SKRIPSI – TK091383

PENGEMBANGAN KARBON MESOPOROUS SEBAGAI ADSORBAN UNGGUL BERKEMAMPUAN SELEKTIF TERHADAP AIR UNTUK PEMURNIAN ETHANOL GRADE BAHAN BAKAR

DESI FUJANITA
NRP : 2311 106 014

SUSAN YULIANTI
NRP : 2311 106 015

Dosen Pembimbing :
Prof. Dr. Ir. Nonot Soewarno, M. Eng
NIP. 1944 08 09 1973 01 1001

Fadlilatul Taufany, ST., PhD
NIP. 1981 07 13 2005 01 1001

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2014

SKRIPSI – TK091383

DEVELOPMENT OF MESOPOROUS CARBON AS SUPERIOR WATER SELECTIVE ADSORBANT TO PURIFY ETHANOL INTO ITS FUEL GRADE

DESI FUJANITA
2311 106 014

SUSAN YULIANTI
2311 106 015

Advisor :
Prof. Dr. Ir. Nonot Soewarno, M. Eng
NIP. 1944 08 09 1973 01 1001

Fadlilatul Taufany, ST., PhD
NIP. 1981 07 13 2005 01 1001

CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2014

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN KARBON MESOPOROUS SEBAGAI ADSORBAN UNGGUL BERKEMAMPUAN SELEKTIF TERHADAP AIR UNTUK PEMURNIAN ETHANOL GRADE BAHAN BAKAR

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Desi Fujanita NRP : 2311 106 014
Susan Yuhanti NRP : 2311 106 015

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Nonot Soewarno, M.Eng (Pembimbing I) .....
2. Fadhilatul Taufany, ST., Ph.D (Pembimbing II) .....
3. Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA (Penguji I) .....
4. Ir. Ignatius Gunardi, MT (Penguji II) .....

Surabaya

Januari, 2014

PENGEMBANGAN KARBON MESOPOROUS SEBAGAI ADSORBAN UNGGUL BERKEMAMPUAN SELEKTIF TERHADAP AIR UNTUK PEMURNIAN ETHANOL GRADE BAHAN BAKAR

Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nonot Soewarno, M.Eng
Fadlilatul Taufany, ST., Ph.D

Nama Mahasiswa : Desi Fujanita NRP. 2311 106 014
Susan Yulianti NRP. 2311 106 015

ABSTRAK

Berawal dari besarnya manfaat material karbon berpori untuk berbagai macam aplikasi, mulai dari aplikasi teknologi konversi energi hingga biomedis maupun lingkungan, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis karbon berpori yang mempunyai morfologi menyerupai serat. Dengan menggunakan metode sintesis yang mampu memberikan suatu kondisi yang disebut *kinetically controlled*, metode yang kami namakan dengan metode sekuensial gas-liquid, dapat mensintesis karbon-mesoporous yang mempunyai luasan permukaan yang tinggi (836,25 m^2/g) dan *iodine number* sebesar 602,5 mg/g, pada kondisi optimum operasional gas treatment yaitu (a) komposisi gas O_2 30% vol, (b) waktu gas treatment 1 jam, (c) suhu gas treatment 300^oC, dan (d) flow-rate gas 100 cc/m; dan pada kondisi optimum operasional liquid treatment yaitu (a) komposisi larutan HNO_3 sebesar 65%, (b) 6 jam treatment, dan (c) suhu 100^oC. Metode sintesis yang dikembangkan di sini memperhatikan aspek teknologi proses, ketersediaan bahan, dan keramahan lingkungan.

Fungsi dari gas dan liquid treatment adalah mengarahkan pembentukan struktur morfologi pori-pori mikro karbon, yang dilapisi oleh gugus fungsional oksigen, seperti carboxylic acid, quinones, -C-OH (stretching), dan carboxylic anhydrides, yang mampu memenuhi segala persyaratan utama sebagai karbon

berpori yang ideal. Selain itu, Liquid treatment berfungsi untuk merubah sifat *hydrophobic* pada karbon menjadi *hydrophylic*. Sebagai contoh untuk didemonstrasikan potensi kemanfaatannya, karbon-mesoporous digunakan sebagai adsorban unggul yang mampu memberikan kapasitas adsorpsi dan selektivitas terhadap air yang besar di dalam proses pemurnian ethanol grade bahan bakar.

Hasil percobaan aplikasi karbon sebagai adsorban pemurnian ethanol menunjukkan terjadi kenaikan konsentrasi ethanol setelah dilakukan proses distilasi-adsorpsi. Hal ini membuktikan bahwa karbon black yang telah diaktivasi dengan metode gas-liquid treatment, dapat dijadikan adsorban untuk pemurnian ethanol. Namun, adsorban karbon mesoporous ini belum bisa menghasilkan ethanol grade bahan bakar.

Kata Kunci : karbon-mesoporous, sekuensial gas-liquid, *kinetically controlled*, *hydrophobic*, *hydrophylic*, distilasi-adsorpsi

DEVELOPMENT OF MESOPOROUS CARBON AS SUPERIOR WATER SELECTIVE ADSORBANT TO PURIFY ETHANOL INTO ITS FUEL GRADE

Advisor : Prof. Dr. Ir. Nonot Soewarno, M.Eng
Fadlilatul Taufany, ST., Ph.D

Written by : Desi Fujanita NRP. 2311 106 014
Susan Yulianti NRP. 2311 106 015

ABSTRACT

Starting from the benefits of porous carbon material for a wide variety of applications, ranging from energy conversion technology applications to biomedicine and the environment, this study aims to synthesize porous carbon fibers have a morphology resembling. By using the method of synthesis that can provide a condition called kinetically controlled, a method which we call the sequential method of gas - liquid, can synthesize mesoporous carbon having a high surface area (836.25 m^2 / g) and iodine number of 602,5 mg / g, the optimum operating conditions of gas treatment, namely (a) the gas composition of 30 vol% O_2, (b) gas treatment time 1 hour, (c) gas treatment temperature 300^oC, and (d) the gas flow- rate of 100 cc / m, and the optimum operating conditions of the treatment liquid, namely (a) the composition of 65 % HNO_3 solution, (b) 6 hours of treatment, and (c) the temperature of 100^oC. Synthesis method developed here the aspect of process technology, the availability of materials, and environmental friendliness .

The function of gas and liquid treatment is directing the formation of the morphological structure of micro-porous carbon, which is covered by the oxygen functional groups, such as carboxylic acid, quinones,-C-OH (stretching), and carboxylic anhydrides, which are able to meet all the essential requirements as an ideal carbon mesoporous. In addition, liquid treatment serves to change the characteristic of the carbon from the

hydrophobic become hydrophylic. As an example for the potential usefulness demonstrated, mesoporous carbon used as capable adsorbant that providing superior adsorption capacity and selectivity against water on fuel grade ethanol purification process.

The experimental results of carbon as adsorbant at ethanol purification showed an increase in the concentration of ethanol after distillation-adsorption process. This proves that the carbon black that has been activated by gas-liquid treatment method, can be used as adsorbant for ethanol purification. However, the mesoporous carbon adsorbant not yet produce fuel grade ethanol.

Keywords: mesoporous carbon, sequential gas-liquid, kinetically controlled, hydrophobic, hydrophylic, distillation-adsorption.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan judul :

PENGEMBANGAN KARBON MESOPOROUS SEBAGAI ADSORBAN UNGGUL BERKEMAMPUAN SELEKTIF TERHADAP AIR UNTUK PEMURNIAN ETAHNOL GRADE BAHAN BAKAR

Proposal skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS Surabaya. Pada kesempatan kali ini atas segala bantuannya dalam pengerjaan proposal skripsi ini, kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS.
2. Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc selaku Kepala Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa.
3. Prof. Dr. Ir. Nonot Soewarno, M. Eng dan Fadlilatul Taufany, ST., Ph.D selaku dosen pembimbing kami.
4. Bapak dosen penguji yaitu Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA dan Ir. Ignatius Gunardi, MT.
5. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS.
6. Kedua orang tua kami dan keluarga yang telah banyak memberikan dukungan moral, spiritual, dan material tentunya.
7. Rekan – rekan seperjuangan skripsi dari laboratorium Perpindahan Panas dan Massa Teknik Kimia FTI ITS

Kami menyadari materi yang kami sajikan ini masih jauh daripada sempurna, masih banyak kekurangan dan perlu perbaikan, untuk itu penyusun sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca.

Surabaya, Januari 2014

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL
LEMBAR PENGESAHAN
ABSTRAK i
ABSTRACT iii
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi

I PENDAHULUAN
I.1 Latar Belakang Masalah 1
I.2 Perumusan Masalah 2
I.3 Batasan Masalah 3
I.4 Tujuan Penelitian 3
I.5 Manfaat Penelitian 3

II TINJAUAN PUSTAKA 5

III METODE PENELITIAN
III.1. Garis Besar Penelitian 11
III.1.1. Bahan yang Digunakan 12
III.1.2. Alat yang Digunakan 12
III.1.3. Prosedur Penelitian 12
III.1.4. Variable Penelitian 14
III.2. Sintesis dan Karakterisasi Karbon 15
III.2.1. Sintesis Karbon 15
III.2.2. Karakterisasi Karbon – Mesoporous 18
III.3. Aplikasi Karbon – Mesoporous ke dalam Proses Distilasi – Adsorpsi 18
III.4. Tempat Pelaksanaan 19

IV HASIL DAN PEMBAHASAN
IV.1. Karakteristik Bahan Baku 21

IV.2. Pengaruh Variabel Pada Metode Kolom Gas Treatment terhadap Nilai *Iodine Number* 23
IV.2.1. Pengaruh Komposisi Gas Oksigen 24
IV.2.2. Pengaruh Suhu Kontak dengan Gas Oksidan O_2 25
IV.2.3. Pengaruh Waktu Kontak dengan Gas Oksidan O_2 27
IV.2.4. Pengaruh Waktu Refluks pada Liquid Treatment 28
IV.3. Signifikansi Metode Gas-Liquid Treatment... 30
IV.3.1. Analisa SEM 30
IV.3.2. Analisa BET 31
IV.3.3. Analisa Iodine Number 32
IV.3.4. Analisa FTIR 33
IV.4. Aplikasi Karbon Setelah Diaktivasi Sebagai Adsorban Dalam Proses Pemurnian Ethanol Grade Bahan Bakar..... 34

V KESIMPULAN DAN SARAN
V.1. Kesimpulan 37
V.2. Saran 38

DAFTAR PUSTAKA..... xi

APPENDIKS A A-1
APPENDIKS B B-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1	Diagram Skematis Sintesis Dari Silika-Fibrous. CPB: *Cetylpyridinium Bromide*, TEOS: *Teratethyl Orthosilicate*.[26]	7
Gambar 2-2	TEM Image Dari Katalis Pt-Cr Yang Didispersikan Di Atas Permukaan Terlebih Dahulu Ditreatmen Dengan Liquid Oksidan HNO_3.[11]	8
Gambar 3-1	Garis Besar Penelitian Dalam Skema *Bottom-Up*	11
Gambar 3-2a	Peralatan Gas Oksidan O_2 Treatment Skematis.	16
Gambar 3-2b	Peralatan Gas Oksidan O_2 Treatment Skematis Riil	16
Gambar 3-3a	Peralatan Treatment Karbon Dengan Media Liquid HNO_3 Skematik	17
Gambar 3-3b	Peralatan Treatment Karbon Dengan Media Liquid HNO_3 Riil	17
Gambar 3-4a	Skema Rangkaian Peralatan Destilasi-Adsorpsi Skematik	18
Gambar 3-4b	Skema Rangkaian Peralatan Destilasi-Adsorpsi Rill	19
Gambar 4-1	Hasil Analisa TGA Bahan Baku Karbon Black	22
Gambar 4-2	Hasil Analisa SEM Bahan Baku Karbon Black	23
Gambar 4-3	Hasil Analisa *Iodine Number* Karbon BlackPengaruh Komposisi Gas Oksigen (Gas Oksidan O_2 = 10, 20, Dan 30% Vol, Waktu = 2 Jam, Dan Suhu= 300^{o}c)	24
Gambar 4-4	Hasil Analisa *Iodine Number* Karbon Mesoporous Pengaruh Suhu Gas (Gas Oksidan O_2 = 30% Vol, Waktu = 2 Jam, Dan Suhu = 300^{o}c, 450 ^{O}c, Dan 600 ^{O}c)	26

