Halaman Pengesahan

Skripsi

Nama / NIM	:	Triyo Hadi Wibowo (L2C 308 037)
Nama / NIM	:	Yanuar Puspo Wijayanto (L2C 308 039)
Program Studi	:	Program Studi Strata 1 (S1) Teknik Kimia
Fakultas	:	Teknik
Universitas	:	Diponegoro
Dosen Pembimbing	:	Dr. Tutuk Djoko Kusworo, ST, M.Eng
Judul Penelitian	:	Studi Karakterisasi *Polyimide Membranes, Polyethersulfone – Polyimide Composite Membranes* dan *Polyethersulfone – Zeolite Mixed Matrix Membranes* Untuk Pemurnian Biogas

Laporan Penelitian ini telah diperiksa dan disetujui pada :

Hari : _____

Tanggal : _____

Semarang,

Dosen Pembimbing,

Dr. Tutuk Djoko Kusworo, ST, M.Eng

NIP. 197306211997021001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul **'Studi Karakterisasi *Polyimide Membranes, Polyethersulfone – Polyimide Composite Membranes,* dan *Polyethersulfone – Zeolite Mixed Matrix Membranes* Untuk Pemurnian Biogas'**. Laporan penelitian ini disusun sebagai syarat untuk dapat menyelesaikan studi pada program Strata 1 (S1) Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Selain itu penulis mengucapkan terimakasih atas kerjasama dan bantuan yang telah terjalin sehingga laporan penelitian ini dapat segera diselesaikan, kepada :

1. Ir. Abdullah, M.S., PhD. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
2. Dr. Tutuk Djoko Kusworo, S.T., M. Eng. selaku Dosen Pembimbing Penelitian Biogas dan Teknologi Membran.
3. Bapak Untung selaku Laboran Laboratorium Pengolahan Limbah atas bantuan sarana dan peralatannya.
4. Semua pihak yang telah membantu penyusunan laporan penelitian yang tidak mungkin kami sebutkan satu persatu

Adapun penulis berharap laporan penelitian ini dapat bermanfaat dan memberi motivasi pengetahuan mengenai aplikasi teknologi membran dalam pemurnian biogas di lingkungan industri kimia yang berkembang di Indonesia.

Semarang, Mei 2010

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul i

Halaman Pengesahan ii

Kata Pengantar iii

Daftar Isi iv

Daftar Tabel vii

Daftar Gambar ix

Ringkasan xi

Summary xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Perumusan Masalah 4

