



SKRIPSI – TK 141581

**APLIKASI KATALIS Fe-Co/KARBON AKTIF
DALAM PEMBUATAN BIOFUEL MENGGUNAKAN
SINTESIS FISCHER-TROPSCH**

Oleh:

**Rahadian Malik M
NRP. 02211440000134**

**Nabhan Rusydi
NRP. 02211440000156**

**Dosen Pembimbing I
Firman Kurniawansyah, S.T., M.Eng.Sc, Ph.D
NIP. 1977 05 29 2003 12 1002**

**Dosen Pembimbing II
Ir. Ignatius Gunardi, MT
NIP. 1955 09 21 1984 03 1001**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI
INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT – TK 141581

**APPLICATION OF Fe-Co/ACTIVATED CARBON
CATALYST FOR PRODUCTION BIOFUEL WITH
FISCHER-TROPSCH SYNTHESIS**

Proposed by:

Rahadian Malik M

NRP.

02211440000134

Nabhan Rusydi

NRP. 02211546000156

Dosen Pembimbing

Firman Kurniawansyah, S.T., M.Eng.Sc, PhD

NIP. 1977 05 29 2003 12 1002

Ir. Ignatius Gunardi, MT

NIP. 1955 09 21 1984 03 1001

**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF
TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

APLIKASI KATALIS Fe-Co/KARBON AKTIF DALAM PEMBUATAN BIOFUEL MENGGUNAKAN SINTESIS FISCHER-TROPSCH

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Kimia pada Program Studi S-1
Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

Rahadian Maulana Malik

02211440000134

Nabhan Rusydi

02211440000156

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Firman Kurniawansyah, S.T, M.Eng.Sc., Ph.D...
(Pembimbing I)
2. Ir. Ignatius Gunardi, M.T
(Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA
(Penguji I)
4. Annas Wiguno, S.T, M.T
(Penguji II)
5. Ni Made Intan Putri S, S.T., M.T
(Penguji III)

[Handwritten signatures of the examiners]



APLIKASI KATALIS Fe-Co/KARBON AKTIF DALAM PEMBUATAN BIOFUEL MENGGUNAKAN SINTESIS FISCHER-TROPSCH

Nama /NRP : 1. Rahadian Maulana Malik (02211546000134)
2. Nabhan Rusydi (02211546000156)
Departemen : Teknik Kimia FTI-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Firman Kurniawansyah, S.T, M.Eng.Sc. PhD
2. Ir. Ignatius Gunardi, MT.

ABSTRAK

Sintesis Fischer-Tropsch merupakan reaksi polimerisasi yang menghasilkan berbagai produk seperti parafin, olefin, alkohol dan aldehida. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari kinerja katalis Fe-Co/karbon aktif pada berbagai variasi suhu sintesis Fischer-Tropsch terhadap distribusi produk biofuel. Variasi suhu yang digunakan adalah 190°C, 210°C, 230°C, 250°C dan 270°C. Secara garis besar prosedur penelitian dibagi menjadi dua tahap yaitu pembuatan katalis Fe-Co/Karbon aktif dan sintesis Fischer Tropsch. Katalis Fe-Co yang dihasilkan kemudian diuji menggunakan FTIR, BET dan EDX. Hasil analisis FTIR menunjukkan telah terbentuknya gugus fungsi oksigen seperti keton, aldehid, fenol, alkohol dan asam karboksilat. Hasil analisis BET menunjukkan karbon aktif setelah tahap fungsionalisasi memiliki luas permukaan 234,604 m²/gram. Hasil analisis EDX menunjukkan bahwa katalis pada komposisi Fe:Co=1:1 memiliki total logam terimpregnasi sebesar 0,536 gram dan berdasarkan hasil perhitungan teoritis total logam yang terimpregnasi sebesar 0,2 gram. Produk samping hasil sintesis Fischer-Tropsch berupa gas CO₂ terbentuk sebesar 7,76%, 6,75% dan 5,84% masing-masing pada suhu 190°, 250°C dan 270°C. Produk utama hasil sintesis Fischer-Tropsch berupa biofuel tidak tertampung pada tangki sehingga tidak dapat dilakukan analisis GC-MS.

Kata Kunci: karbon aktif, Fischer-Tropsch Synthesis, Katalis Bimetal

APPLICATION OF Fe-Co/ACTIVATED CARBON CATALYST FOR PRODUCTION BIOFUEL WITH FISCHER-TROPSCH SYNTHESIS

Name /NRP : 1. Rahadian Maulana M. (02211546000134)
2. Nabhan Rusydi (02211546000156)
Departement : Teknik Kimia FTI-ITS
Supervisor : 1. Firman Kurniawansyah, S.T, M.Eng.Sc. PhD
2. Ir. Ignatius Gunardi, MT.

ABSTRACT

Fischer-Tropsch synthesis is a polymerization reaction that produces various products such as paraffins, olefins, alcohols, and aldehydes. The purpose of this study was to study the performance of Fe-Co/Carbon catalysts in various temperature of Fischer-Tropsch synthesis on the distribution of biofuel products. The variations of temperature were 190°C, 210°C, 230°C, 250°C dan 270°C. The research procedure was divided into 2 sections namely the manufacture of Fe-Co catalyst and Fischer Tropsch synthesis. The Fe-Co catalysts generated from this study were then characterized using FTIR, BET, and EDX. The FTIR analysis showed that oxygen functional groups such as phenol, alcohol, carboxylic acid have been formed. The BET analysis showed that after functionalitation procedure of active carbon had surface area 234,604 m²/gram. The EDX analysis showed that catalyst which compoition FE:Co=1:1 had total metal impregnated was closed to theoritical calculation 0,536 gram proper to 0,2 gram. Side product from Fischer-Tropsch synthesis was CO₂ gas which is formed 7,76%; 6,75%; and 5,84% at temperature 190°C, 250°C, and 270°C respectively. Main product from Fischer-Tropsch synthesis which is liquid biofuel was not accomodated in the tank, so it can't be done by GC-MS analysis.

Keyword: activated carbon, Fischer-Tropsch Synthesis, Bimetallic catalyst

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subhana Wa Ta'ala yang telah memberikan kekuatan dan menuntun kami hingga saat ini untuk menyusun skripsi yang berjudul ***APLIKASI KATALIS Fe-Co/KARBON AKTIF DALAM PEMBUATAN BIOFUEL MENGGUNAKAN SINTESIS FISCHER-TROPSCH*** dan menyelesaikan proposal ini tepat pada waktunya. Penulisan skripsi ini merupakan syarat kelulusan bagi mahasiswa tahap sarjana di Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

Selama penyusunan laporan ini, kami banyak sekali mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Firman Kurniawansyah, S.T., M.Eng.Sc, Ph.D dan Ir. Ignatius Gunardi, MT., selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA., selaku Kepala Laboratorium Teknik Reaksi Kimia.
3. Bapak Annas Wiguno dan Ibu Ni Made Intan Putri S selaku penguji yang telah memberikan saran dalam penyusunan laporan skripsi.
4. Bapak Juwari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
5. Bapak dan Ibu Dosen pengajar serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia.
6. Orang tua dan saudara-saudara kami serta teman - teman, atas doa, bimbingan, perhatian, dan kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.

Kami menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini, yang membutuhkan saran yang konstruktif demi penyempurnaannya.

Surabaya, 11 Juli 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1. Latar Belakang	I-1
I.2. Perumusan Masalah	I-3
I.3. Tujuan Penelitian	I-3
I.4. Manfaat Penelitian	I-3
BAB II . TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
II.1. Katalis Bimetal untuk Fischer-Tropsch	II-1
II.2. Bambu Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif	II-2
II.3. Karbon Aktif	II-2
II.4. Karbon Aktif sebagai Kontrol Polimerisasi	II-6
II.5. Sintesis Fischer-Tropsch.....	II-8
II.6. Penelitian terdahulu	II-10
BAB III. METODE PENELITIAN	III-1
III.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	III-1
III.2. Variable Penelitian	III-2
III.3. Peralatan dan Bahan	III-3
III.4. Prosedur Penelitian.....	III-5
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1. Pengaruh Berbagai Treatment dalam Pembuatan Katalis Fe-Co/Karbon Aktif	IV-1
IV.2. Proses Sintesis Fischer-Tropsch.....	IV-5
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
V.1. Kesimpulan.....	V-1
V.2. Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA.....	xii

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1. Grafik produksi minyak bumi di Indonesia	I-1
Gambar I.2. Grafik rasio produksi dan konsumsi batubara di Indonesia	I-2
Gambar II.1. Struktur Kimia Karbon Aktif (Philippe, 2009)...	II-3
Gambar III.1. Skema peralatan reaktor karbonisasi dan kalsinasi.....	III-2
Gambar III.2. Skema peralatan reaktor untuk sintesis Fischer- Tropsch.....	III-2
Gambar III.3 Diagram Alir Proses Pembuatan Katalis	III-5
Gambar III.4 Diagram Alir Proses Sintesis Fischer Tropsch..	III-6
Gambar IV.1 Struktur kimia karbon aktifI.....	V-2
Gambar IV.2 Grafik Hasil Analisis FTIR karbon aktifI.....	V-3
Gambar IV.3 Produk Sintesis Fischer Tropsch (a) Produk liquid (b) produk gas.....	IV-6

DAFTAR TABEL

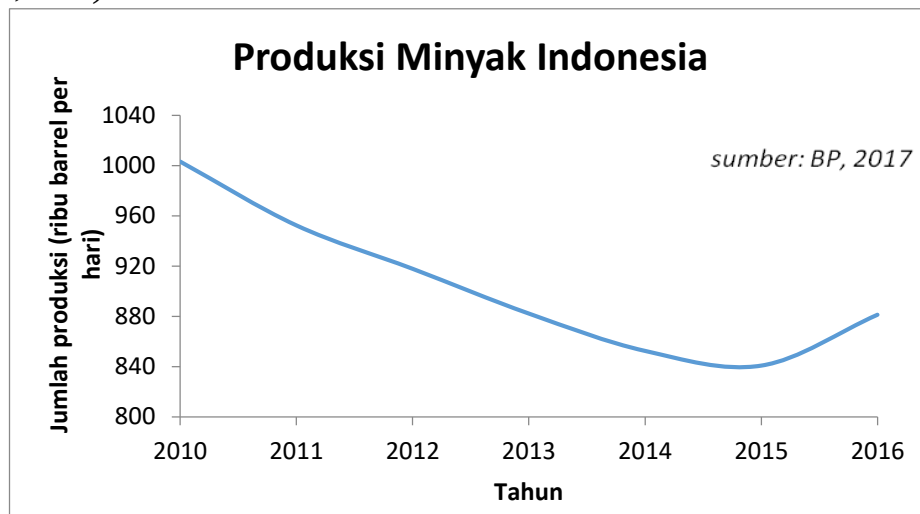
Tabel II.1. Komposisi Kimia Bambu	II-2
Tabel II.2. Persyaratan karbon aktif	II-4
Tabel II.3. Daftar Penelitian Terdahulu.....	II-11
Tabel IV.1. Gugus Fungsi pada sampel Karbon Aktif setelah proses fungsionalisasi.....	IV-4
Tabel IV.2. Data Analisis BET Katalis Fe-Co/Karbon Aktif (Fe:Co = 50%:50%)	IV-4
Tabel IV.3. Hasil analisis EDX katalis Fe-Co/Karbon aktif pada berbagai komposisi Fe dalam Fe-Co.....	IV-5

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pada tahun 2016, produksi minyak bumi hanya sekitar 881 ribu *barrel per day* atau menurun menjadi 12,2% dibandingkan tahun 2010 sebesar 1003 ribu bpd. Sejak tahun 2010 sampai dengan 2015 terjadi penurunan produksi rata-rata sekitar 2,6% per tahun (BP, 2017).



Gambar I.1 Grafik produksi minyak bumi di Indonesia

Produksi minyak di Indonesia berbanding terbalik dengan produksi batubara di Indonesia. Dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2016 produksi batubara di Indonesia mengalami kenaikan jumlah produksi. Hal ini berbanding terbalik dengan jumlah konsumsi batubara di Indonesia dimana dari tahun 2010 sampai dengan 2016 tidak mengalami kenaikan jumlah konsumsi yang signifikan. Grafik rasio produksi dan konsumsi batubara di Indonesia ditunjukkan pada gambar I.2

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Katalis Bimetal untuk Fischer-Tropsch

Secara umum ada empat logam katalis yang dapat dipakai untuk reaksi *Fischer-Tropsch* (FT) yaitu besi (Fe), kobalt (Co), nikel (Ni) dan rutenium (Ru). Ru merupakan logam katalis yang paling aktif, tetapi karena jumlahnya yang langka dan harganya yang mahal maka logam ini tidak digunakan untuk kebutuhan komersial. Penggunaan logam Ni juga dihindari karena meskipun memiliki selektivitas terhadap gas metana yang tinggi, tetapi logam ini memiliki selektivitas rantai panjang sangat kecil, oleh karena itu hanya logam Fe dan Co saja yang digunakan sebagai katalis FT untuk kebutuhan komersial (Dry, 2004).

Sejak ditemukannya proses *Fischer-Tropsch* pada tahun 1925, besi (Fe) dan kobalt (Co) merupakan logam katalis industri yang terbukti secara komersial. Harga katalis Fe yang relatif murah dan dapat menghasilkan hidrokarbon serta senyawa oksigenasi lainnya dengan berbagai tekanan, rasio H_2/CO dan temperatur. Katalis berbasis Fe yang digunakan pada proses *High Temperature Fischer-Tropsch* (HTFT) umumnya memiliki produktivitas rendah pada konversi tinggi, menghasilkan olefin lebih banyak, menghasilkan aktivitas *water-gas shift* yang tinggi dan ketahanan rendah terhadap deaktivasi yang dapat diakibatkan oleh *coking*, deposisi karbon maupun pembentukan besi karbida. Reaktor HTFT tersebut beroperasi pada temperatur 300-350°C dan tekanan 20 bar (Khodakov et al, 2007).

Sementara katalis Co merupakan pilihan optimal pada proses *Fischer-Tropsch* temperatur rendah, dengan aktivitas tinggi, selektivitas tinggi terhadap parafin linier, ketahanan tinggi terhadap deaktivasi dan aktivitas *water-gas shift* yang rendah. Katalis berbasis Co digunakan pada *Low Temperature Fischer-Tropsch* (LTFT) yang beroperasi pada temperatur 200-240°C dan tekanan 27 bar (Borg et al., 2007).

