

**SKRIPSI – TK 141581**

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

**Oleh:**

**Putri Augustya R.M  
NRP. 0221154600021**

**Hanna Rasyida  
NRP. 0221154600031**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Ignatius Gunardi,MT  
NIP. 1955 09 21 1984 03 1001  
Prof.Dr.Ir. Achmad Roesyadi,DEA  
NIP. 1950 04 28 1979 03 1002**

**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:**

**Putri Augustya R.M**

**NRP. 0221154600021**

**Hanna Rasyida**

**NRP. 0221154600031**

**Advisor**

**Ir. Ignatius Gunardi,MT**

**NIP. 1955 09 21 1984 03 1001**

**Prof.Dr.Ir. Achmad Roesyadi,DEA**

**NIP. 1950 04 28 1979 03 1002**

**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 Pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :



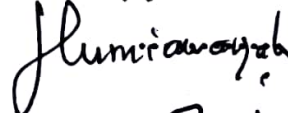

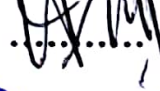
Putri Augustya R.M

02211546000021

Hanna Rasyida

02211546000031

Disetujui oleh Tim penguji Akhir :

1. Ir.Ignatius Gunardi, M.T  (Pembimbing I)
2. Prof.Dr.Ir. Achmad Roesyadi,DEA  (Pembimbing II)
3. Firman Kurniawansyah,S.T,  
M.Eng.Sc,Ph.D  (Penguji I)
4. Donny Satria Bhuana,S.T,M.Sc.Adv  (Penguji II)
5. Dr.Lailatul Qadariyah ,S.T,MT  (Penguji III)



Surabaya, 17 Januari 2018

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

**Nama /NRP : 1. PutriAugustya R.M (0221154600021)**  
**2. Hanna Rasyida (0221154600031)**  
**Departemen : Teknik Kimia FTI-ITS**  
**DosenPembimbing : 1. Ir. Ignatius Gunardi, MT.**  
**2. Prof. Dr.Ir.AchmadRoesyadi,DEA**

## **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 komposisi Fe-Co dan kondisi operasi sintesis Fischer-Tropsch terhadap distribusi produk biofuel. Penelitian ini memvariasikan kandungan logam Fe dalam katalis Fe-Co/Karbon aktif yaitu 0%; 10%; 20%; 30% dan 40%. Secara garis besar prosedur penelitian dibagi menjadi 2 tahap yaitu pembuatan katalis Fe-Co/Karbon aktif dan sintesis Fischer Tropsch. Katalis Fe-Co yang dihasilkan dari penelitian ini kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD dan EDX. Hasil analisa FTIR menunjukkan sudah terbentuknya gugus fungsi oksigen seperti fenol, alcohol, asam karboksilat. Pada proses impregnasi dengan metode wet impregnation didapat hasil yang paling optimum pada katalis A5 yaitu kadar Fe dalam Fe-Co sebesar 32.5% sehingga mendekati kadar Fe dalam Fe-Co yang seharusnya diinginkan yaitu sebesar 40%. Pada katalis A1 dihasilkan produk gas CH<sub>4</sub> yang naik dari 0,316% menjadi 17,446% dan gas CO<sub>2</sub> dari 0,077% menjadi 0,228% ketika reaksi terjadi dari 6 hingga 18 jam. Pada katalis A2 dihasilkan produk gas dan liquid. Produk gas CH<sub>4</sub> naik dari 6,794% mejadi 11,381% namun tidak terbentuk gas CO<sub>2</sub> ketika reaksi terjadi dari 6 hingga 18 jam dan terbentuk senyawa aromatic sebanyak*

3,13%. Pada katalis A3 dihasilkan produk gas  $CH_4$  turun seiring bertambahnya waktu reaksi dari 5,898% menjadi 1,076% dan gas  $CO_2$  dari 0,862% menjadi 0,431% ketika reaksi terjadi dari 6 hingga 18 jam serta dihasilkan senyawa aromatik paling banyak, yaitu 24,28% . Pada katalis A4 dihasilkan produk gas  $CH_4$  turun dari 12,583% menjadi 2,2% dan gas  $CO_2$  dari 1,264% menjadi 0% ketika reaksi terjadi dari 6 hingga 18 jam. Pada katalis A5 dihasilkan produk gas  $CH_4$  yang mengalami penurunan dari 1,114% menjadi 0,493 % juga tidak terbentuk gas  $CO_2$  ketika reaksi terjadi dari 6 hingga 18 jam dan terbentuk senyawa aromatic sebanyak 16,24% .Produk liquid yang dihasilkan melalui sintesis ini sangat sedikit sehingga belum dapat diaplikasikan sebagai biofuel.

**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. PutriAugustya R.M (0221154600021)  
2. Hanna Rasyida (0221154600031)

Departement : Teknik Kimia FTI-ITS

Thesis Supervisor : 1. Ir. Ignatius Gunardi, MT.  
2. Prof. Dr.Ir.Achmad Roesyadi,DEA

## ABSTRACT

*Fischer-Tropsch synthesis is a polymerization reaction that produces various products such as paraffin, olefins, alcohols, and aldehydes. The purpose of this study was to study the performance of active Fe-Co / carbon catalysts in various Fe-Co compositions and the operating conditions of Fischer-Tropsch synthesis on the distribution of biofuel products. This research varied Fe content in Fe-Co / Activated Carbon catalyst : 0%; 10%; 20%; 30% and 40%. The research procedure was divided into 2 sections namely the manufacture of Fe-Co catalyst / Activated Carbon and Fischer Tropsch synthesis. The Fe-Co catalysts generated from this study were then characterized using FTIR, XRD, and EDX. The FTIR analysis showed that oxygen functional groups such as phenol, alcohol, carboxylic acid have been formed. The impregnation process with the wet impregnation method, the optimum result on catalyst with Fe content in Fe-Co is 32.5% which was relatively closed to that original material with Fe content 40%. In catalyst with Fe content 0%, the CH<sub>4</sub> gas product was increased from 0.316% to 17.446% and CO<sub>2</sub> gas from 0.077% to 0.228% when the reaction was carried out for 6 to 18 hours. In catalyst with Fe content 10% gas and liquid products are produced. CH<sub>4</sub> gas produced from 6.794% to 11.381% but no CO<sub>2</sub> gas was formed for 18 hours and aromatic compounds were*

formed as much as 3.13%. In catalyst with Fe content 20%, CH<sub>4</sub> gas product decreases with reaction time from 5.898% to 1.076% and CO<sub>2</sub> from 0.862% to 0.431% when the reaction was carried out for 6 to 18 hours and aromatics is produced at most 24.28%. In with Fe content 30% catalyst, the CH<sub>4</sub> gas product was decreased from 12.583% to 2.2% and CO<sub>2</sub> gas from 1.264% to 0% when the reaction was carried out for 6 to 18 hours. In the catalyst with Fe content 40% produced CH<sub>4</sub> gas products that decreased from 1.114% to 0.493% did not form CO<sub>2</sub> gas when the reaction was carried out for 6 to 18 hours and formed aromatic compounds as much as 16.24%. The synthesis in this study produced only small amount of liquid product (3% yield) thus is still has not applicable for practical purpose.

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

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhana Wa Ta'ala yang telah memberikan kekuatan sehingga kami dapat melaksanakan Skripsi yang berjudul ***APLIKASI KATALIS Fe-Co/KARBON AKTIF DALAM PEMBUATAN BIOFUEL MENGGUNAKAN SINTESIS FISCHER-TROPSCH*** dan menyelesaikan laporan 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 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 Juwari, ST., M. Eng., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
4. Bapak Fadlilatul Taufany, S.T., Ph.D. selaku Sekretaris Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
5. Bapak dan Ibu Dosen pengajar serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia.
6. Orang tua dan saudara-saudara kamisertateman - 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, Januari 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-2
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-3
II.4. Karbon Aktif sebagai Kontrol Polimerisasi.....	II-8
II.5.Sintesis Fischer-Tropsch .....	II-10
II.6.Penelitian terdahulu.....	II-12
BAB III. METODE PENELITIAN .....	III-1
III.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	III-1
III.2. Variable Penelitian .....	III-1
III.3.Peralatan dan Bahan.....	III-2
III.4.Prosedur Penelitian .....	III-3
III.5. Diagram Alir Proses.....	III-7
III.6. Gambar Proses Penelitian .....	III-10
III.7. Teknik Analisis .....	III-15
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	IV-1
IV.1. Pengaruh Berbagai Treatment dalam Pembuatan Katalis Fe-Co/KarbonAktif.....	IV-1
IV.1.1 Aktivasi Kimia.....	IV-1

IV.1.2 Fungsionalisasi .....	IV-2
IV.1.3 Impregnasi .....	IV-8
IV.2. Proses Sintesis Fischer-Tropsch.....	IV-13
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>V-1</b>
V.1. Kesimpulan .....	V-1
V.2. Saran.....	V-2
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	<b>xv</b>
<b>APPENDIKS</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. Struktur Kimia Karbon Aktif (Philippe, 2009).....	II-4
Gambar III.1.Skema peralatan reaktor karbonisasi dan kalsinasi.....	III-2
Gambar III.2.Skema peralatan reaktor untuk sintesis Fischer-Tropsch .....	III-3
Gambar III.3 Diagram Alir Proses Pembuatan Katalis .....	III-8
Gambar III.4 Diagram Alir Proses Sintesis Fischer Tropsch..	III-9
Gambar III.5 Gambar Proses Pembuatan Katalis .....	III-11
Gambar III.6 Gambar Proses Sintesis Fischer Tropsch .....	III-14
Gambar IV.1 Struktur kimia karbon aktif .....	IV-3
Gambar IV.2 Grafik Hasil Analisa FTIR karbon aktif sebelum dikalsinasi pada $T = 700^{\circ}\text{C}$ .....	IV-4
Gambar IV.3 Grafik Hasil Analisa FTIR karbon aktif Setelah Dikalsinasi pada $T = 700^{\circ}\text{C}$ .....	IV-6
Gambar IV.4 Grafik Hasil Analisa XRD pada berbagai variasi komposisi Fe pada katalis Fe-Co/Karbon aktif pada katalis setelah impregnasi .....	IV-10
Gambar IV.5 Grafik Hasil Eksperiment Impregnasi pada berbagai komposisi Fe pada katalis Fe-Co/KarbonAktif.....	IV-12
Gambar IV.6 Produk Sintesis Fischer Tropsch (a) Produk liquid (b) produk gas .....	IV-13

Gambar IV.7 Grafik Hasil Analisa GC untuk gas CH <sub>4</sub> pada berbagai Variasi komposisi Fe pada katalis Fe-Co/Karbon aktif .....	IV-14
Gambar IV.8 Grafik Hasil Analisa GC untuk gas CO <sub>2</sub> pada berbagai variasi komposisi Fe pada katalis Fe-Co/Karbon aktif .....	IV-15
Gambar IV.9 Grafik Hasil Analisa GCMS pada berbagai variasi komposisi Fe pada katalis Fe-Co/Karbon aktif .....	IV-17
Gambar IV.10 Hasil analisis Produk Liquid dalam kadar Fe dalam Fe-Co.....	IV-19

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1.Komposisi Kimia Bambu .....	II-2
Tabel II.2.Persyaratan karbon aktif.....	II-5
Tabel II.3 Daftar Penelitian Terdahulu .....	II-13
Tabel IV.1 Gugus Fungsi pada sampel Karbon Aktif sebelum proses kalsinasi .....	IV-5
Tabel IV.2 Gugus Fungsi pada sampel Karbon Aktif setelah proses kalsinasi .....	IV-7
Tabel IV.3 Hasil Penyerapan Metilen Blue .....	IV-7
Tabel IV.4 Database XRD untuk katalis logam.....	IV-9
Tabel IV.5 Hasil analisa EDX pada berbagai variasi komposisi Fe pada katalis Fe-Co/Karbon aktif.....	IV-11

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Pada tahun 2014, produksi minyak bumi hanya sekitar 789 ribu *barrel per day* atau menurun menjadi 96% dibandingkan tahun 2013 sebesar 824 ribu bpd. Sejak tahun 2010 s.d. 2014 terjadi penurunan produksi rata-rata sekitar 4,41% per tahun (*esdm, 2015*).

Dengan berkurangnya jumlah minyak bumi dan harga minyak bumi yang fluktuatif maka diperlukan teknik produksi alternative untuk memproduksi bahan bakar cair. Sumber energy alternative yang berpotensi besar untuk dikembangkan misalnya batu bara, gas alam dan biomassa. Ketiga sumber ini dapat dikonversi menjadi synthesis gas (syngas) yaitu campuran dari CO dan H<sub>2</sub>. Syngas dapat dikonversi menjadi hidrokarbon yang setara dengan bahan bakar fosil seperti gasoline, kerosin dan diesel. Konversi syngas menjadi senyawa hidrokarbon biasanya dilakukan melalui sintesis Fischer-Tropsch (*Avinashkumar, 2012*).

Sintesis Fischer-Tropsch adalah serangkaian proses katalitik yang dapat digunakan untuk menghasilkan bahan bakar dari gas sintesis (campuran CO dan H<sub>2</sub>), yang dapat berasal dari gas alam, batubara, atau biomassa. *Biomass to Liquid via Fischer-Tropsch* (BTL-FT) semakin dikenal di industry karena kemampuannya untuk menghasilkan bahan bakar bersih yang ramah lingkungan. Bahan bakar semacam itu dapat membantu memenuhi permintaan energi yang meningkat secara global dan untuk memenuhi peraturan lingkungan yang lebih ketat di masa depan. Dalam proses BTL-FT, biomassa, seperti kayu dan jerami, pertama-tama dikonversi menjadi syngas dengan gasifikasi. Kemudian, proses pembersihan diterapkan untuk menghilangkan kotoran dari bio-syngas untuk menghasilkan bio-syngas bersih yang memenuhi persyaratan sintesis Fischer-Tropsch. Bio-syngas yang telah dibersihkan kemudian diproses di reaktor katalitik Fischer-Tropsch untuk menghasilkan gasoline, *diesel* (*Jin Hu, 2012*).

Produk Sintesis Fischer-Tropsch dari syngas menghasilkan beberapa macam produk seperti paraffin, olefin, alcohol dan aldehyd. Produk yang paling diinginkan adalah produk dengan kadar methane rendah, alcohol rendah, tinggi kandungan  $C_{5+}$ . Produk dapat dikontrol dengan memodifikasi katalis, kondisi reaktor dan kondisi reaksi dalam reaktor. Sejak dilakukannya sintesis Fischer-Tropsch pada tahun 1920, telah digunakan katalis cobalt dan iron. Beberapa variasi material support (penyangga) yang digunakan untuk jenis katalis ini diantaranya silica, alumina, titanium, karbon (Fu, 2013).

Karbon sudah digunakan secara luas dalam katalisis heterogen dengan peran sebagai penyangga katalis maupun sebagai katalis. Beberapa karakteristik yang diinginkan adalah sifat inert, stabilitas, porositas, kimia permukaan dan sifat mekanik. Interaksi logam dan penyangga karbon yang lemah diduga mempermudah reduksi logam sehingga dapat membatasi polimerisasi. Pembatasan polimerisasi dalam sintesis Fischer-Tropsch dapat dilakukan dengan membangun sistem katalis bimetal Fe dan Co berpenyangga karbon aktif (Fe:CO/karbonaktif) (Fu, 2013).

Bambu merupakan bahan lokal yang berpotensi digunakan sebagai sumber karbon aktif. Mahanim (2011) menyatakan bahwa karbon aktif yang diperoleh dari bamboo menunjukkan karakteristik permukaan dan porositas yang baik. Penggunaan karbon aktif yang diolah dari bamboo merupakan salah satu solusi untuk menyederhanakan proses BTL-FT sekaligus menurunkan biaya katalis.

## **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 sintesis Fischer-Tropsch menggunakan katalis bimetal logam Fe dan Co berpenyangga karbonaktif (Fe-CO/ karbonaktif) memiliki beberapa parameter

yang berpengaruh. Sintesis Fischer-Tropsch dipengaruhi beberapa parameter seperti kondisi operasi (temperatur, tekanan, waktu), rasio CO/H<sub>2</sub>, laju alir gas sintesis (CO dan H<sub>2</sub>), dan jenis reaktor. Penelitian ini dibatasi pada variasi komposisi bimetal-karbon aktif dan kondisi operasi sintesis Fischer-Tropsch (temperatur).

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini memiliki tujuan yaitu mempelajari kinerja katalis Fe-Co/karbon aktif pada berbagai variasi komposisi Fe-Co terhadap distribusi produk biofuel.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah meningkatkan nilai ekonomis bamboo sebagai bahan baku karbon aktif penyangga katalis logam serta memberikan alternative 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 yaitu besi (Fe), kobalt (Co), Nikel (Ni) dan Rutenium (Ru). Ru merupakan logam katalis yang paling aktif, hanya saja karena langka dan harganya yang mahal maka tidak digunakan untuk kebutuhan komersial. Ni juga baik sebagai katalis karena selektivitasnya terhadap gas metana yang tinggi tetapi selektivitas rantai panjang sangat kecil, oleh karena itu hanya logam Fe dan Co saja yang digunakan sebagai katalis FT untuk kebutuhan komersial (*Dry, 2003*).