Gambar 4-5 Hasil Analisa *Iodine Number* Karbon Mesoporous Pengaruh Waktu Kontak Dengan Gas Oksidan O_2 (Gas Oksidan O_2 = 30% Vol, Waktu =1-5 Jam, Dan Suhu=300^{o}c) 27
Gambar 4-6 Hasil Analisa *FTIR* Karbon Mesoporous Pengaruh Waktu Refluks (Waktu Gas Treatment = 1 Jam, Suhu Gas Treatment 300^{o}c, Waktu Refluks = 6, 8, Dan 10 Jam) 29
Gambar 4-7 Hasil Analisa SEM Karbon Black Awal, Setelah Gas Treatment Dan Setelah Liquid Treatment (Gas Oksidan O_2 = 30% Vol, Waktu Gas Treatment =1 Jam, Suhu Gas Treatment=300^{o}c, Dan Waktu Refluks =6 Jam) 29
Gambar 4-8 Hasil Analisa Metode BET Karbon Karbon (Gas Oksidan O_2 = 30% Vol, Waktu Gas Treatment =1 Jam, Suhu Gas Treatment=300^{o}c, Dan Waktu Refluks =6 Jam) 30
Gambar 4-9 Pengaruh Gas Dan Liquid Oksidan Treatment Terhadap *Iodine Number* Karbon (Gas Oksidan O_2 = 30% Vol, Waktu Gas Treatment =1 Jam, Suhu Gas Treatment=300^{o}c, Dan Waktu Refluks =6 Jam) 32
Gambar 4-10 Hasil Analisa FTIR Karbon Black Awal, Setelah Gas Treatment Dan Setelah Liquid Treatment 33
Gambar 4-11 Hasil Analisa FTIR karbon *black* awal, Setelah gas treatment dan setelah liquid treatment 34

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Hasil Analisa *Iodine number* Karbon Mesoporous Pengaruh Komposisi Gas Oksigen (Gas Oksidan O_2 = 10, 20, dan 30% vol, Waktu = 2 jam, dan Suhu = 300^oC) 24

Tabel 4.2. Hasil Analisa *Iodine number* Karbon Mesoporous Pengaruh Suhu Gas (Gas Oksidan O_2 = 30% vol, Waktu = 2 jam, dan Suhu = 300^oC, 450 ^oC, dan 600 ^oC) 25

Tabel 4.3. Hasil Analisa *Iodine Number* Karbon Mesoporous Pengaruh Waktu Kontak dengan Gas Oksidan O_2 (Gas Oksidan O_2 = 30% vol, Waktu = 1-5 jam, dan Suhu=300^oC) 27

Tabel 4.4 Hasil Analisa BET Karbon Aktif (Gas Oksidan O_2 = 30% vol, Waktu Gas Treatment =1 jam, Suhu Gas Treatment=300^oC, dan Waktu refluks =6 jam). 31

Tabel 4.5 Konsentrasi Ethanol setelah Distilasi-Adsorpsi 35

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia mempunyai potensi yang besar untuk mengembangkan bioethanol sebagai bahan bakar alternatif terbarukan, dimana dari data statistik menunjukkan bahwa kebutuhan energi nasional masih didominasi oleh bahan bakar fosil dengan prosentase minyak bumi sekitar 51,66 %, gas alam 28,57 % dan batubara 15,34 %. Ketersediaan bahan baku bioethanol dalam negeri juga menunjukkan keberagamannya, yang dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok,[1-2] yaitu (1) bahan bersukrosa, seperti nira, tebu, nira nipah, nira sargum manis, nira kelapa, nira aren, dan sari buah mete; (2) bahan berpati (bahan yang mengandung pati) seperti tepung ubi, tepung ubi ganyong, sorgum, jagung, cantel, sagu, ubi kayu, ubi jalar, dan lain–lain; dan (3) bahan berserat selulosa/lignoselulosa (tanaman yang mengandung selulosa dan lignin) seperti kayu, jerami, batang pisang, dan lain-lain. Bioethanol memiliki beberapa keunggulan jika digunakan sebagai bahan bakar,[2-5] diantaranya (1) kandungan oksigen ethanol tinggi (35 %) sehingga menghasilkan bahan bakar yang bersih; (2) hasil bersih ini ramah bagi lingkungan karena emisi gas karbon monoksida lebih rendah 19 – 25 % dibanding BBM; (3) angka oktan ethanol tergolong tinggi sekitar 129 sehingga menghasilkan proses pembakaran yang stabil. Proses pembakaran dengan daya yang lebih baik ini akan mengurangi emisi gas karbon monoksida. Berkaitan dengan MTBE, ethanol memiliki sifat peningkatan angka oktan yang lebih besar, tidak beracun, dan tidak mencemari sumber air; (4) campuran bioethanol 3% saja mampu menurunkan emisi karbon monoksida menjadi hanya 1,3%. Dengan memperhatikan aspek keberagaman ketersediaan bahan baku dan keunggulan-keunggulan dari bioethanol sebagai energi alternatif terbarukan, maka esensi dari UU No. 30 Tahun 2007

terutama yang berkaitan dengan kemandirian energi dan pengutamaan energi terbarukan dapat diwujudkan dan bukan hanya menjadi wacana saja.

Namun demikian tantangan yang dihadapi dalam pengembangan energi terbarukan juga tidaklah mudah, karena biaya produksi bioethanol secara signifikan masih lebih tinggi daripada biaya produksi bahan bakar fosil. Biaya produksi yang tinggi ini terutama ada pada proses pemurniannya. Hal ini merupakan masalah umum dalam dehidrasi ethanol, karena ethanol membentuk campuran titik didih minimum, yang disebut azeotrop, pada 95,6 % berat dengan air pada suhu 78,15^{o}C,[6-7] yang menyebabkannya tidak mungkin untuk memisahkan ethanol–air dalam kolom distilasi tunggal. Pada umumnya, untuk campuran yang mengandung 10 – 85 % berat ethanol, distilasi adalah efektif, sedangkan untuk campuran yang mengandung lebih dari 85 % berat ethanol, distilasi menjadi mahal karena konsentrasi ethanol umpan dekat dengan titik azeotrope (95,6 %), membutuhkan *reflux ratio* yang besar dan peralatan tambahan, khususnya jika dibutuhkan ethanol *anhydrous*.[8]

Salah satu alternatif untuk mengatasi kebutuhan energi yang besar untuk memperoleh ethanol *anhydrous* adalah dengan adsorpsi. Adsorpsi fasa uap mengkonsumsi energi yang jauh lebih kecil daripada distilasi, karena hanya dibutuhkan satu kali penguapan. Faktor utama pada proses adsorpsi adalah pemilihan adsorbannya, dimana adsorban yang unggul harus memenuhi beberapa persyaratan terutama adsorban harus memiliki selektivitas yang tinggi terhadap air, kapasitas adsorpsinya besar, dan memiliki luas permukaan yang besar.

1.2. Perumusan Masalah

Adsorban yang umum digunakan pada proses distilasi adsorpsi, misalkan zeolit molecular sieve 3Å dan 4Å, memiliki kapasitas adsorpsi yang besar pada umumnya, namun masih terkendala pada proses regenerasi dan kekontinuan

penggunaannya. Secara spesifik, stabilitas termal pada struktur porinya yang rendah dapat memberikan degradasi signifikan di dalam proses regenerasi yang melibatkan suhu tinggi, yang pada akhirnya akan menurunkan tingkat selektivitas terhadap air secara drastis. [10] Oleh karena itu, perlu dikembangkan adsorban unggul yang memiliki kapasitas adsorpsi, luas permukaan yang besar, stabil struktur pori-porinya terhadap suhu tinggi, dan selektivitasnya terhadap air tinggi.

1.3. Batasan Masalah

Untuk mendapatkan adsorban unggul dengan karakteristik tersebut di atas, maka pada penelitian ini, kami mengembangkan karbon mesoporous dari bahan baku karbon *black* dengan menggunakan metode *sequential gas-liquid*.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan adsorban unggul berbasis karbon-berpori dengan struktur morfologi unik, yaitu mesopore, yang dengannya memberikan selektivitas terhadap air yang tinggi, kapasitas adsorpsi dan luas permukaan yang besar, dan memiliki stabilitas struktur morfologi pori yang tinggi. Adsorban karbon-mesoporous yang dikembangkan di sini berasal dari bahan baku yang murah, yaitu karbon *black*. Adsorban tersebut dirancang untuk diaplikasikan dalam pemurnian ethanol agar dapat diperoleh *anhydrous ethanol* atau sebagai bioethanol.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat dijadikan *prototype* dalam pengembangan bioethanol di Indonesia menjadi produk dengan kualitas yang lebih baik daripada BBM, dengan menggunakan teknologi distilasi-adsorpsi yang dapat menekan biaya produksinya secara signifikan dikarenakan hanya membutuhkan satu kali proses distilasi dan pemurnian produk ethanol dengan proses adsorpsi fasa uap.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Bioethanol saat ini diproduksi dengan fermentasi bahan yang mengandung gula yang tinggi, atau dengan tahap berurutan hidrolisa/fermentasi untuk bahan pati.[1-2,7-8] Hasil fermentasi biasanya berupa larutan encer yang mengandung kira-kira 5 – 12 % ethanol. Pemurnian ethanol ini merupakan proses yang membutuhkan energi besar. Proses ini biasanya memakan porsi yang besar dari kebutuhan energi total untuk produksi ethanol. Sebagaimana telah diuraikan diatas hal ini disebabkan karena ethanol membentuk azeotrope di komposisi 95,6 % berat dengan air pada suhu 78,15^{o}C, yang membuatnya tidak mungkin untuk memisahkan ethanol-air dalam kolom distilasi tunggal.

Akhir-akhir ini, pemisahan campuran encer ethanol-air biasanya dibagi menjadi dua tahap besar: kira-kira 92,4 % berat ethanol mula-mula diperoleh dari larutan encer dengan menggunakan distilasi biasa, kemudian ethanol yang dihasilkan selanjutnya didehidrasi agar mencapai ethanol *anhydrous*.[18] Teknik dehidrasi ethanol ada beberapa, antara lain: distilasi azeotropik, distilasi ekstraktif, ekstraksi cair-cair, adsorpsi, atau metoda pemisahan hibrida kompleks. Diantara metoda yang disebutkan diatas, adsorpsi fasa uap mengkonsumsi energi yang paling kecil, jauh lebih kecil daripada distilasi, karena hanya dibutuhkan satu kali penguapan. Adsorban paling potential yang digunakan untuk adsorpsi air fasa uap dari campuran ethanol-air meliputi adsorban anorganik seperti molecular sieve,[6,9] lithium chlorida,[19] silica gel,[19] dan alumina aktif,[20] dan adsorban berbasis bio seperti jagung giling kasar.[8]

Zeolite molecular sieve (tipe 3Å dan 4Å) secara luas digunakan dalam pemisahan campuran ethanol-air.[21] Zeolite molecular sieve 3Å yang memiliki ukuran pori nominal 3Å (0,30 nm) dapat digunakan untuk dehidrasi liquida polar seperti ethanol. Molekul air dengan diameter molekul kira-kira 0,28 nm, dapat dengan mudah menerobos pori-pori adsorban molecular

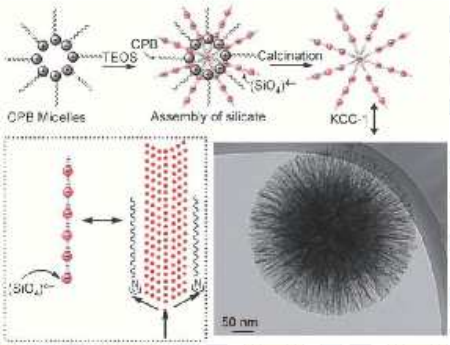
sieve, sedangkan ethanol, dengan diameter molekul kira-kira 0,44 nm, secara bersamaan tertahan.[21] Al-Asheh dkk.[9] juga mempelajari pemisahan ethanol-air menggunakan molecular sieve (3Å, 4Å dan 5Å). Keuntungan adsorpsi fasa uap adalah proses ini mengkonsumsi energi yang lebih rendah daripada distilasi, karena hanya memerlukan satu kali penguapan.[22] Zeolite molecular sieve sangat selektif, tetapi air sangat kuat terikat dan dibutuhkan suhu tinggi dan/atau tekanan rendah untuk meregenerasinya.[8] Jika demikian, proses regenerasi menjadi penyebab meningkatnya kebutuhan energi secara keseluruhan yang mengurangi keuntungan proses adsorpsi yang mengkonsumsi energi yang kecil. Oleh karena itu, sangat diinginkan, disamping selektivitasnya yang tinggi, adsorban tersebut dapat diregenerasi pada suhu rendah, lebih disukai dibawah 100^{o}C, sehingga pemakaian energi baik adsorpsi maupun desorpsi keduanya kecil.