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kinerja katalis Fe-Co/karbon aktif (komposisi Fe:Co = 50%:50%) pada berbagai variasi suhu terhadap distribusi produk biofuel. Penelitian diawali dengan pembuatan karbon aktif dari bambu dan karakterisasinya sebagai penyanggah katalis logam, impregnasi logam Fe-Co dan uji kinerja katalis terhadap distribusi produk biofuel.

III.1 Variabel Percobaan

III.1.1 Variabel Tetap

Variabel tetap meliputi:

1. Reaktor kontinyu *fixed bed* (SS-316, diameter 1.5cm, tebal 3 mm, panjang 50 cm)
2. Massa katalis = 2 gram
3. Loading katalis = 10%
4. Komposisi Fe:Co dalam karbon aktif = 50%:50%
5. Karbon aktif kombinasi Karbonisasi – H_3PO_4
6. Laju alir gas sintetis = 200 ml/menit
7. Tekanan sintesis Fischer-Tropsch = 20 bar
8. Komposisi gas (15% CO, 15% H_2 dan 70% N_2)

III.1.2 Variabel Berubah

Variabel berubah pada proses ini adalah variasi suhu pada 190°C, 210°C, 230°C, 250°C dan 270°C.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil dari data penelitian sehingga didapatkan suatu kesimpulan dari percobaan yang dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari kinerja katalis Fe-Co/karbon aktif (komposisi Fe:Co=1:1) pada berbagai variasi suhu terhadap distribusi produk biofuel. Karakterisasi katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah karakterisasi BET, FTIR, EDX dan karakterisasi produk dengan GC dan GCMS. Karakterisasi BET digunakan untuk mengetahui luas permukaan, volume pori, diameter pori dari karbon aktif yang dihasilkan, karakterisasi FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi pada karbon yang dihasilkan. Karakterisasi EDX digunakan untuk mengetahui unsur yang terkandung dalam bahan secara kuantitatif. Produk gas dianalisis dari *gas detector* di aliran gas keluar.

IV.1 Pengaruh Berbagai *Treatment* dalam Pembuatan Katalis Fe-Co/Karbon Aktif

Pada pembuatan katalis Fe-Co/Karbon aktif langkah pertama yang dilakukan adalah memroses bahan baku berupa bambu ori menjadi karbon aktif sebagai support/penyangga katalis dengan proses karbonisasi. Proses karbonisasi bertujuan untuk menjadikan bamboo ori menjadi arang. Untuk menghindari terbentuknya abu karena proses dilakukan pada suhu tinggi, maka karbonisasi ini dialiri dengan gas nitrogen. Kemudian arang bambu diaktivasi secara kimia yang bertujuan untuk menambah luas pori dari arang, dan menghilangkan pengotor yang mungkin menyumbat pori dari proses karbonisasi (*Kirk dan Othmer, 1978*). Proses aktivasi kimia pada penelitian ini menggunakan H_3PO_4 dilakukan pada temperatur 85°C selama satu jam dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Tahap selanjutnya adalah proses fungsionalisasi katalis dimana proses ini dilakukan dengan menggunakan larutan HNO_3 selama empat jam dengan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

1. Produk samping berupa gas CO₂ terbentuk sebesar 7,76%, 6,75% dan 5,84% masing-masing pada suhu 190°, 250°C dan 270°C.
2. Produk cair berupa *biofuel* tidak tertampung pada tangki sehingga tidak dapat dilakukan analisis GC-MS.

V.2 Saran

1. Melakukan variasi dan integrasi terhadap alat *Fischer-Tropsch* sehingga mampu dioperasikan pada kondisi operasi yang diinginkan. Beberapa hal yang dapat dilakukan adalah:
 - a. Mengatur ulang rangkaian reaktor agar termokopel dapat dipasang pada pipa aliran gas.
 - b. Mengevaluasi kembali tekanan yang masuk kedalam tangki penyimpanan hidrokarbon fraksi berat dan mengganti tangki penyimpanan agar sesuai dengan spesifikasi tekanan yang masuk kedalam tangki.
2. Melakukan sintesis *Fischer-Tropsch* secara *batch* dengan perubahan berat katalis, variasi komposisi logam, kondisi operasi dan waktu sehingga diharapkan dapat mengetahui distribusi biofuel terhadap perubahan variabel tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhyananta, H., dkk. 2012. *Sifat Mekanik dan Termal Bambu Ori dan Bambu Petung Indonesia: Efek Perlakuan Panas*. Prosiding Seminar Nasional Material dan Metalurgi, pp 238-243.
- BP p.l.c. 2017. *BP Statistical Review of World Energy 2017*. BP p.l.c Statistical Review
- Bukur D. B., X Lang, D. Mukesh, W. H. Zimmerman, M. P. Rosynek, and C. Li. 1990. *Binder/Support Effects on the Activity and Selectivity of Iron Catalysts in the Fischer-Tropsch Synthesis*. Industrial Engineering Chemistry Research, 29 pp 1588-1599.
- Bezemer, G.L., Bitter, J.H., Kuiper, H.P.C.E., Oosterbeek, H., Holewijn, J.E., Xu, X., Kapteijn, F., van Dillen, A.J., de Jong, K.P. (2006). *Cobalt Particle Size Effects in The Fischer-Tropsch Reaction Studied with Carbon Nanofiber Supported Catalysts*. Journal of the American Chemical Society 128, pp 3956-3964.
- Bhuana, D., Zhang, J., Li, F., Cooper, M., Brantley, T. 2015. *Development of Hybrid Fischer-Tropsch Synthesis Catalysts for Direct Production of Synthetic Gasoline from Coal-Based Syngas: An Indonesian Perspective*. Modern Applied Science, Vol. 9, No. 7, pp 47-53.
- Borg, Ø, P.D.C. Dietzel, A.I. Spjelkavik, E.Z. Tveten, J.C. Walmsley, S. Diplas, S. Eri, A. Holmen, E. Rytter (2008). *Fischer-Tropsch Synthesis: Cobalt Particle Size and Support Effects on Intrinsic Activity and Product Distribution*. Journal of Catalysis 259 pp 161-164.
- Dabrowski, A., Podkoscielny, P., Hubiciki, Z., Barczak, M. 2005. *Adsorption of Phenolic Compounds by Activated Carbon-a Critical Review*. Chemosphere 58, 1049-1070.
- Dalai A.K., B.H. Davis 2008. *Fischer-Tropsch Synthesis: A Review of Water Effects on The Performances of*

LEMBAR PENGESAHAN

APLIKASI KATALIS Fe-Co/KARBON AKTIF DALAM PEMBUATAN BIOFUEL MENGGUNAKAN SINTESIS FISCHER-TROPSCH

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Kimia pada Program Studi S-1
Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

Rahadian Maulana Malik

02211440000134

Nabhan Rusydi

02211440000156

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Firman Kurniawansyah, S.T, M.Eng.Sc., Ph.D...
(Pembimbing I)
2. Ir. Ignatius Gunardi, M.T
(Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA
(Penguji I)
4. Annas Wiguno, S.T, M.T
(Penguji II)
5. Ni Made Intan Putri S, S.T., M.T
(Penguji III)

[Handwritten signatures of the examiners]



APLIKASI KATALIS Fe-Co/KARBON AKTIF DALAM PEMBUATAN BIOFUEL MENGGUNAKAN SINTESIS FISCHER-TROPSCH

Nama /NRP : 1. Rahadian Maulana Malik (02211546000134)
2. Nabhan Rusydi (02211546000156)
Departemen : Teknik Kimia FTI-ITS
DosenPembimbing : 1. Firman Kurniawansyah, S.T, M.Eng.Sc. PhD
2. Ir. Ignatius Gunardi, MT.

ABSTRAK

Sintesis Fischer-Tropsch merupakan reaksi polimerisasi yang menghasilkan berbagai produk seperti parafin, olefin, alcohol dan aldehida. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari kinerja katalis Fe-Co/karbon aktif pada berbagai variasi suhu sintesis Fischer-Tropsch terhadap distribusi produk biofuel. Variasi suhu yang digunakan adalah 190°C, 210°C, 230°C, 250°C dan 270°C. Secara garis besar prosedur penelitian dibagi menjadi dua tahap yaitu pembuatan katalis Fe-Co/Karbon aktif dan sintesis Fischer Tropsch. Katalis Fe-Co yang dihasilkan kemudian diuji menggunakan FTIR, BET dan EDX. Hasil analisis FTIR menunjukkan telah terbentuknya gugus fungsi oksigen seperti keton, aldehid, fenol, alkohol dan asam karboksilat. Hasil analisis BET menunjukkan karbon aktif setelah tahap fungsionalisasi memiliki luas permukaan 234,604 m²/gram. Hasil analisis EDX menunjukkan bahwa katalis pada komposisi Fe:Co=1:1 memiliki total logam terimpregnasi sebesar 0,536 gram dan berdasarkan hasil perhitungan teoritis total logam yang terimpregnasi sebesar 0,2 gram. Produk samping hasil sintesis Fischer-Tropsch berupa gas CO₂ terbentuk sebesar 7,76%, 6,75% dan 5,84% masing-masing pada suhu 190°, 250°C dan 270°C. Produk utama hasil sintesis Fischer-Tropsch berupa biofuel tidak tertampung pada tangki sehingga tidak dapat dilakukan analisis GC-MS.

Kata Kunci: karbonaktif, Fischer-Tropsch Synthesis, Katalis Bimetal

APPLICATION OF Fe-Co/ACTIVATED CARBON CATALYST FOR PRODUCTION BIOFUEL WITH FISCHER-TROPSCH SYNTHESIS

Name /NRP : 1. Rahadian Maulana M. (02211546000134)
2. Nabhan Rusydi (02211546000156)
Departement : Teknik Kimia FTI-ITS
Supervisor : 1. Firman Kurniawansyah, S.T, M.Eng.Sc. PhD
2. Ir. Ignatius Gunardi, MT.

ABSTRACT

Fischer-Tropsch synthesis is a polymerization reaction that produces various products such as paraffins, olefins, alcohols, and aldehydes. The purpose of this study was to study the performance of Fe-Co/Carbon catalysts in various temperature of Fischer-Tropsch synthesis on the distribution of biofuel products. The variations of temperature were 190°C, 210°C, 230°C, 250°C dan 270°C. The research procedure was divided into 2 sections namely the manufacture of Fe-Co catalyst and Fischer Tropsch synthesis. The Fe-Co catalysts generated from this study were then characterized using FTIR, BET, and EDX. The FTIR analysis showed that oxygen functional groups such as phenol, alcohol, carboxylic acid have been formed. The BET analysis showed that after functionalitation procedure of active carbon had surface area 234,604 m²/gram. The EDX analysis showed that catalyst which compoition FE:Co=1:1 had total metal impregnated was closed to theoritical calculation 0,536 gram proper to 0,2 gram. Side product from Fischer-Tropsch synthesis was CO₂ gas which is formed 7,76%; 6,75%; and 5,84% at temperature 190°C, 250°C, and 270°C respectively. Main product from Fischer-Tropsch synthesis which is liquid biofuel was not accomodated in the tank, so it can't be done by GC-MS analysis.

Keyword: activated carbon, Fischer-Tropsch Synthesis, Bimetallic catalyst

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subhana Wa Ta'ala yang telah memberikan kekuatan dan menuntun kami hingga saat ini untuk menyusun skripsi yang berjudul ***APLIKASI KATALIS Fe-Co/KARBON AKTIF DALAM PEMBUATAN BIOFUEL MENGGUNAKAN SINTESIS FISCHER-TROPSCH*** dan menyelesaikan proposal ini tepat pada waktunya. Penulisan skripsi ini merupakan syarat kelulusan bagi mahasiswa tahap sarjana di Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

Selama penyusunan laporan ini, kami banyak sekali mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Firman Kurniawansyah, S.T., M.Eng.Sc, Ph.D dan Ir. Ignatius Gunardi, MT., selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA., selaku Kepala Laboratorium Teknik Reaksi Kimia.
3. Bapak Annas Wiguno dan Ibu Ni Made Intan Putri S selaku penguji yang telah memberikan saran dalam penyusunan laporan skripsi.
4. Bapak Juwari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
5. Bapak dan Ibu Dosen pengajar serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia.
6. Orang tua dan saudara-saudara kami serta teman - teman, atas doa, bimbingan, perhatian, dan kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.

Kami menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini, yang membutuhkan saran yang konstruktif demi penyempurnaannya.

