

**SINTESA DAN UJI SIFAT KATALITIK NIKEL FERIT
(NiFe₂O₄) UNTUK MEMECAH UAP PERTALITE PADA
*HYDROCARBON CRACK SYSTEM***

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains**



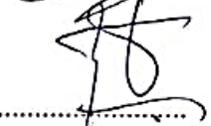
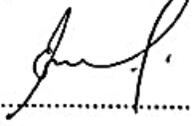
**Adit Kristianingrum
3325130971**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

SINTESA DAN UJI SIFAT KATALITIK NIKEL FERIT (NiFe_2O_4) UNTUK MEMECAH UAP PERTALITE PADA *HYDROCARBON CRACK SYSTEM*

Nama Mahasiswa : Adit Kristianingrum
No. Registrasi : 3325130971
Program Studi : Kimia

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab		23/08/2017
Dekan : <u>Prof. Dr. Suyono, M.Si.</u> NIP 19671218 199303 1 005		
Wakil Penanggung Jawab		23/08/2017
Wakil Dekan I : <u>Dr. Muktiningsih N., M.Si.</u> NIP 19640511 198903 2 001		
Ketua		16/08/2017
Ketua : <u>Drs. Suhartono, M.Kes.</u> NIP 19550712 198303 1 001		
Sekretaris		18/08/2017
Sekretaris : <u>Irma Ratna K., M.Sc. Tech.</u> NIP 19721204 200501 2 001		
Anggota Penguji		16/08/2017
Anggota Penguji : <u>Dr. Setia Budi, M.Sc.</u> NIP 19790621 200501 1 001		
Pembimbing I		18/08/2017
Pembimbing I : <u>Prof. Dr. Erdawati, M.Sc.</u> NIP 19510912 19803 2 001		
Pembimbing II		21/08/2017
Pembimbing II : <u>Drs. Darsef Darwis, M.Si.</u> NIP 19650806 199003 1 004		

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal 10 Agustus 2017

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul “**Sintesa dan Uji Sifat Katalitik Nikel Ferit (NiFe_2O_4) untuk Memecah Uap Peralite pada *Hydrocarbon Crack System***” yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Kimia Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arah dari dosen pembimbing.

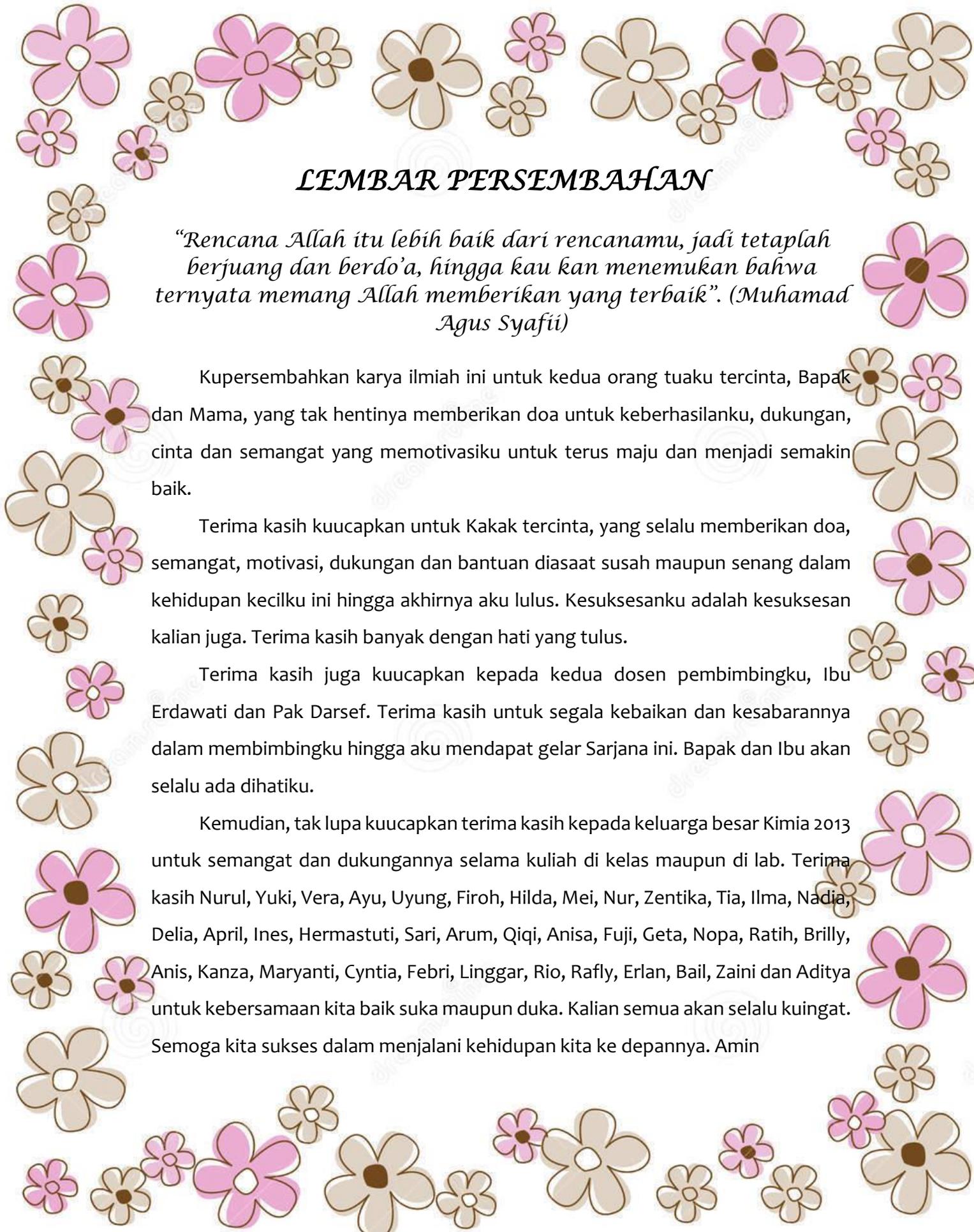
Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 21 Agustus 2017



Adit Kristianingrum



LEMBAR PERSEMBAHAN

“Rencana Allah itu lebih baik dari rencanamu, jadi tetaplah berjuang dan berdo’a, hingga kau kan menemukan bahwa ternyata memang Allah memberikan yang terbaik”. (Muhamad Agus Syafii)

Kupersembahkan karya ilmiah ini untuk kedua orang tuaku tercinta, Bapak dan Mama, yang tak hentinya memberikan doa untuk keberhasilanku, dukungan, cinta dan semangat yang memotivasiku untuk terus maju dan menjadi semakin baik.

Terima kasih kuucapkan untuk Kakak tercinta, yang selalu memberikan doa, semangat, motivasi, dukungan dan bantuan di saat susah maupun senang dalam kehidupan kecilku ini hingga akhirnya aku lulus. Kesuksesanku adalah kesuksesan kalian juga. Terima kasih banyak dengan hati yang tulus.

Terima kasih juga kuucapkan kepada kedua dosen pembimbingku, Ibu Erdawati dan Pak Darsef. Terima kasih untuk segala kebaikan dan kesabarannya dalam membimbingku hingga aku mendapat gelar Sarjana ini. Bapak dan Ibu akan selalu ada dihatiku.

Kemudian, tak lupa kuucapkan terima kasih kepada keluarga besar Kimia 2013 untuk semangat dan dukungannya selama kuliah di kelas maupun di lab. Terima kasih Nurul, Yuki, Vera, Ayu, Uyung, Firoh, Hilda, Mei, Nur, Zentika, Tia, Ilma, Nadia, Delia, April, Ines, Hermastuti, Sari, Arum, Qiqi, Anisa, Fuji, Geta, Nopa, Ratih, Brilly, Anis, Kanza, Maryanti, Cyntia, Febri, Linggar, Rio, Rafly, Erlan, Bail, Zaini dan Aditya untuk kebersamaan kita baik suka maupun duka. Kalian semua akan selalu kuingat. Semoga kita sukses dalam menjalani kehidupan kita ke depannya. Amin

ABSTRAK

ADIT KRISTIANINGRUM. Sintesa dan Uji Sifat Katalitik Nikel Ferit (NiFe_2O_4) untuk Memecah Uap Peralite pada *Hydrocarbon Crack System*. Dibawah bimbingan ERDAWATI, DARSEF.

Nikel ferit (NiFe_2O_4) merupakan salah satu spinel ferit yang telah banyak dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan sifat katalitik NiFe_2O_4 terhadap daya, torsi dan emisi. Dalam penelitian ini, nikel ferit telah disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Hasil karakterisasi FT-IR menunjukkan bahwa NiFe_2O_4 berbentuk spinel yang ditandai dengan munculnya puncak vibrasi pada bilangan gelombang 590 dan 416cm^{-1} . Morfologi NiFe_2O_4 merupakan partikel yang terkristalisasi dengan distribusi yang homogen. NiFe_2O_4 yang dihasilkan selanjutnya digunakan sebagai katalis pada pipa HCS yang kemudian dilakukan uji *dynotest* dan emisi pada kendaraan roda empat yang menggunakan bahan bakar pertalite. Hasil pengujian membuktikan bahwa kendaraan yang memakai HCS dapat menaikkan nilai daya sebesar 6,6%, perubahan nilai torsi sebesar 10,4%, menurunkan kadar emisi CO_2 sebesar 0,4%, HC sebesar 0,09% dan menaikkan kadar O_2 sebesar 0,02%.

Kata kunci: Nikel Ferit (NiFe_2O_4), *Hydrocarbon Crack System*, *Dynotest*.

ABSTRACT

ADIT KRISTIANINGRUM. Synthesis and Test of Catalytic Nickel Ferrite Properties (NiFe_2O_4) use to Break Peralite Steam in Hydrocarbon Crack System. Guidance of ERDAWATI, DARSEF.

Nickel ferrite (NiFe_2O_4) is one of the most developed ferrite spinel. This study aims to determine the characteristics and catalytic properties of NiFe_2O_4 to power, torque and emissions. In this study, nickel ferrite was synthesized using coprecipitation methods. The FT-IR characterization consequences spinel-shaped NiFe_2O_4 is characterized by the appearance of a vibration peak at wave numbers 590 and 416cm^{-1} . The morphology of NiFe_2O_4 is consist of well-crystallized grains, with relatively homogenous grain distribution. The result of NiFe_2O_4 is used as a catalyst in the HCS pipe, then which is tested for dynotest and emission on vehicles using pertalite fuel. The test conclusion proves that vehicles using HCS can increase the power value by 6.6%, change the torque value by 10.4%, decrease CO_2 emissions by 0.4%, HC by 0.09% and increase O_2 levels by 0, 02%.

Keywords: Nickel Ferrite (NiFe_2O_4), *Hydrocarbon Crack System*, *Dynotest*.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, karunia dan hidayahNya maka skripsi ini dapat diselesaikan oleh penulis. Jenis penelitian yang dipilih adalah penelitian Sains dengan judul Sintesa dan Uji Sifat Katalitik Nikel Ferit (NiFe_2O_4) untuk Memecah Uap Peralite pada *Hydrocarbon Crack System*.

Terima kasih penulis ucapkan kepada kepada ibu Prof. Dr. Erdawati M.Sc dan bapak Dr. Darsef Darwis M.Si selaku dosen pembimbing I dan pembimbing II yang telah memberikan masukan dan saran. Terima kasih pula kepada Pembimbing Akademik ibu Dr. Yusmaniar M.Si yang telah membimbing penulis secara akademik selama kuliah di Program Studi Kimia UNJ. Di samping itu penghargaan penulis disampaikan ke Koordinator Program Studi Kimia yaitu ibu Dr. Yusmaniar M.Si.

Ungkapan terima kasih disampaikan kepada Ayah, Ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa, dukungan dan kasih sayangnya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada analis dan teknisi Laboratorium Penelitian Kimia FMIPA UNJ serta teman-teman Program Studi Kimia angkatan 2013 atas bantuan dan persahabatannya. Semoga skripsi ini bermanfaat.