Telah ditunjukkan bahwa silica gel mesoporous, disamping kapasitas adsorpsinya terhadap air yang tinggi, suhu regenerasinya juga rendah, antara 90 – 95^{o}C.[23] Selektivitas silica gel ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan garam higroskopis seperti $CaCl_2$.[23-25] Silica mesoporous yang diimpregnasi dengan $CaCl_2$ menunjukkan kapasitas adsorpsi sampai konsentrasi airnya 75 % dan sebagian besar desorpsi dicapai pada suhu rendah (70 – 120^{o}C).[24] Bahan komposit yang dikembangkan diatas telah diaplikasikan untuk sistem refregeration sorption padat menggunakan refrigerant air. Bahan yang memiliki kapasitas adsorpsi dan selektivitas terhadap air yang tinggi ini tampaknya memiliki potensi yang besar untuk diaplikasikan sebagai adsorban untuk dehidrasi ethanol menghasilkan ethanol anhydrous untuk bahan bakar. Akan tetapi, silica gel yang ada dipasaran memiliki struktur pori-pori mikro yang memperlambat difusi dan silica mesoporous, seperti MCM-41, biasanya dibuat dari senyawa silicon alkoksida yang harganya mahal dan agak beracun.

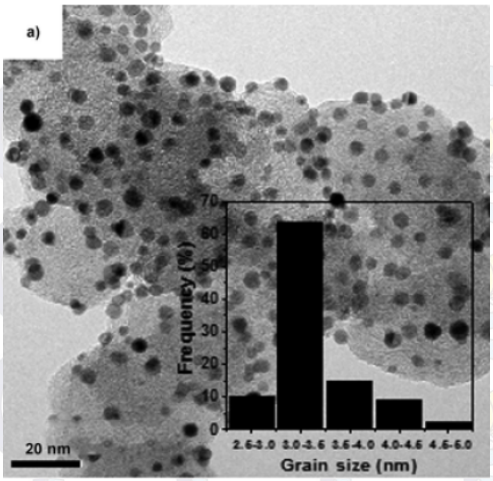
Tahun 2012, Nielsen dkk[10] mengembangkan adsorban berbasis karbon mesoporous dengan luas permukaan 500 – 1300

m^2/g, yang memberikan kapasitas adsorpsi lebih besar daripada adsorban silica gel maupun zeolit, dan memberikan stabilitas suhu dan kimia yang lebih baik. Akan tetapi karbon mesoporus tersebut masih disintesa dengan memanfaatkan teknologi template-surfactant yang tidak hanya mahal tapi juga tidak ramah lingkungan.

Hal tersebut memotivasi kami untuk mengembangkan metode sintesis yang baru untuk adsorban berbasis karbon berpori yang murah bahan baku dan teknologinya, sederhana prosesnya, dan ramah lingkungan. Akhir-akhir ini, telah dilaporkan oleh Polshettiwar dkk[26] di dalam jurnal *Angewandte Chemie International Edition*, yang berhasil membuat suatu material berpori dengan struktur morfologi yang unik, yaitu fibrous, dan telah didemonstrasikan ke material silica. Silika-fibrous tersebut mempunyai luas permukaannya yang tinggi, dengan ukuran pori-pori yang berada dalam range micro-meso dan struktur morfologi seperti yang terlihat pada **Gambar 2-1**. Pada dasarnya, silika-fibrous tersebut disentesis dengan memanfaatkan surfaktan CPB sebagai template untuk silika, yang selanjutnya surfaktan dipisahkan dari silika-fibrous dengan proses kalsinasi pada suhu tinggi (550 °C).



Gambar 2-1 Diagram skematis sintesis dari silika-fibrous. CPB: *cetylpyridinium bromide*, TEOS: *teratethyl orthosilicate*.[26]



Gambar 2-2 TEM image dari katalis Pt-Cr yang didispersikan di atas permukaan terlebih dahulu ditreatmen dengan liquid oksidan HNO_3.[11]

Struktur morfologi silika-fibrous yang telah dijelaskan sebelumnya, menginspirasi kami untuk mengadopsi morfologinya dengan memanfaatkan bahan baku dari karbon black ataupun karbon aktif komersial. Penelitian ini menggunakan karbon black/aktif sebagai bahan dasarnya karena murah harganya, dan bukan bahan prekursor mahal seperti yang digunakan dalam metode sintesis silika-fibrous. Kemudian, karbon black ini dikontakkan dengan media gas oksidan udara dan liquid oksidan HNO_3 secara berurutan. Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengontakkan karbon black dengan gas oksidan, seperti steam, udara, CO_2, O_2, H_2, pada suhu tinggi (> 600°C) akan membuat banyak pori-pori baru, mulai dari *macropore*, *mesopore*, hingga *micropore*. Sedangkan pengontakkan karbon black dengan liquid oksidan, seperti HNO_3 di penelitian sebelumnya,[11-12] terbukti dapat membentuk gugus-gugus fungsional oksigen di atas permukaan karbon; tahapan yang lazim dikenal dengan *surface functionalization*. Efek dari

tahapan ini adalah membantu pendispersian katalis di atas permukaan karbon dan juga menstabilkan ikatan diantaranya. Seperti pada **Gambar 2-2**, sangatlah jelas terlihat bahwa partikel-partikel katalis terdispersi dengan baik di atas permukaan karbon *support*, tanpa ada partikel-partikel katalis yang teraglomerasi. Oleh karena itu, pada penelitian yang diusulkan ini akan dikembangkan karbon-fibrous dengan menggunakan metode yang namakan sekuensial gas-liquid, yang memungkinkan untuk mendapatkan karbon-fibrous dengan kapasitas adsorpsi dan selektivitas terhadap air yang besar, yang berguna untuk proses pemurnian ethanol menjadi grade bahan bakar (bioethanol).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

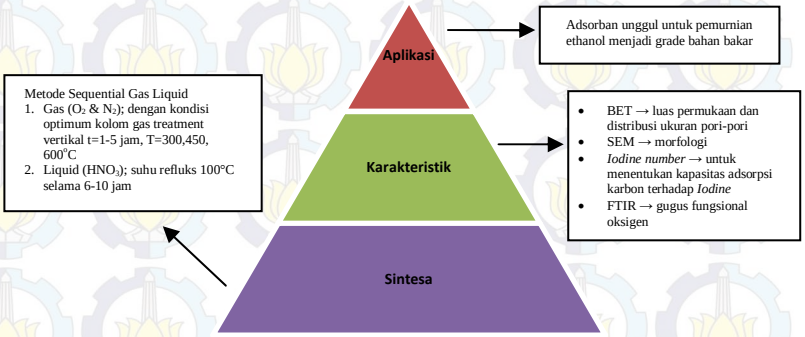
BAB III
METODE PENELITIAN

III.1. Garis Besar Penelitian

Secara garis besar pelaksanaan penelitian ini akan dilakukan secara eksperimen. Bahan baku yang digunakan adalah karbon *black* komersial. Asumsi yang digunakan adalah kondisi bahan seragam, partikel berbentuk bola berongga dan ukuran partikel seragam.

Eksperimen ini dilakukan secara ber-tahap yaitu dengan síntesis karbon mesoporous, mempelajari karakterisasi struktur karbon mesoporous dan mengaplikasikan karbon mesoporous dalam penerapan sebagai adsorban unggul proses distilasi-adsorpsi. Analisa yang akan dilakukan meliputi analisa Brunaur-Emmett-Teller (BET), Scanning Electron Microscope (SEM), *Iodine Number*, dan Fourier Transform Infra Red (FTIR) dimana untuk mengetahui semua karakterisasi karbon mesoporous yang terbentuk sehingga dapat diperoleh hasil yang signifikan dalam eksperimen.

Untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian maka ditempuh metodologi sebagai berikut :



Gambar 3-1 Garis besar penelitian dalam skema *bottom-up*

III.1.1. Bahan yang Digunakan :

1. Karbon *black* komersial (ukuran : 120 mesh).
2. Gas Oksigen
3. Gas Nitrogen
4. HNO_3
5. CH_4OH
6. Aquades

III.1.2. Alat yang digunakan :

1. *Kolom gas-liquid sequential* (**Gambar 3-2a,b**) & (**Gambar 3-3a,b).**
   a. Tabung Gas O_2
   b. Regulator
   c. Rotameter
   d. Thermocouple
   e. Heater
   f. Reaktor
   g. Glass Filter
   h. Isolator
2. *Kolom distilasi-adsorpsi* (**Gambar 3-4**)
3. Cawan
4. Beaker Glass
5. Timbangan
6. Oven
7. Refluks
8. Grinder

III.1.3. Prosedur Penelitian :

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

a) Mengayak karbon *black* komerisal untuk mendapatkan ukuran seragam.
b) Menyiapkan dan menimbang karbon *black* sebesar 5 gram
c) Menganalisa karbon tersebut dengan analisa BET, SEM, *Iodine Number*, dan FTIR.

2. Tahap Pembentukan Karbon Mesoporous

2.1 Gas Sequential

a) Mengecek segala kondisi peralatan alat sebelum digunakan.
b) Memasukkan 5 gram karbon *black* ke dalam alat pembentuk karbon mesoporous.
c) Membuka katup gas Oksigen (O_2) dan Nitrogen (N_2), mengecek laju alir O_2 dan N_2.
d) Menyalakan alat pemanas pada peralatan **Gambar 3.2a**, dan mengatur kondisi operasional komposisi gas oksidan 10%, T = 300^oC, dan t = 2 jam.
e) Mengulangi prosedur a – d untuk gas oksidan 20 & 30%, pada T = 300^oC, t = 2 jam untuk mengetahui pengaruh komposisi gas oksidan.
f) Mengulangi prosedur a – d untuk suhu 450 & 600°C, pada komposisi gas oksidan 30%, t = 2 jam untuk mengetahui pengaruh suhu.
g) Mengulangi prosedur a – d untuk waktu 1, 3, 4, & 5 jam, pada komposisi gas oksidan 30%, T = 300^oC untuk mengetahui pengaruh waktu.

2.2 Liquid Sequential

a) Karbon hasil gas sequential direfluks dalam HNO_3 (65%) dengan kondisi operasi suhu T=100°C dan selama 6 jam.
b) Pencucian dengan air selama 5 kali dan selanjutnya diendapkan.
c) Pengeringan pada oven dengan suhu T=80°C, selama 24 jam.
d) Pembentukan granula dengan meng-grinder karbon mesoporous yang telah terbentuk.
e) Mengulangi prosedur a – d untuk waktu refluks 8 & 10 jam.

3. Tahap Karakterisasi

a) Analisa Iodine Number dengan metode Titrimetri.
b) Metode BET menggunakan alat Nova E-Quantachrome Instruments
c) Analisa SEM menggunakan alat INSPECT S50
d) Analisa FTIR menggunakan alat NICOLET iS10

4. Tahap Proses Distilasi-Adsorpsi

a) Merangkai peralatan distilasi-adsorpsi.
b) Memasukan 5 gram karbon aktif hasil treatment di atas filter glass di dalam karbon bed, sehingga ketinggian karbon aktif didalam kolom 5 mm.
c) Memasukkan 100 ml Ethanol 70% ke dalam labu.
d) Mengalirkan air ke kondensor.
e) Menyalakan heater dan mengatur suhunya pada 80^{o}C.
f) Menampung produk yang dihasilkan dan menganalisa konsentrasinya menggunakan alkohol meter.
g) Mengulangi prosedur a – f untuk konsentrasi *feed* ethanol 96%.

