *CARBON CAPTURE AND STORAGE* (CCS)**

Disusun Oleh:

IQBAL SYAH PUTRA
NPM. 20034010012

**Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal
Kesehatan Lingkungan: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan
(Terakreditasi SINTA 3).**

Menyetujui,

PEMBIMBING

TIM PENGUJI

1. Ketua


Dr. Okik Hendriyanto C., ST., MT.
NIP.PPK. 19750717 202121 1 007


Dr. Ir. Munawar Ali, MT.
NIP. 19600401 198803 1 001

2. Anggota


Raden Kokoh Haryo Putro, ST, MT.
NIP. 19900905 201903 1 026

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur


Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001



LEMBAR REVISI

**PEMANFAATAN GAS CO₂ DENGAN MENGGUNAKAN
METODE ABSORPSI SEBAGAI UPAYA MENDUKUNG
TEKNOLOGI *CARBON CAPTURE AND STORAGE (CCS)***

Disusun Oleh:


IOBAL SYAH PUTRA
NPM. 20034010012

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 4 Desember 2024

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA


Dr. Ir. Munawar Ali, MT.
NIP. 19600401 198803 1 001


Raden Kekoh Harvo Futro, ST, MT.
NIP. 19900905 201903 1 026

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Iqbal Syah Putra
NPM : 20034010012
Fakultas/Program Studi : Teknik dan Sains / Teknik Lingkungan
Judul Skripsi/Tugas Akhir : Pemanfaatan Gas CO₂ Dengan Menggunakan Metode Absorpsi Sebagai Upaya Mendukung Teknologi *Carbon Capture and Storage* (CCS)

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN "Veteran" Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi akhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun, sesuai ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 4 Desember 2024
yang Menyatakan



(Iqbal Syah Putra)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT Tuhan Semesta Alam yang telah memberikan limpahan rahmat, nikmat dan karunia-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir skripsi yang berjudul **“Pemanfaatan Gas CO₂ Dengan Menggunakan Metode Absorpsi Sebagai Upaya Mendukung Teknologi *Carbon Capture and Storage* (CCS)”**. Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, UPN “Veteran” Jawa Timur.

Penulisan laporan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, MMT., IPU., selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku dekan Fakultas Teknik dan Sains, UPN “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Firra Rosariawari, S.T, M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur.
4. Bapak Dr. Okik Hendriyanto Cahyonugroho, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing atas segala kritik, saran dan masukan selama proses penyusunan skripsi ini berlangsung.
5. Ibu Juli Winarti, S.T., selaku Laboran Program Studi Teknik Lingkungan yang membantu penulis dalam analisis laboratorium selama penelitian berlangsung.
6. Bapak Dr. Ir. Munawar Ali, M.T., dan Bapak Raden Kokoh Haryo Putro, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, masukan, dan motivasi untuk menjadikan skripsi yang disusun menjadi lebih baik.
7. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan yang telah membagikan ilmu di dalam kelas maupun diskusi di luar kelas.
8. Orang Tua yang selalu ikhlas mendoakan dalam setiap doa yang dipanjatkan yang telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian laporan.
9. Teman-teman angkatan 2020 yang telah saling membantu dalam memberikan masukan, informasi dalam penyelesaian skripsi ini.

Meski demikian, penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan skripsi ini, sehingga penulis secara terbuka menerima saran dan kritik positif dari pembaca agar laporan mendatang dapat mencapai kesempurnaan dan bisa menjadi referensi yang baik bagi pembaca.

Akhir-kata, penulis menyampaikan terimakasih atas kerja sama seluruh pihak yang membantu penyelesaian tugas akhir skripsi dari awal hingga akhir. Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi perkembangan penelitian dan ilmu pengetahuan yang lebih baik lagi. Terimakasih.

Surabaya, Desember 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GRAFIK	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.1.1 Gas Rumah Kaca	5
2.1.2 Emisi Karbon Dioksida (CO ₂)	6
2.1.3 Inventarisasi Gas Rumah Kaca	9
2.1.4 Teknologi <i>Carbon Capture and Storage</i> (CCS).....	11
2.1.5 Gas Absorpsi <i>Column</i>	16
2.1.6 <i>Stripping</i>	19
2.1.7 Jenis-Jenis <i>Stripper</i>	21
2.1.8 Jenis-Jenis <i>Packing</i>	23
2.1.9 <i>Random Packing</i>	24
2.1.10 <i>Packing jenis</i>	24
2.1.11 Elektrokimia.....	25
2.2 Landasan Teori.....	27
2.3 Penelitian Sebelumnya.....	28
BAB 3 METODE PENELITIAN	33