Jakarta, Juli 2017

Adit Kristianingrum

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
A. Katalis	5
B. Spinel Ferrite.....	7
C. Reaksi Katalitik Pemecahan Bahan Bakar.....	9
D. <i>Hydrocarbon Crack System</i> (HCS).....	10
E. Pertalite	11
F. Uji Karakterisasi Katalis	14
1. <i>Infra-red Spectroscopy</i> (FTIR).....	14
2. SEM-EDX	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
A. Tempat dan Waktu Penelitian	19
B. Metode Penelitian.....	19
C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
A. Hasil Sintesis Nanopartikel NiFe ₂ O ₄	22
B. Karakterisasi Katalis NiFe ₂ O ₄	23
1. Karakterisasi NiFe ₂ O ₄ menggunakan FTIR	23
2. Karakterisasi NiFe ₂ O ₄ menggunakan SEM-EDX	24
C. Uji <i>Dynotest</i>	26
1. Pengaruh HCS terhadap Daya.....	26
2. Pengaruh HCS terhadap Torsi.....	29
3. Pengaruh HCS terhadap Emisi	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	33
A. Kesimpulan	33
B. Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	37

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Kristal Spinel Ferit.....	8
Gambar 2. Bentuk Pipa Katalis HCS.....	11
Gambar 3. Komponen HCS Pipa Kapiler (a) dan Pipa-tabung Tembaga (b)	11
Gambar 4. Diagram Skematik Spektrometer Infra Merah	15
Gambar 5. Vibrasi Ulur Asimetris (a) dan Simestris (b).....	16
Gambar 6. Vibrasi Guntingan (a), Goyangan (b), Twisting (c) dan Wagging (d). .	16
Gambar 7. Sistem Scanning Electron Microscope (SEM)	17
Gambar 8. Hasil Sintesis NiFe_2O_4	22
Gambar 9. Spektrum FTIR NiFe_2O_4 Hasil Penelitian	23
Gambar 10. Hasil Karakterisasi NiFe_2O_4 Menggunakan SEM Perbesaran 5000x ...	24
Gambar 11. Hasil Karakterisasi NiFe_2O_4 Menggunakan SEM Perbesaran 10000x .	25
Gambar 12. Spektrum EDX NiFe_2O_4 Hasil Penelitian.....	25
Gambar 13. Grafik Hubungan Katalis NiFe_2O_4 dengan Daya.....	28
Gambar 14. Grafik Hubungan Katalis NiFe_2O_4 terhadap Torsi.	31

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Spesifikasi Peralite (PT. Pertamina, 2015)	12
Tabel 2. Spesifikasi Peralite (PT. Pertamina, 2015) (lanjutan)	13
Tabel 3. Hasil Analisis Komponen NiFe ₂ O ₄	25
Tabel 4. Uji Dynotest HCS terhadap Daya	26
Tabel 5. Uji Dynotest HCS terhadap Daya (lanjutan)	27
Tabel 6. Uji Dynotest HCS terhadap Daya (lanjutan)	28
Tabel 7. Uji Dynotest HCS terhadap Torsi	29
Tabel 8. Uji Dynotest HCS terhadap Torsi (lanjutan)	30
Tabel 9. Hasil Uji Emisi	32

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Bagan kerja	38
Lampiran 2. Data hasil uji Dynotest.....	40

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pembangunan yang semakin meningkat menjadikan tingkat pertumbuhan ekonomi semakin tinggi. Salah satu dampak dari pertumbuhan ekonomi adalah meningkatnya jumlah pengguna kendaraan bermotor yang dapat meningkatkan mobilitas arus barang. Akan tetapi dengan bertambahnya jumlah kendaraan bermotor, dapat menimbulkan permasalahan lalu lintas seperti kemacetan lalu lintas, kecelakaan dan pencemaran udara. Hasil penelitian (Krisna *et al.*, 2016) menunjukkan emisi gas buang dari kendaraan yang menggunakan bahan bakar premium. Kadar emisi CO sebesar 6,84%, kadar CO₂ sebesar 7,4% kadar HC sebesar 1,2ppm dan kadar O₂ sebesar 28,83%. Polusi udara akibat emisi gas buang dari sektor transportasi dapat dihindari atau dikurangi dengan melakukan upaya pengendalian terhadap sumber emisi gas buang kendaraan bermotor, melakukan inovasi terbaru untuk menghemat penggunaan bahan bakar kendaraan sehingga pembebanan udara ambien tetap berada dibawah ambang batas yang diperbolehkan.

Berbagai usaha dilakukan untuk menurunkan emisi gas buang kendaraan bermotor diantaranya adalah dengan menggunakan bahan bakar yang ramah lingkungan seperti biodiesel, bio solar dan bio gas. Sistem pembakaran bahan bakar dengan bantuan pipa katalis yang bertujuan untuk memecah bahan bakar menjadi gas hidrogen dan atom karbon juga dikembangkan. Pipa katalis terbuat dari pipa tembaga dengan panjang 10 sampai 13 cm yang berisi katalis. Pipa tembaga dilapisi dengan saringan nikel, lempengan platinum dan ruthenium. Masing-masing pelapis disekat dengan setrimin stainless steel sebagai anti flashback. Semakin luas penampang pipa katalis, semakin banyak gas hidrogen yang terbentuk yang mengakibatkan semakin hemat penggunaan bahan bakar dan performa kerja mesin semakin baik. Pemecahan bahan bakar menggunakan pipa katalis disebut juga *Hydrocarbon Crack System (HCS)*.

Sebagai katalis biasanya digunakan vanadium, platinumium dan rhenium yang semuanya merupakan logam mulia yang harganya mahal. Para peneliti telah mengembangkan berbagai jenis katalis diantaranya zeolite dan alumina untuk menurunkan harga katalis. Penelitian ilmiah maupun teknologi yang sangat menarik pada beberapa tahun terakhir yaitu sintesis dan karakterisasi nanomaterial *spinel ferrite*. Spinel ferrit yang banyak dikembangkan adalah *nickel ferrite* (NiFe_2O_4). Nanopartikel *nickel ferrite* memiliki struktur *spinel inverse*, dimana semua ion Ni^{2+} berada pada bagian oktahedral dan ion Fe^{3+} terdistribusi merata pada bagian tetrahedral dan oktahedral. Nanopartikel NiFe_2O_4 menunjukkan sifat ferrimagnetik yang berasal dari pasangan momen magnet *anti-parallel* antara momen magnet ion Ni^{2+} dan ion Fe^{3+} pada bagian oktahedral dengan ion Fe^{3+} pada bagian tetrahedral (Hajalilou *et al.*, 2014). Sifat superparamagnetik dari nanopartikel NiFe_2O_4 dapat ditunjukkan perilakunya pada suhu kamar. Sifat superparamagnetik merupakan sifat yang penting pada aplikasi nanopartikel NiFe_2O_4 dalam bidang ilmiah, kedokteran dan teknologi (Yelenich *et al.*, 2013).

Karakteristik NiFe_2O_4 yaitu mempunyai nilai resistivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis spinel lainnya sehingga sesuai untuk diterapkan sebagai bahan penunjang teknologi berbasis frekuensi tinggi (Singh *et al.*, 2012). Katalis NiFe_2O_4 ini dapat disintesis dengan beberapa metode seperti *citric acid combustion method*, *sol-gel auto-combution method*, *organic gel-thermal decomposition method*, metode hidrotermal dan metode kopresipitasi (Sivakumar *et al.*, 2013). Berdasarkan beberapa metode tersebut, NiFe_2O_4 mudah disintesis dengan metode kopresipitasi. Metode kopresipitasi memiliki beberapa kelebihan, diantaranya prosedur yang sederhana, menghasilkan ukuran butir dengan skala nano dan dapat dilakukan pada kondisi lingkungan normal (Lu *et al.*, 2011).

Metode sintesis NiFe_2O_4 yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kopresipitasi dan NiFe_2O_4 yang dihasilkan akan diaplikasikan pada pipa HCS dan diuji daya katalitiknya terhadap bahan bakar pertalite dan uji emisi gas buang pada kendaraan. Penelitian (Abdillah, 2014) telah menggunakan pipa HCS yang berisi

katalis Al_2O_3 dan platina (Pt) untuk dilakukan uji daya, torsi dan emisi pada kendaraan yang menggunakan bahan bakar premium. Hasil yang diperoleh yaitu kendaraan yang menggunakan pipa HCS menghasilkan daya yang lebih besar, konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dan menurunkan kadar emisi gas buang. Penelitian (Yi *et al.*, 2014) telah menggunakan katalis $\text{SrO/NiO-Al}_2\text{O}_3$ untuk memecah bahan bakar. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan SrO_2 , maka semakin baik daya katalitiknya, dan semakin besar daya konversi bahan bakar menjadi H_2 dan CO_2 . Hasil H_2 yang diperoleh sebesar 74,8% jika kandungan SrO 5%. Hasil penelitian (Rosita *et al.*, 2014) menunjukkan bahwa suhu kalsinasi sintesis MnFe_2O_4 mempengaruhi sifat kristalinitas katalis. Sintesis katalis pada suhu 80°C memiliki derajat kristalinitas yang tinggi dibandingkan kalsinasi pada suhu 50°C . Tingginya derajat kristalinitas ini dipengaruhi oleh adanya proses nukleasi dan *crystal growth* yang berlangsung secara cepat dan simultan sebagai akibat tingginya derajat lewat jenuh larutan ketika suhu dalam proses sintesis dinaikkan.

Oleh karena itu, katalis *ferrite* banyak digunakan untuk memecah senyawa hidrokarbon menjadi gas CO_2 , gas hidrogen dan *carbon nanotube*, sehingga penelitian ini, akan mensintesis katalis NiFe_2O_4 dan katalis diaplikasikan pada pipa katalis untuk memecah uap bahan bakar menjadi gas hidrogen dan karbon dengan tujuan untuk mengurangi emisi gas buang dan memanfaatkan gas hidrogen sebagai suplemen untuk bahan bakar kendaraan.

B. Perumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik katalis NiFe_2O_4 yang disintesis dengan metode kopresipitasi?
2. Berapa besar daya katalitik NiFe_2O_4 untuk memecah molekul pertalite menjadi gas hidrogen dan atom karbon?
3. Berapa besar yield gas emisi buang yang dihasilkan?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, tujuan penelitian ini adalah:

1. Membuat katalis NiFe_2O_4 .
2. Menentukan karakteristik katalis NiFe_2O_4 .
3. Membandingkan jumlah emisi gas buang hasil pembakaran pertalite dengan dan tanpa menggunakan katalis NiFe_2O_4 .

D. Manfaat Penelitian

1. Dapat membuat katalis NiFe_2O_4 dan mengetahui karakteristiknya.
2. Katalis NiFe_2O_4 yang dihasilkan dapat diaplikasikan pada sistem *Hydrocarbon Crack System* (HCS) pada kendaraan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Katalis

Katalis merupakan substansi yang dapat meningkatkan laju reaksi untuk mencapai kesetimbangan namun tidak ikut bereaksi dengan reaktan dalam reaksi tersebut (Susanto dan Nasikin, 2010). Katalis dapat membentuk ikatan dengan molekul-molekul yang bereaksi, dan membiarkan katalis bereaksi untuk membentuk produk kemudian terlepas dari katalis tersebut (Chorkendroff dan Niemantsverdriet, 2003). Faktor-faktor untuk pemilihan katalis sebagai berikut:

1. Aktifitas

Aktifitas katalis dapat didefinisikan sebagai kemampuan dari katalis untuk dapat mengubah bahan baku menjadi produk yang dikehendaki. Keaktifan katalis didapat dari kombinasi bahan kimia dan bahan mineralogi, sehingga dapat diketahui bahwa katalis tersebut aktif dalam melakukan proses katalis yang dibuktikan dengan dihasilkannya produk yang dikehendaki.

2. Stabilitas

Katalis dapat dikatakan stabil apabila katalis mempunyai kemampuan untuk menghadapi racun-racun yang dapat mengganggu kinerja dan penampakan dari katalis itu sendiri.

3. Selektifitas

Selektifitas katalis dapat didefinisikan sebagai kemampuan katalis dalam menghasilkan produk yang dikehendaki dengan produk samping seminimal mungkin.

4. Umur

Pengertian umur katalis yaitu katalis mempunyai rentang waktu untuk bertahan pada level yang mencukupi sesuai kinerja katalis yang diinginkan.

5. Regenerasi

Katalis dapat bersifat baik apabila katalis mudah untuk digenerasi sehingga gangguan dapat diminimalisasi saat katalis bekerja.

6. Kekuatan mekanik

Katalis harus mempunyai kekuatan mekanik, agar pada saat proses yang memerlukan tekanan dan temperatur tinggi, katalis tersebut dapat digunakan. Katalis dapat mengalami perubahan baik secara kimiawi maupun secara fisik. Perubahan tersebut dapat mempengaruhi kinerja dari katalis dalam reaksi kimia. Oleh karena itu terdapat tiga parameter kinerja katalis, yaitu:

1. Aktifitas, yaitu peranan katalis dalam meningkatkan kecepatan reaksi.
2. Selektivitas, yaitu peranan katalis dalam meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan.
3. Deaktivasi, yaitu penurunan aktivitas katalis yang berkaitan dengan umur katalis (*life-time*).

Kinerja katalis dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu aliran fluida, aktivitas katalis dan stabilitas katalis. Katalis mempercepat reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi reaksi. Penurunan energi aktivasi tersebut terjadi akibat dari interaksi antara katalis dan reaktan. Katalis menyediakan situs-situs aktif yang berperan dalam proses reaksi. Situs-situs aktif ini dapat berasal dari logam-logam yang terdeposit pada pengemban atau dapat pula berasal dari pengemban sendiri. Logam-logam tersebut umumnya adalah logam-logam transisi yang menyediakan orbital d kosong atau elektron tunggal yang akan disumbangkan pada molekul reaktan sehingga terbentuk ikatan baru dengan kekuatan ikatan tertentu (Campbell, 1998). Aktivitas dan stabilitas katalis dapat dicapai dengan melakukan pemilihan material katalis dan metode preparasi yang digunakan sehingga dapat memberikan luas permukaan yang optimum.

Katalis terbagi menjadi dua golongan, yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Reaksi pada katalis homogen, katalis dan reaktan dalam fasa yang sama seperti dalam satu fasa tunggal cair atau gas. Sedangkan dalam reaksi dengan katalis heterogen, katalis dan reaktan berada dalam fasa yang berbeda. Zat padat yang bertindak sebagai katalis dalam katalis heterogen dapat mengikat sejumlah gas atau cairan pada permukannya berdasarkan adsorpsi. Proses katalitik katalis heterogen terbagi menjadi dua kelompok besar, reaksi-reaksi reduksi-oksidasi (redoks) dan reaksi-reaksi asam-

basa. Reaksi-reaksi redoks meliputi reaksi-reaksi dimana katalis mempengaruhi pemecahan ikatan secara homolitik pada molekul-molekul reaktan menghasilkan elektron tak berpasangan, dan kemudian membentuk ikatan secara homolitik dengan katalis melibatkan elektron dari katalis. Reaksi-reaksi asam-basa meliputi reaksi-reaksi dimana reaktan membentuk ikatan heterolitik dengan katalis melalui penggunaan pasangan elektron bebas dari katalis atau reaktan (Li, 2005).

Proses katalis heterogen pada permukaan padatan selalu berhubungan dengan adsorpsi molekul reaktan dan desorpsi produk. Kajian kontak katalis didasarkan pada proses adsorpsi-desorpsi. Akibat terjadinya adsorpsi kimia, aktivitas molekul mengalami perubahan. Atom yang teradsorpsi menjadi lebih reaktif dibandingkan molekul bebasnya, karena mengalami pemutusan ikatan kovalen atau ikatan hidrogen. Proses adsorpsi menyebabkan berkurangnya energi bebas (G) sistem sehingga entropi (S) juga berkurang. Berdasarkan persamaan 1,

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S \quad (1)$$

maka dapat dikatakan bahwa proses adsorpsi tersebut adalah eksotermik (Adamson, 1990).