III.1.4. Variabel Penelitian :

1. Variabel Tetap

a) Massa Karbon *Black* : 5 gram
b) Rate flow gas : 100 cc/min
c) Komposisi HNO_3 : 65%
d) Suhu refluks : 100^{o}C

2. Variabel Berubah

a) Gas sequential

- Waktu : 1, 2, 3, 4, dan 5 jam.
- Komposisi gas Oksidan : 10, 20, 30%.
- Temperatur Heater : 300, 450, 600 ^{o}C.

b) Liquid sequential

- Waktu : 6, 8, 10 jam.

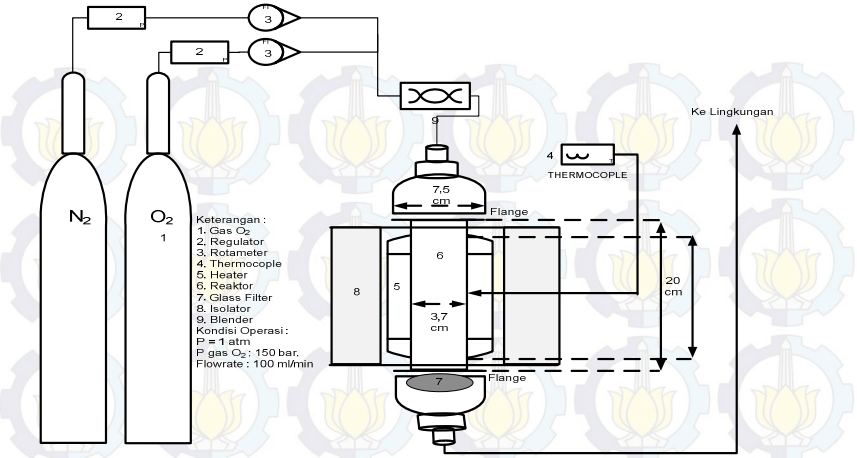
3. Variabel Respon

a) Iodine Number
b) Luas Peremukaan (BET)
c) Distribusi ukuran pori-pori (SEM)
d) Gugus fungsional Oksigen (FTIR)

III.2. Sintesis dan Karakterisasi Karbon

III.2.1. Sintesis Karbon

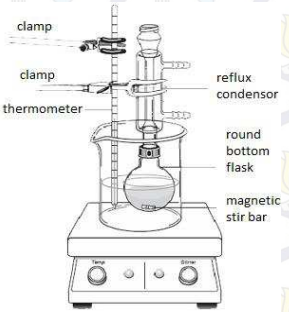
Bahan baku karbon yang digunakan sebagai bahan dasar dalam penelitian ini adalah karbon *black* komersial. Karbon komersial sejumlah 5 gram ini kemudian dimasukkan ke dalam kolom gas-treatment vertikal, yang dinding luarnya dililit elemen pemanas dan dilengkapi *thermocouple* dan kontrol suhu (lihat **Gambar 3-2a dan b**).



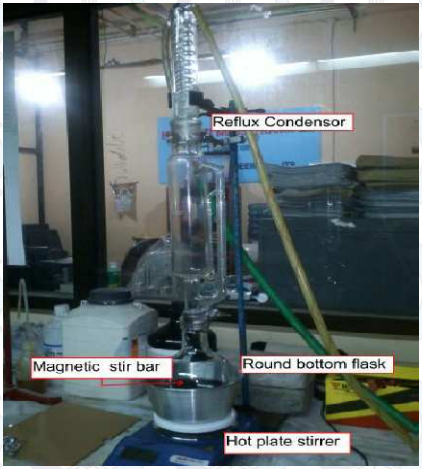
Gambar 3-2a Peralatan gas oksidan O_2 treatment skematis.

Gambar 3-2b Peralatan gas oksidan O_2 treatment riil.

Karbon *black* komersial ditreatment dengan gas oksigen sesuai variabel pada kolom gas-treatment untuk mengkondisikan dekomposisi secara lambat. Desain ini sedikit memodifikasi desain yang sudah ada[25]. Karbon ditempatkan pada basket / holder yang terbuat dari *glass filter*. Reaktor dipanaskan dengan menggunakan gas oksidan O_2 dengan variabel suhu dan waktu yang telah ditentukan diatas.



Gambar 3-3a Peralatan treatment karbon dengan media liquid HNO_3 skematik,



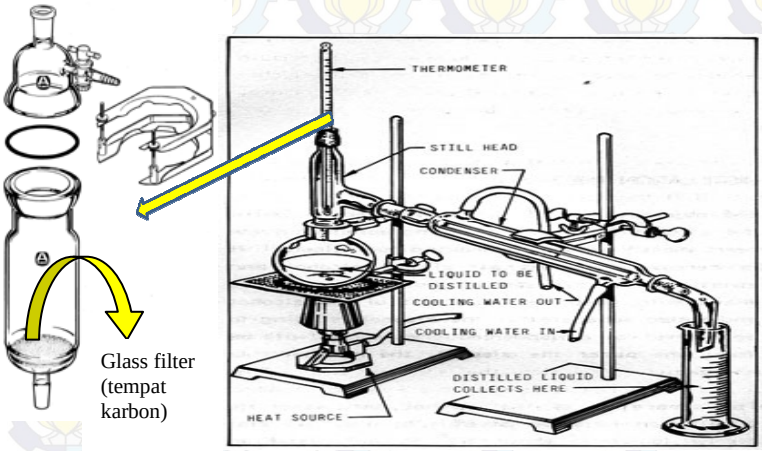
Gambar 3-3b Peralatan treatment karbon dengan media liquid HNO_3 riil.

III.2.2. Karakterisasi Karbon-Mesoporous

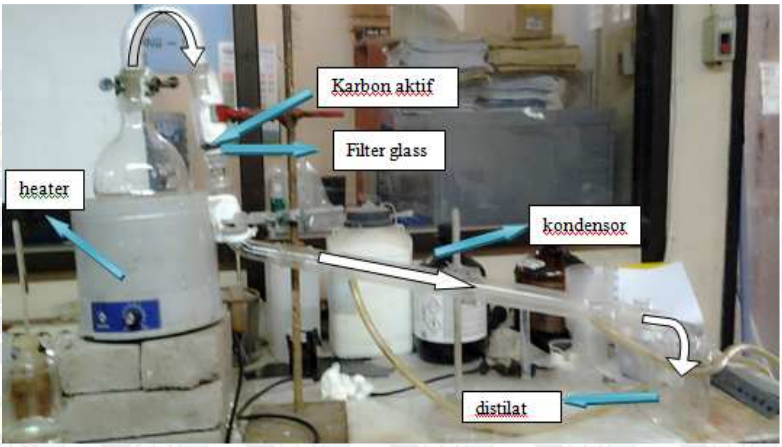
Karbon-mesoporous yang terbentuk, selanjutnya dikarakterisasi dengan (1) BET untuk mendapatkan nilai luas permukaan dan distribusi ukuran pori-porinya, (2) SEM untuk mengetahui struktur morfologinya, (3) *Iodine number* untuk menentukan kapasitas adsorpsi karbon terhadap *Iodine*, (4) FTIR untuk mengetahui gugus fungsional oksigen yang melekat pada permukaan karbon-mesoporous.

III.3. Aplikasi Karbon-Mesoporous ke dalam Proses Distilasi-Adsorpsi

Dalam penilitian ini digunakan sebuah kolom distilasi sederhana yang dilengkapi kolom penyangga karbon mesoporous (hasil gas dan liquid *treatment*), penyangga karobon ini terbuat dari glass filter. Secara rinci peralatan distilasi-adsorpsi ditunjukkan dalam **Gambar 3-4a dan b**.



Gambar 3-4a Skema Rangkaian Peralatan Destilasi-Adsorpsi Skematik



Gambar 3-4b Skema Rangkaian Peralatan Destilasi-Adsorpsi riil.

III.4. Tempat Pelaksanaan

Penelitian skripsi ini kami laksanakan di laboratorium perpindahan panas dan massa jurusan teknik kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Untuk analisa-analisa BET, SEM, Iodine Number, dan FTIR. dianalisakan di Laboratorium TAKI, Laboratorium Elektrokimia Jurusan Teknik Kimia dan Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis karbon-mesoporous dengan morfologi yang baru, yaitu yang tersusun dari *micropore network* menyerupai serat, sehingga dapat memberikan luas permukaan yang tinggi 500 – 1300 m^2/g.

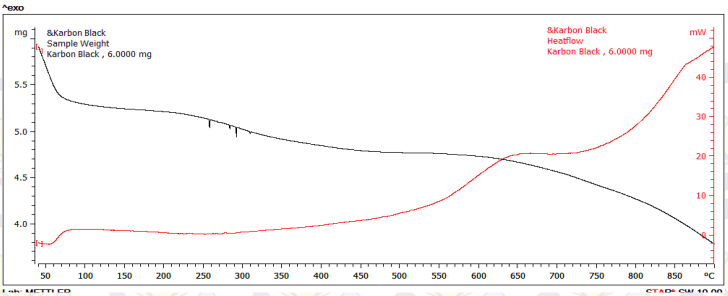
Variabel operasi yang ditinjau melalui kolom gas-treatment secara vertical, dari metode tersebut dapat mensintesis karbon sehingga terbentuk morfologi baru dengan karakterisasi karbon menyerupai serat.

Untuk *scope of work* dari penelitian ini yaitu menggunakan kolom gas-treatment dimana peneliti ingin mendapatkan luas permukaan karbon yang tinggi dan bentuknya menyerupai serat. Gas-treatment dikerjakan dengan menggunakan metode *gas-treatment vertical*. Setelah itu dilakukan pengerjaan liquid sequential untuk merubah sifat *hydrophobic* pada karbon menjadi *hydrophylic*, sifat *hydrophylic* ini muncul akibat adanya gugus fungsional oksigen di atas permukaan karbon.

Bahan baku yang digunakan yaitu karbon *black* karena karbon *black* hasil pirolisis ban bekas memiliki kandungan volatile matter sebesar 13,84% dan abu 14,86% yang cukup besar sehingga memerlukan treatment lanjutan yaitu pirolisis dalam suasana gas inert untuk dihilangkan volatile matter dan abu (ash).

IV.1. Karakteristik Bahan Baku

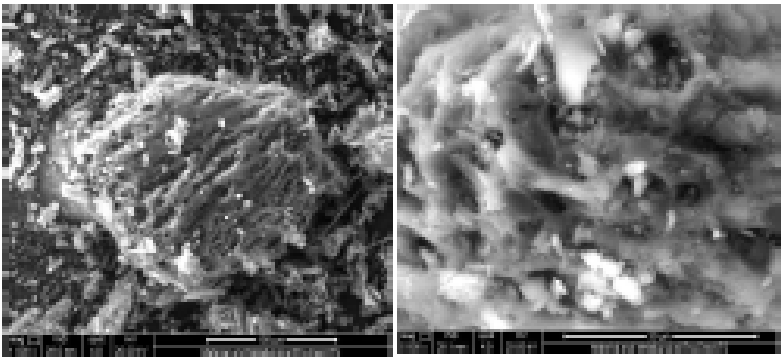
Penentuan suhu maksimum dekomposisi dilakukan dengan analisa TGA sehingga dapat ditentukan suhu dimana bahan akan mulai kehilangan massa dalam jumlah yang besar. Hasil analisa TGA untuk karbon *black* komersial ditampilkan pada **Gambar 4-1**



Gambar 4-1 Hasil analisa TGA bahan baku karbon *black*

Gambar 4-1 menjelaskan bahan baku karbon *black* terdekomposisi secara optimum pada suhu sebesar 630°C. Data-data tersebut digunakan untuk menentukan variabel suhu yang digunakan dalam percobaan aktivasi karbon *black* yaitu dibawah suhu maksimum dekomposisi karbon. Suhu di bawah suhu maksimumnya yaitu 300°C dan 450°C pada aktivasi karbon dan selama waktu (1-5 jam) bertujuan aktivasi karbon akan terdekomposisi secara lambat sehingga dapat membentuk karbon aktif dengan morfologi yang baru. Hal ini juga telah sesuai dengan hasil analisa TPD pada penelitian kami sebelumnya.