3.1	Karangka Penelitian	33
3.2	Bahan dan Alat Penelitian	34
3.2.1	Bahan Penelitian	34
3.2.2	Alat Penelitian.....	34
3.3	Cara Kerja	35
3.4	Variabel Penelitian.....	37
3.5	Analisis Penelitian	47
3.6	Jadwal Kegiatan	52
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		53
4.1	Konsentrasi Awal dari Setiap Parameter Pada Masing-Masing Absorben....	53
4.2	Pengaruh Laju Alir Larutan NaOH dan Gas CO ₂ Terhadap Parameter pH...	54
4.3	Pengaruh Laju Alir Larutan KOH dan Gas CO ₂ Terhadap Parameter pH	57
4.4	Pengaruh Laju Alir Larutan NaOH dan Gas CO ₂ Terhadap Parameter Suhu	60
4.5	Pengaruh Laju Alir Larutan KOH dan Gas CO ₂ Terhadap Parameter Suhu .	63
4.6	Pengaruh Laju Alir Larutan NaOH dan Gas CO ₂ Terhadap Parameter DHL	66
4.7	Pengaruh Laju Alir Larutan KOH dan Gas CO ₂ Terhadap Parameter DHL .	70
4.8	Pengaruh Laju Alir Larutan NaOH dan Gas CO ₂ Terhadap Konsentrasi CO ₂	73
4.9	Pengaruh Laju Alir Larutan KOH dan Gas CO ₂ Terhadap Konsentrasi CO ₂	76
4.10	Menentukan Konsentrasi Awal, Konsentrasi Akhir, dan Sisa Absorben NaOH Dari Hasil Proses Absorpsi Gas CO ₂	78
4.11	Menentukan Konsentrasi Awal, Konsentrasi Akhir, dan Sisa Absorben KOH Dari Hasil Proses Absorpsi Gas CO ₂	82
4.12	Menentukan Efisiensi Penangkapan Gas CO ₂ Dari Pengaruh Laju Alir Larutan NaOH dan Gas CO ₂	85
4.13	Menentukan Efisiensi Penangkapan Gas CO ₂ Dari Pengaruh Laju Alir Larutan K ₂ CO ₃ dan Gas CO ₂	88

4.14 Efektivitas Jenis Absorben NaOH dan KOH Terhadap Penangkapan Gas CO ₂	90
4.15 Analisis Gugus Fungsi Pada Larutan Na ₂ CO ₃ Dengan Menggunakan Spektrofotometer Inframerah	93
4.16 Analisis Gugus Fungsi Pada Larutan K ₂ CO ₃ Dengan Menggunakan Spektrofotometer Inframerah	95
4.17 Penyerapan Gas CO ₂ Berbasis Elektrokimia Pada Larutan Na ₂ CO ₃	97
4.18 Penyerapan Gas CO ₂ Berbasis Elektrokimia Pada Larutan K ₂ CO ₃	98
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	100
5.1 Kesimpulan	100
5.2 Saran.....	101
DAFTAR PUSTAKA	102
LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN PENELITIAN.....	110
LAMPIRAN 2 DATA PENELITIAN.....	116
LAMPIRAN 3 HASIL RANNING ANALISIS	122
LAMPIRAN 4 PROSEDUR ANALISIS	141
LAMPIRAN 5 GAMBAR ALAT PENELITIAN.....	146
LAMPIRAN 6 RENCANA ANGGARAN BIAYA	152