Sejak ditemukannya proses Fischer-Tropsch pada tahun 1920-an, besi (Fe) dan cobalt (Co) merupakan pilihan katalis industri yang terbukti secara komersial. Katalis Fe tidak terlalu mahal dan dapat menghasilkan hidrokarbon dan senyawa oksigenasi dengan berbagai tekanan, rasio  $H_2/CO$  dan temperatur. Katalis berbasis Fe digunakan pada proses *High Temperature Fischer-Tropsch* (HTFT), namun memiliki produktivitas rendah pada konversi tinggi, menghasilkan olefin lebih banyak, aktivitas *water-gas shift* yang tinggi dan ketahanan rendah terhadap deaktivasi akibat *coking*, deposisi karbon, pembentukan besi karbida. Reaktor HTFT beroperasi pada temperatur 300-350°C dan tekanan 20 bar (*Khodakov et al, 2007*).

Sebagai pembanding, katalis Co merupakan pilihan optimal pada proses Fischer Tropsch temperatur rendah, dengan aktivitas tinggi, selektivitas tinggi terhadap parafin linier, ketahanan tinggi terhadap deaktivasi, aktivitas *water-gas shift* yang rendah dan lain sebagainya. 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*).

Karena harga Co cukup mahal, maka penggunaannya diminimalkan dengan penggunaan logam lain sebagai penyangga

seperti  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  atau  $\text{TiO}_2$  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/ $\text{TiO}_2$  dan berhasil menurunkan selektivitas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  dengan kenaikan konversi reaktan dibandingkan penggunaan katalis Fe dan Co secara terpisah. Ali *et al.*, (2011) menggunakan katalis Fe-Co/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan menghasilkan konversi CO lebih tinggi dibandingkan penggunaan Fe dan Co secara terpisah. Mansouri & Atashi(2016) menggunakan katalis Fe-Co/ $\text{SiO}_2$  menghasilkan konversi CO yang lebih besar.

## II.2Bambu 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 bamboo ori dengan jenis bamboo petung dapat dilihat pada table II.1 :

**Tabel II.1.**Perbandingan Bambu

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

(Ardhyananta., 2012).

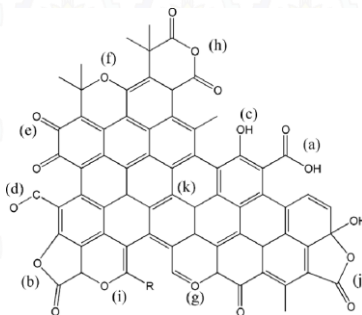
Pada tabel II.1 didapatkan informasi bahwa bambu ori memiliki densitas yang lebih tinggi dibanding dengan bambu

petung, densitas bambu ini berbanding lurus dengan densitas serat yang terkandung didalamnya (Ardhananta,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 m<sup>2</sup>/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 <sub>2</sub>	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 mesh 325	%	-	Min.90
11	Jarak Mesh	%	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<sub>2</sub> 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  $500-900^\circ C$  dan sebagai bahan pengaktifan dilakukan dengan steam (uap) atau gas  $CO_2$  pada suhu  $800-900^\circ C$ . 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, 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 pengaktif diantaranya  $CaCl_2$ ,  $Ca(OH)_2$ ,  $NaCl$ ,  $MgCl_2$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HCl$ ,  $Ca_3(PO_4)_2$ ,  $KOH$ ,  $H_3PO_4$ ,  $ZnCl_2$ , dan sebagainya. 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 menambatkan 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 m<sup>2</sup>/g dan volume pori 0,0046 cm<sup>3</sup>/g). Logam Fe sebanyak 10% berat dipreparasi menggunakan metode *incipient wetness impregnation*.

Larutan Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (0,81 gram Fe dilarutkan dalam 10 mL akuadest) dimasukkan dalam karbon bola sebanyak 1 gram dan diperoleh BET surface area 25,5 m<sup>2</sup>/g; volume pori 0,036 cm<sup>3</sup>/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 m<sup>2</sup>/g; volume pori 1,00 cm<sup>3</sup>/g; ukuran pori 0,9 nm). Logam Co sebanyak 20% berat dipreparasi menggunakan metode *incipient wetness impregnation*. Larutan Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dimasukkan dalam karbon aktif dengan ultrasonikasi selama 30 menit dan diperoleh BET surface area 854 m<sup>2</sup>/g; volume pori 0,44 cm<sup>3</sup>/g; ukuran pori 1,4 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 C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> (hingga 66%), lebih tinggi dibandingkan material karbon lain. Fraksi C<sub>11</sub>-C<sub>17</sub> 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 (C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub>



71,4% dan C<sub>12</sub>-C<sub>20</sub> 28,6%) dengan loading Co 20%, temperatur 240<sup>0</sup>C, tekanan 2.4MPa, laju alir reaktan 650/jam dan rasio H<sub>2</sub>/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 berpenyanggah karbon aktif dan memberikan selektivitas C<sub>15</sub>-C<sub>18</sub> yang lebih rendah (sekitar 40%) karena selektivitas produk samping meningkat (CH<sub>4</sub> 12,8-15,1% dan C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> 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<sup>0</sup>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<sup>0</sup>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<sub>5+</sub>) dan alkohol (C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>) 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<sub>2</sub> dan CO dengan bantuan katalis padat untuk memproduksi hidrokarbon berantai panjang. Jenis katalis, jenis reaktor, rasio H<sub>2</sub> : 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<sub>1</sub>), *liquefied petroleum gas* (C<sub>2</sub> – C<sub>4</sub>),

*gasoline* (C<sub>5</sub> – C<sub>10</sub>), kerosen (C<sub>11</sub> – C<sub>13</sub>), diesel (C<sub>14</sub> – C<sub>19</sub>), dan *wax* (C<sub>20+</sub>) (Kroschwitz dan Howe 1996).

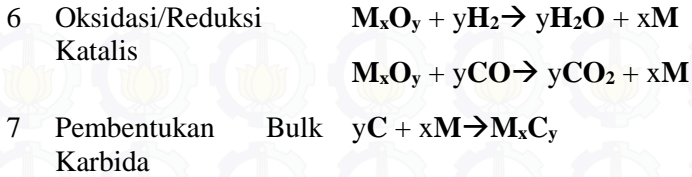
Sintesis Fischer-Tropsch merupakan reaksi polimerisasi yang sangat kompleks karena beragam produk yang dihasilkan. Keberagaman ini diyakini tergantung dari katalis, kondisi reaksi dan desain prosesnya. Sintesis Fischer-Tropsch menghasilkan berbagai produk seperti parafin, olefin, alkohol dan aldehida. Kriteria produk yang diinginkan adalah metana rendah, alkohol rendah, rasio alkena/alkana tinggi dan kadar C<sub>5+</sub> tinggi yang dapat dikontrol dengan modifikasi kondisi operasi reaktor atau reaksi dan sistem katalis (Fu, 2013).

Sintesis Fischer-Tropsch merupakan reaksi polimerisasi eksotermik dan irreversibel yang mengkonversikan campuran hidrogen (H<sub>2</sub>) 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<sub>2</sub>, yang terbentuk dari hidrogenasi CO yang teradsorpsi, yang menghasilkan hidrokarbon dengan panjang rantai dan gugus fungsi beragam. Reaksi Fischer-Tropsch menghasilkan parafin, olefin dan alkohol serta reaksi lain yang menghasilkan CO<sub>2</sub>, deposit karbon dan senyawa karbida pada permukaan katalis. Reaksi-reaksi tersebut dapat digambarkan sebagai berikut (Mukenz, 2010)

- :
- |                    |  |
|--------------------|--|
| 1 Parafin          | $(2n+1)\text{H}_2 + n\text{CO} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+2} + n\text{H}_2\text{O}$          |
| 2 Olefin           | $2n\text{H}_2 + n\text{CO} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n} + n\text{H}_2\text{O}$                |
| 3 Alkohol          | $2n\text{H}_2 + n\text{CO} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH} + (n-1)\text{H}_2\text{O}$ |
| 4 Reaksi WGS       | $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$                                |
| 5 Reaksi Boudouard | $2\text{CO} \rightarrow \text{C} + \text{CO}_2$  |



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 ° C menghasilkan konversi CO 22%. Scheuermann, menemukan bahwa reduksi pada 180 ° - 220 ° C menghasilkan katalis aktif, sementara reduksi pada 300 ° C menghasilkan aktivitas katalis yang buruk (*Mukenz, 2010*).

Katalis tidak selalu direduksi dengan H<sub>2</sub>. Agen pereduksi lainnya selain H<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>O 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 (200-240°C, 27 bar), sedangkan reaktor HTFT, yang dapat dioperasikan pada suhu tinggi (300-350°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 <sub>2</sub> /K (loading 10%)	<b>Komposisi</b> : 40% Fe – 60% Co <b>Reduksi katalis</b> : 1 g; 350 <sup>o</sup> C; 16 jam dgnaliran H <sub>2</sub> 30 mL/min dan N <sub>2</sub> 30 mL/min, 1 bar <b>Sintesis FT</b> : 260 <sup>o</sup> C, 16 bar, GHSV 4500 SCCM/(h.g), H <sub>2</sub> /CO = 1,25:1		22,39%	C <sub>5+</sub> 14,06%	CH <sub>4</sub> 12%
Ali (2011)	Fe/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Co/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 30Fe-70Co/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (loading 5%)	<b>Reduksi katalis</b> : 0,03 g; 380 <sup>o</sup> C; 5 jam dgnaliran H <sub>2</sub> 30 mL/min, 1 bar <b>Sintesis FT</b> : 270 <sup>o</sup> C, 1 bar, GHSV 12 L/(h.g), H <sub>2</sub> /CO = 2:1		4,6% 6,3% 8,1%	C <sub>5+</sub> 1,6% C <sub>5+</sub> 3,5% C <sub>5+</sub> 3,2%	C <sub>2-4</sub> 70,9%; CH <sub>4</sub> 27,5% C <sub>2-4</sub> 80,9%; CH <sub>4</sub> 15,6% C <sub>2-4</sub> 80,7%; CH <sub>4</sub> 16,1%
Mukenz (2011)	Co/TiO <sub>2</sub> Fe/TiO <sub>2</sub> Co/TiO <sub>2</sub> -Fe/TiO <sub>2</sub> Fe-Co/ TiO <sub>2</sub> (loading 10%)	<b>Reduksi katalis</b> : 1 g; 350 <sup>o</sup> C; 24 jam dgnaliran H <sub>2</sub> 30 mL/min dan N <sub>2</sub> 30 mL/min, 1 bar <b>Sintesis FT</b> : 1 g, 250 <sup>o</sup> C, 20 bar, GHSV 30 mL/min, H <sub>2</sub> /CO/N <sub>2</sub> = 6:3:1	Camp Fisik 0Fe-100Co 1Fe-99Co	53% 22% 67% 55% 54%		CO <sub>2</sub> 1,5%; CH <sub>4</sub> 21% CO <sub>2</sub> 14%; CH <sub>4</sub> 13% CO <sub>2</sub> 15%; CH <sub>4</sub> 35% CO <sub>2</sub> 1,9%; CH <sub>4</sub> 22% CO <sub>2</sub> 2%; CH <sub>4</sub> 18%

			5Fe-95Co 10Fe-90Co	34% 31%		CO <sub>2</sub> 4,9%; CH <sub>4</sub> 15,5% CO <sub>2</sub> 10,1%; CH <sub>4</sub> 11,5%
Lögdberg (2010)	Co/ TiO <sub>2</sub> (12% loading)	210 <sup>o</sup> C 20 bar H <sub>2</sub> /CO = 2:1 250 Ncm <sup>3</sup> /menit			C <sub>5+</sub> 89,5%	
Fu (2013)	Co/ Karbonaktif	<b>Reduksi katalis:</b> 0.8 g; 1 bar; 400 <sup>o</sup> C (lajupemanasan 10 <sup>o</sup> C/min); aliran H <sub>2</sub> 100 mL/min; 10 jam, didinginkan 180 <sup>o</sup> C <b>Sintesis FT:</b> 230 <sup>o</sup> C (0.5 <sup>o</sup> C/min); 20 bar; H <sub>2</sub> /CO = 2:1 (Ar 10%), WHSV 6750 mL/(h.g) Katalis + quartz sand untuk mengurangi hot spot <b>Hot trap:</b> 170 <sup>o</sup> C; 20 bar <b>Cold trap:</b> -4 <sup>o</sup> C; 20 bar		60%	C <sub>5-10</sub> 51,3%; C <sub>11-17</sub> 23,3%; C <sub>18+</sub> 3,1%	CO <sub>2</sub> 0%; CH <sub>4</sub> 18,9%

Xiong (2010)	Fe/Karbon bola Loading 10%	<p><b>Reduksi katalis:</b> 0,1 g; 370°C; 20 jam dgnaliran H<sub>2</sub> 2 bar, 30 mL/min, didinginkan 275°C</p> <p><b>Sintesis FT:</b> 275°C, 8 bar, GHSV 2760/jam, H<sub>2</sub>/CO/N<sub>2</sub> = 6:3:1</p> <p>N<sub>2</sub> : standar internal utkakurasineracamassa</p> <p><b>Hot trap:</b> 150°C</p> <p><b>Cold trap:</b> 25°C</p>			C <sub>5+</sub> 55,2%	CO <sub>2</sub> 21,1%; CH <sub>4</sub> 24%
Bhuana (2015)	Fe/Al/Cu/K-01 Fe/Al/Cu/K-02	<p><b>Reduksi katalis:</b> 0,5 g; 400°C; 12 jam dgnaliran H<sub>2</sub> 2 bar, 50 mL/min, didinginkan 275°C</p> <p><b>Sintesis FT:</b> 270°C, 8,3 bar, GHSV 7200 SCCM/(h.g), H<sub>2</sub>/CO/N<sub>2</sub> = 6:3:1</p> <p>Ar : standar internal utkanalisisproduk, GC</p> <p><b>Hot trap:</b> 150°C</p> <p><b>Cold trap:</b> 5°C, 24 jam sampling</p>		50% 80%		CO <sub>2</sub> 28,4%; CH <sub>4</sub> 1,47% CO <sub>2</sub> 30,1%; CH <sub>4</sub> 1,63%

## **BAB III METODE PENELITIAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kinerja katalis Fe-Co/karbon aktif pada berbagai variasi komposisi Fe-Co 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 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada bulan September sampai bulan Desember 2017.

### **III.2 Variabel Percobaan**

#### **III.2.1 Variabel Tetap**

Variabel tetap meliputi:

1. Reaktor kontinu fixed bed (SS-316, diameter 1.5cm, tebal 3 mm, panjang 50 cm)
2. Massa katalis : 2 gram
3. Loading logam dalam katalis 10%
4. Kondisi reduksi : 1 bar, 400°C, 5 jam
5. Kondisi reaksi FT : 8 bar, laju alir 150 mL/min/g, 250°C
6. Karbon aktif kombinasi Karbonisasi – H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

#### **III.2.2 Variabel Berubah**

Variabel berubah pada proses ini yaitu:

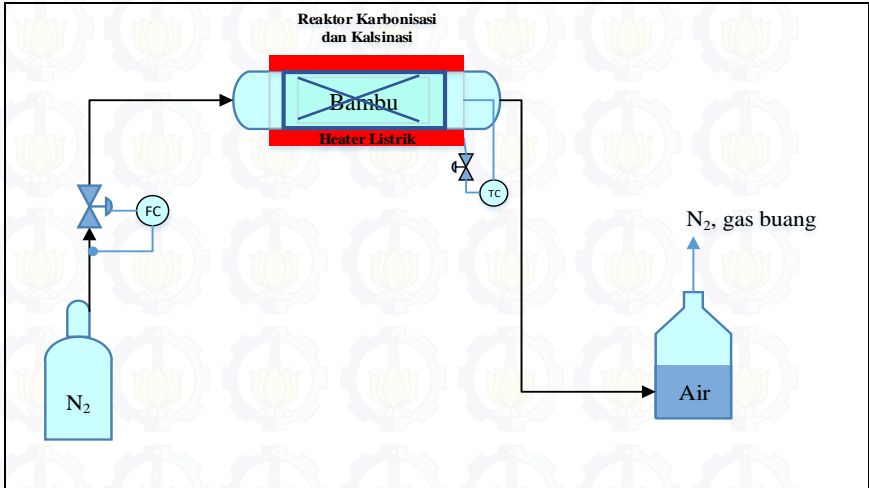
1. Kadar Fe dalam Fe-Co
  - Katalis A1 : 0% (0%Fe - 100%Co)
  - Katalis A2 : 10% (10%Fe – 90%Co)
  - Katalis A3 : 20% (20% Fe – 80%Co)
  - Katalis A4 : 30% (30%Fe – 70%Co)
  - Katalis A5 : 40% (40%Fe – 60%Co)



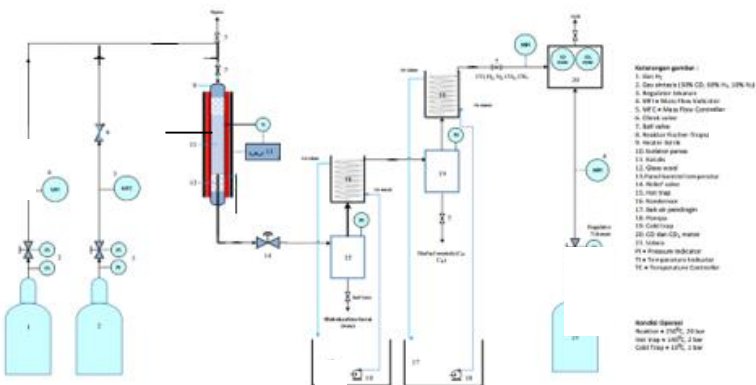
2. Waktu reaksi Fischer Tropsch : 6 jam, 12 jam dan 18 jam

### III.3 Peralatan dan Bahan

#### III.3.1 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*)
2.  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
3.  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
4.  $\text{H}_3\text{PO}_4$  85%
5. Asam Nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) 65%
6. Aquades pH 7
7. Gas  $\text{N}_2$
8. Gas  $\text{H}_2$
9. Gas sintesis (30%  $\text{CO}$ , 60%  $\text{H}_2$ , 10%  $\text{N}_2$ ) dari Samator Gas Industry.