Morfologi karbon sangat penting dalam penelitian ini dimana untuk melihat morfologi karbon yang telah teraktivasi dan diinginkan terbentuknya struktur-struktur baru dengan morfologi mesoporous. Berikut ini merupakan hasil analisa SEM bahan baku karbon *black*, antara lain:



Gambar 4-2 Hasil Analisa SEM bahan baku karbon *black*

Gambar 4-2 merupakan hasil analisa SEM bahan baku karbon *black* sebelum diaktivasi terlihat jelas bahwa morfologinya berupa pori-pori berukuran makro, dan secara umum permukaannya masih pejal, sehingga ukuran luas permukaannya masih sangat rendah (183.184 m^2/g) begitu juga dengan nilai *iodine number*-nya (150,74 mg/g). Oleh karena itu, karbon *black* sendiri perlu diaktivasi dengan prosedur yang benar dan sesuai sehingga dapat merata-nya distribusi pori-pori dan menjadikan karbon tersebut sebagai karbon yang lebih bermanfaat dalam penerapan sebagai adsorban dalam proses pemurnian ethanol grade bahan bakar.

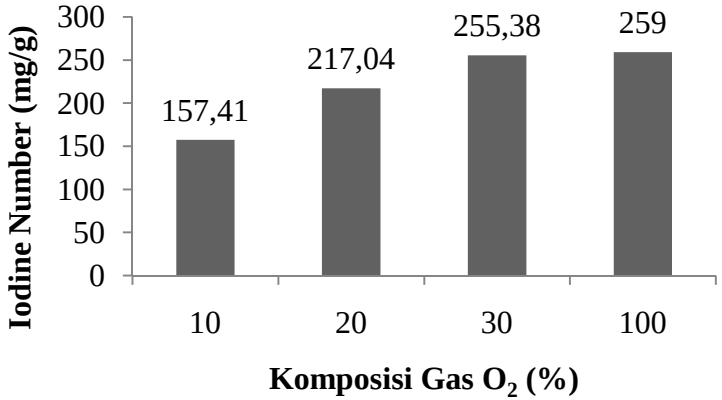
IV.2. Pengaruh Variabel Pada Metode Kolom Gas Treatment terhadap Nilai *Iodine Number*

Hasil percobaan kolom gas-treatment dianalisakan *iodine number* di laboratorium TAKI, teknik kimia ITS. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui besar nilai karbon dalam penyerapan iodine (I_2). *Iodine number* dibutuhkan untuk melengkapi hasil analisa metode BET.

IV.2.1. Pengaruh Komposisi Gas Oksigen

Tabel 4.1. Hasil Analisa *Iodine Number* Karbon Mesoporous Pengaruh Komposisi Gas Oksigen (Gas Oksidan O_2 = 10, 20, dan 30% vol, Waktu = 2 jam, dan Suhu = 300°C)

No	Waktu	Suhu	Konsentrasi Gas Oksigen (Flowrate = 100 cc/menit)	Nilai *Iodine number* (mg/g)
1	2 jam	300°C	10 %	157,41
2			20 %	217,04
3			30 %	255,38



Gambar 4-3 Hasil analisa *iodine number* karbon *black* pengaruh komposisi gas oksigen (Gas Oksidan O_2 = 10, 20, dan 30% vol, Waktu = 2 jam, dan Suhu= 300°C)

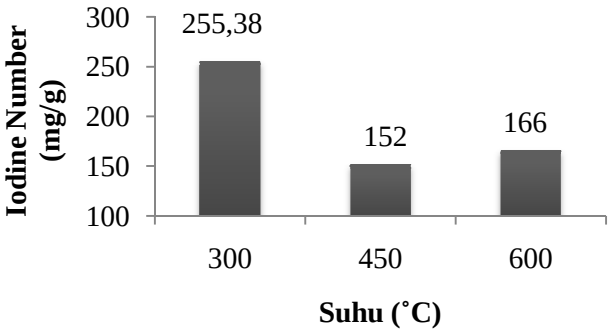
Tabel 4.1. dan **Gambar 4-3** menjelaskan hasil analisa *iodine number* berdasarkan variabel konsentrasi gas oksigen yang digunakan yaitu 10%, 20%, 30%, dan 100% vol dengan flowrate gas sebesar 100 cc/menit. Gas Treatment ini dilakukan pada suhu

300^{o}C dan waktu yang digunakan adalah 2 jam. Karbon mesoporous dengan kosentrasi oksigen sebesar 10% dan 20% memiliki nilai *Iodine number* yang rendah yaitu 157,41 dan 217,04. Hasil yang ditunjukkan yaitu pada konsentrasi oksigen sebesar 30% vol memiliki nilai *iodine number* yang paling tinggi yaitu 255,38 mg/g, sedangkan pada konsentrasi gas oksigen 100% nilai *iodine number* tidak terlalu berbeda dengan konsentrasi gas oksigen 30% yaitu sebesar 259 mg/g. Oleh karena itu, konsentrasi optimum yang dapat digunakan untuk metode kolom gas treatment ini adalah pada konsentrasi gas oksidan O_2 30% vol. Dengan pertimbangan *feasibility* ekonomis, maka pada pembahasan berikutnya hanya akan digunakan komposisi gas oksidan O_2 30% vol.

IV.2.2. Pengaruh Suhu Kontak dengan Gas Oksidan O_2

Tabel 4.2. Hasil Analisa *Iodine number* Karbon Mesoporous Pengaruh Suhu Gas (Gas Oksidan O_2 = 30% vol, Waktu = 2 jam, dan Suhu = 300^{o}C, 450 ^{o}C, dan 600^{o}C)

No	Waktu	Konsentrasi Gas Oksigen (Flowrate = 100 cc/menit)	Suhu	Nilai *Iodine number* (mg/g)
1	2 jam	30%	300^{o}C	255,38
2			450 ^{o}C	152
3			600 ^{o}C	166



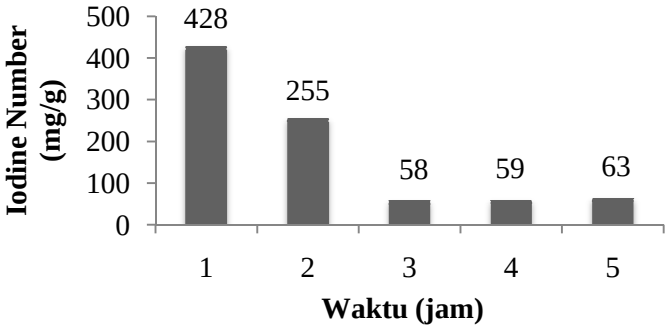
Gambar 4-4 Hasil analisa *iodine number* karbon mesoporous pengaruh suhu gas (gas oksidan O_2 = 30% vol, waktu = 2 jam, dan suhu = 300^{o}C, 450^{o}C, dan 600^{o}C)

Percobaan ini untuk mendapatkan hasil optimum dalam laju aktivasi terhadap variabel dengan suhu kontak gas O_2, dimana hasil optimum aktivasi dikorelasikan dengan nilai *Iodine number*-nya. Tabel 4.2. dan **Gambar 4-4** menjelaskan hasil analisa *iodine number* berdasarkan variabel suhu yang digunakan yaitu 300°C, 450°C, dan 600°C dengan waktu yang digunakan adalah 2 jam dan konsentrasi oksigen yang digunakan adalah 30% (flowrate=100 cc/menit). Pada suhu 300^{o}C didapatkan nilai *iodine number* yang paling tinggi yaitu 255,38 mg/g, sedangkan pada suhu 450^{o}C dan 600^{o}C memiliki nilai *Iodine number* yang rendah yaitu sebesar 152 mg/g dan 166 mg/g. Hal ini menunjukkan bahwa metode proses dekomposisi secara lambat (*kinetic controlled reaction*) lebih baik daripada proses dekomposisi secara cepat (*thermodynamic controlled reaction*). Selain itu, hal ini juga menguntungkan dari segi konsumsi energi operasional, karena hanya membutuhkan proses pemanasan reaksi dekomposisi pada suhu relatif rendah (300°C).

IV.2.3. Pengaruh Waktu Kontak dengan Gas Oksidan O_2

Tabel 4.3. Hasil Analisa *Iodine Number* Karbon Mesoporous Pengaruh Waktu Kontak dengan Gas Oksidan O_2 (Gas Oksidan O_2 = 30% vol, Waktu = 1-5 jam, dan Suhu=300^oC)

No	Suhu	Konsentrasi Gas Oksigen (Flowrate = 100 cc/menit)	Suhu (jam)	Nilai *Iodine number* (mg/g)
1	300 ^oC	30%	1	428
2			2	255
3			3	58
4			4	59
5			5	63



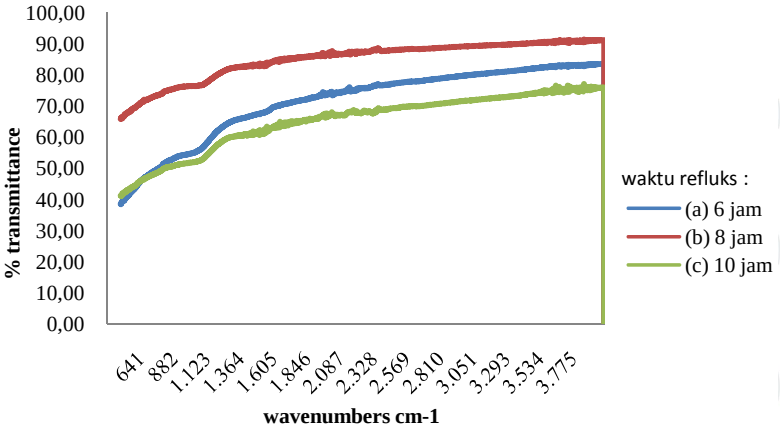
Gambar 4-5 Hasil analisa *iodine number* karbon mesoporous pengaruh waktu kontak dengan gas oksidan O_2 (Gas Oksidan O_2 = 30% vol, Waktu =1-5 jam, dan Suhu=300^oC)

Percobaan ini dilakukan untuk mendapatkan hasil optimum dalam laju aktivasi terhadap variabel waktu kontak dengan gas oksidan O_2. **Gambar 4-5** menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak dengan gas oksidan O_2, maka nilai *iodine number*-

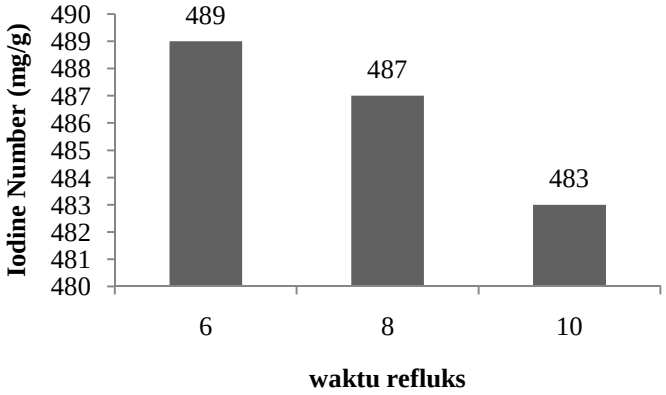
nya semakin turun. Pada waktu lebih dari 3 jam, nilai iodine number dari karbon mesoporous relatif kecil. Hal ini disebabkan oleh terjadinya proses dekomposisi karbon yang sangat cepat, secara fisik dibuktikan dengan adanya abu pada karbon. Oleh karena itu, di dalam prosedur penelitian berikutnya, kami hanya memfokuskan pada waktu optimum dekomposisi 1 jam.