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Efek Gas Rumah Kaca.....	5
Gambar 2.2 Ilustrasi Siklus Karbon Global	8
Gambar 2.3 Teknologi <i>Carbon Capture and Storage</i>	12
Gambar 2.4 Proses penangkapan CO ₂	13
Gambar 2.5 Skema Aliran Pada <i>Packed Column</i>	18
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	34
Gambar 3.2 Skema Rangkaian Alat <i>Packed Column</i> Untuk Desorpsi CO ₂	36
Gambar 3.3 Desain Reaktor <i>Packed Column</i> Gas Absorpsi CO ₂	47
Gambar 3.4 Skema Alat Titrasi <i>Chittic</i>	50
Gambar 3.5 Skema Analisis Elektrokimia	51
Gambar 4.1 Hasil Spektrofotometer Pada Larutan Na ₂ CO ₃	94
Gambar 4.2 Hasil Spektrofotometer Pada Larutan K ₂ CO ₃	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya	29
Tabel 3.1 Matrik Variabel Penelitian	38
Tabel 3.2 Jadwal Kegiatan Penelitian	52
Tabel 4.1 Konsentrasi Awal Pada Larutan Absorben Terhadap Masing-Masing Parameter.....	54
Tabel 4.2 Hasil Analisis Pengaruh Laju Alir Larutan NaOH dan Gas CO ₂ Terhadap Parameter pH.....	55
Tabel 4.3 Hasil Analisis Pengaruh Laju Alir Larutan KOH dan Gas CO ₂ Terhadap Parameter pH.....	58
Tabel 4.4 Hasil Analisis Pengaruh Laju Alir Larutan NaOH dan Gas CO ₂ Terhadap Parameter Suhu	61
Tabel 4.5 Hasil Analisis Pengaruh Laju Alir Larutan KOH dan Gas CO ₂ Terhadap Parameter Suhu	64
Tabel 4.6 Hubungan Antara Laju Alir Larutan NaOH (Gas CO ₂) Terhadap Parameter DHL	67
Tabel 4.7 Hasil Analisis Pengaruh Laju Alir Larutan KOH dan Gas CO ₂ Terhadap Parameter DHL	70
Tabel 4.8 Hasil Analisis Pengaruh Laju Alir Larutan NaOH dan Gas CO ₂ Terhadap Konsentrasi CO ₂	73
Tabel 4.9 Hasil Analisis Pengaruh Laju Alir Larutan KOH dan Gas CO ₂ Terhadap Konsentrasi CO ₂	76
Tabel 4.10 Hasil Analisis Pengaruh Laju Alir Larutan NaOH dan Gas CO ₂ Terhadap Konsentrasi Awal, Akhir dan Sisa Absorben	79
Tabel 4.11 Hasil Analisis Pengaruh Laju Alir Larutan KOH dan Gas CO ₂ Terhadap Konsentrasi Awal, Akhir dan Sisa Absorben.....	82
Tabel 4.12 Hasil Analisis Pengaruh Laju Alir Larutan NaOH dan Gas CO ₂ Terhadap Efisiensi penangkapan Gas CO ₂	86
Tabel 4.13 Hasil Analisis Pengaruh Laju Alir Larutan KOH dan Gas CO ₂ Terhadap Efisiensi penangkapan Gas CO ₂	88

Tabel 4.14 Serapan Gugus Fungsi Hasil Dari Spektrofotometer Pada Larutan Na_2CO_3	94
Tabel 4.15 Serapan Gugus Fungsi Hasil Dari Spektrofotometer Pada Larutan Na_2CO_3	96
Tabel 4.16 Hasil Analisis Elektrokimia Pada Larutan Na_2CO_3	97
Tabel 4.17 Hasil Analisis Elektrokimia Pada Larutan K_2CO_3	99

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Hubungan Antara Laju Alir Larutan NaOH (Gas CO ₂) Terhadap Parameter pH.....	56
Grafik 4.2 Hubungan Antara Laju Alir Larutan KOH (Gas CO ₂) Terhadap Parameter pH.....	59
Grafik 4.3 Hubungan Antara Laju Alir Larutan NaOH (Gas CO ₂) Terhadap Parameter Suhu	62
Grafik 4.4 Hubungan Antara Laju Alir Larutan KOH (Gas CO ₂) Terhadap Parameter Suhu	65
Grafik 4.5 Hubungan Antara Laju Alir Larutan NaOH (Gas CO ₂) Terhadap Parameter DHL	68
Grafik 4.6 Hubungan Antara Laju Alir Larutan KOH (Gas CO ₂) Terhadap Parameter DHL	71
Grafik 4.7 Hubungan Antara Laju Alir Larutan NaOH (Gas CO ₂) Terhadap Konsentrasi CO ₂	74
Grafik 4.8 Hubungan Antara Laju Alir Larutan KOH (Gas CO ₂) Terhadap Konsentrasi CO ₂	77
Grafik 4.9 Hubungan Antara Laju Alir Larutan NaOH (Gas CO ₂) Terhadap Konsentrasi Awal, Akhir dan Sisa Absorben.....	80
Grafik 4.10 Hubungan Antara Laju Alir Larutan KOH (Gas CO ₂) Terhadap Konsentrasi Awal, Akhir dan Sisa Absorben.....	83
Grafik 4.11 Hubungan Antara Laju Alir Larutan NaOH (Gas CO ₂) Terhadap Efisiensi penangkapan Gas CO ₂	87
Grafik 4.12 Hubungan Antara Laju Alir Larutan KOH (Gas CO ₂) Terhadap Efisiensi penangkapan Gas CO ₂	89