### **III.4 Prosedur Penelitian**

#### **III.4.1 Pembuatan katalis Fe-Co/karbon aktif**

Pada pembuatan karbon aktif dari bambu ini dilakukan dengan kombinasi Karbonisasi- $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Langkah pertama pengecilan ukuran bambu dalam bentuk cincin (*raschig ring*) berdiameter 8-10 mm, selanjutnya dikeringkan hingga kadar airnya 13-15% dan diarangkan pada  $500^\circ\text{C}$  dengan aliran gas nitrogen dalam reaktor karbonisasi. Karbonisasi dilakukan selama 2 jam. Bambu yang telah dikarbonisasi didinginkan hingga temperature ruang kemudian ditambahkan *activating agent* ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) 85% dengan perbandingan bambu :  $\text{H}_3\text{PO}_4$  sebesar 1:5 dilakukan pengadukan selama 1 jam pada suhu  $85^\circ\text{C}$  menggunakan magnetic stirrer, selanjutnya pencucian sampai pH netral menggunakan aquades dan pengeringan di dalam oven pada suhu  $\pm 110^\circ\text{C}$  selama  $\pm 24$  jam. Setelah pengeringan, sampel difungsionalisasi dengan  $\text{HNO}_3$  65%. Fungsionalisasi dilakukan dengan membuat larutan  $\text{HNO}_3$  dan memasukkannya kedalam labu leher tiga bersama dengan arang aktif. Pembuatan larutan  $\text{HNO}_3$  dengan cara mengambil 3ml larutan  $\text{HNO}_3$  65% kemudian menembahkannya dengan aquades hingga 150 ml. Fungsionalisasi

pada temperature  $80^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Tujuan utama fungsionalisasi adalah membentuk gugus fungsi oksigen yang akan memperkuat penambatan unsur logam Fe dan Co pada penyangga karbon pada impregnasi katalis. Setelah difungsionalisasi, dilakukan pencucian sampai pH netral untuk menghilangkan sisa-sisa *activating agent*. Setelah dicuci, sampel dikeringkan pada oven suhu  $\pm 110^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Sampel yang didapatkan kemudian disimpan di dalam desikator untuk menjaga agar tetap kering. Karakterisasi karbon aktif dengan FTIR dan BET.

Uji luas permukaan karbon aktif dapat dilakukan dengan proses adsorpsi metilen biru. Adsorpsi dilakukan dengan cara merendam karbon aktif sebanyak 1 gram ke dalam 100 mL larutan metilen biru. Perendaman karbon aktif dilakukan dengan pengadukan selama 60 menit. Selanjutnya, larutan metilen biru yang telah diadsorpsi, dianalisa dengan metode Spektrofotometri dengan panjang gelombang 654 nm untuk menganalisa konsentrasi metilen biru yang terserap karbon aktif.

Katalis Fe dan Co diimpregnasi menggunakan metode *wet impregnation* pada karbon aktif dengan larutan  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan larutan  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ . Menambahkan larutan  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan larutan  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  kedalam 4 gram karbon aktif. Sampel terimpregnasi dikeringkan di dalam oven selama 12 jam, didiamkan dalam desikator, kemudian dikalsinasi dengan gas  $\text{N}_2$  pada  $500^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam. Katalis logam yang masih berupa oksida direduksi dengan gas  $\text{H}_2$  pada  $400^{\circ}\text{C}$  selama 5 jam pada tekanan 1 bar didalam reaktor. Katalis yang dihasilkan dikarakterisasi dengan XRD dan EDX untuk mengetahui secara kualitatif dan kuantitatif kandungan logam dalam katalis.

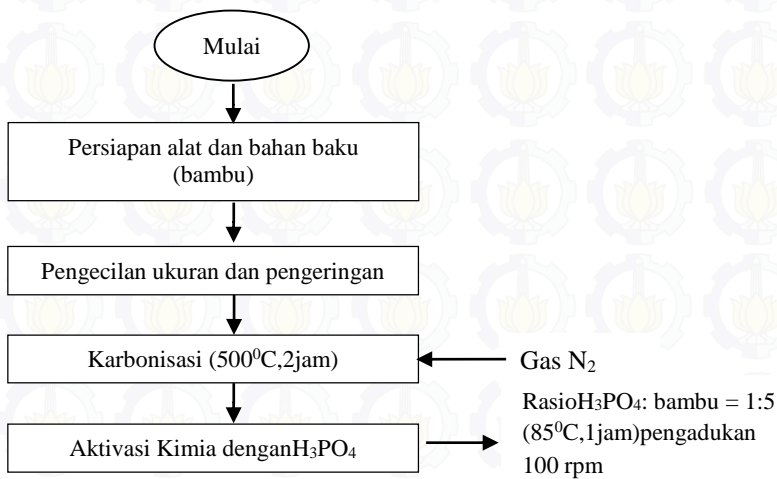
### III.4.2 Sintesis Fischer-Tropsch

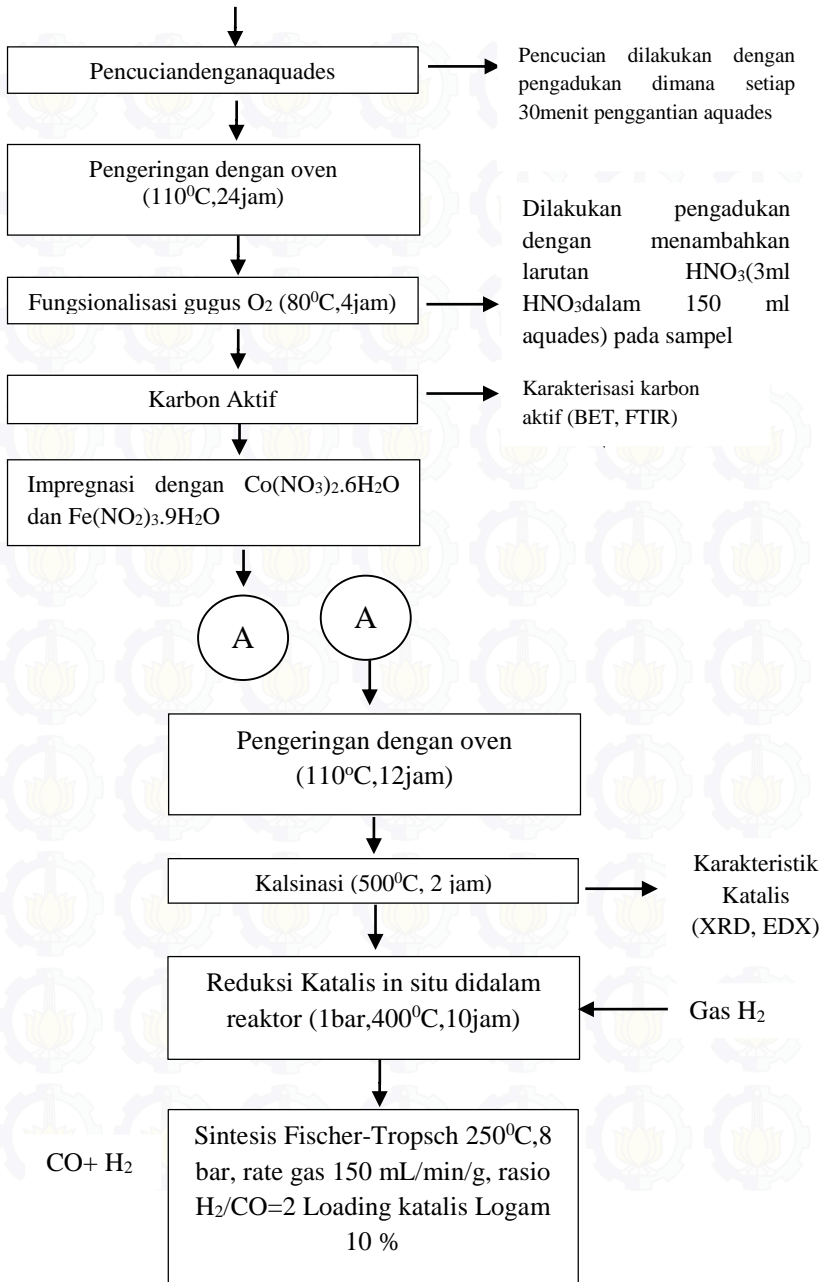
Sintesis Fischer-Tropsch dilakukan dalam rangkaian reaktor yang ditunjukkan pada Gambar II.2. Sebelum memulai eksperimen, dilakukan uji rig dengan nitrogen bertekanan untuk memastikan tidak ada kebocoran. Pengujian rig dilakukan dengan

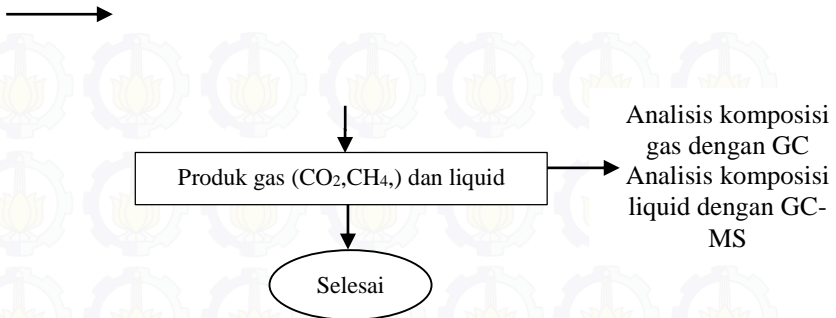
mengalirkan gas N<sub>2</sub> tekanan 10 bar selama 7 jam dengan menutup semua valve. Setelah dilakukan pengujian rig dan tidak ada kebocoran dilanjutkan dengan reduksi katalis. Katalis dengan berat 2 gram direduksi *in situ* dalam reaktor *fixed bed* dengan gas H<sub>2</sub> yang mengalir secara kontinyu dengan laju 100 ml/menit pada tekanan 1 bar, temperature 400<sup>0</sup>C selama 5 jam. Pada akhir prosedur reduksi, reaktor didinginkan hingga temperatur yang diinginkan sesuai yaitu 250<sup>0</sup>C dan aliran gas hydrogen dihentikan. Gas sintesis dalam sebuah tabung dengan komposisi 30% CO, 60% H<sub>2</sub> dan 10% N<sub>2</sub> dialirkan menuju reaktor. Laju alir gas sintesis diatur dengan *mass flow controller* (Omega, laju alir max 1000 ml/menit) melalui *bypass* ke reaktor. Saat itulah dianggap awal reaksi (t=0). Pengujian kinerja katalis dilakukan dengan memasukkan 2 gram katalis Fe-Co/karbon aktif menggunakan variasi waktu sampling reaksi Fischer-Tropsch dan kadar Fe dalam Fe-Co. 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 8 bar dengan laju alir 150 ml/(min.gkatalis). Proses sintesis berjalan secara batch dengan dilakukan sampling setiap 6 jam secara berkala. Produk liquid hidrokarbon yang terbentuk selanjutnya akan dilakukana nalisa GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*) untuk mengetahui komposisi hidrokarbon yang terbentuk. Sedangkan untuk produk gas yang berupa CO, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> akan di analisa menggunakan GC (*Gas Chromatography*).

### III.5 Diagram Alir Proses

#### III.5.1 Pembuatan Katalis Fe-Co/Karbon aktif

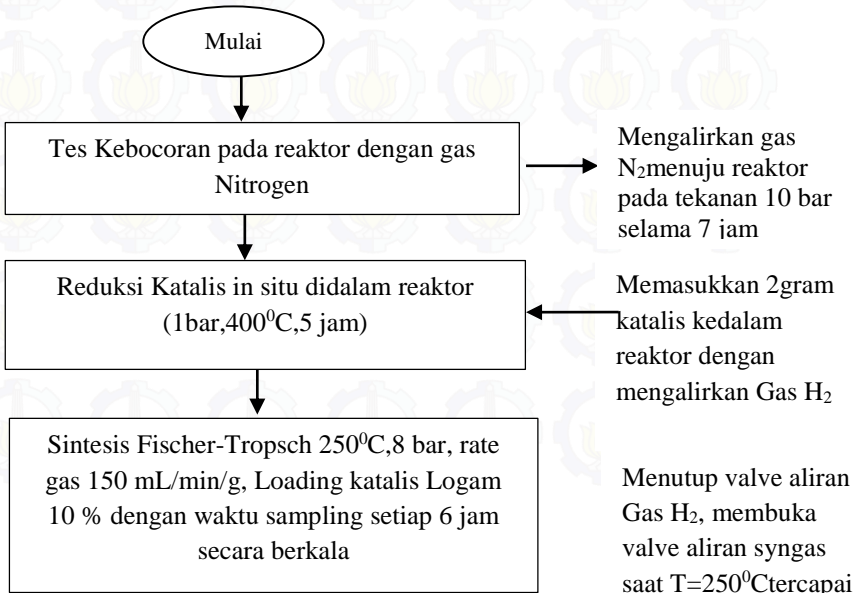


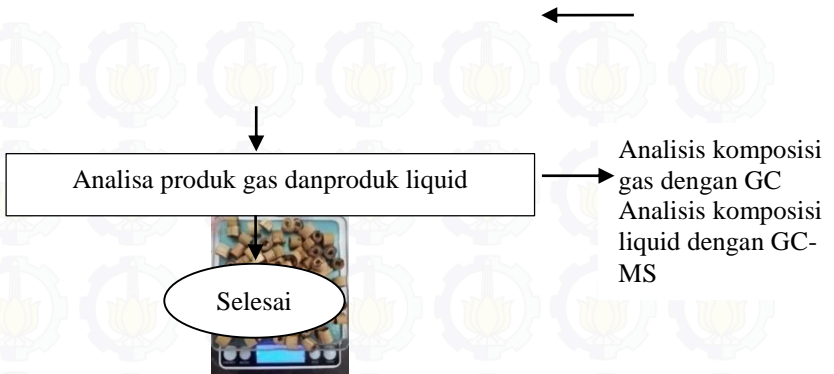




**Gambar III.3** Diagram Alir Proses Pembuatan Katalis

### III.5.2 Proses Sintesis Fischer-Tropsch



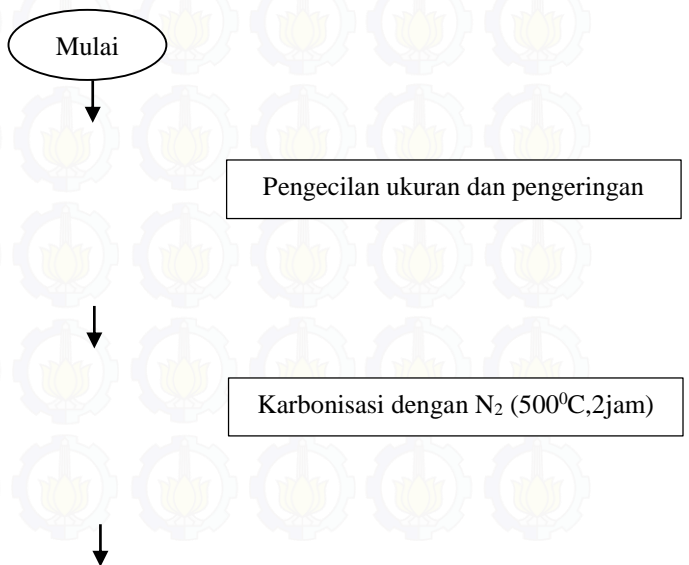


**Gambar III.4** Diagram Alir Proses Sintesis Fischer Tropsch



### III.6 Gambar Proses Penelitian

#### III.6.1 Pembuatan Katalis Fe-Co/Karbon aktif







Aktivasi Kimia dengan  $H_3PO_4$



Pencucian dengan aquades

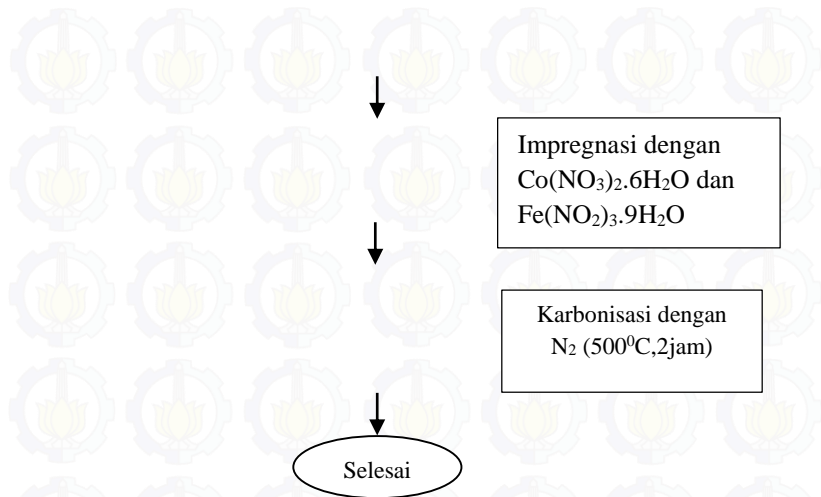


Fungsionalisasi gugus  $O_2$  ( $80^{\circ}C, 4jam$ )