IV.2.4. Pengaruh Waktu Refluks Pada Liquid Treatment

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui waktu optimum yang diperlukan untuk proses refluks pada liquid treatment. Untuk variabel ini dilakukan gas treatment dengan waktu kontak dengan gas oksidan O_2 selama 1 jam, suhu gas 300^oC, dan konsentrasi gas oksidan O_2 30% (flowrate =100 cc/menit). **Gambar 4-6 (a)** menunjukkan bahwa gugus fungsional terbentuk pada waktu refluks selama 6 jam adalah quinones, C-O in ethers (stretching), alcohols, C-OH (stretching), carboxylic anhydrides, dan N-O-.[28] **Gambar 4-6 (b)** menunjukkan bahwa gugus fungsional terbentuk pada waktu refluks selama 8 jam adalah C-O in ethers, C-OH (stretching), carboxylic anhydrides, dan N-O-. **Gambar 4-6 (c)** menunjukkan bahwa gugus fungsional terbentuk pada waktu refluks selama 10 jam adalah C-O in ethers, alcohols, C-OH (stretching), carboxylic anhydrides, dan N-O-. Dari ketiga variabel tersebut, maka dapat dilihat bahwa waktu refluks selama 6 jam menghasilkan gugus fungsional yang paling banyak dengan *compound names* diantaranya TitaniumIV (chloride), Zinc oxide, Methyl thiocyanate, Cellophane, Boron trifluoride-methanol, Pyrophosphoric acid, Ethclorvynol on NACL plates, pentazocine HCL in kbr, poly (methyl phenyl siloxine), zirconium sulfat. Oleh karena itu, pada percobaan selanjutnya hanya dilakukan pada waktu refluks selama 6 jam. **Gambar 4-7** menunjukkan bahwa nilai *iodine number* tidak mengalami perubahan yang signifikan setelah dilakukan liquid treatment, hal ini dikarenakan liquid treatment tidak merubah pori-pori dari karbon mesoporous tetapi hanya menciptakan gugus-gugus fungsional oksigen diatas permukaan karbon mesoporous tersebut.



Gambar 4-6 Hasil analisa *FTIR* karbon mesoporous pengaruh waktu refluks (waktu gas treatment = 1 jam, suhu gas treatment 300^{o}C, waktu refluks = 6, 8, dan 10 jam)



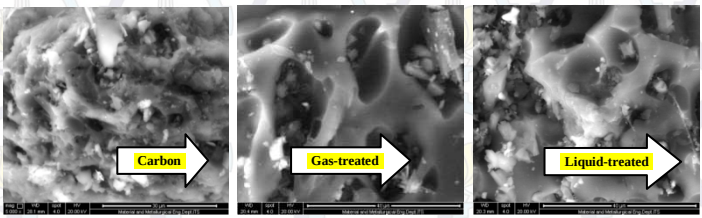
Gambar 4-7 Hasil analisa *iodine number* karbon mesoporous pengaruh waktu refluks (waktu gas treatment = 1 jam, suhu gas treatment 300^{o}C, waktu refluks = 6, 8, dan 10 jam)

IV.3. Signifikansi Metode Gas-Liquid Treatment

Pada penelitian ini, karbon *black* dikontakkan dengan media gas oksidan udara dan liquid oksidan HNO_3 secara berurutan. Setelah dilakukan gas treatment, kemudian karbon mesoporous dikontakkan dengan HNO_3 65% agar dapat membentuk gugus-gugus fungsional oksigen di atas permukaan karbon; tahapan yang lazim dikenal dengan *surface functionalization*. Untuk melihat perubahan dari struktur morfologi karbon *black* awal, karbon mesoporous setelah gas treatment, dan karbon mesoporous setelah liquid treatment maka dilakukan analisa SEM.

IV.3.1. Analisa SEM

Analisa SEM ini adalah yang digunakan untuk melihat struktur morfologi pada karbon setelah dilakukan gas-liquid treatment. Analisa SEM dilakukan baik mulai bahan baku karbon *black*, setelah gas treatment, dan setelah liquid treatment. Analisa ini kami lakukan di Teknik Material dan Metalurgi ITS.



Gambar 4-8 Hasil Analisa SEM karbon *black* awal, setelah gas treatment dan setelah liquid treatment (gas oksidan O_2 = 30% vol, waktu gas treatment =1 jam, suhu gas treatment=300^oC, dan waktu refluks =6 jam)

Perlu diperhatikan bahwa dari hasil analisa SEM (**Gambar 4-8)**, terlihat bahwa karbon setelah dilakukan gas-liquid treatment ini mempunyai ukuran pori-pori meso/mikro yang

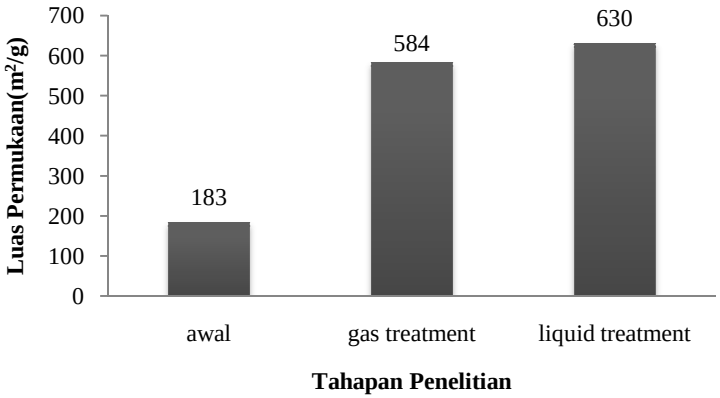
menguntungkan dalam hal peningkatan luas permukaan (BET) dan *iodine number*-nya. Dengan meningkatnya luas permukaan karbon dan pori-pori yang terdistribusi secara merata, maka akan meningkatkan kapasitas adsorpsinya.

IV.3.2. Analisa BET

Analisa BET yaitu untuk mengetahui luas permukaan karbon yang telah diaktivasi dan mengetahui distribusi pori-pori serta pembentukan struktur-struktur yang baru. Karbon yang dianalisa sebanyak 3 sampel yaitu karbon *black* awal, karbon mesoporous setelah dilakukan gas treatment selama 1 jam, dan karbon mesoporous setelah dilakukan gas-liquid treatment dengan waktu refluks selama 6 jam. Hasil analisa dengan metode BET ditampilkan dalam bentuk Tabel 4.4 dan **Gambar 4-8.**

Tabel 4.4 Hasil Analisa BET Karbon Aktif (Gas Oksidan O_2 = 30% vol, Waktu Gas Treatment =1 jam, Suhu Gas Treatment=300^oC, dan Waktu refluks =6 jam)

No	Jenis Karbon	Gas Treatment		Liquid Treatment		Luas Permukaan (m^2/g)	Struktur Karbon
		Waktu (jam)	Suhu (^oC)	Waktu Refluks	Suhu Refluks (^oC)		
1	Karbon *black* awal	-	-	-	-	183.184	*Macropore*
2	Karbon *black* setelah gas treatment	1	300	-	-	583.767	*Mesopore*
3	Karbon *black* setelah liquid treatment	-	-	6	100	629.535	*Mesopore*



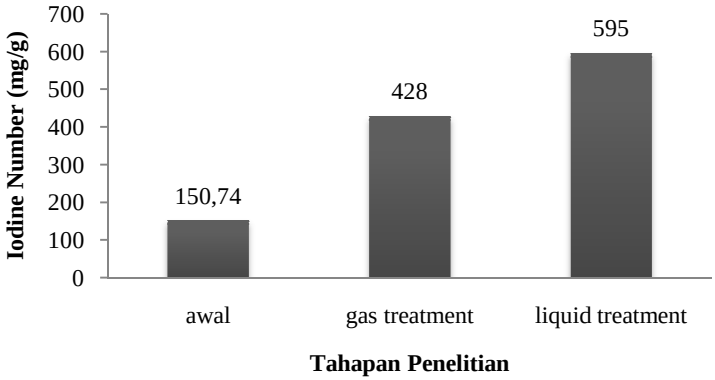
Gambar 4-9 Hasil Analisa Metode BET Karbon Karbon (gas oksidan O_2 = 30% vol, waktu gas treatment =1 jam, suhu gas treatment=300^oC, dan waktu refluks =6 jam)

Tabel 4.4 dan **Gambar 4-9** menunjukkan luas permukaan karbon awal, setelah gas treatment, dan setelah liquid treatment. Hasil yang menunjukkan bahwa luas permukaan karbon meningkat setelah dilakukan gas-liquid treatment. Gas treatment dapat meningkatkan luas permukaan karena karbon terdekomposisi secara pelan (*kinetically controlled*) sehingga karbon membentuk pori-pori meso dengan luas permukaan sebesar 583.767 m^2/g yang dapat meningkatkan *active site* (daerah aktif) untuk adsorpsi sehingga kapasitas adsorpsinya menjadi lebih besar, kemudian luas permukaan semakin meningkat menjadi sebesar 629.535 m^2/g setelah dilakukan liquid treatment, karena membentuk gugus-gugus fungsional oksigen yang merata dipermukaan karbon.

IV.3.3. Analisa *Iodine Number*

Analisa iodine number dilakukan untuk mengetahui besar nilai karbon dalam penyerapan *iodine*. **Gambar 4-10**

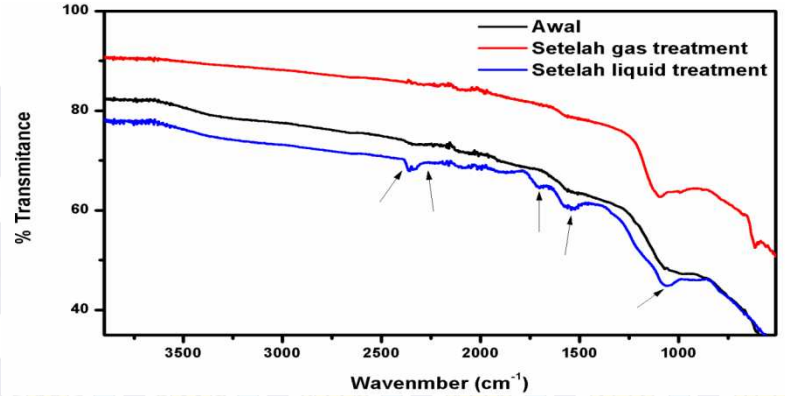
menunjukkan bahwa proses lanjutan dari gas treatment yaitu liquid treatment dapat meningkatkan *iodine number* karbon. Analisa *iodine number* berbanding lurus dengan analisa BET. Jika luas permukaan karbon meningkat, maka besar nilai karbon dalam penyerapan *iodine* juga meningkat.



Gambar 4-10 Pengaruh gas dan liquid oksidan treatment terhadap *iodine number* karbon (gas oksidan O_2 = 30% vol, waktu gas treatment =1 jam, suhu gas treatment=300^{o}C, dan waktu refluks =6 jam)

IV.3.4. Analisa FTIR

Analisa FTIR ini adalah yang digunakan untuk menentukan adanya gugus-gugus fungsi yang terdapat pada karbon setelah dilakukan Gas-Liquid Treatment. Analisa ini dilakukan pada karbon *black* awal, karbon mesoporous setelah gas treatment, dan karbon mesoporous setelah liquid treatment. Analisa ini kami lakukan di Teknik Material dan Metalurgi ITS.



Gambar 4-11 Hasil Analisa FTIR karbon *black* awal, setelah gas treatment dan setelah liquid treatment

Gambar 4-11 menunjukkan bahwa setelah liquid treatment, terlihat jelas terjadi pembentukan gugus fungsional baru (ditunjukkan dengan panah hitam) yaitu diantaranya gugus fungsional carboxylic acid, quinones, -C-OH (stretching), dan carboxylic anhydrides. *Compound names* yang mucul diantaranya TitaniumIV (chloride), Zinc oxide, dimethyl acid phyrophosphate, Cellophane, 2-Fluoroethanol, Pyrophosphoric acid, hydroxypropyl methyl cellulose, Chloroquine PO4 in KBr, Boron trifluoride dihydrate, dan Acetaldoxime. Dengan adanya gugus-gugus fungsional ini maka karbon akan bersifat *hydrophylic*, sehingga karbon dapat mempunyai kapasitas adsorpsi yang baik, selektivitas terhadap air yang tinggi, serta mempunyai luasan permukaan yang besar. Untuk menentukan luasan permukaan yang terbentuk dapt diuji dengan menggunakan analisa BET.

IV.4. Aplikasi Karbon Setalah Diaktivasi Sebagai Adsorban Dalam Proses Pemurnian Ethanol Grade Bahan Bakar

Percobaan ini dilakukan dengan cara distilasi-adsorpsi menggunakan adsorban karbon *black* yang telah diaktivasi. Proses distilasi-adsorpsi dilakukan pada suhu 80^{o}C.