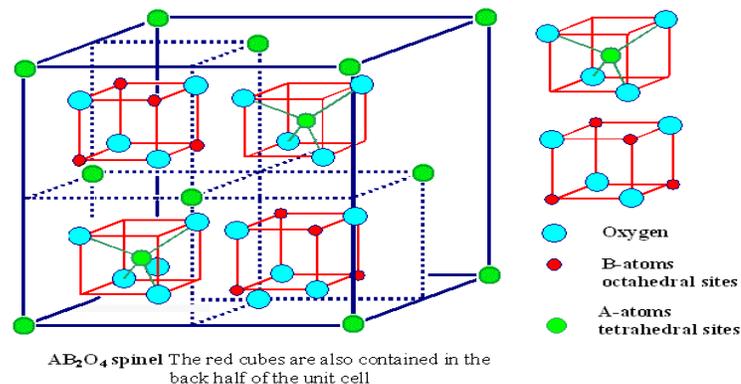
Industri kimia sebagian besar menggunakan katalis heterogen. Keuntungan pemakaian katalis heterogen (berupa padatan) adalah jenis katalisnya banyak, mudah dimodifikasi dan dapat diregenerasi pada suhu pemisahan serta dapat digunakan untuk mereaksikan senyawa yang peka terhadap suasana asam dan tidak merusak warna hasil reaksi. Persyaratan utama suatu katalis heterogen adalah permukaan yang aktif dan mampu mengadsorpsi reaktan. Kelebihan utama katalis heterogen adalah kemudahannya dipisahkan dari hasil reaksi (Berry *et al.*, 1980).

B. Spinel Ferrite

Spinel adalah jenis struktur kristal yang memiliki dua sub struktur, yaitu struktur tetrahedral (bagian A) dan struktur oktahedral (bagian B). Bagian tetrahedral, ion-ion logam berlokasi di pusat sebuah tetrahedron dengan sudut-sudutnya ditempati oleh ion-ion oksigen. Sedangkan pada bagian oktahedral, ion-ion logam berlokasi di pusat

oktahedron dengan sudut-sudutnya ditempati oleh ion-ion oksigen. Pembentukan kedua sub struktur spinel tersebut secara umum dipengaruhi oleh besarnya jari-jari, konfigurasi elektron ion-ion logam, serta energi statik dari kisi kristal.

Spinel ferit adalah material magnetik yang sangat penting karena sifat magnetik, elektrik dan kestabilan termal dari material tersebut sangat menarik. Spinel ferit ini secara teknologi penting dan telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti media perekam magnetik, pemindai magnetik resonansi (MRI), katalis, sistem pembawa obat dan zat pewarna (Maensiri *et al.*, 2007; Kasapoglu *et al.*, 2007). Spinel ferit memiliki rumus umum AB_2O_4 dimana A adalah kation-kation bervalensi 2 seperti Fe, Ni, Co yang menempati posisi tetrahedral dalam struktur kristalnya dan B adalah kation-kation bervalensi 3 seperti Fe, Mn, Cr yang menempati posisi oktahedral dalam struktur kristalnya, serta terdistribusi pada kisi fcc yang terbentuk oleh ion O^{2-} (Kasapoglu *et al.*, 2007; Almeida *et al.*, 2008; Iftimie *et al.*, 2006). Gambar 1 menunjukkan struktur kristal spinel ferit.



Gambar 1 . Struktur Kristal Spinel Ferit (Manova *et al.*, 2005)

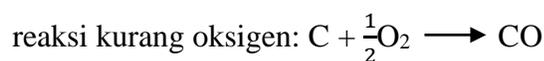
Kation-kation yang terdistribusi dalam struktur spinel terdapat dalam tiga bentuk yaitu normal, terbalik (*inverse*) dan diantara normal dan terbalik. Posisi normal ion-ion logam bervalensi 2 terletak pada posisi tetrahedral (posisi A) atau dapat dituliskan $(M^{2+})_A[M_2^{3+}]_BO_4$, pada posisi terbalik (*inverse*) ion-ion logam bervalensi 2 terletak pada posisi oktahedral (posisi B) atau dapat dituliskan $(M^{3+})_A[M^{2+}M^{3+}]_BO_4$ dan posisi diantara normal dan terbalik, setengah dari ion- ion logam bervalensi 2 dan 3

menempati posisi tetrahedral dan oktahedral atau dapat dituliskan $(M^{2+}M^{3+})_A[M^{1-}X^{2+}M_{2-\lambda}^{3+}]_B O_4$ (Manova *et al.*, 2005).

C. Reaksi Katalitik Pemecahan Bahan Bakar

Pembakaran adalah reaksi kimia antara komponen-komponen bahan bakar (Karbon dan Hidrogen) dengan komponen udara (Oksigen) yang berlangsung sangat cepat, yang membutuhkan panas awal untuk menghasilkan panas yang jauh lebih besar sehingga menaikkan suhu dan tekanan gas pembakaran. Pembakaran terjadi karena tiga komponen yang bereaksi, yaitu bahan bakar, oksigen dan panas. Reaksi pembakaran sempurna akan menghasilkan gas buang yaitu karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Perlu diketahui bahwa pada umumnya pembakaran bahan bakar pada mesin belum terjadi pembakaran sempurna. Reaksi pembakaran yang tidak sempurna akan menghasilkan gas buang yang beracun, misalnya CO, HC, NOx, Pb dan SOx.

Selama proses pembakaran, butiran minyak bahan bakar menjadi elemen komponennya, yaitu hidrogen dan karbon akan bergabung dengan oksigen untuk membentuk air, dan karbon bergabung dengan oksigen menjadi karbon dioksida. Jika tidak cukup tersedia oksigen, maka sebagian dari karbon akan bergabung dengan oksigen menjadi karbon monoksida. Akibat terbentuknya karbon monoksida, maka jumlah panas yang dihasilkan hanya 30 persen dari panas yang ditimbulkan oleh pembentukan karbon monoksida sebagaimana ditunjukkan oleh reaksi kimia berikut.



Keadaan yang penting untuk pembakaran yang efisien adalah gerakan yang cukup antara bahan bakar dan udara, artinya distribusi bahan bakar dan bercampurnya dengan udara harus bergantung pada gerakan udara yang disebut pusaran. Energi panas yang dilepaskan sebagai hasil proses pembakaran digunakan untuk menghasilkan daya motor bakar tersebut. Reaksi pembakaran ideal dapat dilihat di bawah ini :



Berdasarkan reaksi di atas dapat dilihat bahwa N_2 tidak ikut dalam reaksi pembakaran. Reaksi pembakaran di atas adalah reaksi pembakaran ideal. Sedangkan reaksi pembakaran sebenarnya atau aktual dapat berupa seperti dibawah ini (Naratama, 2011):



Secara lebih detail dapat dijelaskan bahwa proses pembakaran adalah proses oksidasi (penggabungan) antara molekul-molekul oksigen (O) dengan molekul-molekul (partikel-partikel) bahan bakar yaitu karbon (C) dan hidrogen (H) untuk membentuk karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O) pada kondisi pembakaran sempurna. Proses pembentukan CO_2 dan H_2O hanya bisa terjadi apabila panas kompresi atau panas dari pemantik telah mampu memisah/memutuskan ikatan antar partikel oksigen (O-O) menjadi partikel O dan O, dan juga mampu memutuskan ikatan antar partikel bahan bakar (C-H dan/atau C-C) menjadi partikel C dan H yang berdiri sendiri. Baru selanjutnya partikel O dapat beroksidasi dengan partikel C dan H untuk membentuk CO_2 dan H_2O . Jadi dapat disimpulkan bahwa proses oksidasi atau proses pembakaran antara udara dan bahan bakar tidak pernah akan terjadi apabila ikatan antar partikel oksigen dan ikatan antar partikel bahan bakar tidak diputus terlebih dahulu (Wardono, 2004).

D. *Hydrocarbon Crack System (HCS)*

Metode yang digunakan untuk menghemat bahan bakar sekarang ini banyak dipakai adalah *hydrocarbon crack system* (HCS). HCS sendiri adalah sistem memecah atom hidrokarbon menjadi atom hidrogen (H) dan karbon (C) dengan cara menggunakan pipa katalis yang dipanaskan (Sukarmin, 2004). Panas luar atau *exothermic* dari mesin *internal combustion* (mesin kendaraan) yaitu dari panas blok mesin maupun dari knalpot yang bisa mencapai temperatur hingga $400^\circ C$.

HCS sangat efektif untuk menghemat bahan bakar dan menurunkan kadar emisi gas buang. Bahan bakar digunakan adalah premium atau pertamax yang biasa diisikan pada kendaraan bermotor. Jarak tempuh per liter bahan bakar kendaraan yang

menggunakan HCS dapat meningkat menjadi 13-15km/liter dibanding dengan tanpa HCS jarak tempuh per liter bahan bakar yang hanya 10km/liter.

Prinsip kerja alat ini adalah uap bahan bakar disalurkan ke *intake* karburator dengan melalui sebuah pipa katalis yang dapat memecah bahan bakar menjadi gas hidrogen, dan menghisap unsur partikel karbon sehingga nantinya kandungan karbon monoksida pada gas buang akan berkurang secara signifikan. Hidrogen yang terbentuk dialirkan kedalam tangki bahan bakar dan sisa karbon yang terdapat dalam tabung katalis dapat dibersihkan dengan menggunakan larutan “*carbon cleanser*”. Kendaraan yang menggunakan HCS, kendaraan tersebut dapat menghasilkan gas hidrogen sebanyak 3-5 LPM H₂ (liter per menit) (Seleznev *et al*, 2009).



Gambar 2. Bentuk Pipa Katalis HCS



a



b

Gambar 3. Komponen HCS Pipa Kapiler (a) dan Pipa-tabung Tembaga (b)

E. Peralite

Peralite merupakan bahan bakar minyak dari Pertamina dengan RON 90. Peralite dihasilkan dengan penambahan zat aditif pada proses pengolahannya di kilang minyak.

Pertalite memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah membuat pembakaran pada mesin kendaraan menjadi lebih baik dibandingkan dengan premium, lebih ramah lingkungan dan tidak mengandung timbal. Pertalite direkomendasikan untuk kendaraan yang memiliki kompresi 9,1-10,1 dan mobil tahun 2000 ke atas, terutama yang telah menggunakan teknologi setara dengan *Electronic Fuel Injection* (EFI) dan *Catalytic Converter* (pengubah katalitik).

Pertalite mengandung bahan nafta yang memiliki RON 65-70, agar RON berubah menjadi RON 90 maka dicampurkan dengan HOMC (*High Octane Mogas Component*). Selain itu, pertalite ditambahkan juga dengan zat aditif *EcoSAVE* agar pertalite menghasilkan pembakaran yang lebih bersih, ramah lingkungan dan lebih hemat. Keunggulan Pertalite adalah membuat tarikan mesin kendaraan menjadi lebih ringan, zat adiktif yang diberikan pada BBM Pertalite membuat kualitas Pertalite lebih baik dibandingkan Premium. Pertalite berwarna hijau terang sebagai dampak pencampuran bahan Premium dengan Pertamina (Jannah, 2015). Spesifikasi Pertalite terdapat dalam tabel x berikut ini:

Tabel 1. Spesifikasi Pertalite (PT. Pertamina, 2015)

Pertalite				
No	Karakteristik	Satuan	Batasan	
			Min	Max
1	Angka Oktan Riset (RON)	RON	90,0	-
2	Stabilitas Oksidasi	Menit	360	-
3	Kandungan Sulfur (S)	% m/m	-	0,05
4	Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	Dilaporkan (injeksi timbal tidak diijinkan)	
5	Kandungan Logam Mangan (Mn), Besi (Fe)	mg/l	Tidak Terdeteksi	
6	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7
7	Kandungan Olefin	% v/v	Dilaporkan	
8	Kandungan Aromatik	% v/v		
9	Kandungan Benzena	% v/v		

Tabel 2. Spesifikasi Peralite (PT. Pertamina, 2015) (lanjutan)

Peralite				
No	Karakteristik	Satuan	Batasan	
			Min	Max
10	Distilasi			
	10% vol. penguapan	°C	-	74
	50% vol. penguapan	°C	88	125
	90% vol. penguapan	°C	-	180
	Titik didih akhir	°C	-	215
	Residu	%vol	-	2,0
11	Sedimen	mg/l		1
12	Unwashed gum	mg/100 ml		70
13	Washed gum	mg/100 ml	-	5
14	Tekanan Uap	kPa	45	60
15	Berat jenis (pada suhu 15°C)	kg/m ³	715	770
16	Korosi bilah Tembaga	menit	Kelas 1	
17	Sulfur Mercaptan	% massa	-	0,002
18	Penampilan Visual		Jernih & Terang	
19			Hijau	
20	Kandungan Pewarna	gr/100	-	0,13
21	Bau		Dapat dipasarkan	

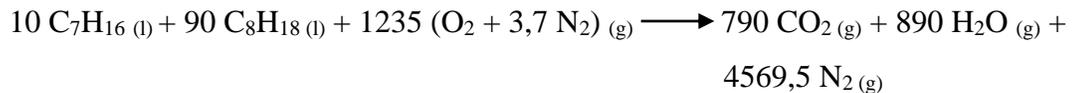
Nafta adalah material yang memiliki titik didih antara *gasolin* dan *kerosin* yang digunakan untuk pelarut *dry cleaning* (pencuci), pelarut karet, bahan awal etilen, bahan bakar jet dikenal sebagai JP-4. HOMC yaitu merupakan produk *naphtha* (komponen minyak bumi) yang memiliki struktur kimia bercabang dan ring (lingkar) berangka oktan tinggi. Terbentuknya *oktane number* tinggi adalah hasil perengkahan katalitik ataupun sintesa *catalytic* di reaktor kimia Unit kilang RCC/FCC/RFCC atau *Plat Forming* atau proses polimerisasi katalitik lainnya.