Surabaya, 11 Juli 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1. Latar Belakang	I-1
I.2. Perumusan Masalah	I-3
I.3. Tujuan Penelitian	I-3
I.4. Manfaat Penelitian	I-3
BAB II . TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1. Katalis Bimetal untuk Fischer-Tropsch	II-1
II.2. Bambu Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif	II-2
II.3. Karbon Aktif	II-2
II.4. Karbon Aktif sebagai Kontrol Polimerisasi	II-6
II.5. Sintesis Fischer-Tropsch.....	II-8
II.6. Penelitian terdahulu	II-10
BAB III. METODE PENELITIAN	III-1
III.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	III-1
III.2. Variable Penelitian	III-2
III.3. Peralatan dan Bahan	III-3
III.4. Prosedur Penelitian.....	III-5
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1. Pengaruh Berbagai Treatment dalam Pembuatan Katalis Fe-Co/Karbon Aktif	IV-1
IV.2. Proses Sintesis Fischer-Tropsch.....	IV-5
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
V.1. Kesimpulan.....	V-1
V.2. Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA.....	xii

APPENDIKS LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1. Grafik produksi minyak bumi di Indonesia	I-1
Gambar I.2. Grafik rasio produksi dan konsumsi batubara di Indonesia	I-2
Gambar II.1. Struktur Kimia Karbon Aktif (Philippe, 2009)...	II-3
Gambar III.1. Skema peralatan reaktor karbonisasi dan kalsinasi.....	III-2
Gambar III.2. Skema peralatan reaktor untuk sintesis Fischer- Tropsch.....	III-2
Gambar III.3 Diagram Alir Proses Pembuatan Katalis	III-5
Gambar III.4 Diagram Alir Proses Sintesis Fischer Tropsch..	III-6
Gambar IV.1 Struktur kimia karbon aktifI.....	V-2
Gambar IV.2 Grafik Hasil Analisis FTIR karbon aktifI.....	V-3
Gambar IV.3 Produk Sintesis Fischer Tropsch (a) Produk liquid (b) produk gas.....	IV-6

DAFTAR TABEL

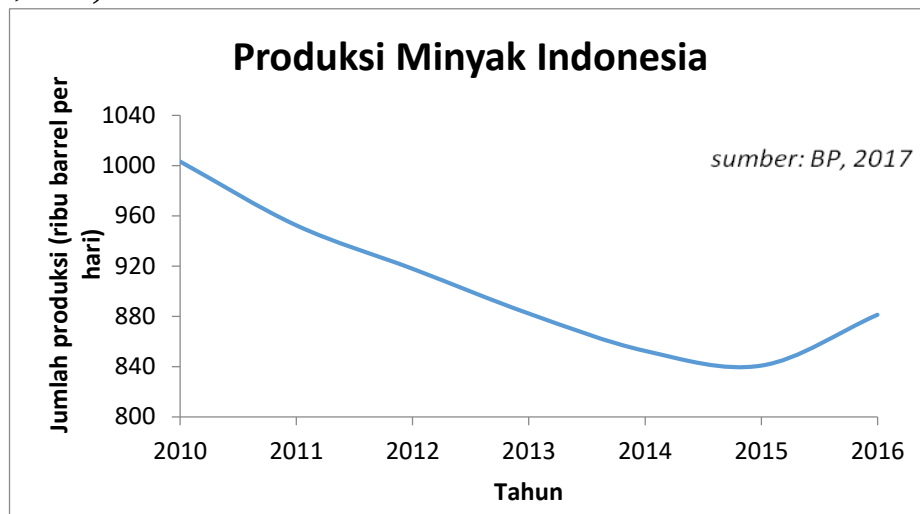
Tabel II.1. Komposisi Kimia Bambu	II-2
Tabel II.2. Persyaratan karbon aktif	II-4
Tabel II.3. Daftar Penelitian Terdahulu.....	II-11
Tabel IV.1. Gugus Fungsi pada sampel Karbon Aktif setelah proses fungsionalisasi.....	IV-4
Tabel IV.2. Data Analisis BET Katalis Fe-Co/Karbon Aktif (Fe:Co = 50%:50%)	IV-4
Tabel IV.3. Hasil analisis EDX katalis Fe-Co/Karbon aktif pada berbagai komposisi Fe dalam Fe-Co.....	IV-5

BAB I

PENDAHULUAN

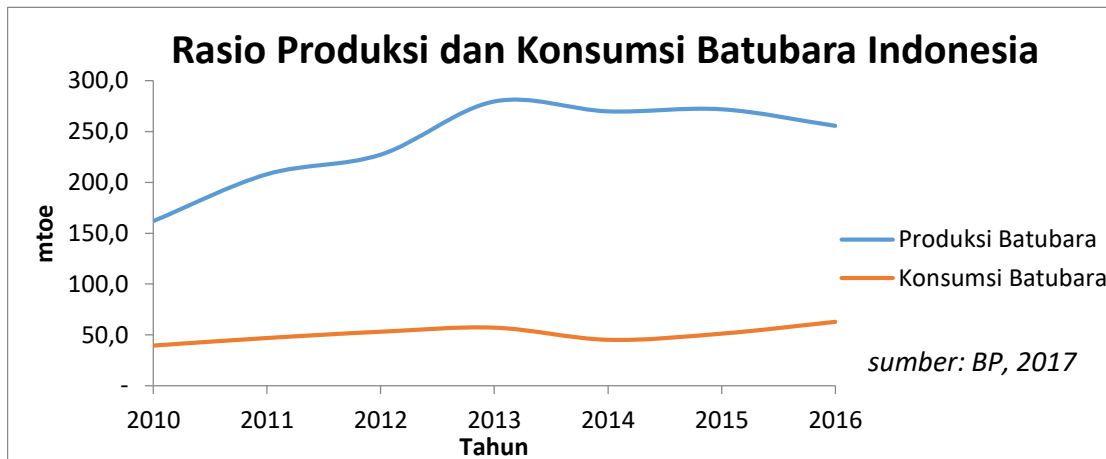
I.1 Latar Belakang

Pada tahun 2016, produksi minyak bumi hanya sekitar 881 ribu *barrel per day* atau menurun menjadi 12,2% dibandingkan tahun 2010 sebesar 1003 ribu bpd. Sejak tahun 2010 sampai dengan 2015 terjadi penurunan produksi rata-rata sekitar 2,6% per tahun (BP, 2017).



Gambar I.1 Grafik produksi minyak bumi di Indonesia

Produksi minyak di Indonesia berbanding terbalik dengan produksi batubara di Indonesia. Dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2016 produksi batubara di Indonesia mengalami kenaikan jumlah produksi. Hal ini berbanding terbalik dengan jumlah konsumsi batubara di Indonesia dimana dari tahun 2010 sampai dengan 2016 tidak mengalami kenaikan jumlah konsumsi yang signifikan. Grafik rasio produksi dan konsumsi batubara di Indonesia ditunjukkan pada gambar I.2



Gambar I.2 Grafik rasio produksi dan konsumsi batubara Indonesia

Berdasarkan gambar I.2, pada tahun 2016 rasio produksi dan konsumsi batubara di Indonesia sebesar 193 mtoe. Seiring dengan penurunan produksi minyak dan kenaikan produksi batubara, maka pemanfaatan batubara perlu ditingkatkan untuk mencukupi kebutuhan energi. Di sisi lain batubara tidak dapat dimanfaatkan secara langsung oleh masyarakat sehingga diperlukan suatu cara/ metode untuk memanfaatkan batubara menjadi energi bentuk lain yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh masyarakat, misalnya bahan bakar cair.

Semakin berkurangnya produksi minyak bumi di Indonesia maka diperlukan teknik produksi alternatif untuk memproduksi bahan bakar cair. Salah satu teknik produksi alternatif bahan bakar cair adalah sintesis Fischer-Tropsch. Sintesis Fischer-Tropsch adalah proses pembentukan hidrokarbon rantai panjang seperti bensin, kerosin dan diesel dari *synthesis gas* (*syngas*) pada tekanan dan temperatur tinggi dengan bantuan katalis. *Syngas* merupakan campuran dari gas CO dan H₂ dan dapat diperoleh dari konversi biomassa seperti batubara dan gas alam (Avinashkumar, 2012).

Produk Sintesis Fischer-Tropsch dari *syngas* menghasilkan beberapa macam produk seperti *paraffin*, *olefin*, alkohol dan aldehyd. Produk yang paling diinginkan adalah produk dengan kadar metana rendah, alkohol rendah dan hidrokarbon dengan kandungan C₅₊ yang tinggi. Produk dapat dikontrol dengan memodifikasi katalis, kondisi reaktor dan kondisi reaksi dalam reaktor. Sejak dilakukannya sintesis Fischer-Tropsch pada tahun 1920, katalis yang terbukti penggunaannya dalam skala industri adalah katalis Fe dan Co. Beberapa variasi *material support* (penyangga) yang digunakan untuk jenis katalis ini diantaranya silika, alumina, titanium dan karbon (Fu, 2013).

Banyak penelitian terdahulu menggunakan penyangga katalis Co berupa alumina dan silika. Katalis tersebut memiliki kelemahan yaitu sukar untuk direduksi karena interaksi yang kuat antara oksida kobalt dan penyangganya. Hal tersebut mengakibatkan pembatasan terhadap aktivitas pertumbuhan rantai hidrokarbon. Karbon merupakan bahan *inert* sehingga kemungkinan untuk tidak dapat direduksi kecil. Karbon dipertimbangkan sebagai penyangga baru dalam sintesis Fischer-Tropsch propertinya yang unik seperti distribusi ukuran pori yang merata, struktur meso dan makro pori, sifat *inert* dan ketahanan terhadap lingkungan asam maupun basa (Fu, 2013).

Selama ini pembuatan karbon aktif sudah dilakukan dengan menggunakan batubara (*bituminous coal*) dan material organik dengan kandungan karbon tinggi seperti tempurung kelapa, serat kayu dan limbah agrikultur seperti bambu. Di Indonesia terdapat sekitar 60 jenis bambu. Bambu memiliki beberapa sifat antara lain mudah dibelah, mudah dibentuk dan ringan sehingga mudah diangkut. Berdasarkan sifat diatas, bambu berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan karbon aktif. Pembuatan karbon aktif dari bambu dilakukan dengan cara dekomposisi termal melalui tiga tahap yaitu: dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi (Miranti, 2012).

Penelitian ini akan membahas mengenai distribusi produk biofuel dari sintesis Fischer-Tropsch menggunakan katalis Fe-Co dengan penyangga karbon aktif. Di dalam penelitian ini bambu digunakan sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah kinerja katalis Fe-Co/karbon aktif dalam polimerisasi terbatas menggunakan katalis bimetal-karbon aktif dalam sintesis Fischer-Tropsch.

Polimerisasi terbatas dalam sistesis Fischer-Tropsch menggunakan katalis bimetal logam Fe dan Co berpenyangga karbon aktif (Fe-CO/ karbon aktif) memiliki beberapa parameter yang berpengaruh. Sintesis Fischer-Tropsch dipengaruhi beberapa parameter seperti kondisi operasi (temperatur, tekanan, waktu), rasio CO/H₂, laju alir gas sintesis (CO dan H₂), dan jenis reaktor. Penelitian ini dibatasi pada variasi suhu yang digunakan dalam sintesis Fischer-Tropsch.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan yaitu mempelajari kinerja katalis Fe-Co/karbon aktif (perbandingan komposisi Fe:Co=50%:50%) pada berbagai variasi suhu.

I.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah meningkatkan nilai ekonomis bambu sebagai bahan baku karbon aktif penyangga katalis logam serta memberikan alternatif penyediaan *biofuel* yang identik dengan bahan bakar fosil melalui efisiensi sintesis Fischer-Tropsch satu tahap menggunakan katalis bimetal-karbon aktif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Katalis Bimetal untuk Fischer-Tropsch

Secara umum ada empat logam katalis yang dapat dipakai untuk reaksi *Fischer-Tropsch* (FT) yaitu besi (Fe), kobalt (Co), nikel (Ni) dan rutenium (Ru). Ru merupakan logam katalis yang paling aktif, tetapi karena jumlahnya yang langka dan harganya yang mahal maka logam ini tidak digunakan untuk kebutuhan komersial. Penggunaan logam Ni juga dihindari karena meskipun memiliki selektivitas terhadap gas metana yang tinggi, tetapi logam ini memiliki selektivitas rantai panjang sangat kecil, oleh karena itu hanya logam Fe dan Co saja yang digunakan sebagai katalis FT untuk kebutuhan komersial (Dry, 2004).

Sejak ditemukannya proses *Fischer-Tropsch* pada tahun 1925, besi (Fe) dan kobalt (Co) merupakan logam katalis industri yang terbukti secara komersial. Harga katalis Fe yang relatif murah dan dapat menghasilkan hidrokarbon serta senyawa oksigenasi lainnya dengan berbagai tekanan, rasio H_2/CO dan temperatur. Katalis berbasis Fe yang digunakan pada proses *High Temperature Fischer-Tropsch* (HTFT) umumnya memiliki produktivitas rendah pada konversi tinggi, menghasilkan olefin lebih banyak, menghasilkan aktivitas *water-gas shift* yang tinggi dan ketahanan rendah terhadap deaktivasi yang dapat diakibatkan oleh *coking*, deposisi karbon maupun pembentukan besi karbida. Reaktor HTFT tersebut beroperasi pada temperatur 300-350°C dan tekanan 20 bar (Khodakov et al, 2007).

Sementara katalis Co merupakan pilihan optimal pada proses *Fischer-Tropsch* temperatur rendah, dengan aktivitas tinggi, selektivitas tinggi terhadap parafin linier, ketahanan tinggi terhadap deaktivasi dan aktivitas *water-gas shift* yang rendah. Katalis berbasis Co digunakan pada *Low Temperature Fischer-Tropsch* (LTFT) yang beroperasi pada temperatur 200-240°C dan tekanan 27 bar (Borg et al., 2007).

Harga Co yang cukup mahal menyebabkan penggunaannya diminimalisir dengan penggunaan logam lain sebagai penyangga seperti Al_2O_3 , SiO_2 atau TiO_2 untuk memperoleh luas permukaan yang maksimal melalui dispersi pada penyangga tersebut. Penggunaan Fe dan Co secara bersamaan dapat meningkatkan aktivitas katalis. Mukenz (2011) menggunakan kombinasi katalis Fe-Co/ TiO_2 dan berhasil menurunkan selektivitas CO_2 dan CH_4 dengan kenaikan konversi reaktan dibandingkan penggunaan katalis Fe dan Co secara terpisah. Ali *et al.*, (2011) menggunakan katalis Fe-Co/ Al_2O_3 dan menghasilkan konversi CO lebih tinggi dibandingkan penggunaan Fe dan Co secara terpisah. Mansouri & Atashi (2016) menggunakan katalis Fe-Co/ SiO_2 menghasilkan konversi CO yang lebih besar.

II.2 Bambu Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif

Bambu Ori (*Bambusa blumeana*) merupakan bahan baku pembuatan karbon aktif yang sangat potensial karena pertumbuhan yang sangat cepat dan ketersediaan yang cukup melimpah. Pada umumnya, karbon aktif diolah dari limbah bambu yang banyak dihasilkan pengrajin bambu maupun industri kecil berbahan baku bambu. Beberapa spesies bambu berdiameter kecil atau cabang bambu yang berdiameter kecil dapat dibentuk menjadi karbon aktif model cincin (*raschig ring*) sehingga dapat digunakan dalam industri sebagai penyanggah katalis logam maupun sebagai katalis.

Beberapa perbandingan karakteristik fisik dan mekanik bambu ori dengan jenis bambu petung dapat dilihat pada table II.1 :

Tabel II.1 Perbandingan Bambu

Jenis Bambu	Densitas (gr/cm^3)	Kekuatan Tarik (Mpa)	Kekuatan Tekuk (Mpa)
Bambu Ori	0,78	192	221
Bambu Petung	0,69	112	161

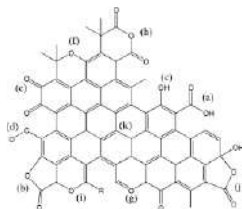
(Ardhyananta., 2012).