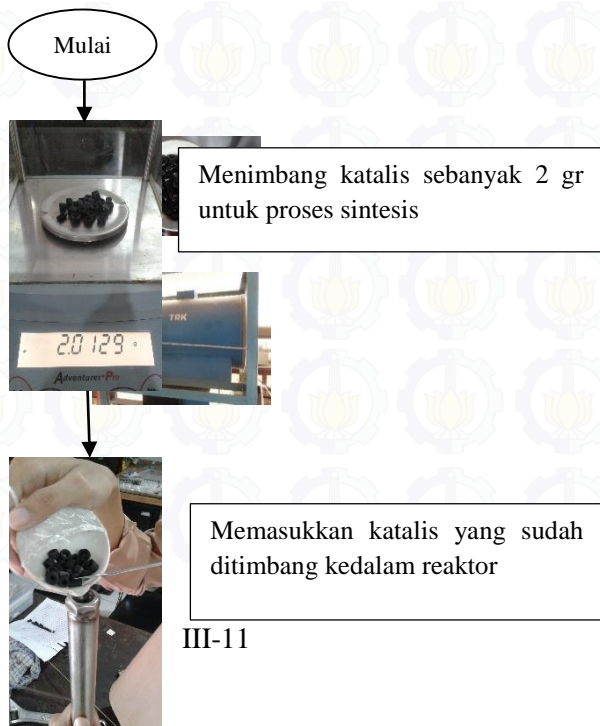


Pencucian dengan aquades

Pengeringan dengan oven  
( $110^{\circ}C, 24jam$ )

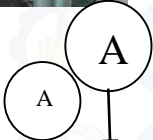


**Gambar III.5** Gambar Proses Pembuatan Katalis  
**III.6.2** Proses Sintesis Fischer-Tropsch





Memasukkan packing berupa *glass tube* kedalam reaktor



Menutup rapat reactor setelah diberi katalis dan *packing*



Memasukkan reactor kedalam selongsong heater



Memastikan setiap fitting terinstal dengan kuat agar gas tidak bocor



Menghidupkan heater hingga mencapai suhu yang diinginkan yaitu 250 °C, kemudian membuka valve syngas hingga tekanan 8 bar.



Menutupalkan syngas kemudian mengambil sampel setiap 6 jam sekali.



Mengambil liquid yang terbentuk saat 18 jam reaksi.

Selesai

**Gambar III.6** Gambar Proses Sintesis Fischer Tropsch

### **III.7 Teknik Analisis**

#### **III.7.1 Analisis FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)**

Analisis FTIR adalah salah satu metode untuk mendeteksi struktur molekul senyawa melalui identifikasi gugus fungsi penyusun senyawa (Mayang Sari, 2011).

#### **III.7.2 Analisis Kandungan Gas menggunakan GC (*Gas Chromatography*)**

Menurut Grob 2004, *gas chromatography* adalah teknik analisis yang unik dan sederhana. Teknik ini digunakan untuk produk yang akan diidentifikasi dengan menggabungkan ke massa

spectrometer ketika perbandingan fingerprint diperlukan. Analisis GC ini dapat digunakan untuk pemisahan langsung dan analisis sampel gas.

### **III.7.3 Analisis Kandungan Liquid menggunakan GC-MS ( *Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) dengan Merk “HP 6890 GC Method : Liquid 16 M”**

GC-MS menggunakan metode pemisahan senyawa organik yang menggunakan dua metode analisis senyawa, yaitu kromatografi gas (GC) untuk menganalisa jumlah senyawa secara kuantitatif dan spektrometri massa (MS) untuk menganalisa struktur molekul senyawa analit. Dari GS-MS ini akan diperoleh data struktur senyawa yang terdeteksi (eprint.undip.ac.id)

### **III.7.4 Analisa dengan XRD (*X-ray diffraction*) dan EDX (*Energy Dispersive X-Ray spectroscopy*)**

Analisis ini digunakan untuk mengetahui akan kandungan mineral, persentase dan tingkat kristalinitas mineral dari karbon aktif bambu. Difraksi sinar-X atau X-ray diffraction (XRD) adalah suatu metode analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Profil XRD juga dapat memberikan data kualitatif dan semi kuantitatif pada padatan atau sampel. Difraksi sinar X ini digunakan untuk beberapa hal, diantaranya:

- Pengukuran jarak rata-rata antara lapisan atau baris atom
- Penentuan Kristal tunggal
- Penentuan struktur Kristal dari material yang tidak diketahui
- Mengukur bentuk, ukuran, dan tegangan dalam dari Kristal kecil

Difraksi sinar-X terjadi karena pada hamburan elastis foton-foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi periodik. Hamburan monokromatis sinar-X dalam fasa tersebut memberikan interferensi yang konstruktif (Sudrajat, 2014).

*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS atau EDX atau EDAX) adalah salah satu teknik analisis untuk menganalisis unsur atau karakteristik kimia dari spesimen. Karakterisasi ini bergantung pada interaksi beberapa eksitasi sinar X dengan spesimen. Kemampuan untuk mengkarakterisasi sejalan dengan prinsip dasar yang menyatakan bahwa setiap elemen memiliki struktur atom yang unik, dan merupakan ciri khas dari struktur atom suatu unsur, sehingga memungkinkan sinar-X untuk mengidentifikasinya. Melalui analisa EDX ini unsure dapat diidentifikasi secara kuantitatif (*Sudrajat, 2014*).

Data hasil XRD dan EDX tersebut kemudian dianalisis lebih lanjut oleh Penyusun untuk mengetahui akan karakteristik *peak* tiap mineral, persentase mineral, dan tingkat kristalinitas mineral yang ada pada karbon aktif yang dianalisis.

## **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 mengetahui pengaruh aktivitas kinerja katalis terhadap pengaruh distribusi produk biofuel. Karakterisasi katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah karakterisasi BET, FTIR, XRD, 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 XRD digunakan untuk mengetahui struktur kristal yang ada pada katalis yang telah diproduksi. Karakterisasi EDX digunakan untuk mengetahui unsur yang terkandung dalam bahan secara kuantitatif. Sedangkan karakterisasi GC dan GCMS digunakan untuk mengetahui kandungan dan komposisi pada biofuel yang dihasilkan baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

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

##### **IV.1.1 Aktivasi Kimia**

Pada pembuatan katalis Fe-Co/Karbon Aktif langkah pertama yang dilakukan adalah memproses bahan baku dengan karbonisasi. Proses ini bertujuan untuk menjadikan raw material yang berupa biomasa limbah bambu menjadi arang. Untuk menghindari terbentuknya abu karena proses dilakukan pada suhu tinggi, maka karbonisasi ini dialiri dengan gas nitrogen. Kemudian arang bambung di aktivasi secara kimia yang tujuannya untuk menambah luas pori dari arang, dan menghilangkan pengotor yang mungkin menyumbat pori dari proses karbonisasi. Proses aktivasi kimia untuk pembuatan karbon aktif memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses aktivasi fisika, seperti

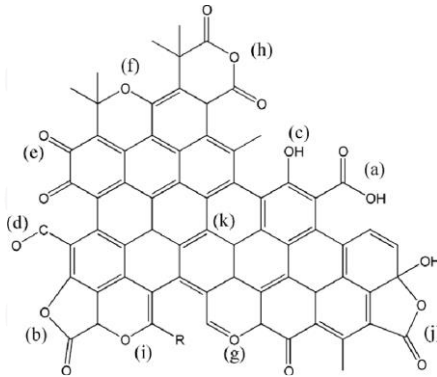


suhu yang digunakan saat proses aktivasi lebih rendah dan pori-pori yang terbentuk lebih banyak. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pengaktif di antaranya  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{ZnCl}_2$ , dan sebagainya. Semua bahan aktif ini umumnya bersifat sebagai pengikat air (*Kirk dan Othmer, 1978*).

Proses aktivasi kimia menggunakan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dilakukan pada temperature  $85^\circ\text{C}$  selama 4 jam dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Aktivasi kimia dilakukan dengan mencampur material karbon dengan bahan-bahan kimia atau aktivator, selanjutnya campuran dikeringkan dan dipanaskan.

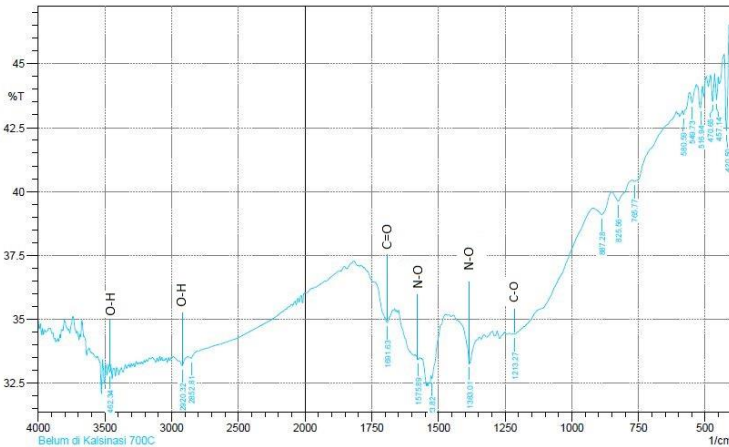
#### **IV.1.2 Fungsionalisasi**

Proses fungsionalisasi menggunakan  $\text{HNO}_3$  bertujuan untuk membuat/memperkuat *active site* pada permukaan karbon aktif sehingga penambatan logam pada proses impregnasi lebih maksimal. Selain terdiri dari atom karbon, karbon aktif mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang terikat pada gugus fungsi misalnya karboksil, fenol, dan eter. Memodifikasi gugus fungsi permukaan karbon dapat menghasilkan karbon aktif dengan kegunaan yang lebih spesifik. Ada beberapa cara memodifikasi sifat kimia permukaan karbon aktif, salah satunya treatment dengan menggunakan asam oksidator. Mekanisme utama yang dapat terjadi secara bersamaan dalam peristiwa fungsionalisasi, yaitu teradsorptions atom – atom oksigen secara kimia pada permukaan karbon sehingga membentuk gugus – gugus oksida, dan teroksidasinya atom karbon sehingga terjadi pelebaran pori pada karbon aktif (*Setyadhi, dkk, 2005*). Struktur kimia karbon aktif dapat dilihat pada Gambar IV.1.



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

Dimana gugus fungsi Oksigen pada permukaan untuk menempelnya logam pada proses impregnasi. Untuk melihat apakah sudah terbentuk gugus fungsi Oksigen pada karbon aktif dapat dilakukan analisa FTIR. Analisa FTIR dapat digunakan untuk analisa kualitatif meliputi analisa gugus fungsi (adanya *peak* dari gugus fungsi spesifik) beserta polanya dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu. Pengaruh proses fungsionalisasi terhadap terbentuknya gugus fungsi oksigen dapat dilihat pada gambar IV.1 dibawah ini :



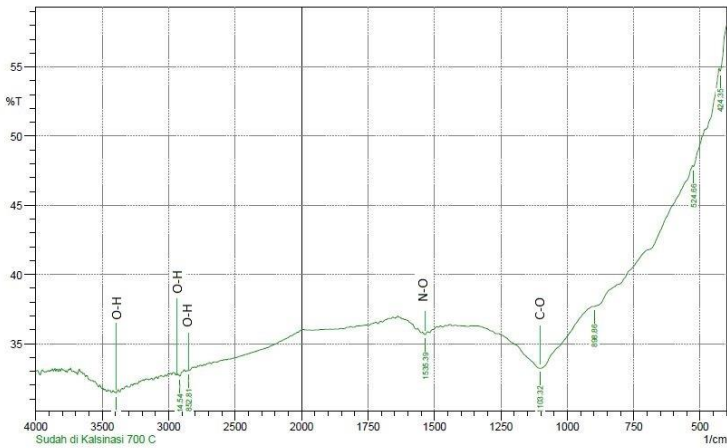
**Gambar IV.2** Grafik Hasil Analisa FTIR karbon aktif sebelum dikalsinasi pada  $T = 700^{\circ}\text{C}$

Pada gambar IV.2 diatas menunjukkan bahwa sebelum dilakukan kalsinasi dengan  $\text{N}_2$  pada temperature  $700^{\circ}\text{C}$  sudah terbentuk beberapa gugus oksigen. Hal ini disebabkan karena  $\text{HNO}_3$ , 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 dan 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 sebelum dilakukan proses kalsinasi dapat dilihat pada tabel IV.1 dibawah ini :

**Tabel IV.1** Gugus Fungsi pada sampel Karbon Aktif sebelum proses kalsinasi

No	Peak	Area	Intensitas	Ikatan	Tipe Senyawa
1	1213,27	131,063	34,416	C-O	Ester, Eter, Alkohol, Asam Karboksilat
2	1383,01	39,404	33,275	N-O	Senyawa Nitro
3	1575,89	8,243	33,415	N-O	Senyawa Nitro
4	1691,63	7,046	34,874	C=O	Aldehyde, Keton, Asam Karboksilat, Ester
5	2920,32	28,511	33,186	O-H	Asam Karboksilat
6	3462,34	9,27	32,92	O-H	Fenol, Alkohol

Pada penelitian ini dilakukan analisa FTIR pada sampel karbon aktif sebanyak 2kali yaitu sebelum dan sesudah proses kalsinasi 700<sup>o</sup>C. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses kalsinasi 700<sup>o</sup>C terhadap gugus fungsi oksigen yang telah terbentuk. Hasil analisa FTIR sesudah proses kalsinasi 700<sup>o</sup>C disajikan pada gambar IV.3.



**Gambar IV.3** Grafik Hasil Analisa FTIR karbon aktif setelah dikalsinasi pada  $T = 700^{\circ}\text{C}$

Pada gambar IV.3 diatas menunjukkan bahwa setelah dilakukan proses kalsinasi dengan  $\text{N}_2$  pada temperature  $700^{\circ}\text{C}$  terbentuk beberapa gugus oksigen namun gugus oksigen berkurang dibandingkan dengan sebelum dilakukan proses kalsinasi. Hal ini menunjukkan bahwa proses kalsinasi pada temperature  $700^{\circ}\text{C}$  dapat merusak struktur dari gugus oksigen yang sudah terbentuk setelah proses fungsionalisasi. Berdasarkan hasil analisa tersebut dalam proses pembuatan katalis Fe-Co/karbon aktif setelah proses fungsionalisasi tidak dilakukan kalinasi pada temperature  $700^{\circ}\text{C}$  untuk menghindari hilangnya gugus oksigen yang sudah terbentuk. Gugus fungsi yang terbentuk sesudah dilakukan proses kalsinasi disajikan pada tabel IV.2 dibawah ini :

**Tabel IV.2** Gugus Fungsi pada sampel Karbon Aktif setelah proses kalsinasi

No	peak	Area	Intensitas	Ikatan	Tipe Senyawa
1	1103,32	162,383	33,125	C-O	Ester, Eter, Alkohol, Asam Karboksilat
2	1535,39	8,619	35,638	N-O	Senyawa Nitro
3	2852,81	21,288	33,023	O-H	Asam Karboksilat
4	2914,54	25,186	32,64	O-H	Asam Karboksilat
5	3396,76	11,6	31,43	O-H	Fenol, Alkohol

Setelah proses fungsionalisasi dilakukan analisa metilen biru. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui daya penyerapan karbon aktif terhadap zat warna metilen biru. Analisa ini menunjukkan bahwa terjadi penambahan luas permukaan karbon, analisa ini dilakukan sebagai alternative analisa BET.

**Tabel IV.3** Hasil Penyerapan Metilen Biru

Jenis	Perlakuan	Absorbansi	Konsentrasi akhir metilen biru (ppm)	konsentrasi metilen biru yg terserap (ppm)
Ring	B700	0,902	0,015373	19,985
	S700	0,778	0,009011	19,991

Pada Tabel IV.3 didapatkan bahwa konsentrasi metilen biru yang terserap pada karbon aktif bentuk *ring* tanpa kalsinasi suhu tinggi (B700) lebih kecil dibandingkan dengan karbon aktif sesudah kalsinasi (S700). Penyerapan yang tinggi pada karbon aktif sesudah kalsinasi (S700) disebabkan oleh pori yang sudah terisi gugus oksigen telah hilang akibat kalsinasi suhu tinggi (700 °C), sehingga dapat tersubsitusi oleh zat metilen biru. Pada proses selanjutnya yaitu impregnasi akan dibutuhkan gugus oksigen yang lebih banyak untuk menambatkan unsur logam, sehingga digunakan karbon aktif B700 yaitu karbon aktif tanpa kalsinasi suhu tinggi (700 °C).