1.3 Tujuan Penelitian 6

1.4 Manfaat Penelitian 6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biogas Sebagai Alternatif Energi Biomassa 7

2.1.1 Pengertian Biogas 7

2.1.2 Proses Pembuatan Biogas 7

2.1.3 Komposisi Biogas 10

2.1.4 Nilai Kalor Pembakaran Biogas 11

2.1.5 Karakteristik Kandungan Biogas 12

2.1.6 Problem Biogas 15

2.1.7 Manfaat Biogas dalam Kehidupan 15

2.2 Teknologi Membran 16

2.2.1 Pengertian Membran 16

2.2.2 Klasifikasi Membran 16

2.2.3 Material Membran 17

2.2.4 Teori Pemisahan dengan Membran 18

2.2.5 Kinerja Membran 19

2.3 Pemurnian Biogas dengan Teknologi Membran 20
2.3.1 Teknologi Pemurnian Biogas 20
2.3.2 Gas Permeation 22
2.3.3 Dasar Pemilihan Membran untuk Pemurnian Biogas 25
2.3.4 Dasar Pemilihan Modul untuk Pemurnian Biogas..... 28
2.4 Pemurnian Biogas Berdasarkan Hasil Penelitian Terdahulu 31
2.5 Pemurnian Biogas Berdasarkan Hasil Penelitian dengan MMMs..... 36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN
3.1 Variabel Penelitian……..... 40
3.2 Metode Penelitian..... 41
3.2.1 Tahap I (Analisa Komposisi Biogas dan Karakteristik Membran)….41
3.2.2 Tahap II (Uji Alat Permeasi Biogas)..... 41
BAB IV JADWALPELAKSANAAN 43
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 44
5.1 Struktur Morfologi Asimetris *PI Membranes*, Asimetris *PES – PI Composite Membranes*, dan Asimetris *PES – Zeolite Mixed Matrix Membranes*..... 45
5.1.1 Struktur Morfologi Asimetris *PI Membranes*..... 45
5.1.2 Struktur Morfologi Asimetris *PES – PI Composite Membranes*.... 46
5.1.3 Struktur Morfologi Asimetris *PES - Zeolit Membranes*..... 47
5.2 Suhu Transisi Glass (Tg) Asimetris *PI Membranes*, Asimetris *PES – PI Composite Membranes*, dan Asimetris *PES – Zeolite Mixed Matrix Membranes*..... 48
5.2.1 Suhu Transisi Glass Asimetris *PI Membranes*..... 48
5.2.2 Suhu Transisi Glass Asimetris *PES – PI Composite Membranes*.... 49
5.2.3 Suhu Transisi Glass Asimetris *PES - Zeolit Membranes*..... 49
5.3 Nilai Permeability CO_2 Pada Uji Permeasi CO_2/CH_4 Melalui Asimetris *PI Membranes*, Asimetris *PES – PI Composite Membranes*, dan Asimetris *PES – Zeolite Mixed Matrix Membranes*..... 50
5.3.1 Permeability CO_2 Pada Asimetris *PI Membranes*..... 50
5.3.2 Permeability CO_2 Pada Asimetris *PES – PI Composite Membranes*. 56
5.3.3 Permeability CO_2 Pada Asimetris *PES - Zeolit Membranes*..... 69

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN..... 79
6.1 Kesimpulan..... 79
6.2 Saran..... 79

DAFTAR PUSTAKA 80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bakteri penghasil metana..... 8
Tabel 2.2 Komponen utama biogas..... 11
Tabel 2.3 Nilai kalor pembakaran biogas dan natural gas..... 11
Tabel 2.4 Solubilitas metana dalam air 12
Tabel 2.5 Permeabilitas (P) dan selektivitas (α) gas CO_2/CH_4..... 24
Tabel 2.6 Struktur kimia membran *polymide*..... 25
Tabel 2.7 Permeabilitas dan selektivitas membran *polymide-polycarbonate* 27
Tabel 2.8 *Performance* membran *dense flat films polymide 6 FDA-Durene* 28
Tabel 2.9 Hasil penelitian Cao dkk..... 33
Tabel 2.10 *Performance* membran polimer 34
Tabel 2.11 Hasil penelitian beberapa peneliti 35
Tabel 2.12 *Performance Mixed Matrix Membrane* berbasis CA..... 35
Tabel 2.13 Hasil permeabilitas gas melalui membran PES..... 37
Tabel 2.14 Hasil permselektifitas gas melalui membran PES..... 37
Tabel 2.15 Ukuran diameter berbagai jenis molekul gas 38
Tabel 4.1 Jadwal pelaksanaan penelitian..... 43
Tabel 5.1 Suhu transisi glass asimetris *polyimide membranes*..... 49
Tabel 5.2 Suhu transisi glass asimetris *PES – zeolite*..... 49
Tabel 5.3 Nilai permeability CO_2 melalui asimetris *polyimide membranes* tanpa *heat treatment*..... 51
Tabel 5.4 Nilai permeability CO_2 melalui asimetris *polyimide membranes heat treatment* 150 ^oC , 2 menit..... 53
Tabel 5.5 Nilai permeability CO_2 melalui asimetris *polyimide membranes heat treatment* 200 ^oC , 2 menit..... 54
Tabel 5.6 Nilai permeability CO_2 melalui asimetris *PES – PI composite membranes* tanpa *heat treatment* 57
Tabel 5.7 Nilai permeability CO_2 melalui asimetris *PES – PI composite membranes heat treatment* 180 ^oC, 1 menit..... 60
Tabel 5.8 Nilai permeability CO_2 melalui asimetris *PES – PI composite membranes heat treatment* 180 ^oC, 2 menit..... 61