Pada tabel II.1 didapatkan informasi bahwa bambu ori memiliki densitas yang lebih tinggi dibanding dengan bambu petung, densitas bambu ini berbanding lurus dengan densitas serat yang terkandung didalamnya (*Ardhyananta,2012*).

II.3 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah arang halus yang berwarna hitam, tidak berbau, tidak mempunyai rasa. Karbon aktif berbentuk amorf, yang terdiri dari 87-97% karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur, nitrogen serta senyawa-senyawa lainnya yang terbentuk pada saat proses pembuatan. Karbon aktif biasanya dibuat oleh dekomposisi termal dari bahan karbon diikuti dengan aktivasi menggunakan uap atau karbon dioksida pada suhu tinggi (700-1100°C). Proses aktivasi melibatkan penghilangan produk penghambat karbonisasi yang terbentuk selama pirolisis, sehingga dapat membuka pori-pori karbon (*Ruthven, 1981*).

Selain terdiri dari atom karbon, karbon aktif mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang terikat pada gugus fungsi misalnya karboksil, fenol, dan eter. Gugus fungsi ini dapat berasal dari bahan baku karbon aktif. Selain itu, gugus fungsi pada karbon aktif juga terbentuk selama proses aktivasi oleh karena adanya interaksi radikal bebas permukaan karbon dengan oksigen atau nitrogen yang berasal dari atmosfer. Gugus fungsi ini menjadikan permukaan karbon aktif reaktif secara kimia dan dapat mempengaruhi sifat adsorpsinya (Murti, 2008). Struktur kimia karbon aktif dapat dilihat pada Gambar II.1.



Gambar II.1.Struktur kimia karbon aktif
(*Philippe, 2009*)

Karbon aktif dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-2500 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai daya serap yang baik. Karbon aktif dapat dibuat melalui dua tahap, yaitu tahap karbonisasi dan aktivasi. Bahan baku yang dapat dibuat menjadi karbon aktif adalah semua bahan yang banyak mengandung karbon seperti coke minyak bumi, serbuk gergaji, lignit, batubara, kayu, arang, batok kelapa dan biji buah-buahan (*Austin, 1984*).

Tabel II.2. Persyaratan karbon aktif menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) No.06-3730-1995.

No	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			Butiran	Serbuk
1	Bagian yang hilang pada Pemanasan 950°C	%	Maks.15	Maks.25
2	Air	%	Maks.4,4	Maks.15
3	Abu	%	Maks.2,5	Maks.10
4	Bagian yang tidak terarang	-	Tidak ternyata	Tidak ternyata
5	Daya serap I ₂	mg/g	Min.750	Min.750
6	Karbon aktif murni	%	Min.80	Min.65
7	Daya serap benzena	%	Min.25	-
8	Daya serap biru metilena	ml/g	Min.60	Min.120
9	Kerapatan jenis curah	g/ml	0,45-0,55	0,30-0,35
10	Lolos ukuran <i>mesh</i> 325	%		Min.90
11	Jarak <i>mesh</i>	%	9	-
12	Kekerasan	%	8	-

Secara garis besar, ada dua tahap pembuatan karbon aktif, yaitu proses karbonisasi dan aktivasi. Kedua proses ini bertujuan

untuk membentuk pori-pori pada karbon agar mendapatkan luas permukaan besar untuk mengadsorp suatu zat.

1. Proses Karbonisasi

Karbonisasi merupakan proses dalam teknologi kimia yang disebut pirolisis yang merincikan zat kompleks menjadi lebih sederhana dengan pemanasan. Karbonisasi adalah istilah yang digunakan ketika zat karbon kompleks seperti kayu atau residu pertanian yang dipecah oleh pemanasan menjadi karbon dan senyawa kimia yang mungkin juga mengandung beberapa karbon dalam struktur kimianya. Karbonisasi dilakukan pada temperatur 400-700°C dalam suatu sistem dengan keadaan atmosfer inert seperti argon atau nitrogen (*Forestry Department, 1985*).

2. Proses Aktivasi

Aktivasi arang berarti penghilangan zat-zat yang menutupi pori-pori pada permukaan arang. Hidrokarbon pada permukaan arang dapat dihilangkan melalui proses oksidasi menggunakan oksidator yang sangat lemah (CO_2 dan uap air) agar atom karbon yang lain tidak turut teroksidasi. Selain itu dapat juga dilakukan proses dehidrasi dengan garam-garam seperti ZnCl_2 atau CaCl_2 . Unsur mineral akan masuk di antara plat-plat heksagonal dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup, sehingga jumlah permukaan karbon aktif bertambah besar (*Diao et al., 2002*).

Proses aktivasi dibedakan menjadi dua bagian, yaitu :

a. Proses Aktivasi Fisika.

Kebanyakan arang diaktifkan dengan cara fisika. Perbedaan bahan baku akan menyebabkan variasi suhu pada metode termo. Pengarangan biasanya pada suhu 500-900°C dan sebagai bahan pengaktifan dilakukan dengan steam (uap) atau gas CO_2 pada suhu 800-900 °C. Dalam proses yang menggunakan steam ini aktivasi berlangsung secara berkesinambungan karena reaksi karbon menjadi CO_2 adalah eksotermis (*Kirk dan Othmer, 1978*).

b. Proses Aktivasi Kimia

Aktivasi kimia dilakukan dengan mencampur material karbon dengan bahan-bahan kimia atau aktivator dengan cara

diteteskan perlahan lalu diaduk merata, selanjutnya campuran dikeringkan dan dipanaskan. Aktivator adalah zat atau senyawa kimia yang berfungsi sebagai reagen pengaktif dan zat ini akan mengaktifkan atom-atom karbon sehingga daya serapnya menjadi lebih baik. Zat aktivator bersifat mengikat air yang menyebabkan air yang terikat kuat pada pori-pori karbon yang tidak hilang pada saat karbonisasi menjadi lepas. Selanjutnya zat aktivator tersebut akan memasuki pori dan membuka permukaan arang yang tertutup. Dengan demikian pada saat dilakukan pemanasan, senyawa pengotor yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terserap sehingga luas permukaan karbon aktif semakin besar dan meningkatkan daya serapnya. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai aktivator diantaranya CaCl_2 , Ca(OH)_2 , NaCl , MgCl_2 , HNO_3 , H_2SO_4 , HCl , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, KOH , H_3PO_4 , dan ZnCl_2 . Semua bahan aktif ini umumnya bersifat sebagai pengikat air (*Dabrowski et al., 2005*).

Berbagai metode digunakan untuk menambahkan gugus fungsi (fungsionalisasi) pada karbon aktif. Tujuan utama fungsionalisasi adalah menambahkan unsur logam (Fe dan Co) pada penyangga karbon pada preparasi katalis. Xiong et al (2010) menggunakan logam Fe sebagai katalis dan melakukan fungsionalisasi pada 1 gram karbon bola (*carbon sphere*) menggunakan 100 mL asam nitrat (55% volume) dengan hasil terbaik pada temperatur 90°C selama 17 jam (*BET surface area* $2,6 \text{ m}^2/\text{g}$ dan volume pori $0,0046 \text{ cm}^3/\text{g}$). Logam Fe sebanyak 10% berat dipreparasi menggunakan metode *incipient wetness impregnation*.

Larutan $\text{Fe(NO}_3)_2$ (0,81 gram Fe dilarutkan dalam 10 mL *aquadest*) dimasukkan dalam karbon bola sebanyak 1 gram dan diperoleh *BET surface area* $25,5 \text{ m}^2/\text{g}$; volume pori $0,036 \text{ cm}^3/\text{g}$; *loading* Fe 9,5%). Fu, et al (2013) menggunakan logam Co sebagai katalis dan melakukan fungsionalisasi pada karbon aktif menggunakan larutan asam nitrat 28% pada 80°C selama 4 jam (*BET surface area* $1897 \text{ m}^2/\text{g}$; volume pori $1,00 \text{ cm}^3/\text{g}$; ukuran pori 0,9 nm). Logam Co sebanyak 20% berat dipreparasi menggunakan

metode *incipient wetness impregnation*. Larutan $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ dimasukkan dalam karbon aktif dengan ultrasonikasi selama 30 menit dan diperoleh BET *surface area* $854 \text{ m}^2/\text{g}$; volume pori $0,44 \text{ cm}^3/\text{g}$; ukuran pori $1,4 \text{ nm}$. Karbon aktif memberikan karakteristik BET dan volume pori lebih baik dibandingkan karbon bola.

II.4 Karbon Aktif Sebagai Kontrol Polimerisasi

Penyangga katalis ditambahkan dengan tujuan memberikan luas permukaan yang besar untuk pembentukan dan stabilisasi kristalit logam yang kecil dalam katalis. Karena interaksi logam-penyangga yang kuat, penyangga mungkin juga memiliki pengaruh besar pada aktivitas katalis dan selektivitasnya. Sifat kimia penyangga, tekstur dan keasaman permukaan dapat mempengaruhi dispersi logam, properti reduksi, sebanding dengan interaksi antara logam dan penyangga. Pada katalis Fe, penyangga diberikan sebagai perekat (*binder*) untuk meningkatkan properti fisik katalis melawan erosi katalis (*Bukur et al, 1990*).

Sebagian besar penelitian proses FT menggunakan logam berpenyangga silika, alumina atau titania. Penyangga ini memberikan interaksi logam-penyangga yang kuat untuk katalis Fe dan Co sehingga menghasilkan deaktivasi katalis yang permanen. Penggunaan penyangga karbon disarankan dapat mengatasi masalah ini (*Dalai & Davis, 2008*).

Penyangga karbon masih jarang digunakan meskipun memiliki karakteristik fisik yang baik sebagai penyangga (luas permukaan yang besar, struktur pori, sifat inert terhadap bahan kimia). Hal ini disebabkan kurangnya pemahaman berbagai aspek material karbon dalam katalisis. Berbagai penelitian penggunaan material karbon dalam sintesis *Fischer-Tropsch* mendorong peneliti lain untuk mengungkapkan konsep fundamental karbon dalam peranannya sebagai penyangga katalis maupun sebagai katalis itu sendiri. Beberapa kelebihan material karbon sebagai penyangga katalis, seperti: tekstur penyangga, kimia permukaan dan variasi material karbon yang baru. Material karbon memiliki permukaan inert dan kemungkinan membentuk produk reduksi

cukup rendah. Material ini dapat dipertimbangkan sebagai penyangga baru dalam reaksi *Fischer-Tropsch* karena properti yang unik seperti distribusi ukuran pori yang seragam, struktur pori mikro dan meso, properti permukaan inert dan ketahanan terhadap lingkungan basa dan asam (Bezemer *et al.*, 2006).

Jung, *et al.* (1982) melaporkan bahwa katalis Fe berpenyangga karbon menghasilkan produk per unit volume yang lebih baik daripada katalis Fe tidak berpenyangga. Penyangga karbon juga diduga dapat membatasi polimerisasi sampai pada hidrokarbon rantai pendek. Fu *et al.* (2013) menggunakan tiga material karbon (karbon nanotube, karbon mesopori dan karbon aktif) sebagai penyangga katalis berbasis Co dalam proses FT. Hasilnya, katalis Co berpenyangga karbon aktif menghasilkan hidrokarbon C₅-C₁₀ (hingga 66%), lebih tinggi dibandingkan material karbon lain. Fraksi C₁₁-C₁₇ juga cukup tinggi (mencapai 30%), sehingga secara keseluruhan menghasilkan fraksi biofuel yang cukup menjanjikan. Ma, *et al.* (2004) membuktikan bahwa sintesis Fischer-Tropsch dengan katalis Co berpenyangga karbon aktif menghasilkan selektivitas biofuel yang cukup bagus (C₄-C₁₁ 71,4% dan C₁₂-C₂₀ 28,6%) dengan *loading* Co 20%, temperatur 240°C, tekanan 2.4MPa, laju alir reaktan 650/jam dan rasio H₂/CO = 2. Pada kondisi ini, konversi reaktan mencapai 70%, namun selektivitas masih cukup tinggi (20-23%). Penambahan promotor K, Ce dan Zr terbukti meningkatkan dispersi Co serta meningkatkan interaksi Co-oksida dan permukaan karbon aktif. Ma *et al.* (2005) menggunakan katalis Fe berpenyangga karbon aktif dan memberikan selektivitas C₁₅-C₁₈ yang lebih rendah (sekitar 40%) karena selektivitas produk samping meningkat (CH₄ 12,8-15,1% dan C₂-C₄ 42,4-46,1%). Penggunaan promotor Cu dan K terbukti memperbesar aktivitas katalis dengan memperkuat interaksi dengan permukaan karbon aktif. Karbon aktif pada kedua penelitian di atas dikalsinasi pada 300°C selama 5 jam, logam Fe dan Co diimpregnasi menggunakan metode *incipient wetness impregnation* dalam kondisi vakum dan atmosferik. Setelah impregnasi, katalis dievaporasi pada temperatur kamar selama

seminggu dan dikeringkan pada tekanan atmosferik pada 110-120°C selama 8 jam. (Ma et al, 2007) melakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan promotor K pada katalis Fe berpenyanggah karbon aktif. Promotor K dapat menekan pembentukan metana dan metanol serta meningkatkan selektivitas biofuel (C_{5+}) dan alkohol (C_2-C_5) secara signifikan. Selain itu, promotor K dapat mengubah distribusi parafin dan olefin dalam produk biofuel, serta mengurangi ketergantungan terhadap pengaruh temperatur.

II.5 Sintesis *Fischer-Tropsch*

Reaksi *Fischer-Tropsch* ialah reaksi antara H_2 dan CO dengan bantuan katalis padat untuk memproduksi hidrokarbon berantai panjang. Jenis katalis, jenis reaktor, rasio $H_2 : CO$ dan kondisi operasi merupakan faktor yang menentukan jenis produk yang dihasilkan. Pertumbuhan rantai hidrokarbon pada sintesis *Fischer-Tropsch* dapat menghasilkan produk yang berada pada rentang: gas metana (C_1), *liquefied petroleum gas* ($C_2 - C_4$), *gasoline* ($C_5 - C_{10}$), kerosen ($C_{11} - C_{13}$), diesel ($C_{14} - C_{19}$), dan *wax* (C_{20+}) (Kroschwitz dan Howe 1996).