Berikut adalah keunggulan peralite menurut (PT. Pertamina, 2015)

1. Lebih bersih daripada *Premium* karena memiliki RON di atas 88.

2. Dijual dengan harga lebih murah dari *Pertamax*.
3. Memiliki warna hijau dengan penampilan visual jernih dan terang.
4. Tidak ada kandungan timbal serta memiliki kandungan sulfur maksimal 0,05 persen m/m atau setara dengan 500 ppm.
5. Peralite 100 persen merupakan hasil import

Reaksi pembakaran pertalite pada ruang bahan bakar adalah sebagai berikut:



Gas CO_2 dan gas H_2O akan dipecah pada tabung katalis menurut reaksi:



H_2 dan O_2 akan dialirkan ke ruang bahan bakar dan C tetap berada di tabung katalis.

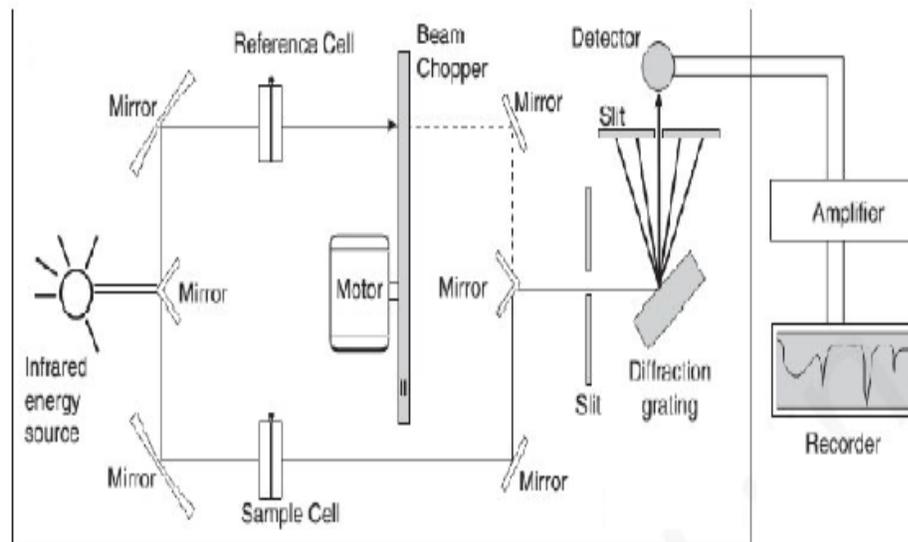
F. Uji Karakterisasi Katalis

1. *Infra-red Spectroscopy* (FTIR)

Spektroskopi infra merah atau *fourier transform-infrared* adalah teknik untuk analisis kimia dan penetapan gugus fungsi dan untuk menentukan gugus-gugus fungsi molekul karbon pada analisis kualitatif, dimana gugus fungsi ini mempunyai ciri vibrasi yang khas. Spektroskopi IR umumnya digunakan bilangan gelombang dengan kisaran $4000 - 500 \text{ cm}^{-1}$ (Mulja dan Suharman, 1995).

Sinar dari sumber cahaya dipecah menjadi dua berkas cahaya yang sama. Salah satu dilewatkan melalui cuplikan (berkas cahaya cuplikan), yang lain berkelakuan sebagai berkas cahaya referensi. Fungsi dari *double beam* adalah mengukur perbedaan intensitas antara dua berkas cahaya pada setiap panjang gelombang. Dua berkas cahaya sekarang dipantulkan ke "*chopper*", yang terdiri atas cermin yang dapat berputar. Bila *chopper* berputar akan menyebabkan berkas sinar cuplikan dan referensi dipantulkan bergantian ke *grating*. *Grating* berputar perlahan-lahan dan mengirimkan frekuensi-frekuensi ke detektor yang mengubah tenaga panas sinar

inframerah menjadi tenaga listrik. Bila cuplikan telah menyerap sinar dari frekuensi tertentu, maka detektor akan menerima sinyal secara bergantian dari *chopper* berkas sinar yang kuat (berkas sinar referensi) dan berkas sinar yang lemah (berkas sinar cuplikan). Setelah sinyal dari detektor diperkuat, selanjutnya rekorder akan menggambar spektrum yang dihasilkan sampel pada chart (Pavia *et al.*, 2009).

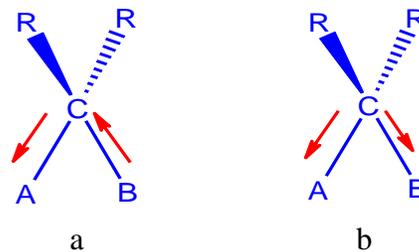


Gambar 4. Diagram Skematik Spektrometer Infra Merah (Pavia *et al.*, 2009)

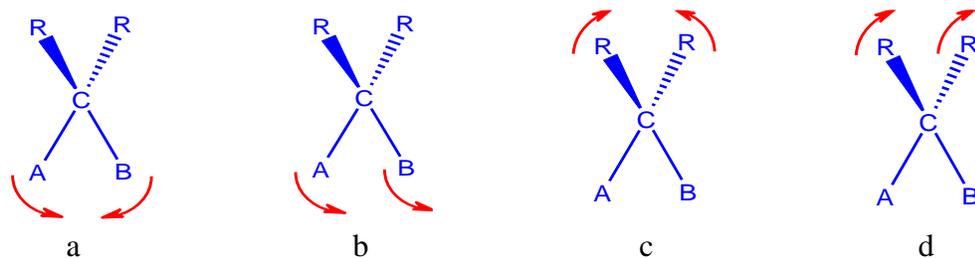
Atom-atom di dalam molekul tidak dalam keadaan diam, tetapi biasanya terjadi peristiwa vibrasi. Hal ini bergantung pada atom-atom dan kekuatan ikatan yang menghubungkannya. Vibrasi molekul sangat khas untuk suatu molekul tertentu dan biasanya disebut vibrasi finger print. Vibrasi molekul dapat digolongkan atas dua golongan besar, yaitu vibrasi regangan (*stretching*) dan vibrasi bengkokan (*bending*). Vibrasi regangan (*stretching*) yaitu atom bergerak terus sepanjang ikatan yang menghubungkannya sehingga akan terjadi perubahan jarak antara keduanya, walaupun sudut ikatan tidak berubah. Vibrasi regangan ada dua macam yaitu regangan simetri dan regangan asimetri. Regangan simetri yaitu unit struktur bergerak bersamaan dan searah dalam satu bidang datar sedangkan regangan

asimetri yaitu unit struktur bergerak bersamaan dan tidak searah tetapi masih dalam satu bidang datar.

Jika sistem tiga atom merupakan bagian dari sebuah molekul yang lebih besar, maka dapat menimbulkan vibrasi bengkokan atau vibrasi deformasi yang mempengaruhi osilasi atom atau molekul secara keseluruhan. Vibrasi bengkokan (*bending*) ini terbagi menjadi empat jenis, yaitu Vibrasi Goyangan (*Rocking*), Vibrasi Guntingan (*Scissoring*), Vibrasi Kibasan (*Wagging*), dan Vibrasi Pelintiran (*Twisting*).



Gambar 5. Vibrasi Ulur Asimetris (a) dan Simestris (b)



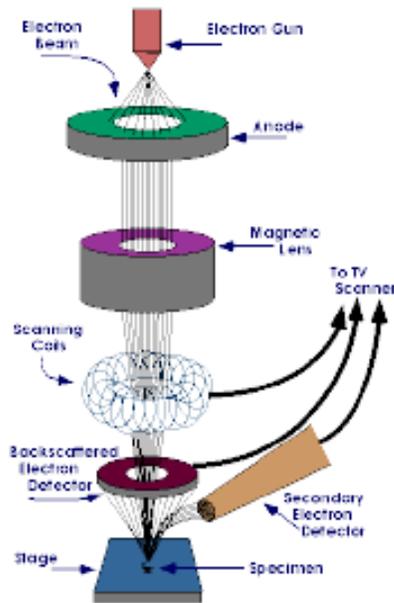
Gambar 6. Vibrasi Guntingan (a), Goyangan (b), Twisting (c) dan Wagging (d).

2. *Scanning Electron Microscope – Electron Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)*

Scanning Electron Microscope merupakan mikroskop elektron yang dapat menggambarkan permukaan sampel melalui pancaran energi yang tinggi dari elektron dalam satu pola scan raster. Sinyal yang dihasilkan merupakan hasil interaksi elektron dengan atom-atom yang mengenai permukaan topografi sampel,

komposisi dan konduktivitas listrik. SEM yang dilengkapi dengan EDS (*Electron Disperse X-ray Spectroscopy*) dapat digunakan untuk mendeteksi unsur-unsur dari sampel yang dideteksi.

Prinsip kerja SEM yaitu permukaan benda ditembakkan dengan seberkas elektron dengan berenergi tinggi. Permukaan benda yang dikenai akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Kedua elektron tersebut merupakan dua sinyal utama yang akan menghasilkan sebuah gambar. Kemudian detektor akan mendeteksi elektron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi (Echlin, 2009).



Gambar 7. Sistem Scanning Electron Microscope (SEM)

SEM dapat menghasilkan gambar dengan pembesaran secara luas dengan menggunakan seberkas pancaran elektron cahaya untuk memperoleh sebuah gambar. Seberkas cahaya yang dihasilkan dari bagian atas mikroskop yang disebut *electron gun*. Seberkas cahaya yang ditembakkan secara vertikal akan melewati mikroskop yang terletak dalam vakum. Seberkas cahaya tersebut kemudian melewati medan gelombang elektromagnetik dan lensa yang berfungsi untuk

memfokuskan seberkas elektron tersebut menuju sampel. Setiap berkas cahaya yang mengenai sampel akan dikeluarkan dari sampel. Elektron-elektron yang keluar dari sampel seperti X-rays, *backscattered electron* dan *secondary electron* akan dikumpulkan oleh detektor dan diubah kedalam bentuk sinyal yang dikirimkan ke tampilan layar computer (Schwaizer, 2010).

Electron Disperse X-ray Spectroscopy (EDX) dihasilkan dari sinar X karakteristik, yaitu dengan menembakkan sinar X pada posisi yang ingin diketahui komposisinya. Setelah ditembakkan pada posisi yang diinginkan, maka akan muncul puncak-puncak tertentu yang mewakili suatu unsur yang terkandung. Selain itu EDX juga dapat membuat elemental mapping dengan memberikan warna berbeda-beda dari masing-masing elemen dipermukaan bahan. Selain itu, EDX juga dapat menganalisa secara kuantitatif dari persentase masing-masing elemen.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Penelitian Kimia FMIPA UNJ Jakarta Timur. Waktu penelitian dimulai dari bulan Desember 2016 hingga Mei 2017.

B. Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan tahapan yang meliputi sintesis katalis NiFe_2O_4 dengan metode kopresipitasi kemudian dikarakterisasi dan dianalisis menggunakan FTIR dan SEM. Selanjutnya katalis diuji aktifitasnya terhadap bahan bakar jenis pertalite.

1. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah neraca analitik (OHAUS explorer), alat-alat gelas (pyrex), spatula, termometer, statif, timbangan elektronik, Furnace (Thermolyne), hotplate magnetic stirrer, alat karakterisasi SEM-EDS JSM-6510LA dan FTIR Prestige-21. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah $\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, larutan NaOH 3M dan aquadest.

2. Prosedur Penelitian

a. Membuat katalis NiFe_2O_4 dengan metode kopresipitasi

Untuk membuat katalis NiFe_2O_4 , langkah pertama yaitu mencampurkan 1,188 gram Nikel (II) klorida dan 2,071 gram Besi (III) klorida yang dilarutkan dalam 20 mL aquadest dan diaduk hingga homogen. Selanjutnya dititrasi dengan 50 mL larutan NaOH dan di stirrer selama 60 menit. Kemudian larutan disaring dan dibilas dengan aquadest hingga pH netral dan endapan yang

diperoleh dikeringkan dalam oven. Endapan yang sudah kering kemudian dikalsinasi menggunakan furnace.

b. Karakterisasi Katalis NiFe₂O₄

1) Karakterisasi dengan FTIR

Sebanyak 0,1 gram sampel yang telah dipersiapkan dianalisa serapannya pada daerah bilangan gelombang 500-4000 cm⁻¹ menggunakan teknik preparasi menggunakan pellet KBr. Sampel yang telah dipreparasi dimasukkan kedalam wadah sampel dan dimasukkan ke dalam alat FTIR. Sampel dianalisis sehingga didapatkan spektrum yang terlihat pada layar komputer.

2) Karakterisasi dengan SEM

Sampel NiFe₂O₄ mula-mula ditempel pada *specimen holder* lalu dibersihkan menggunakan *hand blower*. Sampel selanjutnya diberi lapisan tipis (*coating*) berupa *gold palladium*. Setelah dilapisi, maka sampel dimasukkan ke dalam *specimen chamber* untuk diamati gambar struktur mikronya pada layar SEM yang dianalisis.

c. Uji *Dynotest* terhadap Daya, Torsi dan Emisi

Pipa HCS yang sudah terpasang pada kendaraan dipersiapkan untuk dilakukan uji *dynotest*. Semua perangkat keras (CPU, layar dan keyboard) dipastikan sudah berfungsi. Kendaraan yang akan diuji dinaikkan ke tempat uji *Dynotest* yang tersedia. Ban depan, maupun sisi-sisi rangka kendaraan dipasangkan alat pengikat, kemudian roda belakang dikaitkan pada *roller* lalu mesin kendaraan dihidupkan. Setelah itu dilakukan pengujian Torsi dan Daya dengan cara menarik tuas gas kendaraan dari rpm rendah sampai rpm tertinggi (maksimal) pada kendaraan. Diteliti dan diamati hasil pembacaan grafik pengujian pada layar monitor, maka akan didapatkan hasil dari daya dan torsi pada kendaraan.