ABSTRAK

PEMANFAATAN GAS CO₂ DENGAN MENGGUNAKAN METODE ABSORPSI SEBAGAI UPAYA Mendukung TEKNOLOGI CARBON CAPTURE AND STORAGE (CCS)

IQBAL SYAH PUTRA

NPM. 20034010012

Teknologi *Carbon Capture and Storage* (CCS) merupakan inovasi dalam penangkapan emisi gas CO₂ dengan menggunakan absorben yang mengikat pada permukaan melalui proses pelarutan. Salah satu penerapan dalam teknologi ini yaitu dengan menggunakan alat *gas absorption column*. Alat tersebut digunakan dalam menangkap gas CO₂ oleh absorben dalam fase *liquid*, gas yang masuk pada sebuah kolom absorpsi akan dilengkapi dengan *packing* yang dioperasikan secara *kontinyu*. Jenis absorben yang digunakan yaitu NaOH dan KOH. Tujuan penelitian dilakukan dengan mempelajari kadar gas CO₂ yang terserap pada larutan absorpsen yang dipengaruhi oleh pH, suhu, DHL dan membandingkan jenis promotor terhadap efisiensi *stripper* dengan menggunakan variasi laju alir larutan dan gas CO₂ untuk menentukan titik optimum dalam proses tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode sampling dengan menentukan konsentrasi gas CO₂ pada fase cair menggunakan metode alkalimetri dan dilanjutkan dengan analisis pH, suhu, DHL dan FTIR. Dari hasil penelitian menunjukkan laju alir yang optimum pada kecepatan 2 L/Menit untuk larutan absorben dan 30 L/Menit untuk gas CO₂ dengan pH yang terendah mencapai 6,4; sedangkan suhu yang dihasilkan mencapai 28,7°C, dan untuk DHL sebesar 0,239 µmhos/cm. Dapat disimpulkan bahwa jika semakin cepat laju aliran larutan maka semakin berkurang kadar CO₂ yang ditangkap. Berbeda dengan laju aliran gas CO₂ jika semakin tinggi maka semakin besar kadar CO₂ yang terlarut. Hal ini dipengaruhi oleh analisis pH yang semakin rendah, suhu yang semakin meningkat dan DHL yang meningkat. Untuk jenis promotor terbaik yaitu Larutan NaOH dengan konsentrasi 114,4 mg/L dengan efisiensi *stripper* sebesar 52%.

Kata Kunci: Absorpsi, Gas CO₂, Laju Alir Larutan dan Gas, NaOH dan KOH

ABSTRACT

CO₂ GAS UTILIZATION USING ABSORPTION METHOD AS AN EFFORT TO SUPPORT CARBON CAPTURE AND STORAGE (CCS) TECHNOLOGY

IQBAL SYAH PUTRA
NPM. 20034010012

Carbon Capture and Storage (CCS) technology is an innovation in capturing CO₂ gas emissions by using absorbents that bind to the surface through the dissolution process. One of the applications in this technology is by using a gas absorption column. The tool is used in capturing CO₂ gas by absorbents in the liquid phase, the gas entering an absorption column will be equipped with packing which is operated continuously. The types of absorbents used are NaOH and KOH. The purpose of this research is to study the level of CO₂ gas absorbed in the absorbent solution, which is influenced by pH, temperature, DHL and compare the type of promoter to the stripper efficiency using variations in solution flow rate and CO₂ gas to determine the optimum point in the process. The method used in this research is the sampling method by determining the concentration of CO₂ gas in the liquid phase using the alkalimetric method and continued with the analysis of pH, temperature, DHL and FTIR. The results showed the optimum flow rate at a speed of 2 L/min for the absorbent solution and 30 L/min for CO₂ gas with the lowest pH reaching 6.4; while the resulting temperature reached 28.7°C, and for DHL of 0.239 μmhos/cm. It can be concluded that the faster the flow rate of the solution, the less CO₂ levels are captured. In contrast to the CO₂ gas flow rate, the higher the CO₂ content dissolved. This is influenced by the analysis of lower pH, increasing temperature and increasing DHL. The best promoter type is NaOH solution with a concentration of 114.4 mg/L with a stripper efficiency of 52%.

Keywords: *Absorption, CO₂ Gas, Flow Rate of Solution and Gas, NaOH and KOH*