Sintesis *Fischer-Tropsch* merupakan reaksi polimerisasi yang sangat kompleks karena beragam produk yang dihasilkan. Keberagaman ini diyakini tergantung dari katalis, kondisi reaksi dan desain prosesnya. Sintesis *Fischer-Tropsch* menghasilkan berbagai produk seperti parafin, olefin, alkohol dan aldehida. Kriteria produk yang diinginkan adalah metana rendah, alkohol rendah, rasio alkena/alkana tinggi dan kadar C_{5+} tinggi yang dapat dikontrol dengan modifikasi kondisi operasi reaktor atau reaksi dan sistem katalis (Fu, 2013). Data yang diperoleh dari energir.com menyatakan bahwa CH_4 30% lebih murah dari listrik dan 50% lebih murah dari minyak, hal itu menunjukkan bahwa CH_4 adalah produk dengan nilai yang paling rendah sehingga pembentukan CH_4 pada sintesis *Fischer-Tropsch* diminimalisir.

Sintesis *Fischer-Tropsch* merupakan reaksi polimerisasi eksotermik dan irreversibel yang mengkonversikan campuran

hidrogen (H_2) dan karbon monoksida (CO) yang bersumber dari batubara, metana atau biomassa, menjadi bahan bakar cair (fuel oil) yang berupa hidrokarbon linier. Reaksinya sebagai berikut :



Reaksi polimerisasi ini melibatkan monomer CH_2 , yang terbentuk dari hidrogenasi CO yang teradsorbsi, yang menghasilkan hidrokarbon dengan panjang rantai dan gugus fungsi beragam. Reaksi *Fischer-Tropsch* menghasilkan parafin, olefin dan alkohol serta reaksi lain yang menghasilkan CO_2 , deposit karbon dan senyawa karbida pada permukaan katalis. Reaksi-reaksi tersebut dapat digambarkan sebagai berikut (Mukenz, 2010) :

- | | | |
|---|--------------------------|---|
| 1 | Parafin | $(2n+1)H_2 + nCO \rightarrow C_nH_{2n+2} + nH_2O$ |
| 2 | Olefin | $2nH_2 + nCO \rightarrow C_nH_{2n} + nH_2O$ |
| 3 | Alkohol | $2nH_2 + nCO \rightarrow C_nH_{2n+1}OH + (n-1)H_2O$ |
| 4 | Reaksi WGS | $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$ |
| 5 | Reaksi <i>Boudouard</i> | $2CO \rightarrow C + CO_2$ |
| 6 | Oksidasi/Reduksi Katalis | $M_xO_y + yH_2 \rightarrow yH_2O + xM$
$M_xO_y + yCO \rightarrow yCO_2 + xM$ |
| 7 | Pembentukan Karbida | Bulk $yC + xM \rightarrow M_xC_y$ |

Tujuan dari reduksi katalis dalam sintesis *Fischer-Tropsch* adalah untuk membuat katalis menjadi lebih aktif . Aktivitas dan selektivitas katalis dapat dipengaruhi oleh kondisi reduksi. Pichler melaporkan bahwa katalis Fe yang pada awalnya tidak aktif dalam sintesis *Fischer-Tropsch*, dan direduksi pada suhu sekitar $350^\circ C$ menghasilkan konversi CO 22%. Scheuermann, menemukan

bahwa reduksi pada $180^{\circ} - 220^{\circ} \text{C}$ menghasilkan katalis aktif, sementara reduksi pada 300°C menghasilkan aktivitas katalis yang buruk (Mukenz, 2010).

Katalis tidak selalu direduksi dengan H_2 . Agen pereduksi lainnya selain H_2 dapat digunakan untuk menghasilkan area logam aktif untuk reaksi *Fischer-Tropsch*. Pichler menggunakan CO pada sekitar 10 kPa, dan Ruhrchemie mempraktekkan katalis uji dengan gas sintesis pada tekanan atmosfer. Pre-reduksi dengan H_2 pada sekitar 297°C menghasilkan katalis yang lebih aktif, namun memiliki selektivitas wax lebih rendah dari pada katalis yang sebelumnya ditraetment dengan gas sintesis pada 230°C (Mukenz, 2010).

Space velocity dari agen pereduksi adalah salah satu faktor terpenting yang menentukan tingkat reduksi. Laju alir tinggi dari agen reduksi diinginkan selama proses reduksi karena memungkinkan pelepasan cepat uap H_2O dari reaktor. Hal ini menghasilkan luas permukaan yang lebih besar setelah reduksi. Penambahan logam kedua ke katalis juga dapat mempengaruhi laju reduksi. Sebagai contoh, penambahan katalis Cu ke Fe terbukti meningkatkan reduksinya, yang memungkinkan dilakukannya reduksi pada suhu rendah. Waktu yang dibutuhkan untuk reduksi juga dapat mempengaruhi aktivitas dan selektivitas katalis. Telah ditemukan bahwa ketika katalis direduksi di bawah kondisi standar untuk jangka waktu yang bervariasi, aktivitas katalis dalam sintesis *Fischer-Tropsch* pertama kali meningkat dengan tingkat reduksi dan kemudian menurun. Hal ini menunjukkan bahwa waktu reduksi yang berlebihan dapat menyebabkan aktivitas sintesis menurun (Mukenz, 2010).

Saat ini, banyak jenis reaktor yang digunakan untuk *Fischer-Tropsch*, yang dibagi ke dalam dua kategori utama yaitu *low-temperature Fischer-Tropsch technology* (LTFT) dan *high-temperature Fischer-Tropsch technology* (HTFT). Reaktor LTFT dioperasikan pada suhu rendah ($200\text{-}240^{\circ}\text{C}$, 27 bar), sedangkan reaktor HTFT, yang dapat dioperasikan pada suhu tinggi ($300\text{-}350^{\circ}\text{C}$, 20 bar), digunakan dengan katalis berbasis Fe.

II.6 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk proses Sintesis *Fischer-Tropsch*. Penelitian-penelitian sebelumnya melakukan Sintesis *Fischer-Tropsch* menggunakan beberapa jenis kombinasi katalis dan penyangganya. Analisa utama yang dilakukan yaitu untuk mengamati konversi CO dan produk biofuel yang dihasilkan. Data dan hasil dari penelitian-penelitian tersebut dijelaskan pada Tabel II.3.

Tabel II.3 Penelitian Terdahulu

Penulis	Katalis	Kondisi reaksi	Susunan	Konversi CO	Selektivitas	
					Produk Utama	Produk Samping
Mansouri (2016)	Fe-Co/SiO ₂ /K (loading 10%)	Komposisi : 40% Fe – 60% Co Reduksi katalis : 1 g; 350°C; 16 jam dengan aliran H ₂ 30 mL/min dan N ₂ 30 mL/min, 1 bar Sintesis FT : 260°C, 16 bar, GHSV 4500 SCCM/(h.g), H ₂ /CO = 1,25:1		22,39%	C ₅₊ 14,06%	CH ₄ 12%
Ali (2011)	Fe/Al ₂ O ₃ Co/Al ₂ O ₃ 30Fe-70Co/Al ₂ O ₃ (loading 5%)	Reduksi katalis : 0,03 g; 380°C; 5 jam dengan aliran H ₂ 30 mL/min, 1 bar Sintesis FT : 270°C, 1 bar, GHSV 12 L/(h.g), H ₂ /CO = 2:1		4,6% 6,3% 8,1%	C ₅₊ 1,6% C ₅₊ 3,5% C ₅₊ 3,2%	C ₂₋₄ 70,9%; CH ₄ 27,5% C ₂₋₄ 80,9%; CH ₄ 15,6% C ₂₋₄ 80,7%; CH ₄ 16,1%
Mukenz (2011)	Co/TiO ₂ Fe/TiO ₂ Co/TiO ₂ -Fe/TiO ₂ Fe-Co/ TiO ₂ (loading 10%)	Reduksi katalis : 1 g; 350°C; 24 jam dengan aliran H ₂ 30 mL/min dan N ₂ 30 mL/min, 1 bar Sintesis FT : 1 g, 250°C, 20 bar, GHSV 30 mL/min, H ₂ /CO/N ₂ = 6:3:1	Camp Fisik 0Fe-100Co 1Fe-99Co 5Fe-95Co	53% 22% 67% 55% 54% 34% 31%		CO ₂ 1,5%; CH ₄ 21% CO ₂ 14%; CH ₄ 13% CO ₂ 15%; CH ₄ 35% CO ₂ 1,9%; CH ₄ 22% CO ₂ 2%; CH ₄ 18% CO ₂ 4,9%; CH ₄ 15,5% CO ₂ 10,1%; CH ₄ 11,5%

			10Fe-90Co			
Lögdberg (2010)	Co/ TiO ₂ (12% loading)	210°C 20 bar H ₂ /CO = 2:1 250 Ncm ³ /menit			C ₅₊ 89,5%	
Fu (2013)	Co/ Karbonaktif	Reduksi katalis: 0.8 g; 1 bar; 400°C (laju pemanasan 10°C/min); aliran H ₂ 100 mL/min; 10 jam, didinginkan 180°C Sintesis FT: 230°C (0.5°C/min); 20 bar; H ₂ /CO = 2:1 (Ar 10%), WHSV 6750 mL/(h.g) Katalis + quartz sand untuk mengurangi hot spot Hot trap: 170°C; 20 bar Cold trap: -4°C; 20 bar		60%	C ₅₋₁₀ 51,3%; C ₁₁₋₁₇ 23,3%; C ₁₈₊ 3,1%	CO ₂ 0%; CH ₄ 18,9%
Xiong (2010)	Fe/Karbon bola Loading 10%	Reduksi katalis: 0,1 g; 370°C; 20 jam dgn aliran H ₂ 2 bar, 30			C ₅₊ 55,2%	CO ₂ 21,1%; CH ₄ 24%

		mL/min, didinginkan 275°C Sintesis FT: 275°C, 8 bar, GHSV 2760/jam, H ₂ /CO/N ₂ = 6:3:1 N ₂ : standar internal untuk akurasi neraca massa Hot trap: 150°C Cold trap: 25°C				
Bhuana (2015)	Fe/Al/Cu/K-01 Fe/Al/Cu/K-02	Reduksi katalis: 0,5 g; 400°C; 12 jam dgnaliran H ₂ 2 bar, 50 mL/min, didinginkan 275°C Sintesis FT: 270°C, 8,3 bar, GHSV 7200 SCCM/(h.g), H ₂ /CO/N ₂ = 6:3:1 Ar : standar internal untuk analisis produk, GC Hot trap: 150°C Cold trap: 5°C, 24 jam sampling		50% 80%		CO ₂ 28,4%; CH ₄ 1,47% CO ₂ 30,1%; CH ₄ 1,63%

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kinerja katalis Fe-Co/karbon aktif (komposisi Fe:Co = 50%:50%) pada berbagai variasi suhu terhadap distribusi produk biofuel. Penelitian diawali dengan pembuatan karbon aktif dari bambu dan karakterisasinya sebagai penyanggah katalis logam, impregnasi logam Fe-Co dan uji kinerja katalis terhadap distribusi produk biofuel.

III.1 Variabel Percobaan

III.1.1 Variabel Tetap

Variabel tetap meliputi:

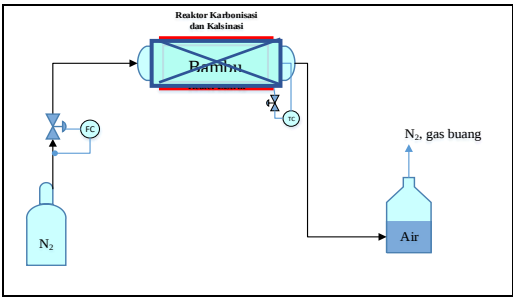
1. Reaktor kontinyu *fixed bed* (SS-316, diameter 1.5cm, tebal 3 mm, panjang 50 cm)
2. Massa katalis = 2 gram
3. Loading katalis = 10%
4. Komposisi Fe:Co dalam karbon aktif = 50%:50%
5. Karbon aktif kombinasi Karbonisasi – H_3PO_4
6. Laju alir gas sintetis = 200 ml/menit
7. Tekanan sintesis Fischer-Tropsch = 20 bar
8. Komposisi gas (15% CO, 15% H_2 dan 70% N_2)

III.1.2 Variabel Berubah

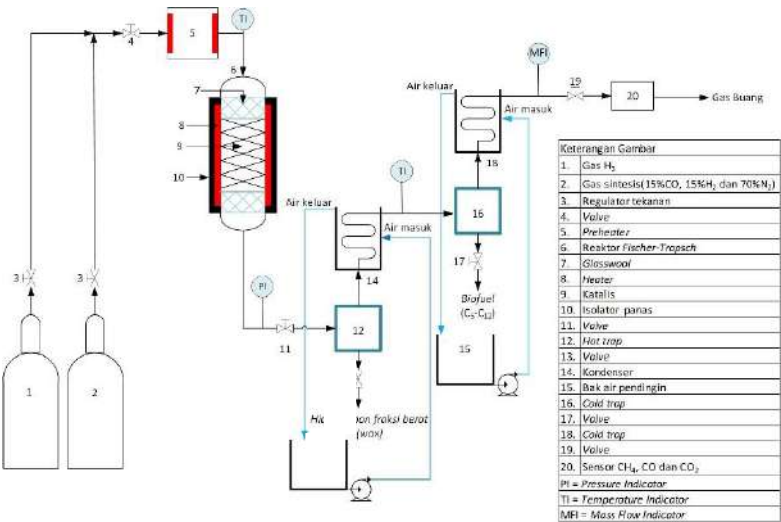
Variabel berubah pada proses ini adalah variasi suhu pada 190°C, 210°C, 230°C, 250°C dan 270°C.

III.2 Peralatan dan Bahan

III.2.1 Peralatan



Gambar III.1 Skema peralatan reaktor karbonisasi dan kalsinasi



Gambar III.2 Skema peralatan reaktor untuk sintesis Fischer-Tropsch

III.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah:

1. Bambu Ori (*Bambusa blumeana*, diperoleh dari hutan bambu Keputih Surabaya)
2. $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 99%
3. $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 99%
4. H_3PO_4 85%
5. Asam Nitrat (HNO_3) 65%
6. *Aquadest* pH 7
7. Gas N_2 (dari Samator Gas Industry)
8. Gas H_2 (dari Samator Gas Industry)
9. Gas sintesis (15% CO, 15% H_2 , 70% N_2) dari Samator Gas Industry.