Tabel 5.9 Nilai permeability CO_2 melalui asimetris *PES – PI composite membranes heat treatment* 180 ^oC, 3 menit..... 62
Tabel 5.10 Nilai permeability CO_2 melalui asimetris *PES – PI composite membranes heat treatment* 200 ^oC, 1 menit..... 65
Tabel 5.11 Nilai permeability CO_2 melalui asimetris *PES – PI composite membranes heat treatment* 200 ^oC, 2 menit..... 66
Tabel 5.12 Nilai permeability CO_2 melalui asimetris *PES – PI composite membranes heat treatment* 200 ^oC, 3 menit..... 67
Tabel 5.13 Nilai permeability CO_2 melalui asimetris *PES – zeolite mixed matrix membranes* tanpa *heat treatment*..... 71
Tabel 5.14 Nilai permeability CO_2 melalui asimetris *PES – zeolite mixed matrix membranes heat treatment* 100 ^oC, 5 menit..... 73
Tabel 5.15 Nilai permeability CO_2 melalui asimetris *PES – zeolite mixed matrix membranes heat treatment* 180 ^oC, 5 menit..... 74
Tabel 5.16 Nilai permeability CO_2 melalui asimetris *PES – zeolite mixed matrix membranes heat treatment* 200 ^oC, 5 menit..... 76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema teknologi pemisahan gas CO_2..... 17
Gambar 2.2 Mekanisme perpindahan pada *microporous membrane* 20
Gambar 2.3 Struktur kimia *polyethersulfone*..... 25
Gambar 2.4 Mekanisme transportasi CO_2 pada membran..... 22
Gambar 2.5 Struktur kimia *polycarbonate*..... 26
Gambar 2.6 *Mixed Matrix Membrane*..... 28
Gambar 2.7 Modul membran *Hollowfiber*……..... 29
Gambar 2.8 Modul membran *Hollowfiber* ……..…… 29
Gambar 2.9 Modul membran *Spiral Wound* ……. 30
Gambar 2.10 Modul membran *Plate and Frame*……..... 30
Gambar 2.11 Skema rangkaian alat permeasi biogas 32
Gambar 2.12 Instrumentasi alat permeasi biogas 32
Gambar 2.13 Hasil SEM *polyethersulfone-zeolite* MMMs..... 38
Gambar 3.1 Instrumentasi alat permeasi biogas..... 42
Gambar 5.1 *Flatsheet membranes* berbentuk lingkaran..... 44
Gambar 5.2 Modul untuk *flatsheet membrane* berbentuk lingkaran..... 45
Gambar 5.3 Hasil SEM Membran *Polyimide Uncoated* dan *Coated*..... 46
Gambar 5.4 Hasil SEM Membran *PES – PI*……..... 46
Gambar 5.5 Hasil SEM Membran *PES – zeolite*……..... 47
Gambar 5.6 Grafik uji permeabilitas CO_2 melalui asimetris *polyimide membranes* tanpa *heat treatment* ……..... 52
Gambar 5.7 Grafik uji permeabilitas CO_2 melalui asimetris *polyimide membranes* dengan *heat treatment* 150 ^oC dan 200 ^oC……..... 56
Gambar 5.8 Grafik uji permeabilitas CO_2 melalui asimetris *PES – PI composite membranes* tanpa *heat treatment* ……..... 59
Gambar 5.9 Grafik uji permeabilitas CO_2 melalui asimetris *PES – PI composite membranes* dengan *heat treatment* 180 ^oC..... 64
Gambar 5.10 Grafik uji permeabilitas CO_2 melalui asimetris *PES – PI composite membranes* dengan *heat treatment* 200 ^oC……..... 69
Gambar 5.11 Grafik uji permeabilitas CO_2 melalui asimetris *PES – zeolite mixed matrix membranes* tanpa *heat treatment* ……..... 72