Uji pengaruh pipa HCS terhadap emisi dilakukan dengan menggunakan alat *Technotest*. Sebelum dilakukan pengukuran emisi gas buang, dilakukan tes awal (*primary test*). Sensor diletakkan pada lubang knalpot kendaraan dan data yang dihasilkan akan ditampilkan berupa data CO₂, HC, CO, O₂ dan NO_x.

C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

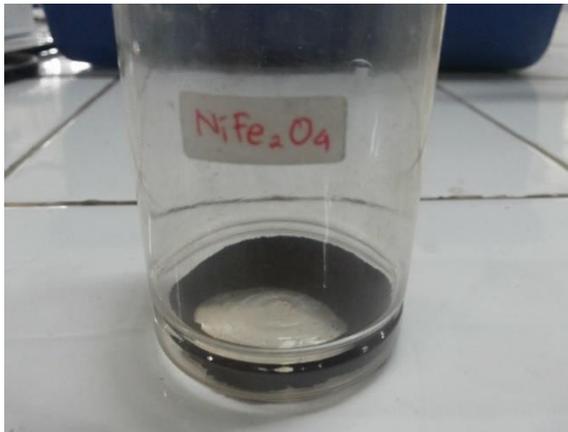
Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu mencatat dan memperhatikan setiap perlakuan yang dilakukan dalam penelitian meliputi sintesis katalis, karakterisasi katalis hingga uji daya katalitik katalis terhadap bahan bakar pertalite, dan pengumpulan data hasil dari alat-alat instrumentasi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Sintesis Nanopartikel NiFe₂O₄

Katalis *nickel ferrite* (NiFe₂O₄) disintesis dengan metode kopresipitasi yaitu dengan melarutkan FeCl₃.6H₂O (*ferric chloride hexa-hydrate*) dan NiCl₂.H₂O (*cobalt chloride hexa-hydrate*) kedalam aquades, sehingga menghasilkan larutan yang mengandung ion Fe³⁺ dan Ni²⁺. Pembentukan NiFe₂O₄ dihasilkan melalui pengendapan dengan larutan basa NaOH 3M. Parameter yang digunakan dalam sintesis NiFe₂O₄ menggunakan suhu 80°C, lama pengadukan 60 menit dan dengan kecepatan pengadukan 1000 rpm. Endapan yang diperoleh kemudian dicuci dengan aquades untuk menetralkan konsentrasi larutan. Katalis NiFe₂O₄ yang masih berbentuk koloid dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 30 menit kemudian dikalsinasi menggunakan furnace pada suhu 600°C selama 3 jam.



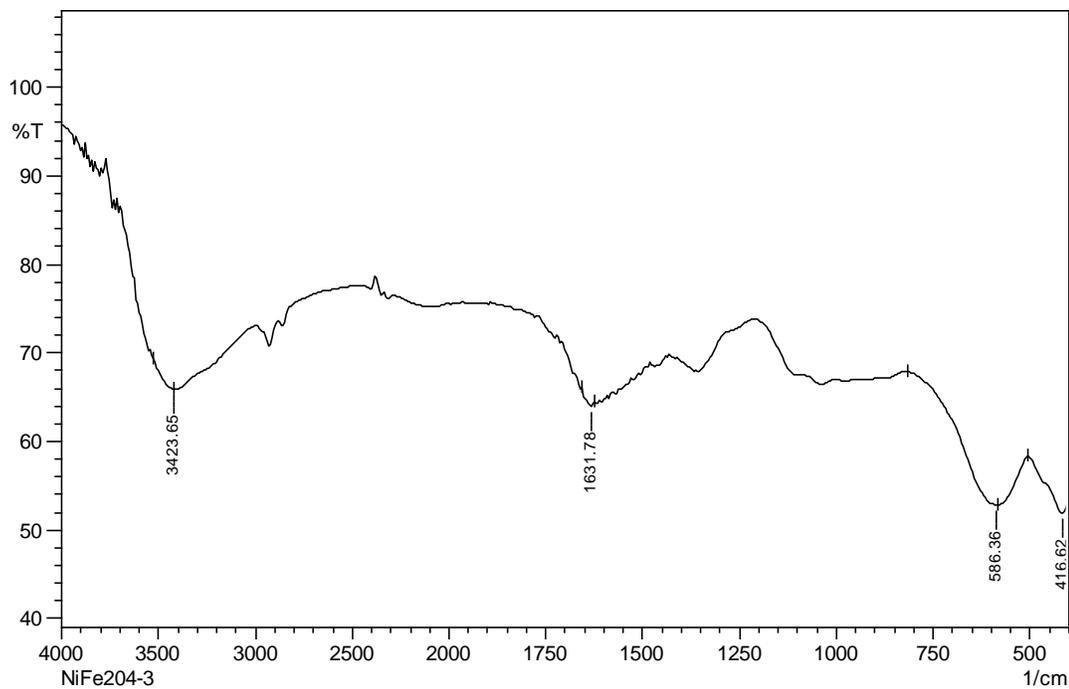
Gambar 8. Hasil Sintesis NiFe₂O₄

Hasil sintesis NiFe₂O₄ berwarna coklat pekat. Warna coklat pekat pada sampel mengidentifikasi bahwa yang dihasilkan oleh proses sintesis didominasi oleh fasa Besi (Fe).

B. Karakterisasi Katalis NiFe₂O₄

1. Karakterisasi NiFe₂O₄ menggunakan *Fourier Transform Infa-red Spectroscopy (FTIR)*

Identifikasi gugus fungsional dari sampel NiFe₂O₄ dianalisa menggunakan FTIR. Berdasarkan hasil yang diperoleh, terdapat spektrum serapan FTIR yang muncul pada rentang bilangan gelombang 400-4000cm⁻¹. Puncak pada bilangan gelombang 3466,08 cm⁻¹ terdapat puncak sterching O-H. Sedangkan pada bilangan gelombang 1608,63 cm⁻¹ merupakan puncak bending O-H. Karakteristik dari gugus ion logam dengan oksigen yang terkait dengan struktur spinel ferrite dapat diamati pada bilangan gelombang ~400 dan ~600cm⁻¹ (Muflihatun *et al.*, 2015).



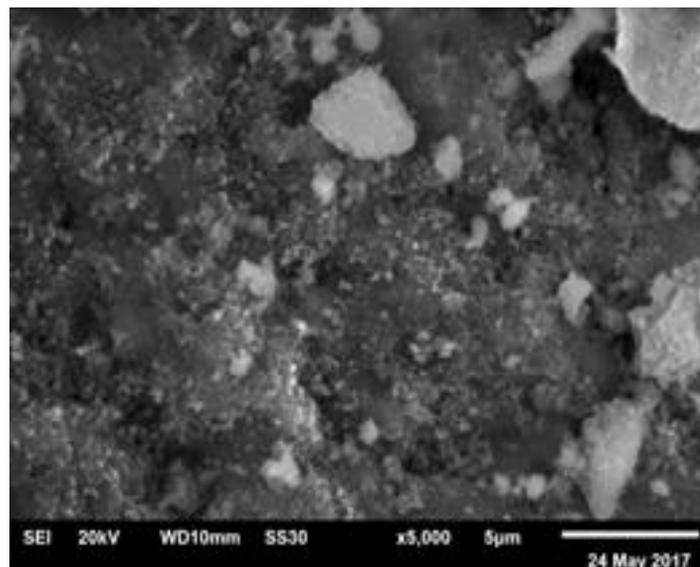
Gambar 9. Spektrum FTIR NiFe₂O₄ Hasil Penelitian

Spektrum FTIR yang diperoleh terdapat puncak pada bilangan gelombang 590,22cm⁻¹ yang merupakan serapan atom-atom yang berada pada site tetrahedral (vibrasi antara atom Fe dengan O) dan pada bilangan gelombang 416,62cm⁻¹

merupakan serapan atom-atom yang berada pada site oktahedral (vibrasi antara atom Ni dengan O).

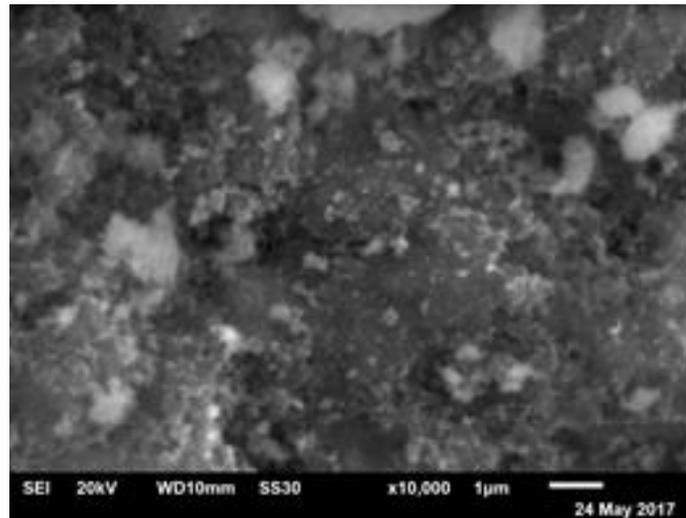
2. Karakterisasi NiFe₂O₄ menggunakan SEM-EDX

Morfologi dari NiFe₂O₄ telah dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX. Data yang diperoleh dapat dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif, dikarenakan data yang diperoleh dapat diketahui jenis dan jumlah unsur-unsur mineral yang terkandung dalam katalis. Hasil dari uji SEM terdapat pada gambar 10 dan 11.

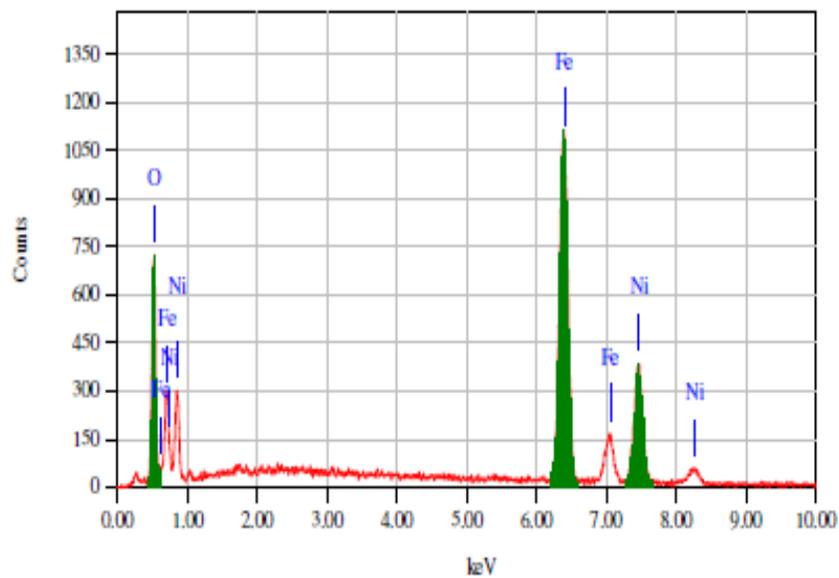


Gambar 10. Hasil Karakterisasi NiFe₂O₄ Menggunakan SEM pada Perbesaran 5000x

Berdasarkan gambar 10 dan 11, morfologi dari sampel NiFe₂O₄ diamati pada perbesaran 5000X dan perbesaran 10.000X. Morfologi permukaan sampel terdiri dari butiran yang terkrystalisasi dengan distribusi yang homogen (Manimekalai *et al.*, 2012). Sedangkan Unsur-unsur yang terkandung dalam katalis NiFe₂O₄ dapat dilihat pada gambar 12 dan Tabel 3.



Gambar 11. Hasil Karakterisasi NiFe_2O_4 Menggunakan SEM pada Perbesaran 10000x



Gambar 12. Spektrum EDX NiFe_2O_4 Hasil Penelitian

Tabel 3. Hasil Analisis Komponen NiFe_2O_4 Menggunakan EDX

Elemen	Massa %	Atom %
O	28,79	58,92
Fe	47,64	27,93
Ni	23,57	13,15

Berdasarkan tabel 3 tersebut, maka dapat diketahui bahwa katalis NiFe_2O_4 mengandung unsur Oksigen (O) sebesar 28,79%, Besi (Fe) sebesar 47,64% dan Nikel (Ni) sebesar 23,57%.

C. Uji *Dynotest*

Uji *dynotest* dilakukan untuk mengetahui pengaruh katalis NiFe_2O_4 yang terpasang pada alat HCS terhadap daya, torsi dan emisi pada kendaraan roda empat yang menggunakan bahan bakar pertalite. Pipa katalis yang sudah berisi katalis NiFe_2O_4 dipasang di *exhaust manifold* dan kemudian dilakukan uji *dynotest* menggunakan alat *dynamometer*. Berikut ini adalah data hasil penelitian yang telah diperoleh.

1. Pengaruh HCS terhadap daya

Uji *dynotest* dilakukan pada putaran mesin 4220rpm hingga 6032rpm atau dengan kecepatan 38km/h hingga 136km/h. Hasil uji *dynotest* yang diperoleh terdapat pada tabel 4, 5 dan 6.

