

**UJI PERFORMA *CATALYTIC CONVERTER* KERAMIK BERPORI  
PADUAN *CLAY* BANJARNEGARA DAN Cu UNTUK MEREDUKSI  
GAS CARBON MONOKSIDA**



**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar  
Sarjana S-1 pada jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Semarang

**Disusun oleh :**  
**Tegar Yusuf Kamilan**  
**(C2A113002)**

**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG**

**2016**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

Skripsi dengan Judul

**UJI PERFORMA *CATALYTIC CONVERTER* KERAMIK BERPORI  
PADUAN *CLAY* BANJARNEGARA DAN Cu UNTUK MEREDUKSI GAS  
CARBON MONOKSIDA**

Tegar Yusuf Kamilan

C2A113002

Telah disetujui oleh Tim Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Muh Amin, ST.MT

NIDN : 616077501

Muhammad Subri, ST.MT

NIDN : 624057101

Mengetahui

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Semarang

Rubijanto JP.,ST.MT

NIDN : 601067001

## **HALAMAN PERNYATAAN**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Tegar Yusuf Kamilan

NIM : C2A113002

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini tidak merupakan jiplakan dan juga bukan merupakan karya dari orang lain.

Semarang, September 2016

Yang bertandatangan

Tegar Yusuf Kamilan

**UJI PERFORMA *CATALYTIC CONVERTER* KERAMIK BERPORI  
PADUAN CLAY BANJARNEGARA DAN Cu UNTUK MEREDUKSI  
GAS CARBON MONOKSIDA**

Tegar Yusuf Kamilan

C2A113002

Abstrak

Kesadaran masyarakat akan udara akibat gas buang carbon monoksida dari kendaraan bermotor di kota-kota besar semakin tinggi yang ada di Indonesia sekarang ini mencapai kurang lebih 70 % pencemaran udara yang di sebabkan oleh emisi gas buang kendaraan bermotor yang mengeluarkan zat-zat berbahaya seperti gas carbon monoksida yang dapat menimbulkan dampak negatif, baik terhadap kesehatan manusia maupun terhadap lingkungan. Dengan demikian telah dilakukan penelitian sebagai alternatif untuk dapat mengkonfersi emisi gas buang carbon monoksida dengan pemasangan filter keramik berpori sebagai *catalytic converter*. Dari hasil penelitian ini mendapatkan penurunan gas CO sebesar 93,07% pada knalpot bagian depan, 91,57% pada knalpot bagian tengah, dan 93,56% pada bagian belakang dengan penambahan adatif masing-masing bagian sebanyak 10% PVA.

Kata kunci : *Catalytic Converter*, Keramik Berpori, *Clay* Banjarnegara

**PERFORMANCE TEST OF CATALYTIC CONVERTER POROUS  
CERAMIC BANJARNEGARA CLAY AND Cu TO GAS REDUCTION OF  
CARBON MONOXIDE**

**Tegar Yusuf Kamilan**

**C2A113002**

Abstract

Public awareness about the air caused by flue gas of carbon monoxide by motor vehicle in capital city in Indonesia are increasing reach 70% more or less air pollution which is caused by motor vehicle exhaust emission which is produced dangerous substances as carbon monoxide gas which could inflicted negative impact, to human health nor environment. Therefore did a research as alternative to converting exhaust emission of carbon monoxide gas with applied porous ceramic filter as catalytic converter. Result of the research showed gas decreasing CO amount 93,07% on exhaust front side, 91,57% on exhaust central side, and 93,56% on exhaust back side with additional adatif in each side amount 10% PVA.

**Keywords : Catalytic Converter, Porous Ceramic, Banjarnegara Clay.**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah. Segala puji syukur atas selesainya penyusun lagi panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang selalu melimpahkan rahmad dan hidayah-Nya, berkat kemudahan penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Uji Performa *Catalytic Converter* Keramik Berpori Paduan *Clay Banjarnegara* Dan Cu Untuk Mereduksi Gas Carbon Monoksida”** sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang.