#### IV.1.3 Impregnasi

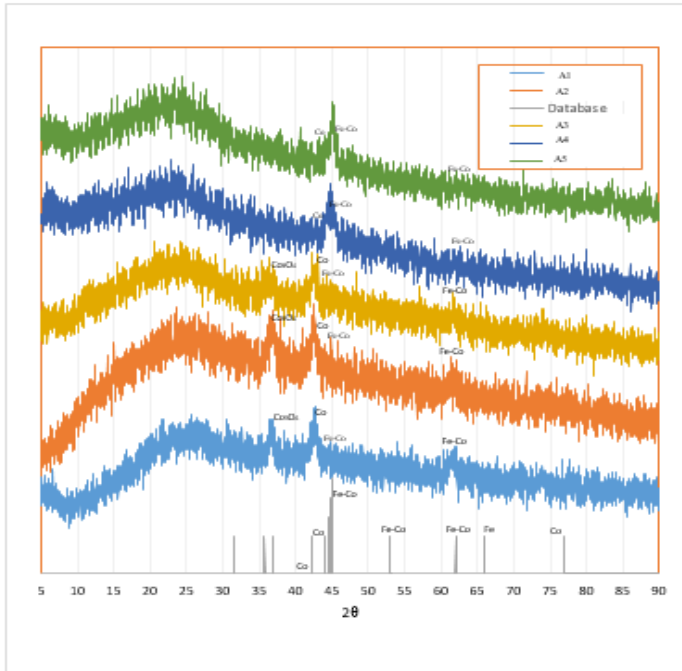
Metode impregnasi yang digunakan untuk preparasi katalis Fe-Co/karbon aktif adalah impregnasi basah (*wet impregnation*). Dalam impregnasi basah, material penyangga dikontakkan dengan larutan berlebih yang mengandung prekursor katalis logam. Selanjutnya, dilakukan pengeringan dan direduksi untuk menghilangkan senyawa oksida menjadi logam. Katalis Fe dan Co dipreparasi menggunakan *wet impregnation* (WI) pada karbon aktif dengan larutan  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dan larutan  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ . Pemilihan logam bimetal Fe-Co sebagai *active site* dalam katalis ini berdasarkan pada penelitian sebelumnya. Penggunaan Fe dan Co secara bersamaan dapat meningkatkan aktivitas katalis. Mukenz (2011), menggunakan kombinasi katalis Fe-Co/TiO<sub>2</sub> dan berhasil menurunkan selektivitas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dengan kenaikan konversi reaktan dibandingkan penggunaan katalis Fe dan Co secara terpisah. Ali et al., (2011) menggunakan katalis Fe-Co/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan menghasilkan konversi CO lebih tinggi dibandingkan penggunaan Fe dan Co secara terpisah. Setelah dilakukan impregnasi dilakukan karakterisasi katalis untuk mengetahui karakter katalis tersebut. Karakterisasi katalis menggunakan XRD dan EDX. Analisa XRD digunakan untuk mengidentifikasi fase kristal dan komposisi pada katalis dengan cara menentukan parameter struktur kisi. Database XRD untuk

logam bebas dan garam dari Fe dan Co dapat dilihat pada Tabel IV.4

**Tabel IV.4** Database XRD untuk katalis logam

	2 $\theta$ Tavasoli (2009)	2 $\theta$ Sonal (2017)
CNT	25 <sup>0</sup> ; 43 <sup>0</sup>	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	31,5 <sup>0</sup> ; 36,8 <sup>0</sup>	19,7; 31,6; 37,3; 39; 45,2; 59,8; 65,7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,7 <sup>0</sup> ; 44,5 <sup>0</sup>	33; 39; 56,14
Co	44 <sup>0</sup> ; 77 <sup>0</sup> , 44,217	42,12; 45,24
Fe	44,8 <sup>0</sup> ; 66 <sup>0</sup>	
Fe-Co	45 <sup>0</sup> ; 53 <sup>0</sup> ; 62 <sup>0</sup>	45; 65
CoO		65,5 dan 75,5
Fe <sub>3</sub> C		22,21; 42,36; 63,22; 79,39





**Gambar IV.4** Grafik Hasil Analisa XRD pada berbagai variasi komposisi Fe pada katalis Fe-Co/Karbon aktif pada katalis setelah impregnasi

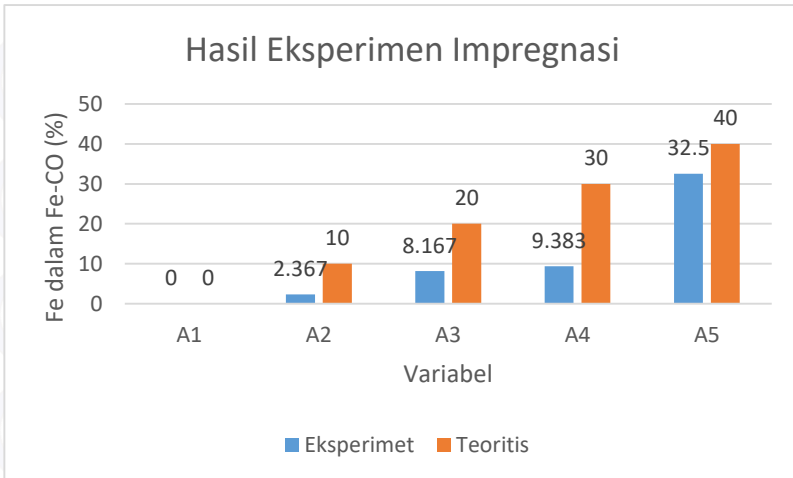
Pada gambar IV.4 menunjukkan hasil analisa XRD pada berbagai variasi komposisi Fe pada katalis Fe-Co/Karbon aktif yang dibandingkan dengan database yang ada dari penelitian sebelumnya (Tavaloli, 2009 dan Sonal, 2017). Dari grafik dapat dilihat bahwa setelah reduksi menggunakan gas H<sub>2</sub> sudah terdapat logam Fe-Co pada katalis Fe-Co/Karbon aktif. Hal ini sudah sesuai

dengan literatur dimana peak logam Fe-Co muncul pada sudut kisaran  $45^{\circ}$ ;  $53^{\circ}$ ;  $62^{\circ}$ . Namun masih ditemukan adanya senyawa oksida seperti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{CO}_3\text{O}_4$ . Adanya kandungan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{CO}_3\text{O}_4$  pada katalis Fe-Co/karbon aktif menunjukkan bahwa proses reduksi senyawa oksida menjadi logam belum berjalan secara sempurna pada katalis. Hal ini dikarenakan terjadi fluaktif laju alir gas hidrogen yang masuk reaktor pada proses reduksi sehingga proses pemisahan ikatan oksigen masih belum sempurna.

Pada Katalis Fe-Co/Karbon aktif juga dilakukan analisa EDX. Analisa EDX dilakukan untuk mengetahui komposisi logam Fe-Co yang berhasil terimpregnasi kedalam penyangga. Selain itu juga menunjukkan bahwa Fe-Co terdistribusi dalam penyangga karbon aktif. Tabel IV.5 menunjukkan hasil analisis EDX pada berbagai variasi kadar Fe dalam katalis Fe-Co/Karbon Aktif.

**Tabel IV.5** Hasil analisa EDX pada berbagai variasi komposisi Fe pada katalis Fe-Co/Karbon aktif

Variabel		Impregnasi						Hasil eksperimen
notasi	Fe dalam Fe-Co (%)	W1 (gram)			W2 (gram)			Fe dalam Fe-CO (%)
		Fe	Co	Fe-Co	Fe	Co	Fe-Co	
A1	0%	0	0,4	0,4	0	0,198	0,198	0
A2	10%	0,04	0,36	0,4	0,009	0,097	0,106	2,367
A3	20%	0,08	0,32	0,4	0,033	0,120	0,152	8,167
A4	30%	0,12	0,28	0,4	0,038	0,128	0,165	9,383
A5	40%	0,16	0,24	0,4	0,13	0,124	0,254	32,5



**Gambar IV.5** Grafik Hasil Eksperimen Impregnasi pada berbagai variasi komposisi Fe pada katalis Fe-Co/Karbon aktif

Pada tabel IV.5 dapat diperoleh informasi bahwa W1 adalah berat logam impregnasi secara teoritis, W2 adalah berat logam eksperimen. Hasil impregnasi yang paling optimum terdapat pada katalis A5 dengan W1 Fe-Co sebesar 0,4 gram dan W2 sebesar 0,254 gram, sehingga % keberhasilan logam Fe tersubstitusi dalam katalis sebesar 32,5%. Sedangkan pada katalis A1,A2,A3 dan A4 logam Fe yang tersubstitusi kedalam katalis berada dibawah hasil teoritis. Hal ini dapat disebabkan oleh metode impregnasi yang kurang maksimal, dimana pada saat dilakukan impregnasi banyak logam menempel pada permukaan cawan. Impregnasi logam yang tidak merata dapat menghasilkan hasil analisis yang berbeda. Kelemahan analisis EDX adalah analisis kadar logam hanya pada beberapa titik (area kecil) sehingga tidak mewakili. Sedikitnya logam yang dapat terimpregnasi kedalam katalis akan berpengaruh dalam distribusi produk pada proses sintesis Fischer Tropsch.

## IV.2 Proses Sintesis Fischer-Tropsch

Sintesis Fischer-Tropsch merupakan reaksi antara  $H_2$  dan  $CO$  dengan batuan katalis padat untuk memproduksi hidrokarbon. Dalam penelitian ini menggunakan katalis bimetal Fe-Co/Karbon aktif dengan loading logam 10% pada kondisi operasi temperature  $250^\circ C$  tekanan 8 bar dengan laju alir 150 mL/min (seharusnya batch). Dari proses sintesis Fischer-Tropsch yang dilakukan, diharapkan terdapat 2 produk yaitu berupa gas (fraksi ringan) dan *liquid* (fraksi berat). Contoh produk gas dan *liquid* yang diperoleh dapat dilihat pada gambar IV.6:



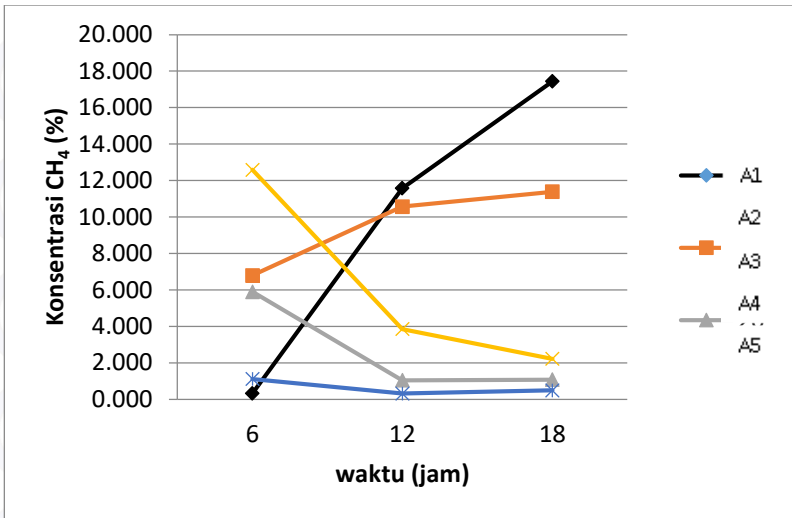
(a)



(b)

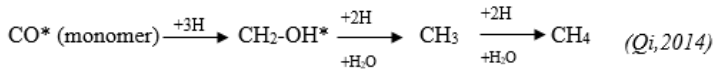
**Gambar IV.6** Produk Sintesis Fischer Tropsch (a) Produk *liquid* (b) produk gas.

Produk gas dari sintesis Fischer Tropsch ini adalah  $CH_4$  dan  $CO_2$ , yang seharusnya  $CH_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$ ,  $CO_2$  dan sisa reaktan  $CO$  dan  $H_2$ . Namun yang berhasil dianalisis hanya  $CH_4$  dan  $CO_2$  dimana  $CH_4$  dan  $CO_2$  merupakan produk samping. Produk gas yang didapat ditampung dalam gas bag untuk selanjutnya dilakukan analisa komposisi gas menggunakan GC (*Gas Chromatography*). Dari hasil analisa GC (*Gas Chromatography*) didapatkan hasil seperti pada gambar IV.7

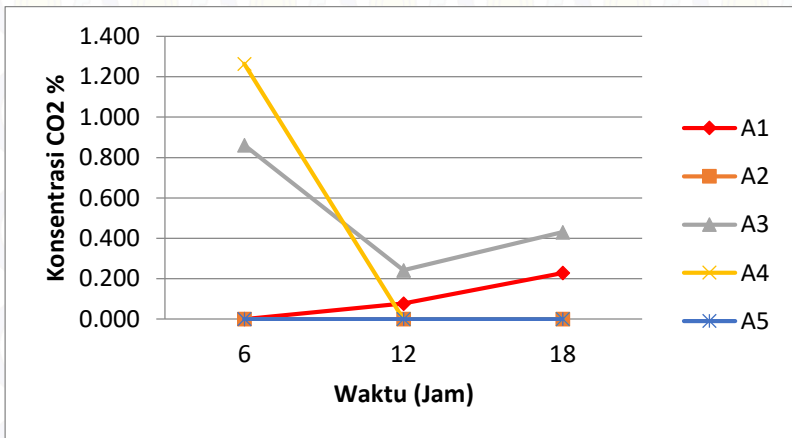


**Gambar IV.7** Grafik Hasil Analisa GC untuk gas CH<sub>4</sub> pada berbagai variasi komposisi Fe pada katalis Fe-Co/Karbon aktif

Pada gambar IV.7 diatas menunjukkan hubungan sumbu y konsentrasi CH<sub>4</sub> dan sumbu x lama waktu reaksi. Dapat dilihat hasil analisa produk gas dari berbagai katalis Fe-Co/Karbon aktif yaitu katalis A1, A2, A3, A4 dan A5. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada katalis A1 dan A2 konsentrasi CH<sub>4</sub> naik dengan bertambahnya waktu reaksi. Hal ini disebabkan kecilnya kadar Fe meningkatkan terbentuknya CH<sub>4</sub>, CH<sub>4</sub> yang terbentuk sedikit terkonversi menjadi hidrokarbon sehingga jumlahnya terus bertambah. Hal ini mengindikasikan bahwa pada awal proses sintesis fraksi ringan yang mudah dilepas banyak terbentuk sehingga jumlah produk gas meningkat. Berikut reaksi pembentukan CH<sub>4</sub> dalam sintesis Fischer-Tropsch :



Sedangkan pada katalis A3, A4 dan A5 semakin bertambahnya waktu operasi, konsentrasi CH<sub>4</sub> mengalami penurunan. Penurunan konsentrasi CH<sub>4</sub> ini disebabkan karena CH<sub>4</sub> akan terkonversi menjadi hidrokarbon (fraksi berat). Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Mukenz (2011) yang berhasil menurunkan selektivitas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dengan kenaikan konversi reaktan dibandingkan penggunaan katalis Fe dan Co secara terpisah.



**Gambar IV.8** Grafik Hasil Analisa GC untuk gas CO<sub>2</sub> pada berbagai variasi komposisi Fe pada katalis Fe-Co/Karbon aktif

Pada gambar IV.8 menunjukkan hubungan sumbu y konsentrasi CO<sub>2</sub> dan sumbu x lama waktu reaksi. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada katalis A1 konsentrasi CO<sub>2</sub> naik seiring dengan bertambahnya waktu reaksi. Seharusnya, konsentrasi CO<sub>2</sub> tidak naik seiring dengan bertambahnya waktu, karena katalis yang mengandung banyak logam Co, mampu menekan terbentuknya

CO<sub>2</sub>, namun pada katalis A1 hanya terdapat Co yang sedikit, sehingga penekanan produksi CO<sub>2</sub> tidak berjalan dengan baik. Ma, et al (2004) membuktikan bahwa sintesis Fischer-Tropsch dengan katalis Co berpenyangga karbon aktif dapat menekan produksi CO<sub>2</sub> dengan loading Co 20%, temperatur 240°C, tekanan 2.4MPa, laju alir reaktan 650/jam dan rasio H<sub>2</sub>/CO = 2. Pada kondisi ini, konversi reaktan mencapai 70%, namun selektivitas masih cukup tinggi (20-23%). Reaksi pembentukan CO<sub>2</sub> adalah sebagai berikut:



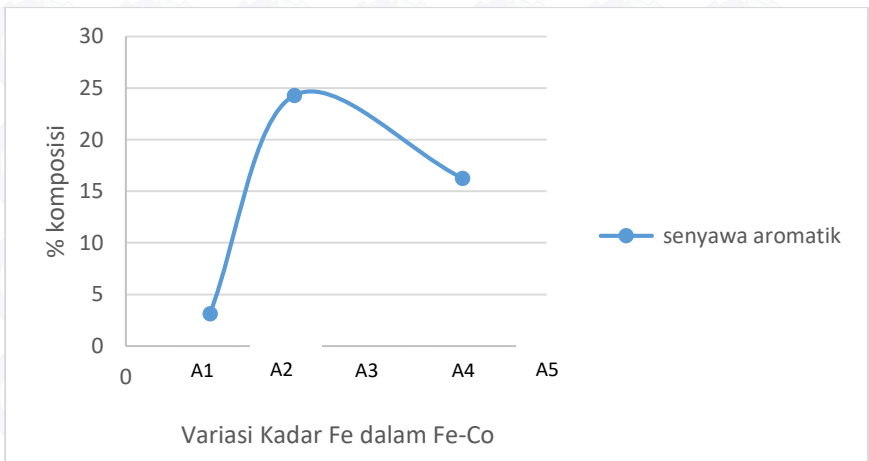
Pada katalis A3 dan A4 konsentrasi CO<sub>2</sub> mengalami penurunan. Penurunan konsentrasi CO<sub>2</sub> ini disebabkan karena penggunaan katalis bimetal Fe-Co ini dapat menurunkan terbentuknya CO<sub>2</sub> bila dibandingkan penggunaan katalis Fe dan Co secara terpisah (Mukenz, 2011). Sedangkan pada katalis A2 dan A5 tidak terbentuk gas CO<sub>2</sub> hal ini dikarenakan logam Fe-Co sudah terimpregnasi dengan baik pada penyangga karbon aktif sehingga dapat menekan pembentukan CO<sub>2</sub>.