Tabel 4.5 Konsentrasi Ethanol setelah Distilasi-Adsorpsi

No	Konsentrasi Ethanol Awal (% vol)	Waktu (jam)	Konsentrasi Ethanol Distilat Tanpa Karbon Mesoporous (% vol)	Konsentrasi Ethanol Distilat dengan Karbon Mesoporous (% vol)
1	70	5	80	86
2	96	6	96	98

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa konsentrasi ethanol distilat menggunakan karbon mesoporous yang telah dilakukan gas-liquid treatment lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi ethanol distilat tanpa karbon mesoporous. Hal ini menunjukkan bahwa karbon mesoporous hasil aktivasi dengan metode gas-liquid treatment dapat dijadikan adsorban pada proses distilasi-adsorpsi untuk pemurnian ethanol. Namun, adsorban karbon mesoporous ini belum bisa menghasilkan ethanol grade bahan bakar.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan metode sekuensial gas – liquid karbon *black* dapat diaktivasi menjadi karbon aktif dengan luas permukaan dan iodine number sebesar 629,535 m^2/g dan 595 mg/g, pada kondisi operasional gas treatment yaitu komposisi O_2 30 % vol., *flow-rate* 100 cc/m, 300 °C, dan waktu 1 jam.
2. Untuk kondisi optimal untuk sequensial gas treatment didapatkan data sebagai berikut:
   a) Komposisi gas O_2 30 % vol.
   b) Waktu gas treatment 1 jam
   c) Suhu gas treatment 300 °C
   d) *Flow-rate* gas 100 cc/m
3. Untuk kondisi optimal untuk sekuensial liquid treatment didapatkan data kondisi komposisi larutan HNO_3 sebesar 65 %, 6 jam treatment, suhu 100 °C.
4. Karbon aktif yang didapatkan dari proses aktivasi sekuensial gas liquid, dapat diaplikasikan sebagai adsorban dalam proses distilasi-adsorpsi untuk pemurnian ethanol. Hal ini dikarenakan adanya gugus fungsional oksigen yang terdapat pada permukaan pori-pori meso/mikro karbon aktif. Namun, adsorban karbon mesoporous ini belum bisa menghasilkan ethanol grade bahan bakar.

V.2. Saran

1. Liquid treatment tidak banyak memberikan perubahan yang signifikan, maka gas treatment perlu diperbaiki misalnya suhu kurang dari 300^{o}C, dipilih 100^{o}C.
2. Perlu mengkorelasikan kapasitas adsorpsi karbon mesoporous terhadap kebutuhannya untuk adsorban bioethanol. Berat air dari 96% vol menjadi 99,8% vol ethanol adalah 3610 mg perlu minimal 6,399 gram karbon mesoporous.

DAFTAR PUSTAKA

(1) Kumar, S.; Singh, N.; Prasad, R. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **2010**, *14*, 1830.
(2) Sánchez, Ó. J.; Cardona, C. A. *Bioresource Technology* **2008**, *99*, 5270.
(3) Quintero, J. A.; Rincón, L. E.; Cardona, C. A. *In Biofuels*; Ashok, P., Christian, L., Steven, C. R., Claude-Gilles, D., Edgard GnansounouA2 - Ashok Pandey, C. L. S. C. R. C.-G. D., Edgard, G., Eds.; Academic Press: Amsterdam, 2011, p 251.
(4) Maningat, C. C.; Bassi, S. D. In Encyclopedia of Grain Science; Editor-in-Chief: Colin, W., Ed.; Elsevier: Oxford, **2004**, p 405.
(5) Cardona, C. A.; Sánchez, Ó. J. *Bioresource Technology* **2007**, *98*, 2415.
(6) Sowerby, B.; Crittenden, B. D. Gas Separation & Purification 1988, 2, 77.
(7) Wang, Y.; Gong, C.; Sun, J.; Gao, H.; Zheng, S.; Xu, S. *Bioresource Technology* **2010**, *101*, 6170.
(8) Crawshaw, J. P.; Hills, J. H. *Industrial & Engineering Chemistry Research* **1990**, 29, 307.
(9) Al-Asheh, S.; Banat, F.; Al-Lagtah, N. Chemical Engineering Research and *Design **2004**, 82, 855.*
(10) Levario, T. J.; Dai, M.; Yuan, W.; Vogt, B. D.; Nielsen, D. R. Microporous and *Mesoporous Materials* **2012**, *148*, *107*.
(11) Taufany, F.; Pan, C.-J.; Chou, H.-L.; Rick, J.; Chen, Y.-S.; Liu, D.-G.; Lee, J.-F.; Tang, M.-T.; Hwang, B.-J. *Chemistry – A European Journal* **2011**, *17*, 10724.
(12) Taufany, F.; Pan, C.-J.; Lai, F.-J.; Chou, H.-L.; Sarma, L. S.; Rick, J.; Lin, J.-M.; Lee, J.-F.; Tang, M.-T.; Hwang, B.-J. *Chemistry – A European Journal* **2013**, *19*, 905.
(13) Xu, Y.; Guo, J.; Wang, C. *Journal of Materials Chemistry* **2012**, *22*, 9562.

(14) Ni, H.; Liu, J.; Fan, L.-Z. *Nanoscale* **2013**, *5*, 2164.
(15) Ramasamy, E.; Lee, J. *Chemical Communications* **2010**, *46*, 2136.
(16) WANG Gui-Qiang**, H. C.-C., XING Wei, ZHUO Shu-Ping *Chin. Phys. Lett.* **2011**, *28*, 38801.
(17) Chen, K.-J.; Lee, C.-F.; Rick, J.; Wang, S.-H.; Liu, C.-C.; Hwang, B.-J. *Biosensors and Bioelectronics* **2012**, *33*, 75.
(18) Huang, H.-J.; Ramaswamy, S.; Tschirner, U. W.; Ramarao, B. V. *Separation and Purification Technology* **2008**, *62*, 1.
(19) Beery, K. E.; Ladisch, M. R. *Enzyme and Microbial Technology* **2001**, *28*, 573.
(20) Kondo, M.; Komori, M.; Kita, H.; Okamoto, K.-i. *Journal of Membrane Science* **1997**, *133*, 133.
(21) Carmo, M. J.; Gubulin, J. C. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* **1997**, *14*.
(22) Hu, X.; Xie, W. *Separation Science and Technology* **2001**, *36*, 125.
(23) Restuccia, G.; Freni, A.; Vasta, S.; Aristov, Y. *International Journal of Refrigeration* **2004**, *27*, 284.
(24) Aristov, Y. I.; Marco, G.; Tokarev, M. M.; Parmon, V. N. React Kinet Catal Lett **1997**, *61*, 147.
(25) Freni, A.; Russo, F.; Vasta, S.; Tokarev, M.; Aristov, Y. I.; Restuccia, G. *Applied Thermal Engineering* **2007**, *27*, 2200.
(26) Polshettiwar, V.; Cha, D.; Zhang, X.; Basset, J. M. Angewandte Chemie *International Edition* **2010**, *49*, 9652.
(27) Wyman, C. *Handbook on bioethanol: Production and utilization*; Taylor & Francis: Washington, DC, **1996**.
(28) Wenzhong, S *.; Zhijie, L.; Yihong, L. *Surface Chemical Functional Groups Modification of Porous Carbon* **2008**, *1*, 27-40.

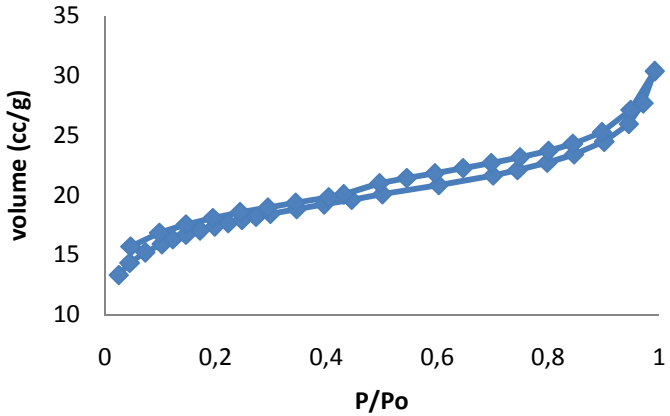
APPENDIKS A
GAMBAR ALAT PERCOBAAN

No.	Nama	Gambar
1.	Tabung O_2 dan Regulator	
2.	Rotameter	
3.	Box Panel dan Termokopel	
4.	*Inlet to reactor*	
5.	Reaktor dan Termokopel	

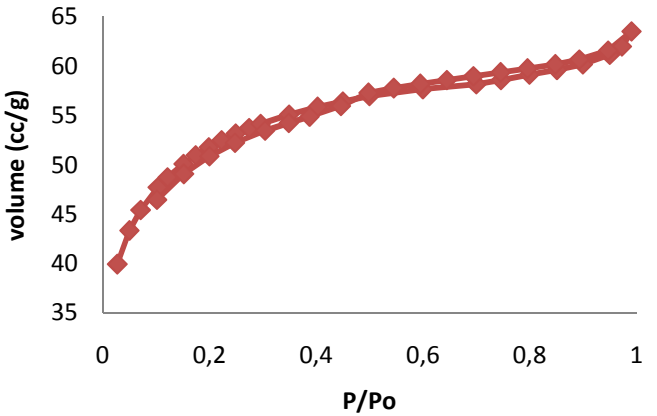
No.	Nama	Gambar
6.	Tempat Pencampuran Gas	
7.	Glass Filter	
8.	Gas-Treatment Horizontal	
9	Liquid Treatment	
10.	Distilasi-Adsorpsi	

APPENDIKS B
HASIL ANALISA

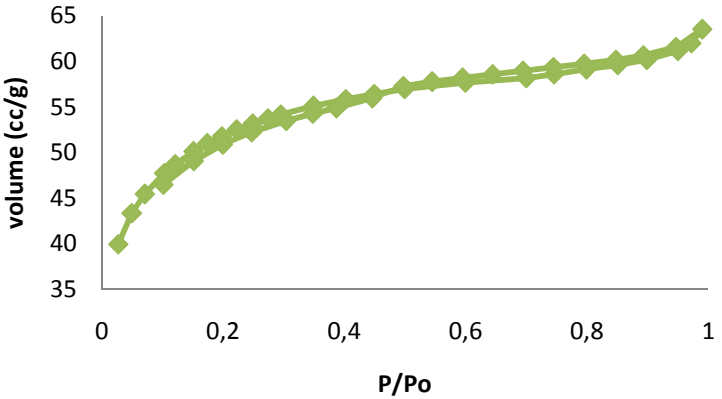
1. BET Full Isotermis
   a) Grafik Adsorpsi Isotermis Karbon *Black* awal



   b) Grafik Adsorpsi Isotermis Karbon *Black* setealah gas treatment t=1 jam

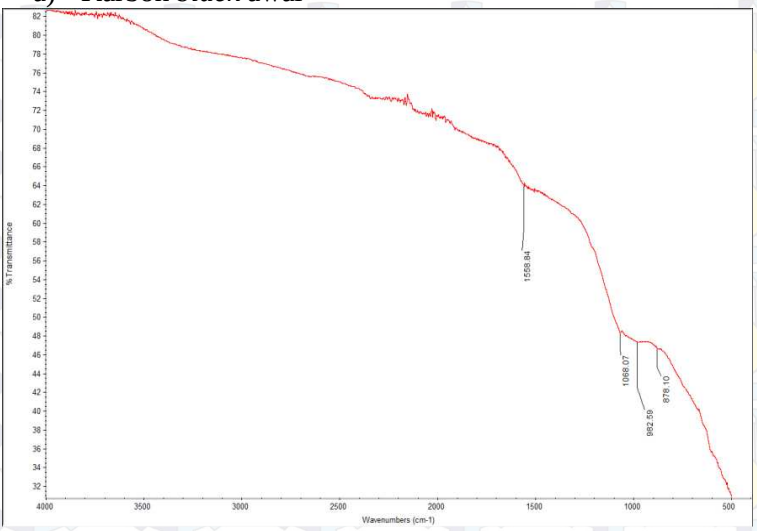


c) Grafik Adsorpsi Isotermis Karbon *Black* setealah gas treatment t=1 jam; liquid treatment trefluks=6 jam