III.3 Prosedur Penelitian

III.3.1 Pembuatan katalis Fe-Co/karbon aktif

Proses pembuatan karbon aktif dari bambu ini dilakukan dengan kombinasi Karbonisasi- H_3PO_4 . Langkah pertama yang dilakukan adalah mengecilkan ukuran bambu dalam bentuk cincin (*raschig ring*) berdiameter 8-10 mm, selanjutnya dikeringkan di dalam oven selama 2 jam. Proses selanjutnya adalah karbonisasi dimana bambu yang telah kering diarsangkan pada suhu 500°C dengan aliran gas nitrogen dalam reaktor karbonisasi selama 2 jam. Bambu yang telah dikarbonisasi didinginkan hingga suhu

ruang kemudian ditambahkan *activating agent* (H_3PO_4) 85% (perbandingan bambu : H_3PO_4 sebesar 1:5) dan dilakukan pengadukan selama 1 jam pada suhu 85°C menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian arang bambu dicuci menggunakan air *aquadest* sampai pH netral dan dikeringkan di dalam oven pada suhu $\pm 110^\circ\text{C}$ selama ± 24 jam. Setelah pengeringan, arang bambu difungsionalisasi dengan larutan HNO_3 65%. Fungsionalisasi dilakukan dengan membuat larutan HNO_3 dan memasukkannya ke dalam labu leher tiga bersama dengan arang bambu. Larutan HNO_3 dibuat dengan cara mengambil 3 ml larutan HNO_3 65% kemudian ditambahkan dengan *aquadest* hingga 150 ml. Fungsionalisasi dilakukan dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 80°C selama 4 jam. Setelah difungsionalisasi, arang bambu dicuci dengan *aquadest* sampai pH netral. Kemudian arang bambu dikeringkan pada oven suhu $\pm 110^\circ\text{C}$ selama 24 jam. Setelah proses pengeringan arang bambu akan menjadi karbon aktif. Karbon aktif yang didapatkan kemudian disimpan di dalam desikator untuk menjaga karbon aktif agar tetap kering. Proses yang dilakukan selanjutnya adalah uji karakterisasi karbon aktif dengan FTIR dan BET.

Katalis Fe dan Co diimpregnasi menggunakan metode *incipient wet impregnation* pada karbon aktif dengan larutan $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan larutan $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. Larutan $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan larutan $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ditambahkan

kedalam 1,8 gram karbon aktif kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer*. Sampel terimpregnasi dikeringkan di dalam oven selama 12 jam, didiamkan dalam desikator, kemudian dikalsinasi dengan gas N_2 pada $500^{\circ}C$ selama 2 jam. Katalis logam yang masih berupa oksida direduksi dengan gas H_2 pada $400^{\circ}C$ selama 5 jam. Katalis yang dihasilkan dikarakterisasi dengan EDX untuk mengetahui kandungan kuantitatif logam dalam katalis.

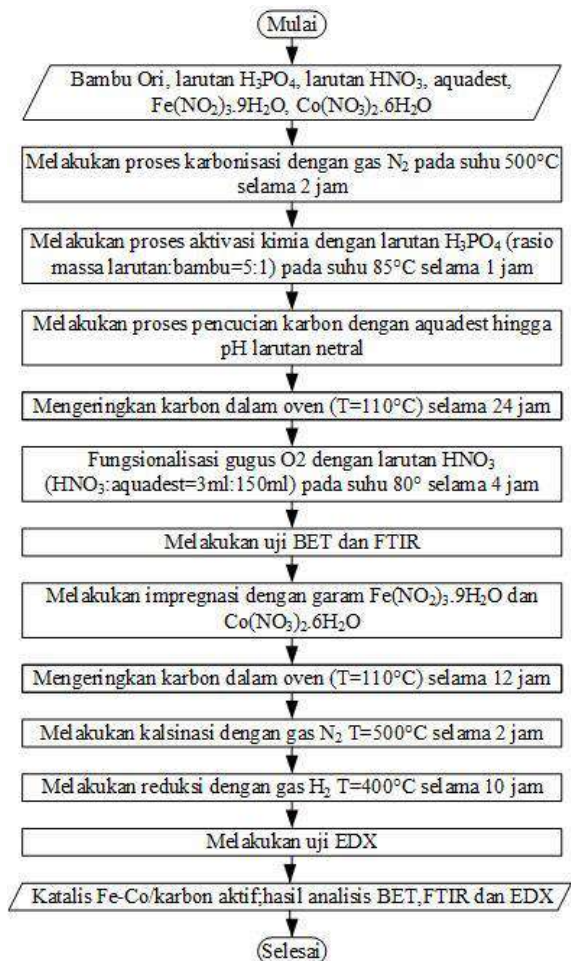
III.3.2 Sintesis *Fischer-Tropsch*

Sintesis *Fischer-Tropsch* dilakukan dalam rangkaian reaktor yang ditunjukkan pada Gambar III.2. Sebelum memulai eksperimen, dilakukan uji kebocoran dengan mengalirkan gas nitrogen bertekanan 10 bar selama 30 menit pada rangkaian alat sintesis *Fischer-Tropsch*. Setelah dilakukan uji kebocoran dan tidak ada kebocoran, proses dilanjutkan dengan sintesis *Fischer-Tropsch*. Gas sintesis dalam sebuah tabung dengan komposisi 15% CO , 15% H_2 dan 70% N_2 dialirkan menuju reaktor dengan laju alir 200 ml/menit. Laju alir gas sintesis diatur dengan rotameter (laju alir maksimal 800 ml/menit). Waktu awal reaksi terjadi ketika suhu reaktor mencapai suhu variabel yang ditetapkan ($t=0$). Pengujian kinerja katalis dilakukan dengan memasukkan 2 gram katalis Fe-Co/karbon aktif kedalam reaktor menggunakan variasi suhu ($190^{\circ}C$, $210^{\circ}C$, $230^{\circ}C$, $250^{\circ}C$ dan $270^{\circ}C$). Sebelum memasukkan katalis kedalam reaktor terlebih

dahulu memasukkan *glass tube* yang digunakan sebagai packing dalam reaktor. Reaktor yang digunakan bertipe *fixed bed* yang akan dioperasikan pada tekanan 20 bar. Proses sintesis *Fischer-Tropsch* berjalan secara kontinyu. Produk gas yang terbentuk dianalisa dengan menggunakan *gas detector* digital. Peralatan *gas detector* tersebut dirangkai sendiri dan dihubungkan dengan kontroller *Arduino Uno*.

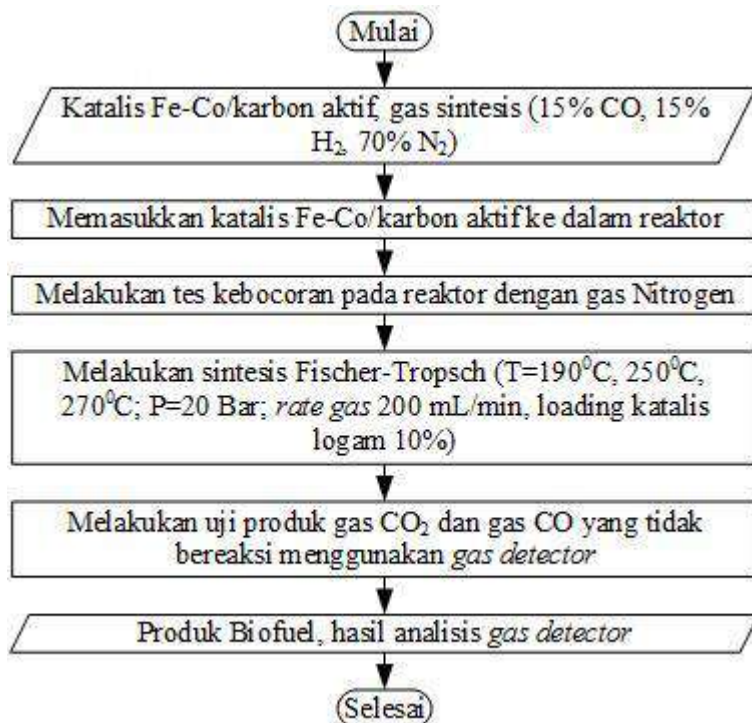
III.4 Diagram Alir Proses

III.4.1 Pembuatan Katalis Fe-Co/Karbon aktif



Gambar III.3 Diagram Alir Proses Pembuatan Katalis

III.4.2 Proses Sintesis Fischer-Tropsch



Gambar III.4 Diagram Alir Proses Sintesis Fischer Tropsch

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

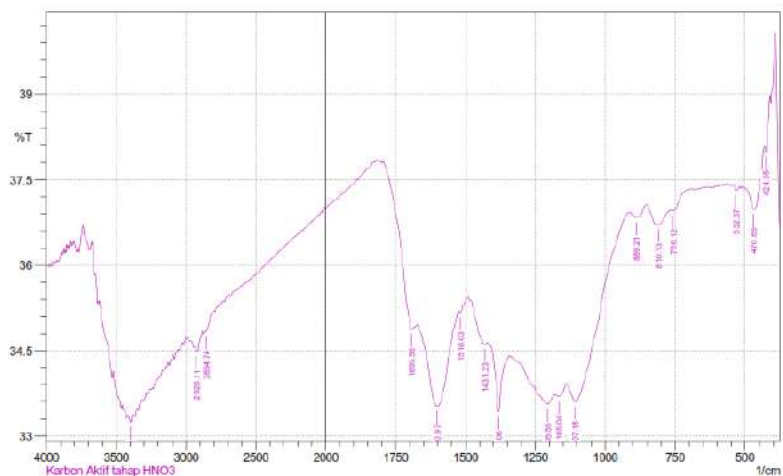
Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil dari data penelitian sehingga didapatkan suatu kesimpulan dari percobaan yang dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari kinerja katalis Fe-Co/karbon aktif (komposisi Fe:Co=1:1) pada berbagai variasi suhu terhadap distribusi produk biofuel. Karakterisasi katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah karakterisasi BET, FTIR, EDX dan karakterisasi produk dengan GC dan GCMS. Karakterisasi BET digunakan untuk mengetahui luas permukaan, volume pori, diameter pori dari karbon aktif yang dihasilkan, karakterisasi FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi pada karbon yang dihasilkan. Karakterisasi EDX digunakan untuk mengetahui unsur yang terkandung dalam bahan secara kuantitatif. Produk gas dianalisis dari *gas detector* di aliran gas keluar.

IV.1 Pengaruh Berbagai *Treatment* dalam Pembuatan Katalis Fe-Co/Karbon Aktif

Pada pembuatan katalis Fe-Co/Karbon aktif langkah pertama yang dilakukan adalah memroses bahan baku berupa bambu ori menjadi karbon aktif sebagai support/penyangga katalis dengan proses karbonisasi. Proses karbonisasi bertujuan untuk menjadikan bamboo ori menjadi arang. Untuk menghindari terbentuknya abu karena proses dilakukan pada suhu tinggi, maka karbonisasi ini dialiri dengan gas nitrogen. Kemudian arang bambu diaktivasi secara kimia yang bertujuan untuk menambah luas pori dari arang, dan menghilangkan pengotor yang mungkin menyumbat pori dari proses karbonisasi (*Kirk dan Othmer, 1978*). Proses aktivasi kimia pada penelitian ini menggunakan H_3PO_4 dilakukan pada temperatur 85°C selama satu jam dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Tahap selanjutnya adalah proses fungsionalisasi katalis dimana proses ini dilakukan dengan menggunakan larutan HNO_3 selama empat jam dengan

pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Proses fungsionalisasi menggunakan HNO_3 bertujuan untuk membuat/memperkuat *active site* pada permukaan karbon aktif sehingga penambatan logam pada proses impregnasi lebih maksimal.

Adanya gugus fungsi oksigen pada permukaan karbon aktif berfungsi sebagai tempat menempelnya logam pada proses impregnasi. Untuk mengetahui adanya gugus fungsi oksigen pada karbon aktif dapat dilakukan analisis FTIR. Analisis FTIR dapat digunakan untuk mengetahui analisis gugus fungsi (adanya *peak* dari gugus fungsi spesifik) beserta polanya dan analisis kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu. Pengaruh proses fungsionalisasi terhadap terbentuknya gugus fungsi oksigen dapat dilihat pada gambar IV.2 dibawah ini :



Gambar IV.1 Grafik Hasil Analisis FTIR Karbon Aktif

Pada gambar IV.2 diatas menunjukkan bahwa setelah proses fungsionalisasi telah terbentuk beberapa gugus oksigen. Hal ini disebabkan karena HNO_3 , yang merupakan oksidator kuat, akan mengoksidasi atom karbon sehingga karbon kehilangan elektron dan menjadi bermuatan positif sehingga karbon akan menarik anion seperti molekul oksigen untuk membentuk gugus oksida.

Gugus fungsi oksigen yang terbentuk berfungsi sebagai tempat menempelnya logam pada saat proses impregnasi (Setyadhi,dkk, 2005) . Beberapa gugus fungsi yang terbentuk pada karbon aktif setelah proses fungsionalisasi dapat dilihat pada tabel IV.1 dibawah ini,

Tabel IV.1 Gugus Fungsi Pada Sampel Karbon Aktif Setelah Proses Fungsionalisasi Berdasarkan Analisis FTIR

No	Peak	Area	Intensitas	Ikatan	Tipe Senyawa
1	1205,55	74,229	33,562	C-O	Ester, Eter, Alkohol, Asam Karboksilat
2	1381,08	35,989	33,42	N-O	Senyawa Nitro
3	1518,03	5,245	35,165	N-O	Senyawa Nitro
4	1600,97	67,306	33,527	C=O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester
5	2926,11	8,021	34,487	O-H	Asam Karboksilat
6	3396,76	16,575	33,245	O-H	Fenol, Alkohol

Setelah proses fungsionalisasi dilakukan analisis BET. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui luas permukaan dan diameter pori rata-rata dari karbon aktif yang dihasilkan. Analisis ini dilakukan dua tahap yaitu tahap sebelum dan sesudah impregnasi. Hasil dari uji BET disajikan pada tabel IV.2

Tabel IV.2 Data Analisis BET Katalis Sebelum dan Sesudah Impregnasi

No.	Jenis Katalis	Luas Permukaan (m ² /gram)	Diameter Pori Rata-rata (nm)
1.	A1	234,604	6,79308
2.	A2	83,468	36,635

Keterangan : A1 = Karbon aktif sebelum tahap impregnasi
 A2 = Karbon aktif sesudah tahap impregnasi

Berdasarkan tabel IV.2, terlihat bahwa terjadi penurunan luas permukaan karbon aktif setelah tahap impregnasi sebesar 64,42%. Hal ini menunjukkan bahwa logam yang terimpregnasi menutupi permukaan karbon sehingga luas permukaannya menurun. Diameter pori rata-rata yang dihasilkan dari karbon aktif setelah tahap impregnasi menunjukkan pertambahan diameter sebesar 439,3%. Hal ini dapat disebabkan karena adanya logam yang mengisi atau menghalangi pori-pori berukuran mikropori (Ban, 2013).