Tabel 4. Uji *Dynotest* HCS terhadap Daya

Putaran Mesin (rpm)	Kecepatan (km/h)	Daya (HP)	
		Tanpa HCS	HCS
4220	38	48.9	50.3
4355	40	50.9	51.6
4378	42	55.1	55
4318	44	60	59.3
4244	46	62	61.2
4297	48	59.2	59.1
4391	50	57.5	57.7
4449	52	59,3	59,1

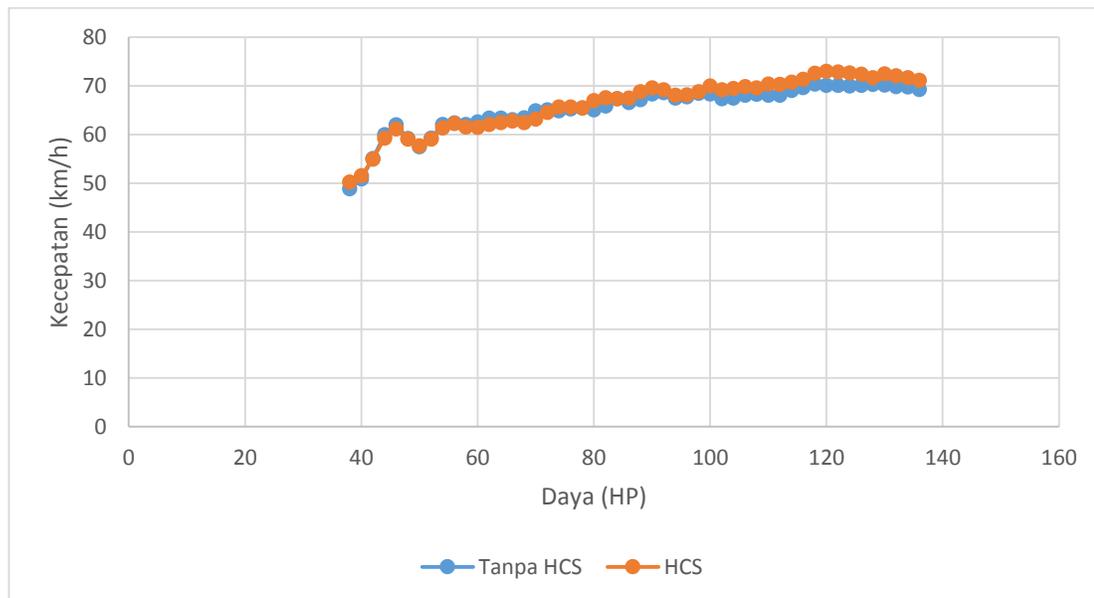
Tabel 5. Uji *Dynotest* HCS terhadap Daya (lanjutan)

Putaran Mesin (rpm)	Kecepatan (km/h)	Daya (HP)	
		Tanpa HCS	HCS
4422	54	62.1	61.4
4446	56	62.4	62.3
4476	58	62.1	61.6
4508	60	62.6	61.5
4511	62	63.4	62.1
4534	64	63.4	62.5
4576	66	63.1	62.8
4593	68	63.5	62.5
4618	70	64.9	63.2
4653	72	65.1	64.6
4714	74	64.9	65.7
4762	76	65.3	65.7
4812	78	65.5	65.5
4899	80	65.1	67
4941	82	65.9	67.6
4973	84	67.4	67.4
5038	86	66.6	67.5
5082	88	67.2	68.8
5121	90	68.4	69.6
5159	92	68.6	69.2
5204	94	67.5	68.1
5244	96	67.8	68.2
5271	98	68.5	68.8
5315	100	68.4	70
5362	102	67.4	69.2
5414	104	67.5	69.5
5458	106	68.1	69.9
5514	108	68.3	69.6
5582	110	68.1	70.4
5633	112	68.1	70.3
5675	114	69.1	70.8
5708	116	69.7	71.4
5744	118	70.4	72.6

Tabel 6. Uji *Dynotest* HCS terhadap Daya (lanjutan)

Putaran Mesin (rpm)	Kecepatan (km/h)	Daya (HP)	
		Tanpa HCS	HCS
5781	120	70.1	73
5817	122	70.1	72.9
5850	124	70	72.7
5877	126	70.1	72.4
5902	128	70.3	71.7
5942	130	70.2	72.5
5971	132	69.9	72.1
5996	134	69.8	71.7
6032	136	69.3	71.2

Tabel 4, 5 dan 6 menunjukkan perbedaan daya yang dihasilkan pada mesin yang menggunakan HCS dan yang tidak menggunakan HCS di semua rentang putaran mesin. Rata-rata perubahan yang dihasilkan yaitu sebesar 6,6%. Adapun secara grafik dapat dilihat pada gambar 13.

**Gambar 13.** Grafik Hubungan Katalis NiFe_2O_4 dengan Daya

Berdasarkan grafik pada gambar 13, dapat diketahui bahwa terdapat perubahan daya pada putaran mesin rendah, menengah hingga tinggi. Perubahan daya yang paling besar terjadi pada putaran mesin 5781rpm atau pada kecepatan 120km/h dengan perubahan sebesar 4,14%, sedangkan perubahan daya yang paling kecil terjadi pada putaran mesin 4391rpm atau pada kecepatan 50km/h dengan perubahan sebesar 0,35%. Data yang dihasilkan menunjukkan bahwa alat HCS dengan katalis NiFe_2O_4 mampu mengubah daya kinerja mesin lebih besar dibandingkan dengan daya kinerja mesin yang tidak menggunakan pipa HCS.

2. Pengaruh HCS terhadap torsi

Katalis NiFe_2O_4 yang telah dipasang pada alat HCS memberikan pengaruh terhadap pengukuran torsi. Pengukuran dilakukan dimulai dari putaran mesin 4220rpm hingga 6032rpm atau kecepatan pada rentang 38km/h hingga 136km/h. Berikut adalah tabel hasil pengaruh pipa katalis HCS terhadap torsi.

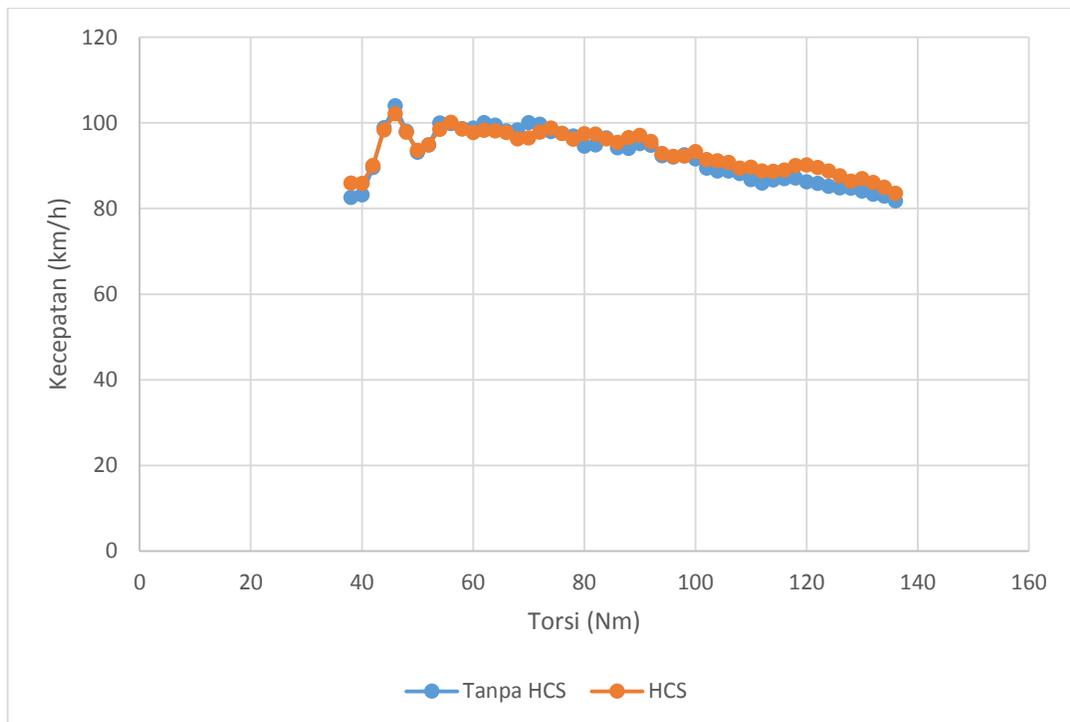
Tabel 7. Uji *Dynotest* HCS terhadap Torsi

Putaran Mesin (rpm)	Kecepatan (km/h)	Torsi (Nm)	
		Tanpa HCS	HCS
4220	38	82.6	86
4355	40	83.2	85.9
4378	42	89.6	90.1
4318	44	98.9	98.4
4244	46	104	102.2
4297	48	98.1	97.9
4391	50	93.2	93.6
4449	52	94.9	94.9
4422	54	100	98.5
4446	56	99.9	100.2
4476	58	98.7	98.6
4508	60	98.8	97.8
4511	62	100.1	98.3
4534	64	99.5	98.2
4576	66	98.2	97.8

Tabel 8. Uji *Dynotest* HCS terhadap Torsi (lanjutan)

Putaran Mesin (rpm)	Kecepatan (km/h)	Torsi (Nm)	
		Tanpa HCS	HCS
4593	68	98.4	96.3
4618	70	100.1	96.5
4653	72	99.7	97.9
4714	74	98	98.8
4762	76	97.6	97.6
4812	78	97	96.2
4899	80	94.6	97.5
4941	82	94.9	97.4
4973	84	96.5	96.3
5038	86	94.2	95.5
5082	88	94.1	96.6
5121	90	95.2	97.1
5159	92	94.8	95.7
5204	94	92.4	92.9
5244	96	92.1	92.2
5271	98	92.6	92.3
5315	100	91.6	93.3
5362	102	89.5	91.5
5414	104	88.8	91.2
5582	110	86.8	89.7
5633	112	86	88.8
5675	114	86.7	88.7
5708	116	87	89
5744	118	87.2	90.1
5781	120	86.3	90.2
5817	122	85.9	89.6
5850	124	85.2	88.8
5877	126	84.9	87.7
5902	128	84.8	86.4
5942	130	84.1	87
5971	132	83.4	86.1
5996	134	82.9	85

Tabel 7 dan 8 menunjukkan perbedaan torsi yang dihasilkan pada kendaraan yang menggunakan pipa HCS dan yang tidak menggunakan pipa HCS di semua rentang putaran mesin. Rata-rata perubahan yang dihasilkan yaitu sebesar 10,4%. Adapun secara grafik dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Grafik Hubungan Katalis NiFe_2O_4 terhadap Torsi.

Berdasarkan gambar grafik 14, dapat diketahui bahwa terdapat perubahan nilai torsi antara putaran mesin rendah, menengah hingga tinggi. Perubahan nilai torsi yang paling besar terjadi pada putaran mesin 5781rpm atau pada kecepatan 120km/h dengan perubahan sebesar 4,52%, sedangkan perubahan torsi yang paling kecil terjadi pada putaran mesin 5244rpm atau pada kecepatan 96km/h dengan perubahan sebesar 0,01%. Data yang dihasilkan menunjukkan bahwa penambahan katalis NiFe_2O_4 pada pipa HCS mampu mengubah nilai torsi mesin lebih besar dibandingkan dengan tidak menambahkan pipa HCS.

3. Pengaruh HCS terhadap emisi

Uji emisi dilakukan saat kendaraan menggunakan HCS dan tidak menggunakan HCS. Uji emisi dilakukan dengan dengan kecepatan mesin 0rpm. Hasil uji emisi dari kendaraan yang menggunakan pipa HCS dan yang tidak menggunakan pipa HCS disajikan pada tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Emisi.

Emisi	Kadar Emisi	
	Tanpa HCS	HCS
CO (%)	0,00	0,00
CO ₂ (%)	12,5	12,1
HC (ppm)	0,09	0,00
O ₂ (%)	1,00	1,02
NO _x	0,00	0,00

Kadar emisi karbon monoksida (CO) dari kendaraan yang menggunakan pipa HCS dengan yang tidak menggunakan pipa HCS mempunyai kadar yang sama yaitu 0%. Hal ini terjadi dimungkinkan karena kinerja mesin kendaraan yang digunakan masih bagus sehingga sebelum dan sesudah menggunakan pipa HCS tidak terjadi perubahan. Selain itu, kadar karbon dioksida (CO₂) dan hidrokarbon (HC) yang dihasilkan pada mesin yang menggunakan pipa HCS dan dengan yang tidak menggunakan pipa HCS mengalami penurunan masing-masing sebesar 0,4% dan 0,09%. Kadar oksigen (O₂) yang dihasilkan dari kendaraan yang menggunakan pipa HCS mengalami kenaikan sebesar 0,02% dan tidak ada kadar emisi NO_x yang dihasilkan. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa pipa HCS yang berisi katalis NiFe₂O₄ mempunyai kemampuan untuk mengurangi emisi CO, CO₂ dan HC bahkan dapat meningkatkan kadar O₂.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Sintesis Nikel Ferrite (NiFe_2O_4) dengan metode kopresipitasi telah dilakukan. NiFe_2O_4 dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX. NiFe_2O_4 yang disintesis berbentuk spinel dapat ditunjukkan pada hasil spektrum FTIR yang ditunjukkan dengan adanya puncak serapan pada bilangan gelombang 590 dan 400cm^{-1} yang merupakan puncak serapan dari atom-atom yang berada pada site tetrahedral dan oktahedral. Hasil karakterisasi menggunakan SEM-EDX menunjukkan adanya besi (Fe) sebagai unsur penyusun terbesar sebanyak 47,6%, nikel (Ni) sebanyak 23,57% dan oksigen (O) sebanyak 28,79%.

Nikel ferrit (NiFe_2O_4) yang diperoleh diaplikasikan pada alat *Hydrocarbon Crack System* (HCS) yang dipasang pada mesin kendaraan dan diuji terhadap daya, torsi dan emisi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kendaraan yang menggunakan HCS mengalami perubahan daya sebesar 6,6%, torsi sebesar 10,4%, menurunkan kadar emisi CO_2 sebesar 0,4%, HC sebesar 0,09% dan menaikkan kadar O_2 sebesar 0,02%.

B. SARAN

Penyempurnaan hasil penelitian mengenai sintesis NiFe_2O_4 dan uji aktifitas katalitiknya, dilakukan penelitian lebih lanjut yang mengkaji perbandingan komposisi Ni dan Fe untuk mengetahui pengaruhnya pada daya, torsi dan emisi gas buang kendaraan.