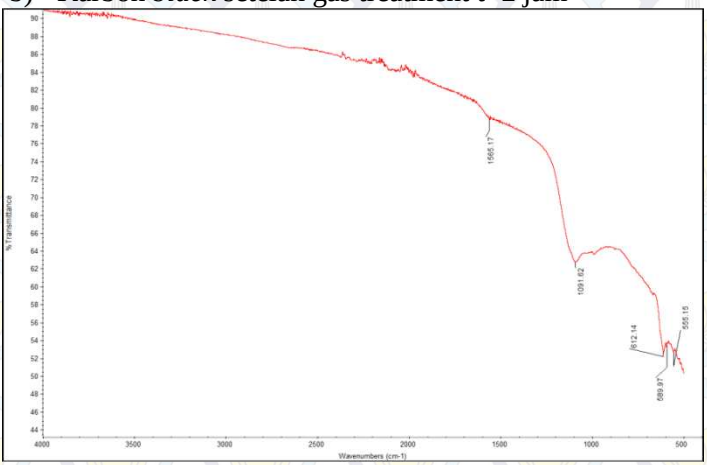


2. FTIR

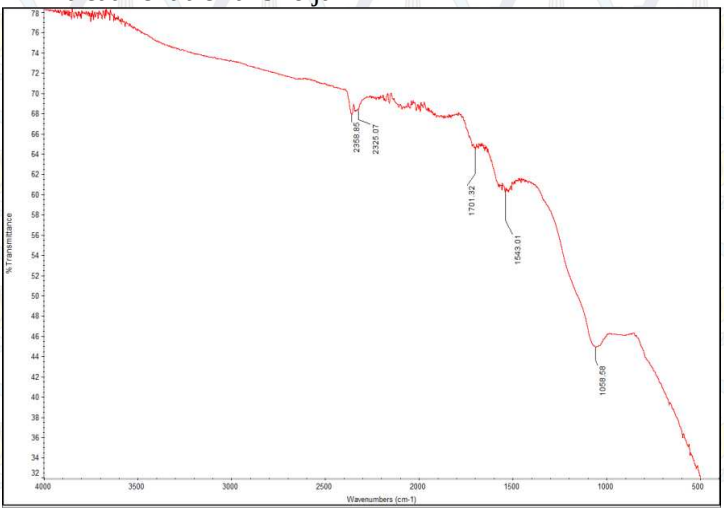
a) Karbon *black* awal



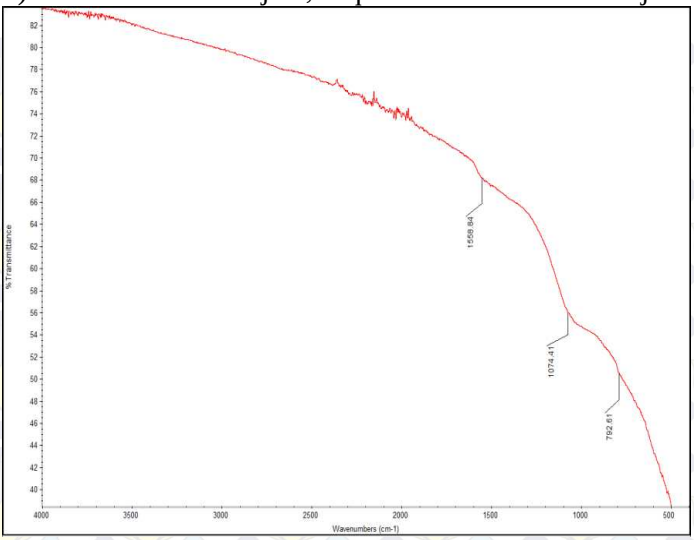
b) Karbon *black* setelah gas treatment t=2 jam



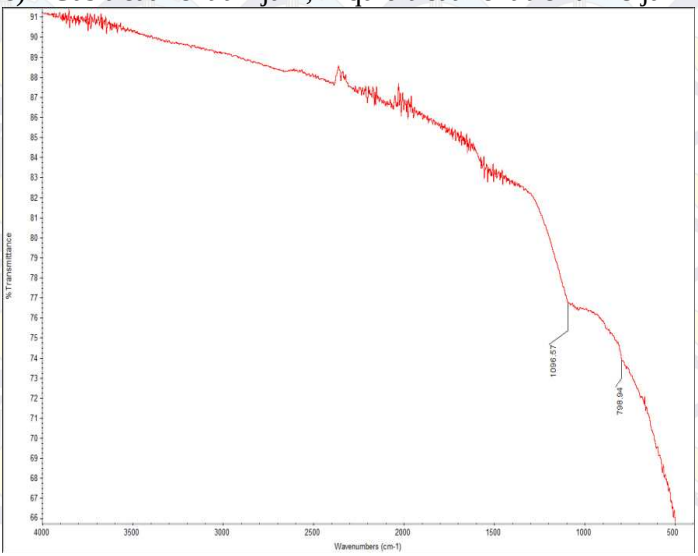
c) Karbon *black* setelah gas treatment t=2jam; liquid treatment trefluks=6 jam



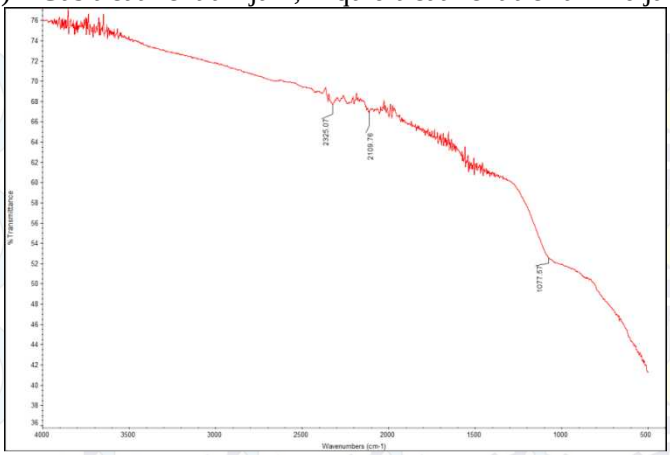
d) Gas treatment t=1jam; Liquid treatment treflux=6 jam



e) Gas treatment t=1jam; Liquid treatment treflux=8 jam



f) Gas treatment t=1jam; Liquid treatment treflux=10 jam



3. Iodine Number

JURUSAN TEKNIK KIMIA FTI - ITS

TEAM AFILIASI DAN KONSULTASI INDUSTRI

KAMPUS ITS, SUKOLILO - SURABAYA, TELP. (031) 5922935 FAX. (031) 5999282

KETERANGAN HASIL ANALISA

No.39/LTAK/I/2014

Terima dari : **Sdr. Taufani**
Jur.T.Kimia ITS
Surabaya
Jenis contoh : Karbon Black
Lokasi contoh : Iodine Number
Diterima tgl. : 2 Januari 2014

Kode contoh	Hasil analisa Iodine Number .gr/kg	Metode analisa
1.O2 :30, N2 :70% Flowgas 100 cc/m t = 1jam t. refluks =10 jam	483	Titrimetri
2.O2 :30, N2 :70% Flowgas 100 cc/m t = 1jam t. refluks =8 jam	487	

Keterangan : Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima.
Surabaya, 2 Januari 2014

Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA
Kepala Laboratorium TAKI

JURUSAN TEKNIK KIMIA FTI - ITS
TEAM AFILIASI DAN KONSULTASI INDUSTRI
KAMPUS ITS, SUKOLILO - SURABAYA, TELP. (031) 5922935 FAX. (031) 5999282

KETERANGAN HASIL ANALISA

No.76/LTAK/XI/2013

Terima dari : **Sdri. Taufani**
Jur.T.Kimia ITS
Surabaya
Jenis contoh : Karbon
Lokasi contoh : Iodine Number
Diterima tgl. : 6 Nopember 2013

Kode contoh	Hasil analisa Iodine Number ,Gr/kg	Metode analisa
O2 :10, N2 :90% O2 :20, N2 :80% O2 :30, N2 :70%	157 217 255	
O2 :10, N2 :90% t :3jam O2 :20, N2 :80% t :4jam O2 :30, N2 :70% t :5jam	58 59 63	Titrimetri
O2:30 N2:70 T.gas. 2jam T.reflux 6jamT.100°C O2:30 N2:70 T.gas. 2jam T.450°C O2:30 N2:70 T.gas. 2jam T.600°C	595 152 166	

Keterangan : Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima.
Surabaya, 20 November 2013

Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA
Ka. Lab. Laboratorium TAKI

JURUSAN TEKNIK KIMIA FTI - ITS
TEAM AFILIASI DAN KONSULTASI INDUSTRI
KAMPUS ITS, SUKOLILO - SURABAYA, TELP. (031) 5922935 FAX. (031) 5999282

KETERANGAN HASIL ANALISA

No.35/LTAK/XII/2013

Terima dari : **Sdr. Taufani**
Jur.T.Kimia ITS
Surabaya
Jenis contoh : Karbon Black
Lokasi contoh : Iodine Number
Diterima tgl. : 9 Desember 2013

Kode contoh	Hasil analisa Iodine Number ,Gr/kg	Metode analisa
1.O2 :30, N2 :70% Flowgas 5000 cc/m	245	Titrimetri
2.O2 :30, N2 :70% Flowgas 100 cc/m t. refluks =8 jam t. gas treatment =2jam	595	

Keterangan : Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima.
Surabaya, 12 Desember 2013

Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA
Ka. Lab. Laboratorium TAKI

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Desi Fujanita, penulis lahir di Garut tepatnya pada tanggal 17 Desember 1989. Alamat rumah yaitu Jalan Siliwangi Gg Laksana IV No 20 Cianjur Jawa Barat. Penulis telah menempuh pendidikan formal diantaranya SDN Ibu Dewi 1 Cianjur, SMPN 4 Cianjur, SMAN 1 Cianjur. Penulis merupakan mahasiswa alih jenjang dari D3 Teknik Kimia POLITEKNIK NEGERI BANDUNG dan melanjutkan studi S1 di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Setelah lulus dari D3 Teknik Kimia POLITEKNIK NEGERI BANDUNG penulis bekerja di SCHLUMBERGER sebagai Lab Technician Well Service. Penulis juga aktif diberbagai organisasi, serta banyak pula pelatihan, seminar, dan *event* yang pernah diikuti. Penulis pernah menjabat sebagai Ketua OSIS SMP dan SMA serta menjuarai berbagai ajang perlombaan baik dibidang akademis maupun seni dan budaya. Kemudian pada akhir studinya, Penulis memilih Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa untuk pengerjaan Tugas Akhir. Judul Tugas Akhir (Skripsi) **"Pengembangan Karbon Mesoporous Sebagai Adsorban Unggul Berkemampuan Selektif Terhadap Air Untuk Pemurnian Ethanol Grade Bahan Bakar".**

Data Pribadi Penulis		
Nama	:	Desi Fujanita
TTL	:	Garut 17 Desember 1989
Alamat	:	Jalan Siliwangi Gg Laksana IV No 20 Cianjur Jawa Barat
No. Telepon/HP	:	08122203701 / 085793071111
Email	:	*dfujanita@gmail.com*

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Penulis dilahirkan di Kota Sumedang yang terletak di Propinsi Jawa Barat, pada tanggal 30 Juli 1991 dengan nama lengkap Susan Yulianti dan merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuhnya yaitu dimulai di SD Negeri Mariuk, SMP Negeri 1 Tanjungsari, dan SMA Negeri 1 Sumedang. Penulis merupakan mahasiswa alih jenjang dari D3 Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung dan melanjutkan studi S1 di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Penulis juga aktif diberbagai organisasi, dimana penulis pernah menjabat sebagai Ketua Keputrian HIMATEK POLBAN Periode 2009/2010, Staff Bidang Akademik HIMATEK POLBAN Periode 2009/2010, serta banyak pula pelatihan, seminar, dan *event* yang pernah diikuti. Kemudian pada akhir studinya, Penulis memilih Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa untuk pengerjaan Tugas Akhir. Judul Tugas Akhir (Skripsi) **"Pengembangan Karbon Mesoporous Sebagai Adsorban Unggul Berkemampuan Selektif Terhadap Air Untuk Pemurnian Ethanol Grade Bahan Bakar".**

Data Pribadi Penulis	
Nama	: Susan Yulianti
TTL	: Sumedang, 30 Juli 1991
Alamat	: Jl. Manco 15 RT.04/RW.04 Desa Gudang Kec. Tanjungsari Kab. Sumedang 45362
No. Telepon/HP	: 081249248737
Email	: susanyulianti91@gmail.com