Metode impregnasi yang digunakan untuk preparasi katalis Fe-Co/karbon aktif adalah impregnasi basah (*incipient wet impregnation*). Dalam impregnasi basah, material penyangga dikontakkan dengan larutan berlebih yang mengandung prekursor katalis logam. Selanjutnya, dilakukan pengeringan dan direduksi untuk menghilangkan senyawa oksida menjadi logam. Katalis Fe dan Co diimpregnasi pada karbon aktif dengan larutan $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan larutan $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. Setelah dilakukan impregnasi dilakukan karakterisasi katalis untuk mengetahui karakter katalis tersebut. Karakterisasi katalis menggunakan EDX. Analisis EDX dilakukan untuk mengetahui komposisi logam Fe-Co yang berhasil terimpregnasi kedalam penyangga karbon dan distribusi Fe-Co dalam penyangga karbon aktif. Tabel IV.5 menunjukkan hasil analisis EDX pada komposisi Fe:Co = 1:1

Tabel IV.3 Hasil analisis EDX katalis Fe-Co/Karbon aktif pada komposisi Fe:Co=1:1

Variabel		Impregnasi					
notasi	Fe dalam Fe-Co (%)	W1 (gram)			W2 (gram)		
		Fe	Co	Fe-Co	Fe	Co	Fe-Co
A1	50%	0,1	0,1	0,2	0,162	0,374	0,536

W1 = Hasil perhitungan secara teoritis

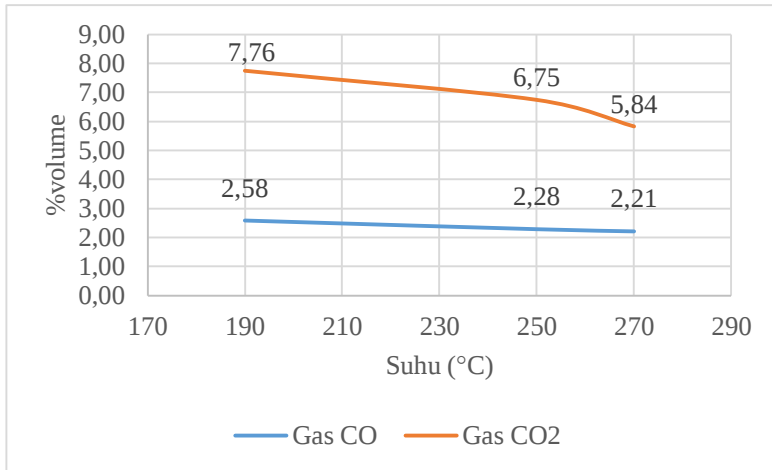
W2 = Hasil eksperimen

Pada tabel IV.3 dapat diperoleh informasi bahwa hasil impregnasi logam Fe dan Co pada komposisi 50% yang tersubstitusi ke dalam karbon aktif melebihi hasil perhitungan secara teoritis

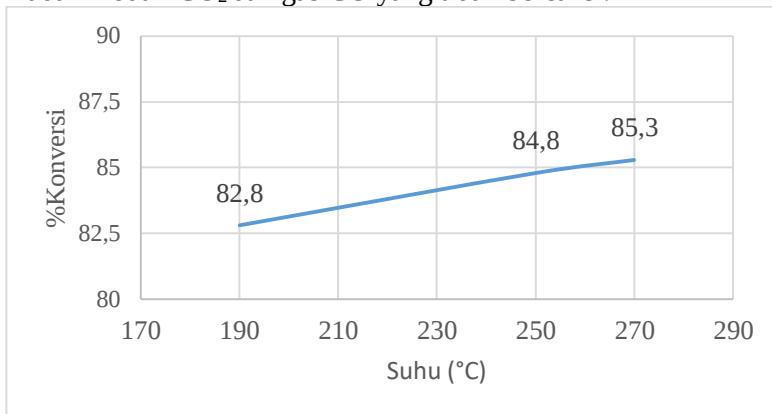
masing-masing sebesar 62% dan 274%. Kelemahan analisis EDX adalah analisis kadar logam hanya pada beberapa titik (area kecil) sehingga tidak mewakili katalis secara keseluruhan. Banyaknya logam Fe dan Co yang terimpregnasi dapat disebabkan karena hanya sebagian kecil area katalis yang teruji pada analisis EDX.

IV.2 Proses Sintesis Fischer-Tropsch

Sintesis Fischer-Tropsch merupakan reaksi antara H_2 dan CO dengan bantuan katalis padat untuk memproduksi hidrokarbon. Penelitian ini menggunakan katalis bimetal Fe-Co/Karbon aktif dengan loading logam 10% dimana karbon aktif diproduksi dari bambu ori. Reaksi dilakukan pada reaktor *fixed bed* secara kontinyu dengan kondisi operasi diatur pada tekanan 20 bar, laju alir 200 ml/menit dan variasi suhu pada 190°C, 250°C, 270°C. Dari proses sintesis Fischer-Tropsch yang dilakukan, diharapkan terdapat dua produk yaitu berupa gas (fraksi ringan) dan *liquid* (fraksi berat). Produk berupa gas CO_2 dan gas CO yang tidak bereaksi kemudian dianalisis dengan *gas detector* untuk mengetahui kadar masing-masing gas. Hasil analisis untuk kadar produk CO_2 , kadar gas CO yang tidak bereaksi dan konversi gas CO ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar IV.2 Grafik Hubungan Variasi Suhu Terhadap Kadar Produk CO₂ dan gas CO yang tidak bereaksi.



Gambar IV.3 Grafik Hubungan Variasi Suhu Terhadap Konversi Gas CO

Berdasarkan gambar IV.2, terlihat bahwa terjadi penurunan kadar gas CO₂ seiring dengan pertambahan suhu pada reaktor sintesis Fischer-Tropsch. Hal ini selaras dengan gambar IV.3 yang menunjukkan konversi CO yang naik seiring dengan naiknya suhu reaktor sintesis Fischer-Tropsch. Hasil ini sesuai

dengan teori bahwa semakin besar konversi gas CO diharapkan semakin banyak produk bahan cair yang terbentuk. Gas CO₂ yang semakin turun menunjukkan semakin sedikit produk samping yang terbentuk seiring dengan bertambahnya suhu reaktor sintesis Fischer-Tropsch. Besarnya konversi gas CO dan sedikitnya produk gas CO₂ yang terbentuk mengindikasikan bahwa terdapat produk lain berupa bahan bakar cair yang terbentuk. Komposisi detil dari bahan bakar cair belum dianalisis sehingga dugaan tersebut masih perlu ditelusuri lebih lanjut. Salah satu jenis uji yang dapat dilakukan untuk mengetahui komposisi dari bahan bakar cair adalah uji GC-MS.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penggunaan katalis Fe/Karbon aktif dalam sintesis Fischer-Tropsch pada suhu 230°C dan tekanan 20 bar akan menghasilkan konversi gas CO sebesar 60% dan produk CO₂ sebesar 0% (Fu, 2013). Berdasarkan hasil percobaan pada suhu 230°C diperoleh konversi gas CO sebesar 83,4% dan produk CO₂ sebesar 7,22%. Konversi CO terbesar didalam penelitian ini dicapai pada suhu 270°C yaitu sebesar 85,3%. Dibandingkan dengan penggunaan katalis Fe/Karbon aktif, penggunaan katalis bimetal Fe-Co/Karbon aktif dapat meningkatkan konversi gas CO dan produk CO₂.

Sintesis Fischer-Tropsch pada reaktor *fixed bed* secara kontinyu banyak menemui kendala didalam penelitian ini. Kendala pertama adalah tersumbatnya pipa dari *pre-heater* menuju reaktor. Setelah sambungan pipa dilepaskan, ditemukan abu yang keluar dari pipa. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi reaksi didalam *pre-heater* dan menyebabkan adanya kerak pada pipa. Permasalahan ini diselesaikan dengan mengalirkan udara pada *pre-heater* dan memanaskannya pada suhu 200°C. Adanya aliran udara panas pada pipa menyebabkan kerak yang menyumbat pipa teroksidasi sehingga tidak ada lagi kerak yang menyumbat pipa. Berdasarkan literatur, reaksi sintesis Fischer-Tropsch mulai terjadi pada suhu 150°C. Untuk penelitian selanjutnya disarankan suhu pada *pre-heater* diatur pada suhu 150°C agar kerak tidak terbentuk dan menyumbat pipa.

Kendala selanjutnya adalah reaktor yang tersedia tidak sesuai dengan desain yang direncanakan. Pada reaktor yang digunakan, termokopel dipasang pada elemen panas sehingga suhu yang diukur bukanlah suhu gas melainkan suhu elemen panas. Selain itu, adanya rongga diantara elemen pemanas dan reaktor menyebabkan pemanasan yang terjadi tidak optimal. Didalam penelitian ini, kendala tersebut diatasi dengan cara melapisi reaktor dengan *rockwool* sehingga diharapkan terjadi proses adiabatik pada reaktor. Jika proses adiabatik terjadi maka dapat dianggap suhu gas akan sama dengan suhu elemen panas yang terukur. Untuk penelitian selanjutnya disarankan mengganti reaktor sesuai dengan desain yang direncanakan agar proses pemanasan pada reaktor dapat berjalan dengan optimal.

Kendala terakhir adalah terjadinya kebocoran pada tangki penyimpanan hidrokarbon fraksi berat. Hal ini diketahui setelah meneteskan larutan sabun pada sambungan las tangki. Tekanan yang masuk kedalam tangki penyimpanan hidrokarbon fraksi berat didesain sebesar 3 bar namun *pressure gauge* pada tangki menunjukkan tekanan 15 bar. Hal ini mengindikasikan bahwa kebocoran terjadi karena tangki tidak kuat menahan tekanan 15 bar. Selama penelitian ini dilakukan, permasalahan tersebut diatasi dengan menutupi area kebocoran dengan lem silikon. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi kembali tekanan yang masuk kedalam tangki penyimpanan hidrokarbon fraksi berat dan mengganti tangki penyimpanan agar sesuai dengan spesifikasi tekanan yang masuk kedalam tangki.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

1. Produk samping berupa gas CO₂ terbentuk sebesar 7,76%, 6,75% dan 5,84% masing-masing pada suhu 190°, 250°C dan 270°C.
2. Produk cair berupa *biofuel* tidak tertampung pada tangki sehingga tidak dapat dilakukan analisis GC-MS.

V.2 Saran

1. Melakukan variasi dan integrasi terhadap alat *Fischer-Tropsch* sehingga mampu dioperasikan pada kondisi operasi yang diinginkan. Beberapa hal yang dapat dilakukan adalah:
 - a. Mengatur ulang rangkaian reaktor agar termokopel dapat dipasang pada pipa aliran gas.
 - b. Mengevaluasi kembali tekanan yang masuk kedalam tangki penyimpanan hidrokarbon fraksi berat dan mengganti tangki penyimpanan agar sesuai dengan spesifikasi tekanan yang masuk kedalam tangki.
2. Melakukan sintesis *Fischer-Tropsch* secara *batch* dengan perubahan berat katalis, variasi komposisi logam, kondisi operasi dan waktu sehingga diharapkan dapat mengetahui distribusi biofuel terhadap perubahan variabel tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhyananta, H., dkk. 2012. *Sifat Mekanik dan Termal Bambu Ori dan Bambu Petung Indonesia: Efek Perlakuan Panas*. Prosiding Seminar Nasional Material dan Metalurgi, pp 238-243.
- BP p.l.c. 2017. *BP Statistical Review of World Energy 2017*. BP p.l.c Statistical Review
- Bukur D. B., X Lang, D. Mukesh, W. H. Zimmerman, M. P. Rosynek, and C. Li. 1990. *Binder/Support Effects on the Activity and Selectivity of Iron Catalysts in the Fischer-Tropsch Synthesis*. Industrial Engineering Chemistry Research, 29 pp 1588-1599.
- Bezemer, G.L., Bitter, J.H., Kuiper, H.P.C.E., Oosterbeek, H., Holewijn, J.E., Xu, X., Kapteijn, F., van Dillen, A.J., de Jong, K.P. (2006). *Cobalt Particle Size Effects in The Fischer-Tropsch Reaction Studied with Carbon Nanofiber Supported Catalysts*. Journal of the American Chemical Society 128, pp 3956-3964.
- Bhuana, D., Zhang, J., Li, F., Cooper, M., Brantley, T. 2015. *Development of Hybrid Fischer-Tropsch Synthesis Catalysts for Direct Production of Synthetic Gasoline from Coal-Based Syngas: An Indonesian Perspective*. Modern Applied Science, Vol. 9, No. 7, pp 47-53.
- Borg, Ø, P.D.C. Dietzel, A.I. Spjelkavik, E.Z. Tveten, J.C. Walmsley, S. Diplas, S. Eri, A. Holmen, E. Rytter (2008). *Fischer-Tropsch Synthesis: Cobalt Particle Size and Support Effects on Intrinsic Activity and Product Distribution*. Journal of Catalysis 259 pp 161-164.
- Dabrowski, A., Podkoscielny, P., Hubiciki, Z., Barczak, M. 2005. *Adsorption of Phenolic Compounds by Activated Carbon-a Critical Review*. Chemosphere 58, 1049-1070.
- Dalai A.K., B.H. Davis 2008. *Fischer-Tropsch Synthesis: A Review of Water Effects on The Performances of*

- Unsupported and Supported Co Catalysts*. Applied Catalysis A: General, 348 pp 1-15.
- Diao, Y., W.P. Walawender, L.T. Fan. 2002. *Bioresource Technol.* 81 45.
- Fu, T., Jiang, Y., Lv, J., Li, Z. 2013. *Effect of Carbon Support on Fischer–Tropsch Synthesis Activity and Product Distribution Over Co-Based Catalysts*. *Fuel Processing Technology* 110, pp 141–149
- Forestry Department. 1985. *Industrial Charcoal Making*. Food and Agricultural Organization.
- Hu, Jin., Fei Yu., Yongwu Lu. 2012. *Application of Fischer–Tropsch Synthesis in Biomass to Liquid Conversion*. *Catalysts* Vol. 2(2), pp 1-3
- Jankowska, H., Swiatkowski, A., Choma, J. 1991. *Active Carbon*. New York: Ellis Horwood.
- Khodakov, A.Y., Chu, W., Fongarland, P. 2007. *Advances in the Development of Novel Cobalt Fischer–Tropsch Catalysts for Synthesis of Long-Chain Hydrocarbons and Clean Fuels*. *Chemical Reviews* 107, pp 1692–1744.
- Kirk, R.E and Othmer, D.F. 1978. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol.5. Interscience Encyclopedia. Inc. New York.
- Krisdianto, G. Sumarni, dan A. Ismanto. 2006. *Sari Hasil Penelitian Bambu*. Website <http://www.dephut.go.id/INFORMASI/LITBANG/teliti/bambu.htm>.
- Mahanim, SMA., Asma, I.W., Rafidah, J, Puad, E. Shaharuddin, H. 2006. *Production of Activated Carbon From Industrial Bamboo Wastes*. *Journal of Tropical Forest Science* 23(4): pp 417–424
- Mukenz, T.M. 2011. *Graphical Methods for The Representation of The Fischer-Tropsch Reaction: Towards Understanding The Mixed Iron-Cobalt Catalyst Systems*. Thesis, Faculty of Engineering, University of the Witwatersrand, Johannesburg.