Gambar 5.12 Grafik uji permeabilitas CO_2 melalui asimetris *PES – zeolite mixed matrix membranes* dengan *heat treatment* …….**.....** 78

RINGKASAN

Studi karakterisasi terhadap tiga jenis membran yaitu asimetris polyimide membranes, asimetris polyethersulfone – polyimide composite membranes dan asimetris polyethersulfone – zeolite mixed matrix membranes dilakukan untuk mengetahui kinerja membran dalam memisahkan CO_2/CH_4 dalam biogas dan untuk mengetahui struktur morfologi membran. Pengaruh pemanasan (heat treatment) terhadap kinerja membran juga akan diketahui, selain itu pengaruh pemanasan dan pelapisan (coating) polimerik membran terhadap suhu transisi glassnya (Tg) juga dapat diketahui. Dari hasil SEM menunjukkan bahwa ketiga membran yang digunakan termasuk asimetris membran karena adanya dua lapisan, yaitu lapisan aktif layer (dense) dan porous substructure. Membran dengan pemanasan akan membuat lapisan aktif layer lebih dense dan porous substructure semakin rapat, sedangkan membran dengan pelapisan akan membuat lapisan aktif layer lebih tebal dan permukaan membran lebih halus. Selain itu membran dengan pemanasan dan pelapisan akan meningkatkan temperatur glass (Tg) dari polimerik membran. Hasil permeability CO_2 dari ketiga membran menunjukkan bahwa asimetris polyimide membranes dengan heat treatment 200 ^oC selama 2 menit memiliki permeability yang bagus yaitu 0,7 GPU. Sedangkan untuk asimetris PES – PI composite membrane nilai permeability paling baik dicapai pada heat treatment 180 ^oC selama 2 menit yaitu sebesar 83,01 GPU, dan untuk asimetris PES – zeolite mixed matrix membranes nilai permeability paling baik dicapai pada heat treatment 200 ^oC selama 5 menit yaitu sebesar 486,89 GPU. Hasil analisa GC menunjukkan komposisi CO_2 pada umpan biogas sebesar 44,1423 % sedangkan komposisi CO_2 pada permeate sebesar 37,1477 %, sehingga komposisi CO_2 dalam biogas berkurang sebesar 6,9946 %.

Kata kunci : asimetris membran, pemanasan, pelapisan, CO_2, biogas

SUMMARY

The study characterization of three variety membranes asymmetric polyimide membranes, asymmetric polyethersulfone – polyimide composite membranes and asymmetric polyethersulfone – zeolite mixed matrix membranes have done to known the performance of membranes in separate CO_2/CH_4 in biogas and also to known the structure morphology of these membranes. The effect of heat treatment membranes will be known, and the effect heat treatment and coating polymeric membranes also will be known. The result of SEM is showed that the three variety membranes are used include the asymmetric membrane because these membrane have two layer, the first layer is namely active layer (dense) and then the second layer is namely porous substructure. Membrane with heat treatment will be made the active layer more thick and porous subsrtucture more dense, whereas membrane with coating will be made the active layer more thick and the surface layer more soft. Then membrane with heat treatment and coating also will increasing the temperatur glass of polymeric membrane. The result of permeability CO_2 value is showed that asymmetric polyimide membranes with heat treatment at 200 ^oC for 2 menit has good permeability is 0.70 GPU. Whereas for asymmetric PES – PI composite membrane, the best permeability CO_2 value reached for heat treatment at 180 ^oC for 2 menit is 83,01 GPU and for asymmetric polyethersulfone – zeolite mixed matrix membranes the best permeability CO_2 value reached for heat treatment at 200 ^oC for 5 menit is 486,89 GPU. The result of GC analysis showed that the composition CO_2 in biogas feed is 44,1423 % and composition CO_2 in biogas permeate is 37,1477 % so that the composition CO_2 in biogas permeate decreased about 6,9946 %.

Keywords : asymmetric membrane, heat treatment, coating, CO_2, biogas