Secara umum senyawa penyusun produk *liquid* dikelompokkan menjadi 5 diantaranya :

1. Sikloparafin merupakan senyawa siklis yang jenuh dan tidak reaktif sehingga kadar senyawa ini dalam bahan bakar sangat baik dan mampu meningkatkan nilai oktan pada bahan bakar.
2. N-Parafin merupakan senyawa hidrokarbon jenuh berantai lurus (alkane/C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>) yang mempunyai keunggulan yaitu kurang reaktif tetapi dapat terbakar ketika mencapai flash point nya (73-160 °C).
3. Olefin merupakan kelompok senyawa hidrokarbon tidak jenuh, C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub> yang cenderung tidak stabil sehingga kadarnya harus dibatasi karena dapat mempengaruhi kualitas bahan bakar.
4. Alkuna merupakan senyawa hidrokarbon tak jenuh berantai lurus (C<sub>n</sub>H<sub>2n-2</sub>) yang seharusnya tidak terdapat dalam bahan bakar karena dapat mempengaruhi kualitas bahan bakar.

5. Aromatik merupakan senyawa hidrokarbon tak jenuh yang memiliki cincin benzene ( $C_6H_6$ ). Senyawa aromatik yang terlalu tinggi dalam bahan bakar juga tidak diperbolehkan karena sifat senyawa tersebut yang memiliki titik nyala rendah akan mempengaruhi besarnya tekanan yang diberikan sebelum bahan bakar tersebut terbakar secara spontan. Senyawa aromatik bersifat racun dan karsinogenik sehingga berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan.

Produk *liquid* yang didapat dari sintesis Fischer Tropsch selanjutnya dianalisa komposisinya menggunakan GCMS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*). Hubungan antara % komposisi *liquid* yang dihasilkan dengan kadar Fe dalam Fe-Co disajikan pada gambar IV.9 dibawah ini :

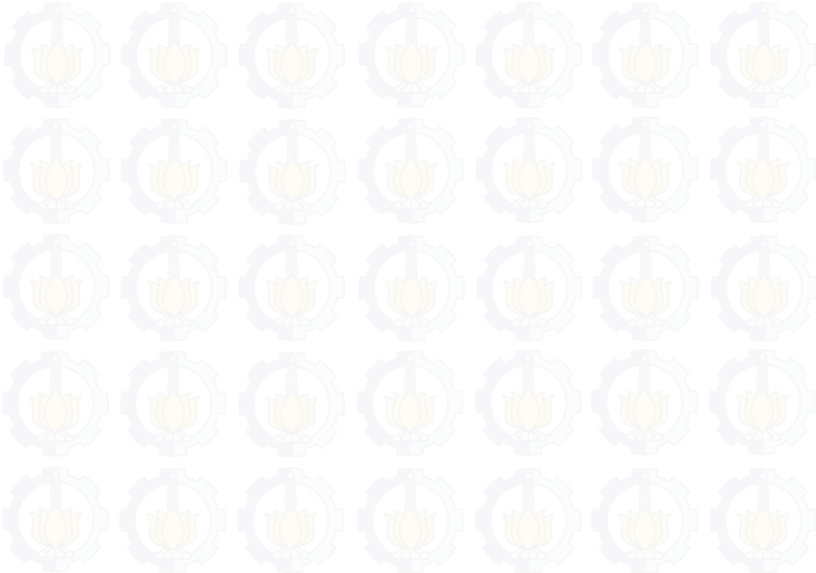


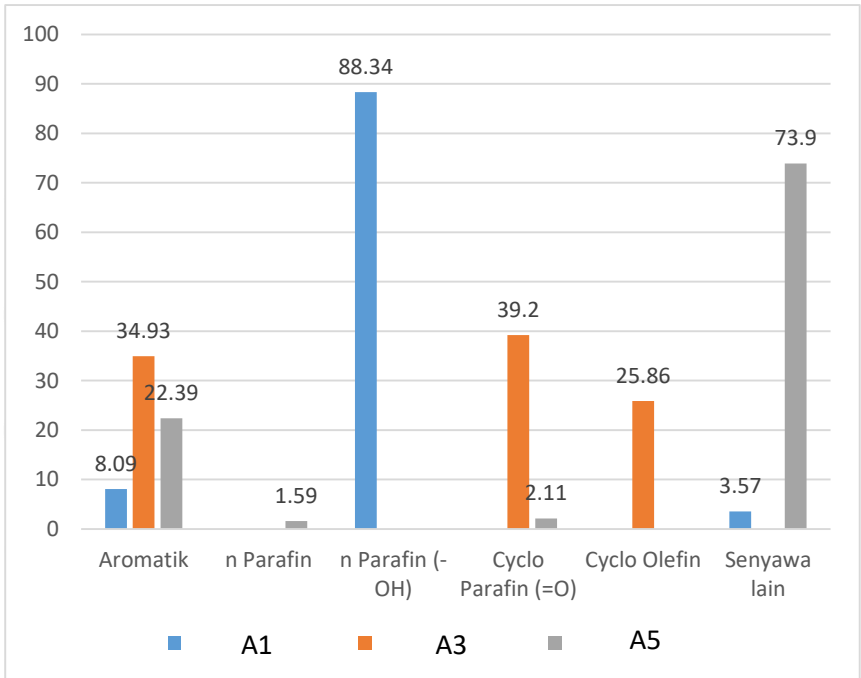
**Gambar IV.9** Grafik Hasil Analisa GCMS pada berbagai variasi komposisi Fe pada katalis Fe-Co/Karbon aktif

Pada gambar IV.9 menunjukkan hubungan antara % komposisi *liquid* aromatik terhadap kadar Fe dalam Fe-Co. Dapat dilihat pada gambar IV.9 bahwa pembentukan senyawa aromatik



yang fluktuatif dengan bertambahnya kadar Fe dalam katalis. Dapat dilihat bahwa pada katalis A2 telah terbentuk senyawa aromatik sebanyak 3,13%. Pada penelitian ini banyak komponen dengan kualitas pengukuran hasil analisa sampel tidak cukup memiliki standar pengukuran minimum untuk kualitas yaitu dengan nilai minimum 85, sehingga tidak dapat digunakan meskipun mengindikasi suatu senyawa. Sebanyak 88,34% merupakan senyawa n-parafin (*glycerol*) dengan kualitas dibawah 85 dan sisanya adalah senyawa pengotor yang tidak dapat diidentifikasi (*unkwon*). Pada katalis A3 terbentuk senyawa aromatik (Benzene, 1,3,5-trimethyl-, dan benzyl alkohol) sebanyak 24,28% dan sisanya yaitu 75,71% merupakan senyawa siklo paraffin, siklo olefin dan cumene dengan kualitas dibawah 85. Pada katalis A5 terbentuk senyawa aromatik (Benzene, 1-ethyl-3-methyl-) sebanyak 16,24% dan sisanya 72,64% merupakan senyawa n-parafin, siklo olefin dengan kualitas dibawah 85 dan senyawa lain yang memiliki kualitas diatas 85 sebanyak 11,11%. Komposisi produk *liquid* dapat dilihat pada gambar IV.10

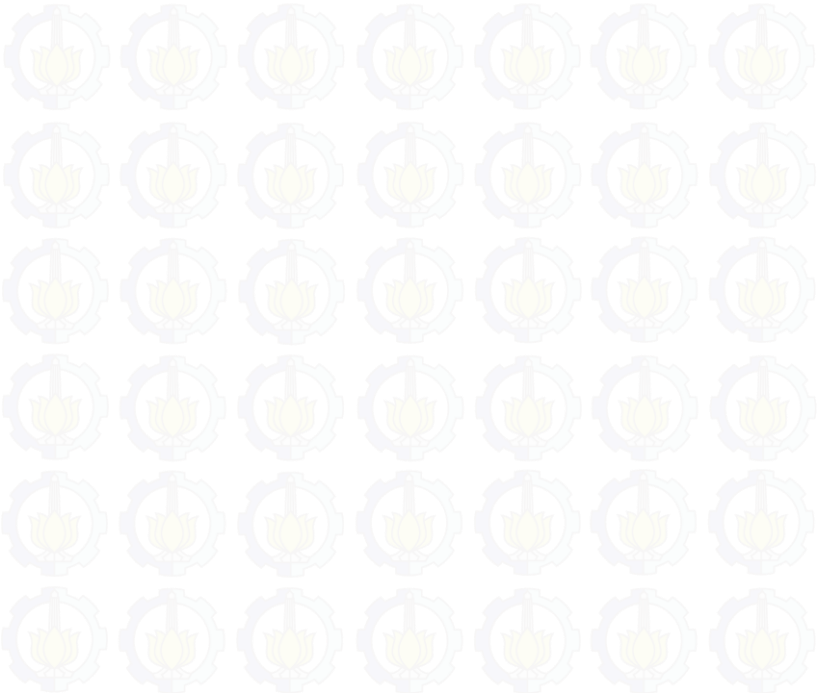




**Gambar IV.10** Hasil analisis Produk *Liquid* dalam kadar Fe dalam Fe-Co

Dari Sintesis Fischer Tropsch diperoleh bahwa pada kondisi operasi tersebut syngas telah tersintesa menjadi senyawa hidrokarbon. Dengan bertambahnya waktu, hidrokarbon akan terdegradasi menjadi n-parafin. Senyawa n-parafin yang sudah terbentuk sebelumnya sebagian akan terdegradasi menjadi fraksi yang lebih ringan n-parafin misalnya methane ( $\text{CH}_4$ ). Senyawa yang dihasilkan pada katalis A2, A3 dan A5 didominasi oleh senyawa aromatik dibandingkan senyawa parafin yang merupakan komposisi yang baik untuk biofuel, hal ini dapat dikarenakan logam yang terimpregnasi dalam katalis lebih banyak unsur Fe daripada Co, dimana logam Co memiliki selektivitas tinggi pada senyawa parafin (Fu, 2014).

Dari hasil sintesis Fischer Tropsch diperoleh hasil bahwa pada katalis A2 dihasilkan produk gas  $\text{CH}_4$  yang naik dari 6,794% menjadi 11,381% namun tidak terbentuk gas  $\text{CO}_2$  selama sintesis berlangsung dan terbentuk senyawa aromatik sebanyak 3,13%. Pada katalis A3 produk gas  $\text{CH}_4$  turun seiring bertambahnya waktu reaksi dari 5,898% menjadi 1,076% dan gas  $\text{CO}_2$  dari 0,862% menjadi 0,431% selama 12 jam serta dihasilkan senyawa aromatik (Benzene, 1,3,5-trimethyl-, dan benzyl alkohol) paling banyak, yaitu 24,28%. Pada katalis A5 produk gas  $\text{CH}_4$  yang mengalami penurunan dari 1,114% menjadi 0,493% juga tidak terbentuk gas  $\text{CO}_2$  selama sintesis berlangsung dan terbentuk senyawa aromatik (Benzene, 1-ethyl-3-methyl-) sebanyak 16,24%. Sedangkan pada katalis A1 dan A4 didapatkan produk *liquid* namun karena jumlahnya yang minimum sehingga sulit untuk dianalisa.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1 Kesimpulan**

1. Sintesis Fischer Tropsch dengan bahan baku *syngas* (60% H<sub>2</sub>, 30% CO dan 10% N<sub>2</sub>) menggunakan katalis bimetal Fe-Co/Karbon aktif dapat mengubah *syngas* menjadi senyawa hidrokarbon.
2. Pada proses impregnasi dengan metode *wet impregnation* didapat hasil yang paling optimum pada katalis A5 yaitu kadar Fe dalam Fe-Co sebesar 32.5% sehingga mendekati kadar Fe dalam Fe-Co yang seharusnya diinginkan yaitu sebesar 40%.
3. Pada katalis A1 dihasilkan produk gas CH<sub>4</sub> yang naik dari 0,316% menjadi 17,446% dan gas CO<sub>2</sub> dari 0,077% menjadi 0,228% selama 18 jam.
4. Pada katalis A2 dihasilkan produk gas dan liquid. Produk gas CH<sub>4</sub> naik dari 6,794% menjadi 11,381% namun tidak terbentuk gas CO<sub>2</sub> selama 18 jam dan terbentuk senyawa aromatic sebanyak 3,13%.
5. Pada katalis A3 dihasilkan produk gas CH<sub>4</sub> turun seiring bertambahnya waktu reaksi dari 5,898% menjadi 1,076% dan gas CO<sub>2</sub> dari 0,862% menjadi 0,431% selama 18 jam serta dihasilkan senyawa aromatic paling banyak, yaitu 24,28% .
6. Pada katalis A4 dihasilkan produk gas CH<sub>4</sub> turun dari 12,583% menjadi 2,2% dan gas CO<sub>2</sub> dari 1,264% menjadi 0% selama 18 jam.
7. Pada katalis A5 dihasilkan produk gas CH<sub>4</sub> yang mengalami penurunan dari 1,114% menjadi 0,493 % juga tidak terbentuk gas CO<sub>2</sub> selama 18 jam dan terbentuk senyawa aromatic sebanyak 16,24% .
8. Produk liquid yang dihasilkan melalui sintesis ini sangat sedikit sehingga belum dapat diaplikasikan sebagai biofuel.

## V.2 Saran

1. Untuk peningkatan efektivitas penyerapan logam Fe-Co akan lebih baik menggunakan metode impregnasi *incipient wetness* karena dengan metode yang saat ini masih belum maksimal penyerapan logam kedalam penyangga katalis.
2. Untuk penelitian selanjutnya proses sintesis akan lebih baik jika dilakukan secara kontinyu agar menghasilkan produk *liquid* yang memiliki kualitas lebih baik.
3. Diperlukan analisa XRD (*X-Ray Diffraction*) karbon aktif komersial sebagai pembanding terhadap karbon aktif yang telah dibuat

## DAFTAR PUSTAKA

- 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, S.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). J. 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., Podkościelny, 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.
- 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 & Shahrudin, 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.
- Setyadi, 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.





## DAFTAR NOTASI

No	Notasi	Keterangan	Satuan
1	Ar	Berat unsur	Gram/gmol
2	BM	Berat molekul	Gram/gmol
3	%Fe	Presentase berat logam Iron	%
4	%Co	Presentase berat logam Cobalt	%
5	m	Massa	Kg, gr
6	$\rho$	Densitas	gr/cm <sup>3</sup>
7	V	Volume	L, cm <sup>3</sup>

## 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

- a. Impregnasi Fe:Co = 40:60

Berat Sampel = 4 gr

Loading Fe:Co = 10 % berat karbon aktif

Fe:Co = 10% x 4 gr = 0,4 gr

- Menghitung kebutuhan Fe untuk impregnasi

Fe = 0,4 gr x 40 % = 0,16 gr

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

$$\begin{aligned} Fe &= \frac{BM\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}}{BM\text{Fe}} \\ &= \frac{403,95 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}}{55,845 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}} \times 0,16 \text{ gr} \\ &= 1,157 \text{ gr} \end{aligned}$$

- Menghitung kebutuhan Co untuk impregnasi

$$Fe = 0,4 \text{ gr} \times 60\% = 0,24 \text{ gr}$$

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

$$\begin{aligned} Co &= \frac{BM\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}{BM\text{Co}} \\ &= \frac{291,04 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}}{58,933 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}} \times 0,24 \text{ gr} \\ &= 1,1852 \text{ gr} \end{aligned}$$

- b. Impregnasi Fe:Co = 30:70

$$\text{Berat Sampel} = 4 \text{ gr}$$

$$\text{Loading Fe:Co} = 10\% \text{ berat karbon aktif}$$

$$\text{Fe:Co} = 10\% \times 4 \text{ gr} = 0,4 \text{ gr}$$

- Menghitung kebutuhan Fe untuk impregnasi

$$Fe = 0,4 \text{ gr} \times 30\% = 0,12 \text{ gr}$$

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

$$\begin{aligned} Fe &= \frac{BM\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}}{BM\text{Fe}} \\ &= \frac{403,95 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}}{55,845 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}} \times 0,12 \text{ gr} \\ &= 0,868 \text{ gr} \end{aligned}$$

- Menghitung kebutuhan Co untuk impregnasi

$$Fe = 0,4 \text{ gr} \times 70\% = 0,28 \text{ gr}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Co} &= \frac{\text{BMCo(NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}{\text{BMCo}} \\ &= \frac{291,04 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}}{58,933 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}} \times 0,28 \text{ gr} \\ &= 1,38 \text{ gr} \end{aligned}$$

c. Impregnasi Fe:Co = 20:80

Berat Sampel = 4 gr

Loading Fe:Co = 10 % berat karbon aktif

Fe:Co = 10% x 4 gr = 0,4 gr

- Menghitung kebutuhan Fe untuk impregnasi

Fe = 0,4 gr x 20 % = 0,08 gr

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

$$\begin{aligned} \text{Fe} &= \frac{\text{BMFe(NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}}{\text{BMFe}} \\ &= \frac{403,95 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}}{55,845 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}} \times 0,08 \text{ gr} \\ &= 0,578 \text{ gr} \end{aligned}$$