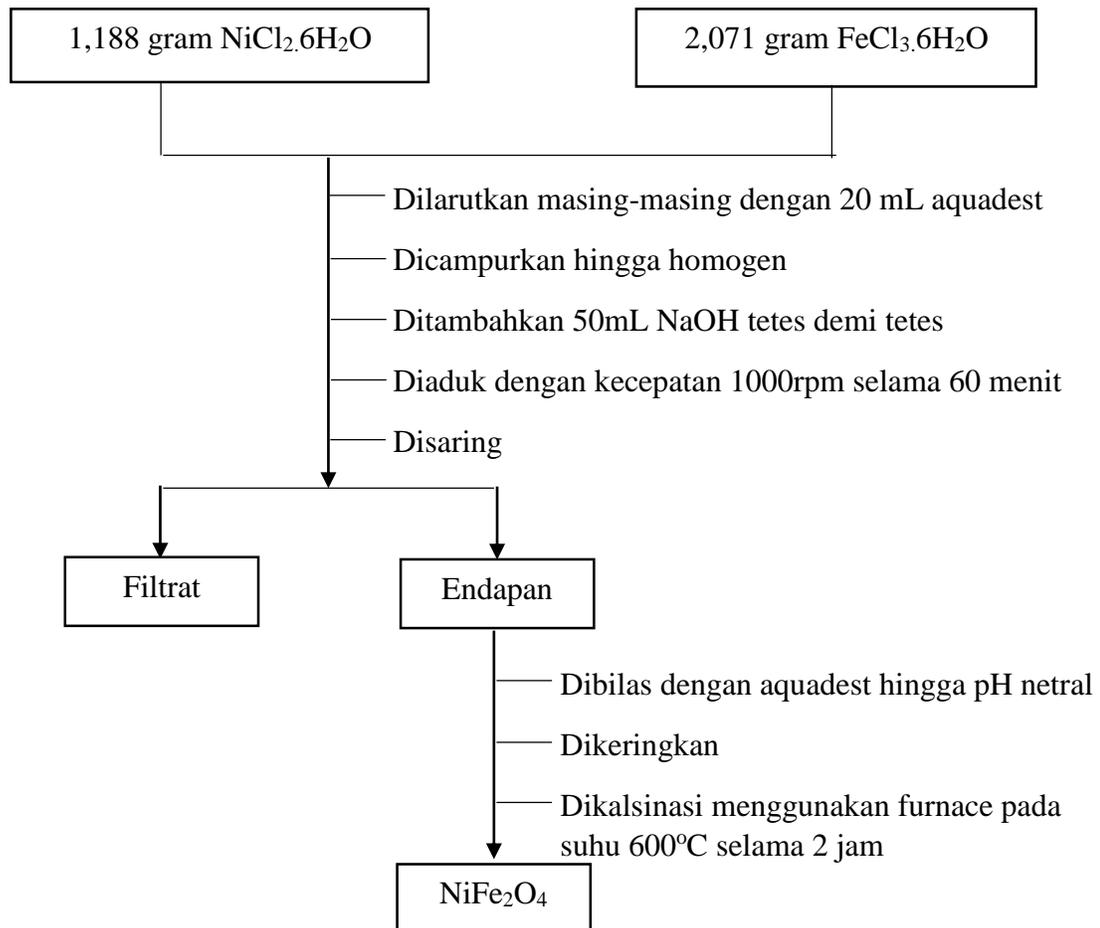
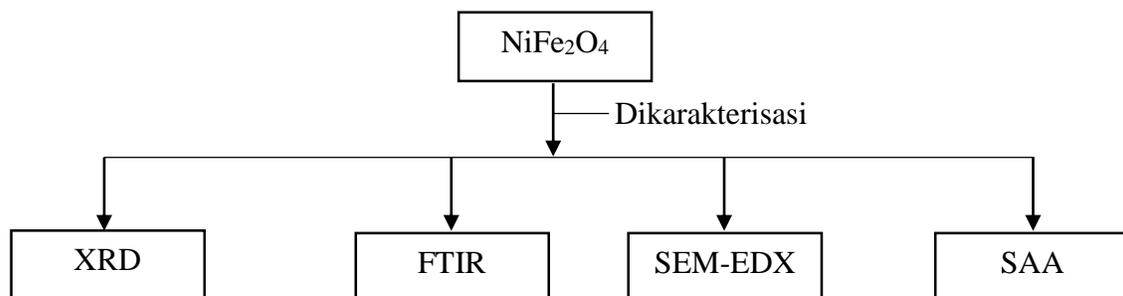
DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, F. 2014. Pengembangan Prototipe Alat Penghemat Bahan Bakar Sepeda Motor dengan Tambahan Uap Pertamina Menggunakan Metode *Hydrocarbon Crack System*. *Gardan*. 4(2): 117-131.
- Adamson, A.W. 1990. *Physical Chemistry of Surface*, 5th ed. New York: John Wiley & Sons.
- Almaida, J.M.A., Meneses, C.T., De Menezes, A.S., Jardim, R.F., Sasaki, J.M. 2008. Synthesis and Characterization of NiMn₂O₄ Nanoparticle using Gelatin as Organic Precursor. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 320: 304-307.
- Berry, S., Rice, A., John, R. 1980. *Physical Chemistry*. USA: John Wiley & Sons.
- Campbell, I.M. 1988. *Catalyst at Surface*. New York USA: Chapman and Hall.
- Chorkendroff, I., Niemantsverdriet, J.W. 2003. *Concept of Modern Catalyst and Kinetics*. New York: Wiley-VCH GmbH&Co.
- Echlin, P. 2009. *Handbook of Sample Preparation for Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*. Springer.
- Hajalilou, A., Hashim, M., Ebrahimi, R., Kahvzangi, Kamari, H.M., Sarami, N. 2014. Synthesis and Structural Characterization of Nano-sized Nickel Ferrite obtain by Chemical Process. *Ceramics International*. 40: 5881-5887.
- Iftimie, N., Rezescu, E., Popa, P.D., Rezlescu, N. 2006. Gas Sensitivity of Nanocrystalline Nickel Ferrite. *Journal of Optoelectronics and Advance*. 8: 1016-1018.
- Jannah, K.M. 2015. *Pertalite Versus Premium*. www.okezone.com. Diakses tanggal 12 Agustus 2017 pukul 14.35.
- Kasapoglu, N., Baykal, A., Toprak, M.S., Koseoglu, Y., Bayrakdar, H. 2007. Synthesis and Characterization of NiFe₂O₄ Nano-octahedrons by EDTA Assisted Hydrothermal Method. *Turk. J. Chem*. 31:659-666.
- Krisna, W.N., Wijaya, K., Bandem, W.A. 2016. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Pertalite Terhadap Akselerasi dan Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Bertransmisi Otomatis. *METTEK*. 2(1): 59-67.

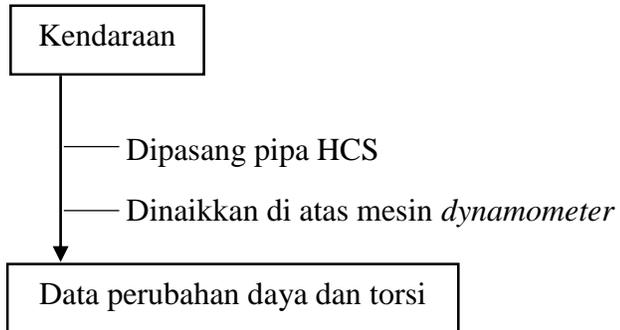
- Li, Z. 2005. *Novel Solis Base Catalyst for Michael Addition: Synthesis, Characterization and Application*. Berlin: Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultat I Humboldt-Universitat.
- Lu, Y., Lin, Y., Wang, D., Wang, L., Xie, T., Jiang, Y. 2011. A High Performance Cobalt-doped ZnO Visible Light Photocatalyst and its Photogenerated Charge Transfer Properties. *Nano Res.* 4(11): 1144-11152.
- Maensiri, S., Masingboon, C., Bonochoom, B., Seraphin, S. 2007. A Simple Route to Synthesis Nickel Ferrite (NiFe₂O₄) Nanoparticles using Egg White. *Scripta Material.* 56: 797-800.
- Manimekalai, R., Sinduja, C.R., Thirivikraman, K. 2012. Synthesis and Characterization of Nickel Ferrite Nanoparticles from 2,4-Dichlorophenoxy Acetate Hydrazinate Precursors. *International Journal of NanoScience and Nanotechnology.* 3(2): 105-110.
- Manova, E., Tsoncheva, T., Estoune, C.I., Paneva, D., Tenchev, K., Mitov, I., Petrov, L. 2005. Nanosized Ion and Iron-Cobalt Spinel Oxides as Catalyst for Methanol Decomposition. *J. apcata* 11(5): 1-6.
- Muflihatun, Siti, S., Edi, S. 2015. Sintesis Nanopartikel Nickel Ferrite (NiFe₂O₄) dengan Metode Kopersipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Jurnal Fisika Indonesia.* 110 (55): 20-25.
- Mulja, M., Suharman. 1995. *Analisis Instrumen*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Naratama, E. 2011. *Pengaruh Pengaplikasian Generator Brown Gas Sederhana (Elektrolizer) terhadap Prestasi Motor Diesel 4-Langkah dengan Variasi Arus dan Tegangan*. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Pavia, L.D., Lampman, M.G., Kriz, S.G., Vyvyan, R.J. 2009. Introduction to Spectroscopy Fourth Edition. Washington: *Department of Chemistry Western Washington University*.
- PT. Pertamina (PERSERO). 2015. *Data Fisik dan Kimiawi (Physical and Chemical Properties)*. Jakarta: Pertamina.
- Rosita, T.D., Yuni, R., Rusliana, F., Ameliya, Takeshi, K., Satoshi, I., Edi, S. 2014. Sintesis Nanopartikel Manganese Ferrite (MnFe₂O₄) dengan Metode Kopersipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Jurnal Fisika Indonesia.* 18: 1410-1414.

- Seleznev, A.S., Petrov, L.A., Chupakhin, O.N., Kononenko, V.I., Chupova, I.A., Ryabina, A.V. 2009. Physicochemical Studies of System and Processes Cobalt containing Catalyst System Alloyed with Rare-Earth Metals as Catalysts for Synthesis of Hydrocarbon from CO and H₂. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 82(5): 820-825.
- Schwaitzer, J. 2010. *Scanning Electron Microscope*. www.purdue.edu/REM/rs. Diakses tanggal 3 Juli 2017 pukul 21.30.
- Singh, S., Raihan, N.K., Kotnala, R.K., Verma, K.C. 2012. Nanosize Dependent Electrical and Magnetic Properties of NiFe₂O₄ Ferrite. *Indian Journal of Pure and Applied Physics*. 50: 739-743.
- Sivakumar, P.R., Ramesh, A., Ramanand, S., Ponnusamy, C., Muthamizhchelvan. 2013. Synthesis and Characterization of NiFe₂O₄ Nanoparticles and Nanorod. *Journal of Alloys and Compound*. 563: 6-11.
- Sukarmin. 2004. *Materi dan Perubahannya*. Jakarta: Departemen Pendidikan Naional.
- Susanto, B.H., Nasikin, M. 2010. *Katalis Heterogen Edisi Pertama*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Wardono, H. 2004. *Modul Pembelajaran Motor Bakar 4-Langkah*. Jurusan Teknik Mesin. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Yelenich, O.V., Solopan, S.O., Kolodiazhyi, T.V., Dzyublyuk, V.V., Tovstolytkin, A.I., Belous, A.G. 2013. Superparamagnetic behavior and AC-Loses in NiFe₂O₄ Nanoperticles. *Solid State Science*. 20: 115-119.
- Yi, J., Wang, J., Zhu, Q., Li, X., Chen Y. 2014. Catalytic Cracking of RP-3 Jet Fuel over Pt/CeO₂.Al₂O₃ by Adding Cu/ZSM-5. *Energy & Fuels*. 28(8): 5382-5388

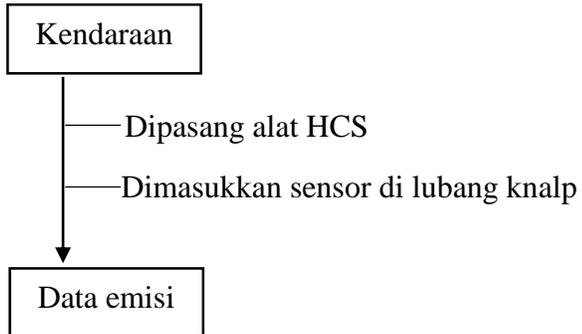
LAMPIRAN

Lampiran 1. Bagan kerja**1. Sintesis NiFe₂O₄****2. Karakterisasi NiFe₂O₄**

3. Uji *Dynotest*



4. Uji Emisi



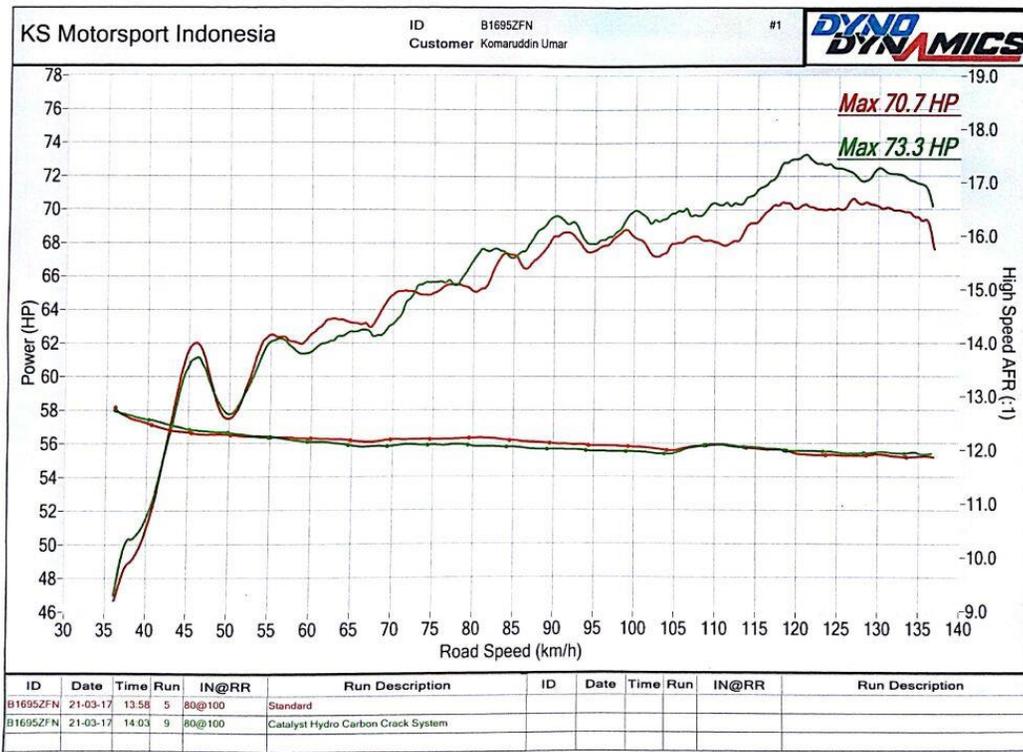
Lampiran 2. Data hasil uji Dynotest

			
B1695ZFN	2014	Honda	Mobilio E-CVT
Graph	B1695ZFN.0005	Run Date / Time	21-03-17 / 13:58
Ramp Rate	100	Mode	normal