- Ruthven, D.M. 1981. *Principles of Adsorption and Adsorption Process*. A Willey Interscience Publication. New York.
- Setyadhi, Lanny,. 2005. *Modifikasi Sifat Kimia Permukaan Karbon Aktif Dengan Asam Oksidator dan Non-oksidator serta Aplikasinya terhadap Adsorpsi Methylene Blue*. Design and Application of Technology pp 69-76
- Sudrajat, Ardhi,. 2014. *Analisis Korosi dan Kerak Pipa Nickel Alloy N06025 pada Waste Heat Boiler*. Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 2, No. 1 pp 40-45
- Xiong. 2010. *Fischer–Tropsch Synthesis over Model Iron Catalysts Supported on Carbon Spheres - The Effect of Iron Precursor, Support Pretreatment, Catalyst Preparation Method and Promoters*. Applied Catalysis A: General 388, pp 168-178.

APPENDIKS A

HASIL PERHITUNGAN

1. Perhitungan H_3PO_4 untuk fungsionalisasi arang karbon
1 Botol H_3PO_4 volumenya 1 L dan beratnya 1,71 kg. Maka densitasnya dapat dihitung sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{1,71 \text{ kg}}{1 \text{ L}}$$

$$\rho = 1,71 \frac{\text{kg}}{\text{L}} = 1,71 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Kebutuhan H_3PO_4 untuk fungsionalisasi adalah 1 : 5 berat karbon.

Berat karbon = 23,4 gr

Sehingga, berat H_3PO_4 yang dibutuhkan = 117 gr.

Volume H_3PO_4 yang dibutuhkan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$1,71 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = \frac{117 \text{ gr}}{v}$$

$$v = 68,42 \text{ cm}^3$$

2. Perhitungan Impregnasi logam

Impregnasi Fe:Co = 1:1

Berat Sampel = 3 gr

Loading Fe:Co = 10 % berat karbon aktif

Fe:Co = 10% x 2 gr = 0,3 gr

- Menghitung kebutuhan Fe untuk impregnasi

Fe = 0,3 gr x 50 % = 0,15 gr

BM $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ = 403,95 $\frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}$

$$\begin{aligned}
 Fe &= \frac{BMFe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O}{BMFe} \\
 &= \frac{403,95 \frac{gr}{gr.mol}}{55,845 \frac{gr}{gr.mol}} \times 0,15 \text{ gr} \\
 &= 0,765 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

- Menghitung kebutuhan Co untuk impregnasi

$$Co = 0,4 \text{ gr} \times 50\% = 0,2 \text{ gr}$$

$$BM Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O = 403,95 \frac{gr}{gr.mol}$$

$$\begin{aligned}
 Co &= \frac{BMC o(NO_3)_2 \cdot 6H_2O}{BMCo} \\
 &= \frac{291,04 \frac{gr}{gr.mol}}{58,933 \frac{gr}{gr.mol}} \times 0,2 \text{ gr} \\
 &= 1,0254 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan Neraca Massa Overall

$$\begin{aligned}
 \text{Volume reaktor} &= \pi r^2 t \\
 &= 3.14 \times 1.5 \times 50 \\
 &= 353.25 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Gas

A Volume

1	15%	CO	=	52.9875	cm ³
2	15%	H ₂	=	52.9875	cm ³

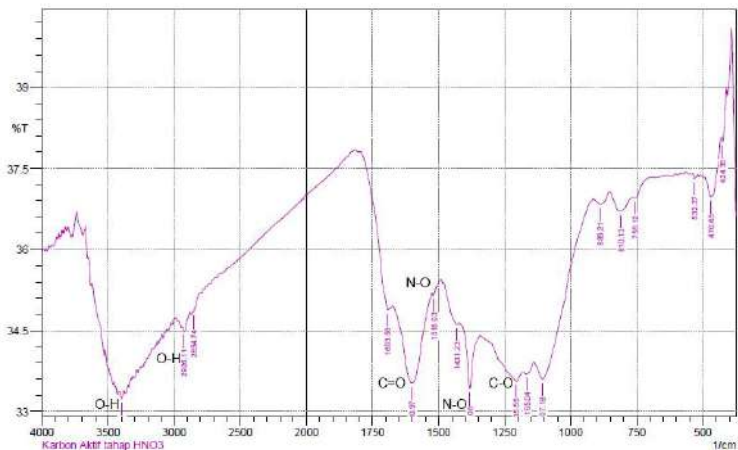
B Massa

1	CO	=	0.0604	gr
2	H ₂	=	0.0476	gr
	total	=	0.108	gr

APPENDIKS B HASIL ANALISIS

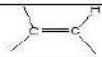
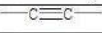
B.1 Hasil Analisis Kandungan Gugus Oksigen pada Katalis yang telah di fungsionalisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Hasil analisis telah dilakukan di Laboratorium Divisi Karakterisasi Material, Departemen Teknik Material, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar B.1 Hasil Analisis Kandungan Gugus Oksigen pada Katalis Setelah Tahap Fungsionalisasi

Berdasarkan Gambar B.1 dapat diperoleh informasi bahwa sumbu X adalah berupa frekuensi/panjang gelombang dan sumbu Y adalah retention time, gugus yang ada dalam katalis yang akan muncul dalam bentuk *peak* berdasarkan frekuensi/panjang gelombang dan *retention time* tertentu, gugus-gugus yang muncul dalam peak ini kemudian dipilah-pilah gugus yang hanya mengandung oksigen saja, berdasarkan database sebagai berikut :

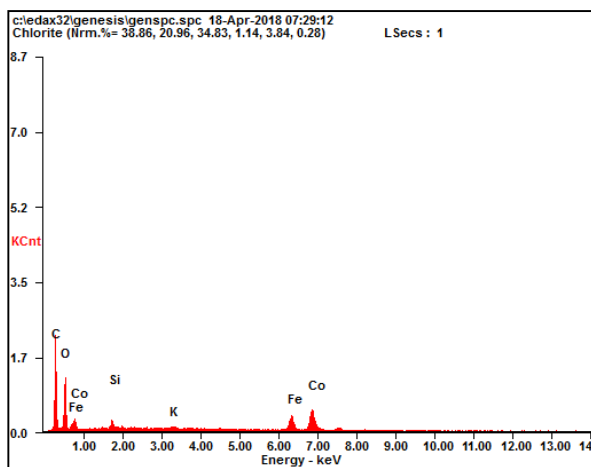
Ikatan	Tipe Senyawa	Daerah frekuensi (cm ⁻¹)	Intensitas
C - H	Alkana	2850 - 2970 1340 - 1470	Kuat Kuat
C = H	Alkena 	3010 - 3095 675 - 995	Sedang Kuat
C - H	Alkuna 	3300	Kuat
C - H	Cincin Aromatik	3010 - 3100 690 - 900	Sedang Kuat
O - H	Fenol, monomer alkohol, alkohol ikatan hidrogen, fenol	3590 - 3650 3200 - 3600	Berubah-ubah Berubah-ubah, terkadang melebar
	monomer asam karboksilat, ikatan hidrogen asam karboksilat	3500 - 3650 2500 - 2700	Sedang Melebar
N - H	Amina, Amida	3300 - 3500	Sedang
C=C	Alkena	1610 - 1680	Berubah-ubah
C=C	Cincin Aromatik	1500 - 1600	Berubah-ubah
C≡C	Alkuna	2100 - 2260	Berubah-ubah
C - N	Amina, Amida	1180 - 1360	Kuat
C≡N	Nitril	2210 - 2280	Kuat
C - O	Alkohol, Eter, Asam Karboksilat, Ester	1050 - 1300	Kuat
C=O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	1690 - 1760	Kuat
NO ₂	Senyawa Nitro	1500 - 1570 1300 - 1370	Kuat Kuat

Gambar B.2 Database Gugus Kimia untuk Analisis FTIR

B.2 Hasil Analisis Kandungan Logam Bebas pada Katalis dengan Menggunakan EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*)

Hasil analisis telah dilakukan di Laboratorium Divisi Karakterisasi Material, Departemen Teknik Material, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, diperoleh hasil sebagai berikut :

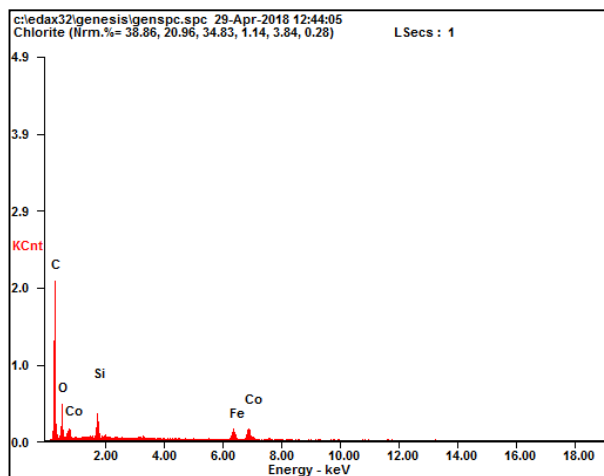
a. Hasil uji EDX pada komposisi Fe:Co=1:1



Gambar B.3 Hasil uji EDX pada komposisi Fe:Co=1:1 sebelum reduksi

Tabel B.1 Kandungan logam pada komposisi Fe:Co=1:1 sebelum reduksi

<i>Element</i>	<i>Wt %</i>	<i>At %</i>
<i>C K</i>	32.15	52.14
<i>O K</i>	27.03	32.99
<i>SiK</i>	2.22	1.55
<i>K K</i>	0.80	0.41
<i>FeK</i>	12.53	4.41
<i>CoK</i>	25.28	8.50



Gambar B.4 Hasil uji EDX pada komposisi Fe:Co=1:1 setelah reduksi

Tabel B.2 Kandungan logam pada komposisi Fe:Co=1:1 setelah reduksi

<i>Element</i>	<i>Wt %</i>	<i>At %</i>
<i>C K</i>	51.76	71.29
<i>O K</i>	18.60	19.33
<i>SiK</i>	2.81	1.65
<i>FeK</i>	8.12	2.44
<i>CoK</i>	18.71	5.29

BIODATA PENULIS



Rahadian Maulana Malik, dilahirkan di Bandung, 4 Mei 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK Gembira pada tahun 2002, lulus dari SDN Sidodadi II pada tahun 2008, lulus dari SMPN 22 Surabaya pada tahun 2011 dan lulus dari SMAN 5 Surabaya pada tahun 2014. Setelah lulus SMA, penulis diterima di Program Studi S-1 Teknik Kimia FTI-ITS.

Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai *Staff Education and Student Prosperity Department* (2015/2016). *Section Head of Prosperity* dalam *Education and Student Prosperity Department* (2016/2017). Penulis berhasil menyelesaikan Pra-Desain Pabrik “*Produksi Etilen dengan proses MCTO (MethylChloride to Olefins)*” dan skripsi berjudul “*APLIKASI KATALIS Fe-Co/KARBON AKTIF DALAM PEMBUATAN BIOFUEL MENGGUNAKAN SINTESIS FISCHER-TROPSCH*” dibawah bimbingan Firman Kurniawansyah, S.T., M.Eng.Sc, Ph.D dan Ir.Ignatius Gunardi, M.T. Penulis berhasil menyelesaikan pendidikan tingginya pada tahun 2018.

Email : Rahadian.m.m@gmail.com

BIODATA PENULIS



Nabhan Rusydi adalah mahasiswa Departemen Teknik Kimia FTI-ITS yang menyusun skripsi dengan judul “Aplikasi Katalis Fe-Co/Karbon Aktif dalam Pembuatan *Biofuel* menggunakan Sintesis *Fischer-Tropsch*” bersama rekannya Rahadian Maulana. Lahir sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara di Cilacap pada tanggal 6 Februari 1997 menjadikannya perantau di Surabaya. Mengambil kuliah jurusan keteknikan tidak

membuat dirinya melupakan hobinya menjelajah dan menikmati karya sastra. Berawal dari bacaan ringan karangan Seno Gumira, Pramoedya, dan Ahmad Tohari, membuatnya bangun menjadi manusia yang bebas dari penindasan dan tekanan akan kekayaan materi yang tidak memanusiakan.

Semasa duduk di bangku kuliah, Nabhan memenuhi waktu luangnya dengan berorganisasi dan berkomunitas. Keaktifan dan keuletannya dalam berorganisasi telah menuntunnya menjadi Ketua Dewan Perwakilan Mahasiswa FTI-ITS pada masanya. Disamping itu, kepedulian terhadap bangsanya dia tunjukkan dengan keaktifannya mengikuti berbagai macam diskusi dan aksi seputar kemanusiaan dan pergerakan mahasiswa. Mahasiswa yang memiliki cita-cita menjelajah dunia melalui jalur darat ini memiliki harapan agar kemanusiaan selalu hadir dalam tiap-tiap koridor kehidupan. Dia meyakini, bahwa kemanusiaan adalah jalan untuk menjaga dirinya agar selalu berada dalam kesederhanaan dan kebahagiaan.