- Menghitung kebutuhan Co untuk impregnasi

Fe = 0,4 gr x 80 % = 0,32 gr

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

$$\begin{aligned} \text{Co} &= \frac{\text{BMCo(NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}{\text{BMCo}} \\ &= \frac{291,04 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}}{58,933 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}} \times 0,32 \text{ gr} \\ &= 1,58 \text{ gr} \end{aligned}$$

d. Impregnasi Fe:Co = 10:90

Berat Sampel = 4 gr

Loading Fe:Co = 10 % berat karbon aktif

Fe:Co = 10% x 4 gr = 0,4 gr

- Menghitung kebutuhan Fe untuk impregnasi

$$\text{Fe} = 0,4 \text{ gr} \times 10 \% = 0,04 \text{ gr}$$

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

$$\text{Fe} = \frac{\text{BMFe(NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}}{\text{BMFe}} \times 0,04 \text{ gr}$$

$$= \frac{403,95 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}}{55,845 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}} \times 0,04 \text{ gr}$$

$$= 0,289 \text{ gr}$$

- Menghitung kebutuhan Co untuk impregnasi

$$\text{Fe} = 0,4 \text{ gr} \times 90 \% = 0,36 \text{ gr}$$

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

$$\text{Co} = \frac{\text{BMCo(NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}{\text{BMCo}} \times 0,36 \text{ gr}$$

$$= \frac{291,04 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}}{58,933 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}} \times 0,36 \text{ gr}$$

$$= 1,77 \text{ gr}$$

e. Impregnasi Fe:Co = 0:100

Berat Sampel = 4 gr

Loading Fe:Co = 10 % berat karbon aktif

Fe:Co = 10% x 4 gr = 0,4 gr

- Menghitung kebutuhan Fe untuk impregnasi

$$\text{Fe} = 0,4 \text{ gr} \times 0 \% = 0,0 \text{ gr}$$

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

$$\text{Fe} = \frac{\text{BMFe(NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}}{\text{BMFe}} \times 0,0 \text{ gr}$$

$$= \frac{403,95 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}}{55,845 \frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}} \times 0,0 \text{ gr}$$

$$= 0,0 \text{ gr}$$

- Menghitung kebutuhan Co untuk impregnasi

$$\text{Fe} = 0,4 \text{ gr} \times 100 \% = 0,4 \text{ gr}$$

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

$$C_o = \frac{BMCo(NO_3)_2 \cdot 6H_2O}{BMCo} = \frac{291,04 \frac{gr}{gr.mol}}{58,933 \frac{gr}{gr.mol}} \times 0,4 \text{ gr} = 1,975 \text{ gr}$$

3. Perhitungan penyerapan metilen biru

Hasil pengukuran absorbansi larutan standar metilen biru

**Tabel A.1** Hasil Pengukuran absorbansi metilen biru

Konsentrasi	Absorbansi
0	0
2	0.057
4	0.149
6	0.275
8	0.364
10	0.509

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

$$1 \text{ 30\% CO} = 105.975 \text{ cm}^3$$

$$2 \text{ 60\% H}_2 = 211.95 \text{ cm}^3$$

B Massa

$$1 \text{ CO} = 2967.3 \text{ gr}$$

$$2 \text{ H}_2 = 423.9 \text{ gr}$$

$$\text{total} = 3391.2 \text{ gr}$$

Neraca Massa Overall

$$\begin{aligned} F &= L + V \\ 33391.2 &= 100 + V \\ V &= 33291.2 \text{ gr} \end{aligned}$$

Jadi didapatkan yield liquid seperti pada table A.2

**Tabel A.2** Hasil Perhitungan Yield

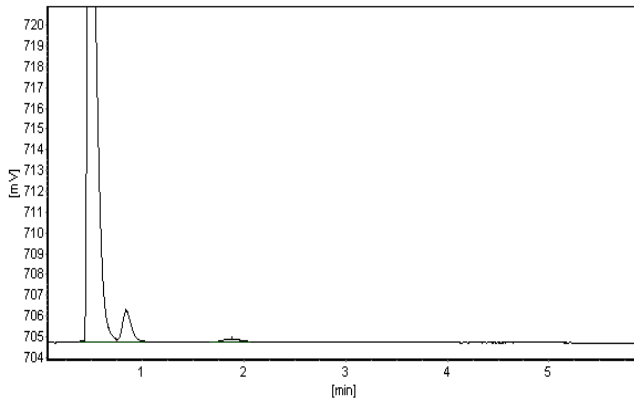
Katalis	Senyawa	massa	yield	total yield
A2	Oxyme	3.13	0.09%	2.95%
	Methoxy	2.36	0.07%	
	Glicerol	88.34	2.60%	
	Benzene	2.6	0.08%	
	Benzal	1.74	0.05%	
	n-cyano	1.83	0.05%	
A3	Benzene	11.76	0.35%	2.95%
	Cumine	10.65	0.31%	
	Benzil	12.52	0.37%	
	cycloparafin	21.74	0.64%	
	Cyclo olefin	25.86	0.76%	
	Parafin	17.46	0.51%	
A5	Stirene	2.23	0.07%	2.95%
	Propyl benzene	1.83	0.05%	
	Benzene	6.11	0.18%	
	Cyclo tetra	11.11	0.33%	
	Cumine	2.09	0.06%	
	Decane	1.59	0.05%	
	benzene trimetil	7.92	0.23%	
	Benzene etilmetil	2.21	0.07%	
	benzoid acid	1.05	0.03%	
	cis 2,5	1.04	0.03%	
	n-n dimetyl	1.33	0.04%	
	pyrazole	60.41	1.78%	
	metylcyclo hexane	1.07	0.03%	



## APPENDIKS B HASIL ANALISA

### B.1. Hasil Analisis Kandungan $\text{CH}_4$ dan $\text{CO}_2$ dari Produk Gas menggunakan GC (*Gas Chromatography*)

Hasil analisis berikut adalah yang telah dilakukan di Laboratorium Energi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, contoh hasil analisa untuk katalis A3 pada waktu 6 jam menunjukkan grafik untuk kandungan  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$  pada variabel tersebut adalah sebagai berikut :



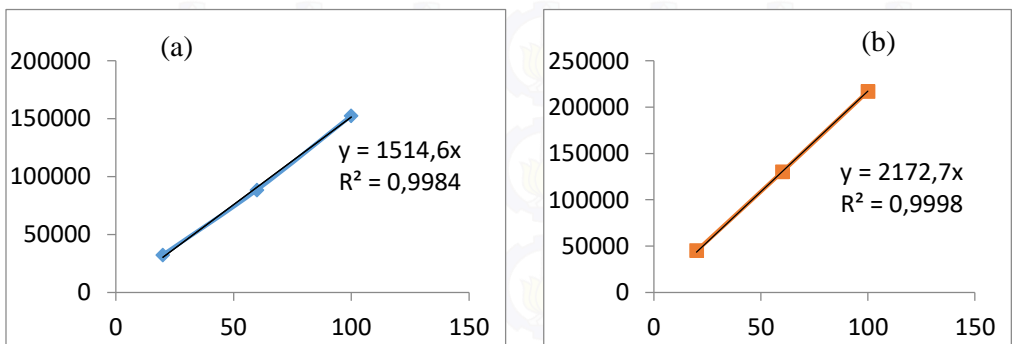
**Gambar B.1** Grafik Hasil Analisis Kandungan  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$  pada Produk Gas Menggunakan GC untuk Katalis A3 dan Waktu 6 jam

Dari hasil analisis GC seperti pada gambar B.1, diperoleh data sebagai berikut:

**Tabel B.1** Data Hasil Analisis Kandungan CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> pada Produk Gas Menggunakan GC untuk Katalis A3 dan Waktu 6 jam

No.	Nama senyawa	Retention Time	Height	Area	Area%
1	Udara	0,494	25509	163908	93,815
2	Methane	0,841	1496	8934	5,113
3	CO <sub>2</sub>	1,886	160	1872	1,071
TOTAL			27165	174714	100

Hasil kandungan CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> diatas masih berupa data secara kualitatif yang perlu diterjemahkan menjadi data kuantitatif mak adari itu diperlukan kurva kalibrasi untuk menghitung konsentrasi gas CH<sub>4</sub> maupun CO<sub>2</sub>, sebagai berikut :



**Gambar B.2** Kurva Kalibrasi (a) Gas CH<sub>4</sub> dan (b) Gas CO<sub>2</sub>

Pada Gambar B.2 menunjukkan kurva kalibrasi dari gas CH<sub>4</sub> yang berisi informasi sumbu X sebagai konsentrasi dan Y sebagai area. Persamaan liner dari gambar (a) diatas adalah

$y=1514,6x$  dan gambar (b) adalah  $y=2172,7x$  akan digunakan sebagai perhitungan konsentrasi produk gas sebagai berikut :

a. Konsentrasi gas  $\text{CH}_4$  pada katalis A3 dan waktu 6 jam

Persamaan linear :  $y=1514,6x$

Area (Y) : 8934

Maka konsentrasi (x) :  $8934 = 1514,6x$

$$x = \frac{8934}{1514} = 5,899$$

b. Konsentrasi gas  $\text{CO}_2$  pada katalis A3 dan waktu 6 jam

Persamaan linear :  $y=2172,7x$

Area (Y) : 1872

Maka konsentrasi (x) :  $1872 = 2172,7x$

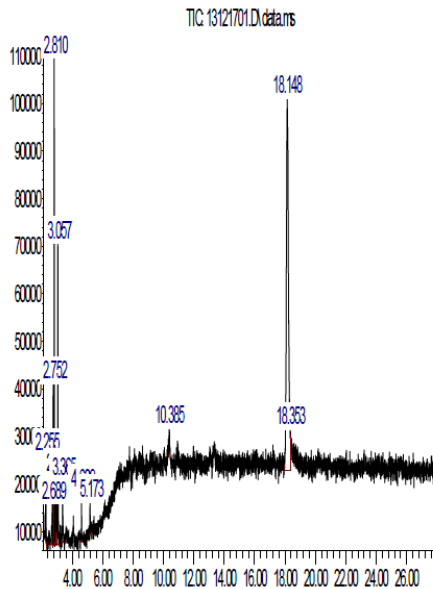
$$x = \frac{1872}{2172} = 0,86$$

**Tabel B.2** Data Hasil Analisis Kandungan CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> pada Produk Gas Menggunakan GC

No	Variabel		Gas	R.time (min)	Height	Area	Area %	Konsentrasi %
	Fe dalam Fe-Co (%)	Waktu (jam)						
1	0 (A1)	6	CH <sub>4</sub>	0,87	83	479	0,243	0,316
		12		0,855	2894	17517	9,139	11,565
		18		0,837	4324	26423	14,141	17,446
		6	CO <sub>2</sub>	-	-	0	-	0,000
		12		1,931	28	167	0,087	0,077
		18		1,898	44	496	0,265	0,228
2	10 (A2)	6	CH <sub>4</sub>	0,844	1796	10290	5,389	6,794
		12		0,839	2675	16006	8,450	10,568
		18		0,845	2942	17238	9,226	11,381
		6	CO <sub>2</sub>	-	-	0	-	0,000
		12		-	-	0	-	0,000
		18		-	-	0	-	0,000
3	20 (A3)	6	CH <sub>4</sub>	0,841	1496	8934	5,113	5,899
		12		0,843	286	1583	0,987	1,045
		18		0,835	267	1630	1,376	1,076
		6	CO <sub>2</sub>	1,886	160	1872	0,389	0,862
		12		1,855	45	526	0,328	0,242
		18		1,832	86	936	0,790	0,431
4	30 (A4)	6	CH <sub>4</sub>	0,841	3245	19058	11,094	12,583
		12		0,834	1026	5831	3,100	3,850
		18		0,852	582	3362	1,752	2,220
		6	CO <sub>2</sub>	1,903	228	2746	1,598	1,264
		12		-	-	0	-	0,000
		18		-	-	-	-	0,000
5	40 (A4)	6	CH <sub>4</sub>	0,85	291	1687	0,903	1,114
		12		0,847	86	479	0,243	0,316
		18		0,846	129	747	0,389	0,493
		6	CO <sub>2</sub>	-	-	0	-	0,000
		12		-	-	0	-	0,000
		18		-	-	0	-	0,000

## B.2. Hasil Analisis Produk *Liquid* menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*)

Hasil analisis berikut adalah yang telah dilakukan di Laboratorium PT. Gelora Djaja, contoh hasil analisa untuk katalis A5 dan waktu 18 jam menunjukkan grafik antara *abundance* dan *retention time* untuk semua senyawa adalah sebagai berikut :



**Gambar B.3** Hasil Analisis Produk *Liquid* menggunakan GC-MS untuk Katalis A5 dan Waktu 18 jam.

Berdasarkan Gambar B.3 dapat diperoleh informasi bahwa sumbu X adalah berupa *abundance* dan sumbu Y adalah *retention time*, senyawa-senyawa yang ada dalam produk *liquid* akan muncul dalam bentuk peak-peak berdasarkan *abundance* dan *retention time* tertentu, senyawa-senyawa yang muncul dalam *peak* ini kemudian dipilah-pilah berdasarkan luas area dan minimum

quality nya yaitu 85. Berbagai kandungan pada produk *liquid* telah di rangkum pada tabel berikut :

**Tabel B.3** Kandungan Produk *Liquid* pada Katalis A2 dan waktu 18 jam

<b>Nama Senyawa</b>	<b>Kadar Hidrokarbon (%)</b>	<b>Quality</b>	<b>keterangan (%)</b>
Oxime	3,13	90	Aromatik
1,3-Dihydroxy-6-methoxy-benzyl alkohol	2,36	45	8,09
	2,6	70	
Glycerol	88,34	83	n parafin 88,34
<i>unknown</i>	3,57	43-47	<i>unkwon</i> 3,57
total			100

**Tabel B.4** Kandungan Produk *Liquid* pada Katalis A3 dan waktu 18 jam

<b>Nama Senyawa</b>	<b>Kadar Hidrokarbon (%)</b>	<b>Quality</b>	<b>Keterangan (%)</b>
Cumene	10,65	74	Aromatik

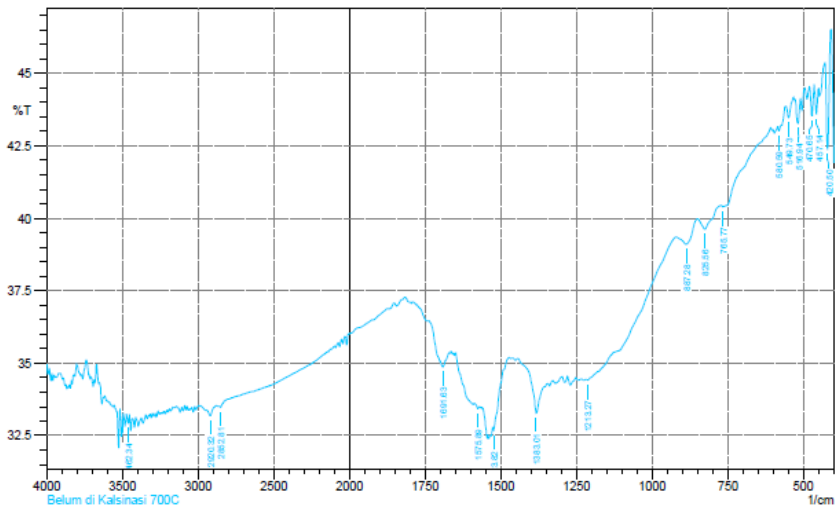
Benzene	11,76	94	34,93
Benzyl Alkohol	12,52	96	
Sikloloheksyl 2-methylenebutanyl ketone	39,2	50	sikloparafin 39,2
3-Furanmethanol	25,86	43	siklo olefin 25,86
total			100

**Tabel B.5** Kandungan Produk *Liquid* pada Katalis A5 dan waktu 18 jam

Nama Senyawa	Kadar Hidrokarbon (%)	Quality	Keterangan (%)
Ethenylbenzene	2,23	81	Aromatik 22,39
n-Propil Benzene	1,83	37	
Benzene	16,24	95	
isopropylbenzene	2,09	46	
Decane	1,59	83	n Parafin 1,59
cis-2,5-Diallyloxy-2,5-dihydrofuran	1,04	35	Siklo Olefin
R-1-methyl-2-cyclohexen-1-ol	1,07	27	2,11
<i>Unknown</i>	73,9	14	<i>unkwon</i> 73,9
total			100

### B.3 Hasil Analisis Kandungan Gugus Oksigen pada Katalis yang telah di fungsionalisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

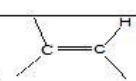
Hasil analisis telah dilakukan di Laboratorium Divisi Karakterisasi Material, Departemen Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, diperoleh hasil sebagai berikut :



**Gambar B.4** Hasil Analisis Kandungan Gugus Oksigen pada Katalis sebelum dikalsinasi 700 °C

Berdasarkan Gambar B.4 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 :