Dynamometer Correction Information			
Atmospheric Correction	NONE	Reference Conditions	n/a
Weather Station	OFF	Weather Correction	32.4 C 66.6% RH 1008.34 millibar
Inlet Air Temp.	[34.2] C	Correction Factor	1.000
Transmission	FWD	Drivetrain Inertia	176 lb
Tacho Type	OBDII		
Fuel Type	Petrol		

Tacho rpm	Speed km/h	Power HP	TqW Nm	TE lb	HS AFR :1	HS AFR2 :1	Vac/Boost kPa/kPa	Comments
4220	38	48.9	82.6	777	12.6	10.1	-0	
4355	40	50.9	83.2	768	12.5	10.1	-0	
4378	42	55.1	89.6	792	12.4	10.1	-0	
4318	44	60.0	98.9	823	12.3	10.1	-0	
4244	46	62.0	104.0	814	12.3	10.1	-0	
4297	48	59.2	98.1	744	12.3	10.1	-0	
4391	50	57.5	93.2	694	12.3	10.1	-0	
4449	52	59.3	94.9	688	12.3	10.1	-0	
4422	54	62.1	100.0	694	12.3	10.1	-0	
4446	56	62.4	99.9	672	12.2	10.1	-0	
4476	58	62.1	98.7	646	12.2	10.1	-0	
4508	60	62.6	98.8	629	12.2	10.1	-0	
4511	62	63.4	100.1	617	12.2	10.1	-0	
4534	64	63.4	99.5	598	12.2	10.1	-0	
4576	66	63.1	98.2	577	12.2	10.1	-0	
4593	68	63.5	98.4	563	12.2	10.1	-0	
4618	70	64.9	100.1	560	12.2	10.1	-0	
4653	72	65.1	99.7	546	12.2	10.1	-0	
4714	74	64.9	98.0	529	12.2	10.1	-0	
4762	76	65.3	97.6	518	12.2	10.1	-0	
4812	78	65.5	97.0	507	12.2	10.1	0	
4899	80	65.1	94.6	491	12.2	10.1	-0	
4941	82	65.9	94.9	485	12.2	10.1	0	
4973	84	67.4	96.5	484	12.2	10.1	0	
5038	86	66.6	94.2	468	12.2	10.1	-0	
5082	88	67.2	94.1	461	12.1	10.1	-0	
5121	90	68.4	95.2	459	12.1	10.1	-0	
5159	92	68.6	94.8	450	12.1	10.1	-0	
5204	94	67.5	92.4	434	12.1	10.1	-0	
5244	96	67.8	92.1	427	12.1	10.1	-0	
5271	98	68.5	92.6	422	12.1	10.1	-0	

Tacho rpm	Speed km/h	Power HP	TqW Nm	TE lb	HS AFR :1	HS AFR2 :1	Vac/Boost kPa/kPa	Comments
5313	100	68.4	91.6	413	12.1	10.1	-0	
5362	102	67.4	89.5	399	12.0	10.1	-0	
5414	104	67.5	88.8	392	12.0	10.1	-0	
5458	106	68.1	88.8	388	12.0	10.1	-0	
5514	108	68.3	88.2	382	12.1	10.1	-0	
5582	110	68.1	86.8	373	12.1	10.1	-0	
5633	112	68.1	86.0	367	12.1	10.1	-0	
5675	114	69.1	86.7	366	12.0	10.1	-0	
5708	116	69.7	87.0	363	12.0	10.1	-0	
5744	118	70.4	87.2	360	12.0	10.1	-0	
5781	120	70.1	86.3	352	11.9	10.1	-0	
5817	122	70.1	85.9	347	11.9	10.1	-0	
5850	124	70.0	85.2	341	11.9	10.1	-0	
5877	126	70.1	84.9	336	11.9	10.1	-0	
5902	128	70.3	84.8	332	11.9	10.1	-0	
5942	130	70.2	84.1	326	11.9	10.1	-0	
5971	132	69.9	83.4	320	11.9	10.1	-0	
5996	134	69.8	82.9	314	11.9	10.1	-0	
6032	136	69.3	81.8	308	11.9	10.1	-0	

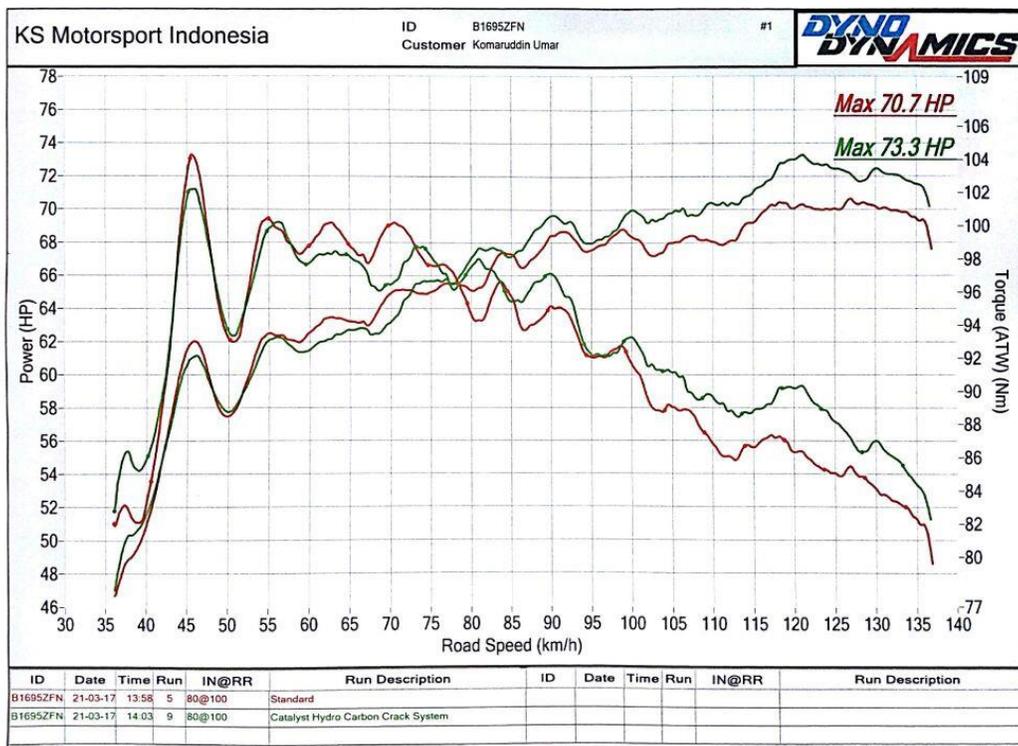


			
Customer	Komaruddin Umar	Catalyst Hydro Carbon Crack System	
B1695ZFN	2014	Honda	Mobilio E-CVT
Graph	B1695ZFN.0009	Run Date / Time	21-03-17 / 14:03
Ramp Rate	100	Mode	normal

Dynamometer Correction Information			
Atmospheric Correction	NONE	Reference Conditions	n/a
Weather Station	OFF	Weather Correction	32.4 C 66.6% RH 1008.34 millibar
Inlet Air Temp.	[36.2] C	Correction Factor	1.000
Transmission	FWD	Drivetrain Inertia	176 lb
Tacho Type	OBDII		
Fuel Type	Petrol		

Tacho rpm	Speed km/h	Power HP	TqW Nm	TE lb	HS AFR :1	HS AFR2 :1	Vac/Boost kPa/kPa	Comments
4166	38	50.3	86.0	799	12.6	10.1	-0	
4274	40	51.6	85.9	778	12.6	10.1	-0	
4348	42	55.0	90.1	791	12.5	10.1	-0	
4294	44	59.3	98.4	814	12.4	10.1	0	
4261	46	61.2	102.2	802	12.4	10.1	0	
4300	48	59.1	97.9	743	12.3	10.1	0	
4392	50	57.7	93.6	697	12.3	10.1	0	
4433	52	59.1	94.9	686	12.3	10.1	0	
4434	54	61.4	98.5	686	12.2	10.1	0	
4425	56	62.3	100.2	671	12.2	10.1	0	
4448	58	61.6	98.6	641	12.2	10.1	0	
4480	60	61.5	97.8	619	12.2	10.1	0	
4496	62	62.1	98.3	604	12.1	10.1	0	
4529	64	62.5	98.2	589	12.1	10.1	0	
4570	66	62.8	97.8	574	12.1	10.1	0	
4618	68	62.5	96.3	554	12.1	10.1	0	
4662	70	63.2	96.5	545	12.1	10.1	0	
4702	72	64.6	97.9	542	12.1	10.1	0	
4734	74	65.7	98.8	535	12.1	10.1	0	
4796	76	65.7	97.6	522	12.1	10.1	0	
4853	78	65.5	96.2	507	12.1	10.1	0	
4894	80	67.0	97.5	506	12.1	10.1	0	
4938	82	67.6	97.4	497	12.1	10.1	-0	
4985	84	67.4	96.3	484	12.1	10.1	-0	
5035	86	67.5	95.5	474	12.0	10.1	-0	
5069	88	68.8	96.6	472	12.0	10.1	-0	
5105	90	69.6	97.1	467	12.0	10.1	0	
5149	92	69.2	95.7	454	12.0	10.1	0	
5217	94	68.1	92.9	437	12.0	10.1	0	
5268	96	68.2	92.2	429	12.0	10.1	0	
5303	98	68.8	92.3	423	12.0	10.1	-0	

Tacho rpm	Speed km/h	Power HP	TqW Nm	TE lb	HS AFR :1	HS AFR2 :1	Vac/Boost kPa/kPa	Comments
5313	100	68.4	91.6	413	12.1	10.1	-0	
5362	102	67.4	89.5	399	12.0	10.1	-0	
5414	104	67.5	88.8	392	12.0	10.1	-0	
5458	106	68.1	88.8	388	12.0	10.1	-0	
5514	108	68.3	88.2	382	12.1	10.1	-0	
5582	110	68.1	86.8	373	12.1	10.1	-0	
5633	112	68.1	86.0	367	12.1	10.1	-0	
5675	114	69.1	86.7	366	12.0	10.1	-0	
5708	116	69.7	87.0	363	12.0	10.1	-0	
5744	118	70.4	87.2	360	12.0	10.1	-0	
5781	120	70.1	86.3	352	11.9	10.1	-0	
5817	122	70.1	85.9	347	11.9	10.1	-0	
5850	124	70.0	85.2	341	11.9	10.1	-0	
5877	126	70.1	84.9	336	11.9	10.1	-0	
5902	128	70.3	84.8	332	11.9	10.1	-0	
5942	130	70.2	84.1	326	11.9	10.1	-0	
5971	132	69.9	83.4	320	11.9	10.1	-0	
5996	134	69.8	82.9	314	11.9	10.1	-0	
6032	136	69.3	81.8	308	11.9	10.1	-0	



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



ADIT KRISTIANINGRUM dilahirkan pada tanggal 12 Desember 1995 di Kota Bekasi, Jawa Barat. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Sarjiyo dan Ibu Atikah. Pendidikan Formal yang pernah ditempuh penulis adalah, SD Negeri Jatimakmur I (2001-2006), SD Negeri 16 Jakarta (2006-2007), SMP Negeri 157 Jakarta (2007-2010) dan SMA Negeri 113 Jakarta (2010-2013). Penulis melanjutkan Pendidikan Program Studi S1 Jurusan Kimia di Universitas Negeri Jakarta. Selama mengikuti proses perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan seperti menjadi panitia dalam program Kunjunga Industri TEMU KIMIA, menjadi sekretaris dalam program CHEMISTRY CUP dan panitia Kuliah Kerja Lapangan di Malang. Penulis pernah melakukan kunjungan ke beberapa industri, seperti PT. Krakatau Steel, PT. Indonesia Power, PT. Nippon Indosari Corpindo, BATAN, PT. Coca-Cola Amatil Indonesia, PT. Bio Farma dan PT. Semen Indonesia. Penulis juga pernah melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Cikumpay, Kecamatan Campaka, Purwakarta. Selain itu penulis pernah menjadi Asisten Dosen Praktikum Kimia Umum, Praktikum Termodinamika dan Praktikum Sintesis dan Reaksi Senyawa Anorganik. Pengalaman penulis selain itu adalah menjadi guru bimbil dan guru privat SD, IPA SMP dan Kimia SMA selama penulis menyelesaikan studi di Universitas Negeri Jakarta. Adapun prestasi yang pernah diraih oleh penulis adalah mendapat peringkat 10 besar PKM Universitas Negeri Jakarta pada tahun 2015.