



**ANALISIS ADSORPSI CO₂ DENGAN MATERIAL
SORBEN BENTONIT MELALUI PROSES AKTIVASI
Na₂CO₃ PADA PROSES *PRESSURE TEMPERATURE
SWING ADSORPTION* (PTSA)**

TESIS

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Program Studi
Magister Teknik Mesin**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**
OLEH
WAHID AHMADI

55821110002

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2023**



PENGESAHAN TESIS

Judul : ANALISIS ADSORPSI CO₂ DENGAN MATERIAL SORBEN
BENTONIT MELALUI PROSES AKTIVASI Na₂CO₃ PADA
PROSES *PRESSURE TEMPERATURE SWING ADSORPTION*
(PTSA)
Nama : Wahid Ahmadi
NIM : 55821110002
Program studi : Magister Teknik Mesin
Tanggal : 22 Agustus 2023

Mengesahkan
Dosen Pembimbing

UNIVERSITAS
MERCU BUANA
(Dr. Eng. Deni Shidqi Khaerudini)

Dekan Fakultas Teknik

(Dr. Zulfa Fitri Ilkatrinasari, MT)

Ketua Program Studi
Magister Teknik Mesin

(Muhammad Fitri, ST., M.Si., Ph.D)

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa semua pernyataan dalam Tesis ini :

Judul : ANALISIS ADSORPSI CO₂ DENGAN MATERIAL SORBEN BENTONIT MELALUI PROSES AKTIVASI Na₂CO₃ PADA PROSES *PRESSURE TEMPERATURE SWING ADSORPTION* (PTSA)

Nama : Wahid Ahmadi

NIM : 55821110002

Program studi : Magister Teknik Mesin

Tanggal : 18 Juli 2023

Merupakan hasil studi Pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan bimbingan Komisi Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Karya ilmiah ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengolahannya yang digunakan, telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Jakarta, 18 Juli 2023



(Wahid Ahmadi)

PERNYATAAN SIMILARITY CHECK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh :

Nama : Wahid Ahmadi

NIM : 55821110002

Program Studi : Magister Teknik Mesin

dengan judul

“ANALISIS ADSORPSI CO₂ DENGAN MATERIAL SORBEN BENTONIT MELALUI PROSES AKTIVASI Na₂CO₃ PADA PROSES *PRESSURE TEMPERATURE SWING ADSORPTION* (PTSA)”

telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan sistem Turnitin pada tanggal 20 Juli 2023 didapatkan nilai persentase sebesar 10%

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 13 Desember 2023

Adiministrator Turnitin



Miyono, S.Kom

PENGHARGAAN

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kepada Allah SWT karena dengan rahmat dan petunjuk-Nya Tesis ini dapat diselesaikan. Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pascasarjan Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Penulisan Tesis ini menghadapi banyak kendala yang harus diatasi namun berkat bantuan dari berbagai pihak maka kendala tersebut dapat teratasi dengan baik. Oleh karena itu Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak :

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M. Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Zulfa Fitri Ilkatrinasari, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Muhamad Fitri, ST, M. Si., Ph.D selaku Kepala Program Studi S2 Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Dr. Eng. Deni Shidqi Khaerudini selaku Dosen Pembimbing.
5. Kedua orang tua Penulis yang selalu support dengan doa-doanya.
6. Ririn Fauziah (istri) dan anak-anak Penulis yang selalu mendukung dan penyemangat untuk menyelesaikan Tesis ini.
7. PT Clariant Adsorbents Indonesia, tempat Penulis bekerja yang membantu dalam proses pengujian dan penyediaan bahan baku penelitian.

8. PT Tsuchiyoshi Hosana Indonesia, yang banyak membantu Penulis dalam proses penelitian dan pengujian.
9. PT Timah Indonesia, yang membantu Penulis dalam proses pengujian.
10. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan, semoga semua bantuan yang diberikan kepada Penulis mejadi amal kebaikan dan bermanfaat bagi kita semua.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini tidak sempurna dan masih banyak kekurangan, oleh karena itu Penulis terbuka untuk menerima masukan serta saran untuk proses penyempurnaan di kemudian hari.

Jakarta, 27 Juli 2023.



(Wahid Ahmadi)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

PENGESAHAN TESIS	I
PERNYATAAN	II
PERNYATAAN SIMILARITY CHECK	III
PENGHARGAAN	IV
ABSTRAK	VI
DAFTAR ISI	VIII
DAFTAR GAMBAR	X
DAFTAR TABEL	XI
DAFTAR LAMPIRAN	XII
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG MASALAH	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	5
1.3 TUJUAN PENELITIAN	6
1.4 MANFAAT PENELITIAN	7
1.5 NOVELTY	7
1.6 BATASAN MASALAH	9
1.7 SISTEMATIKA PENULISAN	10
BAB II	11
TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 PROSES ADSORPSI CO₂	11
2.2 PRESSURE TEMPERATURE SWING ADSORPTION	13
2.3 KARAKTERISTIK MATERIAL SORBEN BENTONIT	16
BAB III	26
METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 MATERIAL	26
3.2 PROSES AKTIVASI BENTONIT	29
3.3 PENGUJIAN	30
BAB IV	36
HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Loose Bulk Density (LBD) dan kapasitas adsorpsi CO₂	37