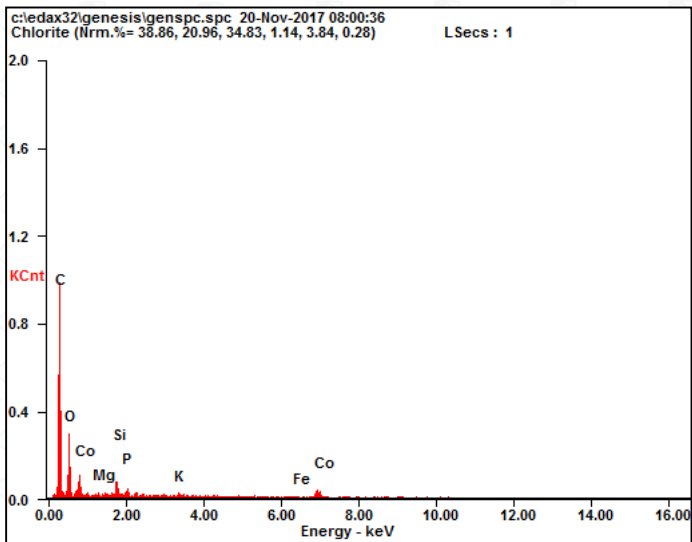


Ikatan	Tipe Senyawa	Daerah frekuensi (cm <sup>-1</sup> )	Intensitas
C - H	Alkana	2850 - 2970 1340 - 1470	Kuat Kuat
C - H	Alkena 	3010 - 3095 675 - 995	Sedang Kuat
C - H	Alkuna $\text{—C}\equiv\text{C—}$	3300	Kuat
C - H	Cincin Aromatik	3010 - 3100 690 - 900	Sedang Kuat
O - H	Fenol, monomer alkohol, alkohol ikatan hidrogen, fenol	3590 - 3650 3200 - 3600	Berubah-ubah Berubah-ubah, terkadang melebar Sedang Melebar
	monomer asam karboksilat, ikatan hidrogen asam karboksilat	3500 - 3650 2500 - 2700	
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 Karborsilat, Ester	1050 - 1300	Kuat
C=O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	1690 - 1760	Kuat
NO <sub>2</sub>	Senyawa Nitro	1500 - 1570 1300 - 1370	Kuat Kuat

**Gambar B.5** Database Gugus Kimia untuk Analisis FTIR

#### **B.4 Hasil Analisis Kandungan Logam Bebas pada Katalis dengan Menggunakan EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*)**

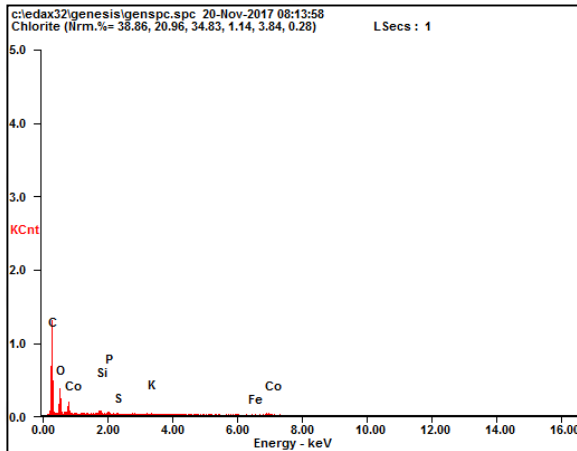
Hasil analisis telah dilakukan di Laboratorium Divisi Karakterisasi Material, Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, diperoleh hasil sebagai berikut :



**Gambar B.6** Hasil Analisis Kandungan Logam Bebas pada Katalis A1 Menggunakan EDX

**Tabel B.7** Kandungan Logam Bebas pada Katalis A1 Menggunakan EDX

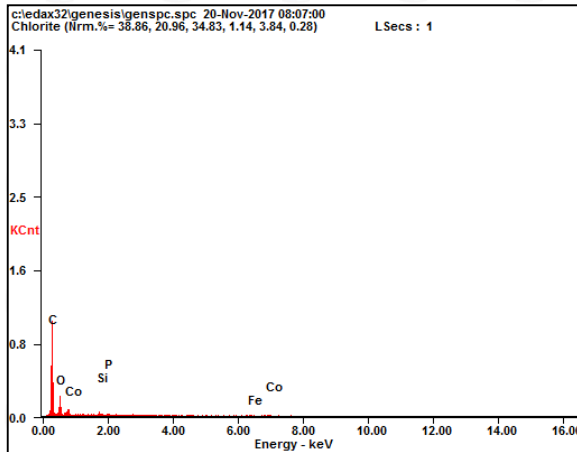
Unsur	Wt %	At %
C	43,08	65,37
O	18,01	20,52
Mg	0,54	0,41
Si	03,42	2,22
P	01,56	0,92
K	01,30	0,61
Fe	02,05	0,67
Co	30,03	9,29
Total	100	100



**Gambar B.7** Hasil Analisis Kandungan Logam Bebas pada Katalis A2 Menggunakan EDX

**Tabel B.8** Kandungan Logam Bebas pada Katalis A2 Menggunakan EDX

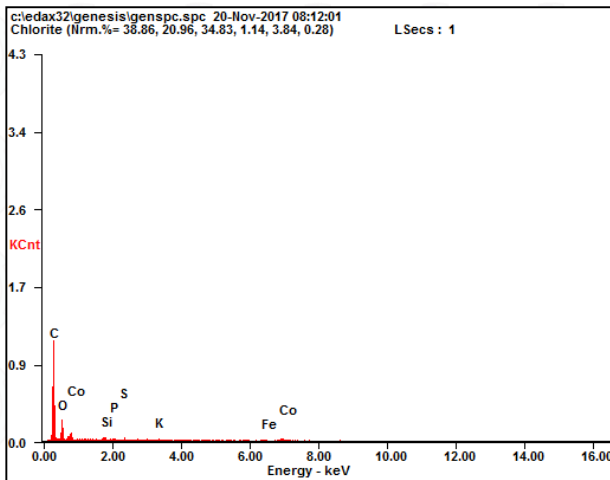
Unsur	Wt %	At %
C	46,75	63,71
O	26,46	27,07
Si	02,99	01,75
P	01,82	0,96
S	0,64	0,32
K	01,64	0,69
Fe	01,85	0,54
Co	17,87	4,96
Total	100	100



**Gambar B.8** Hasil Analisis Kandungan Logam Bebas pada Katalis A3 Menggunakan EDX

**Tabel B.9** Kandungan Logam Bebas pada Katalis A3 Menggunakan EDX

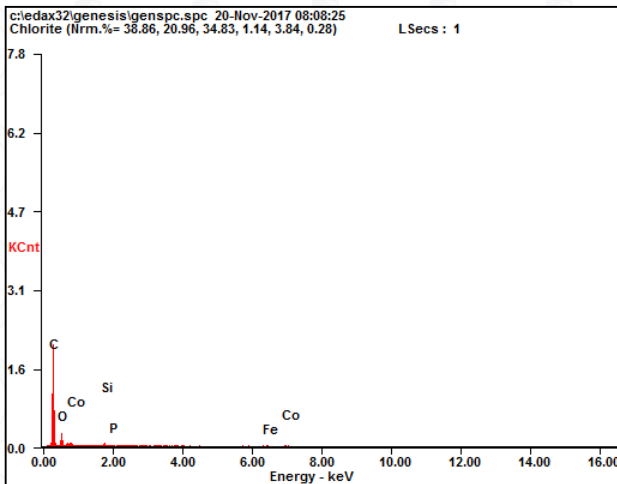
Unsur	Wt %	At %
C	54,38	69,19
O	25,92	24,76
Si	02,14	1,16
P	01,22	0,6
Fe	03,15	0,86
Co	13,19	3,42
Total	100	100



**Gambar B.9** Hasil Analisis Kandungan Logam Bebas pada Katalis A4 Menggunakan EDX

**Tabel B.10** Kandungan Logam Bebas pada Katalis A4 Menggunakan EDX

Unsur	Wt %	At %
C	47,26	69,44
O	16,05	17,70
Si	02,48	1,56
P	01,56	0,89
S	0,83	0,46
K	1,88	0,85
Fe	8,21	2,60
Co	21,73	6,51
Total	100	100



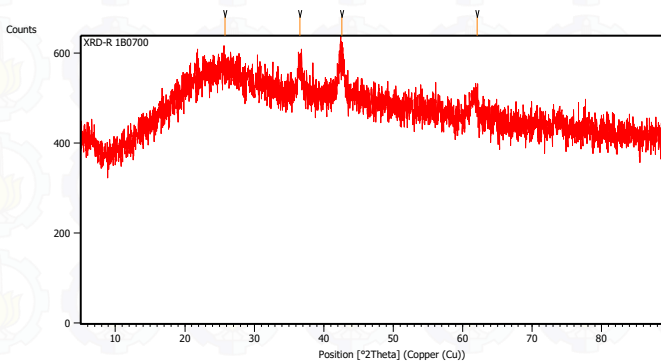
**Gambar B.10** Hasil Analisis Kandungan Logam Bebas pada Katalis A5 Menggunakan EDX

**Tabel B.11** Kandungan Logam Bebas pada Katalis A5 Menggunakan EDX

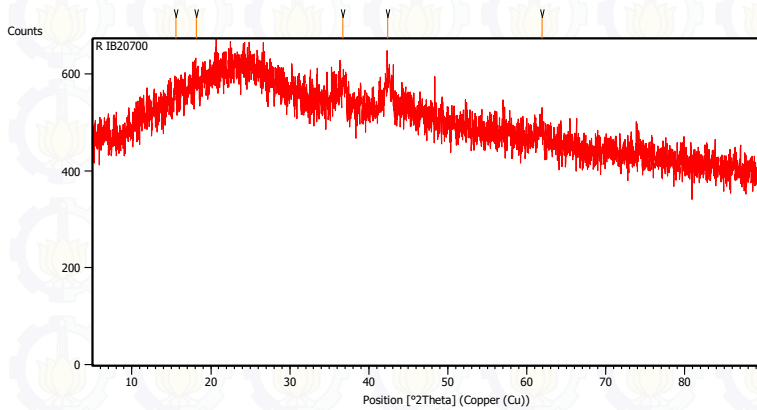
Unsur	Wt %	At %
C	60,94	74,58
O	21,78	20,01
Si	02,76	1,44
P	01,16	0,55
Fe	5,79	1,52
Co	7,57	1,89
Total	100	100

### **B.5 Hasil Analisis dengan XRD (*X-ray diffraction*)**

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

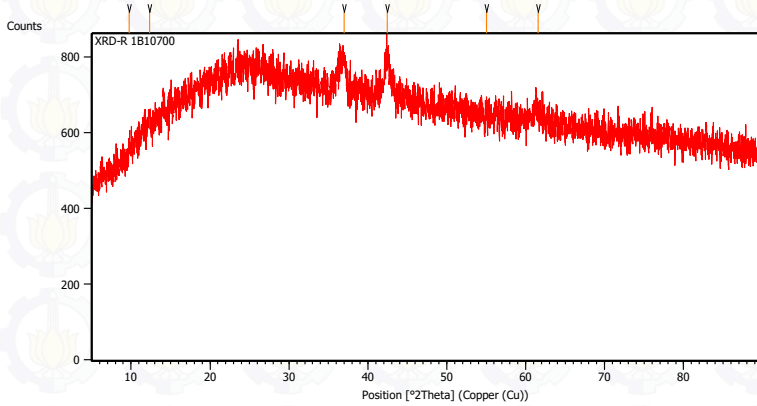


**Gambar B.11** Hasil Analisis Kandungan Mineral pada Katalis A1 Menggunakan XRD

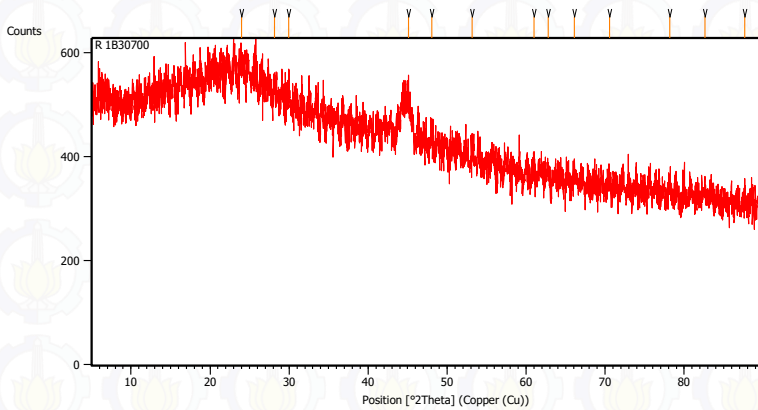




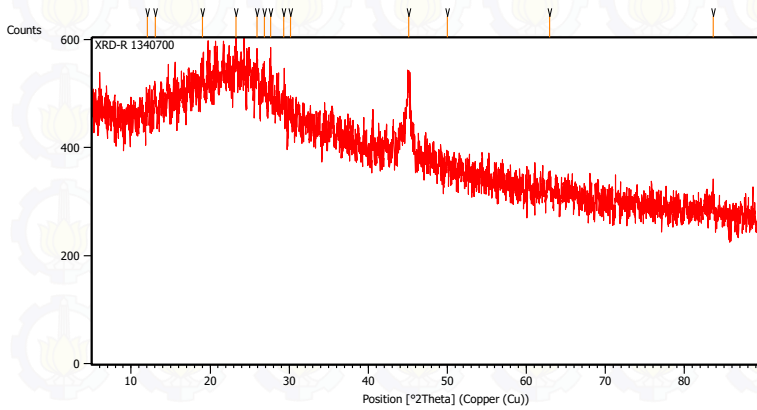
**Gambar B.12** Hasil Analisis Kandungan Mineral pada Katalis A2 Menggunakan XRD



**Gambar B.13** Hasil Analisis Kandungan Mineral pada Katalis A3 Menggunakan XRD



**Gambar B.14** Hasil Analisis Kandungan Mineral pada Katalis A4 Menggunakan XRD



**Gambar B.15** Hasil Analisis Kandungan Mineral pada Katalis A5 Menggunakan XRD

	2□ Tavasoli (2009)	2□ Sonal (2017)
CNT	25 <sup>0</sup> ; 43 <sup>0</sup>	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	31,5 <sup>0</sup> ; 36,8 <sup>0</sup>	19,7; 31,6; 37,3; 39; 45,2; 59,8; 65,7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,7 <sup>0</sup> ; 44,5 <sup>0</sup>	33; 39; 56,14

Co	44 <sup>0</sup> ; 77 <sup>0</sup> , 44,217	42,12; 45,24
Fe	44,8 <sup>0</sup> ; 66 <sup>0</sup>	
Fe-Co	45 <sup>0</sup> ; 53 <sup>0</sup> ; 62 <sup>0</sup>	45; 65
CoO		65,5 dan 75,5
Fe <sub>3</sub> C		22,21; 42,36; 63,22; 79,39

**Tabel B.12** Database XRD untuk katalis logam

## BIODATA PENULIS



Putri Augustya Rossi Maulita, dilahirkan di Sidoarjo, 29 Agustus 1993. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK Sacarosa pada tahun 2000, lulus dari SDN Krian 04 pada tahun 2006, lulus dari SMPN 1 Krian pada tahun 2009 dan lulus dari SMAN 1 Krian pada tahun 2012. Setelah lulus SMA, penulis diterima di Program Studi Diploma III Teknik Kimia FTI-ITS. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Bidang Akademik Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia FTI-ITS (2013-2014). Staff Ahli Bidang Akademik Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia FTI-ITS (2014-2015). Pada tahun 2015 penulis melanjutkan studi jenjang S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jurusan Teknik Kimia. Penulis berhasil menyelesaikan Pra-Desain Pabrik “*High Fructose Syrup (HFS)* dengan Proses Isomerisasi” dan skripsi berjudul “APLIKASI KATALIS Fe-Co/KARBON AKTIF DALAM PEMBUATAN BIOFUEL MENGGUNAKAN SINTESIS FISCHER-TROPSCH” dibawah bimbingan Ir. Ignatius Gunardi, MT dan Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA. Penulis berhasil menyelesaikan pendidikan tingginya pada tahun 2018.

Email : [putriaugustya29@gmail.com](mailto:putriaugustya29@gmail.com)

## BIODATA PENULIS



Hanna Rasyida, dilahirkan di Surabaya, 22 Mei 1994. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK Barunawati pada tahun 2000, lulus dari SDN Kaliasin 1 pada tahun 2006, lulus dari SMPN 6 Surabaya pada tahun 2009 dan lulus dari SMAN 1 Surabaya pada tahun 2012. Setelah lulus SMA, penulis diterima di Program Studi Diploma III Teknik Kimia FTI-ITS. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Bidang Komunikasi dan Informasi Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia FTI-ITS (2013-2014). Pada tahun 2015 penulis melanjutkan studi jenjang S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jurusan Teknik Kimia. Penulis berhasil menyelesaikan Pra-Desain Pabrik “*High Fructose Syrup (HFS)* dengan Proses Isomerisasi” dan skripsi berjudul “APLIKASI KATALIS Fe-Co/KARBON AKTIF DALAM PEMBUATAN BIOFUEL MENGGUNAKAN SINTESIS FISCHER-TROPSCH” dibawah bimbingan Ir. Ignatius Gunardi, MT dan Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA. Penulis berhasil menyelesaikan pendidikan tingginya pada tahun 2018.

Email : hannasyd22@gmail.com