4.2 Struktur bentonit setelah proses pemanasan	39
4.3 Analisis data chemisorption TDP-CO ₂	42
4.4 Analisis sampel terhadap kapasitas adsorpsi CO ₂	45
BAB V	49
SIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1 SIMPULAN	49
5.2 SARAN.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN.....	61



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Unit CCS yang beroperasi dan dalam pengembangan [11]	2
Gambar 1. 2 Total kapasitas CCS dan kapasitas CCS instalasi baru pada 1972-2021[11]	3
Gambar 2. 1 Sistem PTSA terintegrasi dengan coal burning power plant.....	13
Gambar 2. 2 Tahapan pada siklus PTSA	15
Gambar 2. 3 Struktur bentonit [38]	17
Gambar 2. 4 Granule bentonit [39]	18
Gambar 2. 5 Hubungan luas penampang, volume pori dan adsorpsi CO ₂ [50]	21
Gambar 3. 1 Bahan baku bentonit tipe Kalsium (Ca)	27
Gambar 3. 2 Serbuk Na ₂ CO ₃	27
Gambar 3. 3 Material Zeolit 13X HP sebagai material pembanding	28
Gambar 3. 4 Lingkaran halo pada proses pengujian retensi Methylene blue	31
Gambar 3. 5 Pengujian XRD morfologi fasa dengan mesin Bruker D2 Phaser [65]	32
Gambar 3. 6 Pengujian SEM EDX komposisi ionic dengan mesin Phenom Desktop ProXL [65]	33
Gambar 3. 7 Pengujian luas penampang dan ukuran pori dengan mesin Quantachrome Novatouch LX4 [65].....	34
Gambar 3. 8 Pengujian Analisis chemisorption kapasitas adsorpsi CO ₂ dengan alat Autochem II Micromeritics [65]	35
Gambar 4. 1 Hasil pengujian LBD.....	37
Gambar 4. 2 Ilustrasi pertukaran kation (a) sebelum aktivasi (b) setelah aktivasi.....	38
Gambar 4. 3 (a) Pengujian retensi Methylene blue (b) hasil sebelum pemanasan 800 °C (c) hasil setelah pemanasan 800 °C	41
Gambar 4. 4 Hasil pengujian retensi Methylene blue	41
Gambar 4. 5 Data pengujian (a) ukuran pori, (b) luas penampang, (c) volume pori dan (d) kapasitas adsorpsi CO ₂	43
Gambar 4. 6 Lapisan tactoid bentonit	45
Gambar 4. 7 Hasil pengujian x ray diffraction sampel B0 dan B2	46
Gambar 4. 8 Hasil pengujian XRD sampel Zeolit	47

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Matriks jurnal penelitian terdahulu	9
Tabel 2. 1 Komposisi kimia beberapa bentonit.....	17
Tabel 2. 2 Data hasil aktivasi asam	19
Tabel 2. 3 Sifat bentonit alami dan setelah perlakuan PEI	20
Tabel 2. 4 Sifat material soda ash dan caustic soda	22
Tabel 2. 5 Daftar penelitian proses adsorpsi CO ₂	23
Tabel 3. 1 Spesifikasi bahan baku bentonit.....	26
Tabel 3. 2 Spesifikasi serbuk Na ₂ CO ₃	28
Tabel 3. 3 Spesifikasi Zeolit 13X HP Jiangxi Xintao Technology Co, Ltd.....	29
Tabel 3. 4 Proses aktivasi bentonit.....	29
Tabel 3. 5 Proses pengujian	30
Tabel 4. 1 Variasi komposisi Na ₂ CO ₃ untuk proses aktivasi bentonit.....	36
Tabel 4. 2 Kapasitas adsorpsi CO ₂	39
Tabel 4. 3 Hasil pengujian luas penampang BET dan kapasitas adsorpsi CO ₂	42
Tabel 4. 4 Hasil pengujian SEM sampel Zeolit	48

MERCU BUANA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Komposisi kimia bentonit kalsium (Ca).....	61
Lampiran 2. Certificate of Analysis material Na ₂ CO ₃	62
Lampiran 3. Certificate of Analysis material Zeolit 13X HP	63
Lampiran 4. Sertifikat pengujian luas penampang BET	64
Lampiran 5. Data hasil pengujian sample B0 luas penampang BET	65
Lampiran 6. Data hasil pengujian sample B2 luas penampang BET	66
Lampiran 7. Data hasil pengujian sample B5 luas penampang BET	67
Lampiran 8. Data hasil pengujian sample B10 luas penampang BET	68
Lampiran 9. Data hasil pengujian sample Zeolit 13X HP luas penampang BET	69
Lampiran 10. Data hasil pengujian chemisorption TDP-CO ₂	70
Lampiran 11. Data hasil pengujian sampel Zeolit 13X HP SEM EDX.....	71
Lampiran 12. Sertifikat pengujian XRD.....	72



UNIVERSITAS
MERCU BUANA