Harapan penulis Tugas Akhir ini dapat berguna dan membantu rekan-rekan mahasiswa yang membutuhkan serta dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Semarang, September 2016

Penulis

## UCAPAN TERIMAKASIH

Selama pelaksanaan Tugas Akhir ini penulis telah banyak mendapat bantuan dan dukungan yang sangat berarti dari berbagai pihak untuk itu penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih khususnya kepada :

- Keluarga terutama kepada Ibu, Ayah, Adik, dan Putri.C.N yang selalu memberikan motivasi dan semangat untuk menjalankan Tugas Akhir.
- Bapak Dr RM Bagus Irawan, S.T, M.T, M. M, selaku dekan Teknik UNIMUS.
- Bapak Rubijanto Juni Pribadi, S.T, M.T. selaku ketua program studi Teknik Mesin UNIMUS
- Bapak Muh Amin, S.T, M.T. selaku pembimbing I Tugas Akhir.
- Bapak Muhammad Subri, S.T, M.T. selaku pembimbing II Tugas Akhir.
- Seluruh dosen dan staf karyawan Universitas Muhammadiyah Semarang khususnya Fakultas Teknik Mesin.
- Teman - teman Fakultas Teknik Mesin angkatan Tahun 2012 yang telah menjadi teman baik dalam suka duka selama kuliah di UNIMUS.
- Saudara Farid, Supriyanto, Alfi, dan Fajar selaku teman Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian Tugas Akhir dan penyusunan laporan masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penyusunan laporan selanjutnya. Semoga ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Semarang, September 2016

Tegar Yusuf Kamilan

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PERNYATAAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR .....	vi
UCAPAN TERIMAKASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR SIMBOL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masah.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Pembatasan Masalah .....	4
1.6 Metode Pengumpulan data.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Prinsip Dasar Keramik .....	6
2.2 Material Keramik .....	7
2.2.1 Lempung ( <i>Clay</i> ) .....	7
2.2.2 Tembaga (Cu).....	8
2.2.3 <i>Polyvinyl alcohol</i> (PVA).....	9
2.2.4 <i>Titanium Dioxida</i> (TiO <sub>2</sub> ).....	10
2.3 Proses Pembuatan Keramik .....	11
2.4 Pembentukan Keramik .....	12
2.5 Karakteristik Dan Pengujian Mekanis.....	12



2.5.1 <i>Energy Dispersion X-Ray Spectroscopy</i> (EDS/EDX).....	12
2.5.2 Uji Struktur Mikro .....	13
2.5.3 Uji <i>Scanning Electron Microscope</i> .....	14
2.5.4 Uji Emisi Gas Buang.....	16
2.6 Mekanisme Reaksi <i>Catalytic Converter</i> .....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Bagan Alur Penelitian .....	18
3.2 Bahan Penelitian.....	19
3.3 Alat-Alat Yang Digunakan .....	20
3.4 Prosedur Penelitian.....	27
3.5 Variable Penelitian .....	28
3.6 Karakterisasi.....	29
3.6.1 Uji Komposisi (SEM-EDS) .....	29
3.6.2 Pengamatan Struktur Mikro .....	29
3.6.3 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	31
3.6.4 Uji <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	32
3.6.5 Uji Emisi.....	32
3.7 Teknik Analisis Data .....	33
BAB IV HASIL UJI DAN PEMBAHASAN .....	34
4.1 Uji EDS Bahan Dasar Keramik Berpori .....	34
4.2 Hasil Pembuatan Filter Keramik Berpori.....	35
4.3 Hasil Uji Struktur Mikro .....	35
4.4 Uji <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	38
4.5 Uji <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	41
4.5.1 Hasil Uji XRD 0% PVA .....	41
4.5.2 Hasil Uji XRD 5% PVA.....	42
4.5.3 Hasil Uji XRD 10% PVA .....	43
4.5.4 Hasil Uji XRD 15% PVA .....	44
4.5.6 Hasil Uji XRD 20% PVA .....	44
4.6 Hasil Gas Emisi.....	45

4.6.1 Hasil Uji Gas Emisi Depan .....	45
4.6.2 Hasil Uji Gas Emisi Tengah.....	46
4.6.3 Hasil Uji Gas Emisi Belakang.....	47
4.7 Perbandingan Konsentrasi Masing-masing Penempatan .....	48
4.8. Pembahasan Hasil Uji Gas Emisi.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Kesimpulan .....	51
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA .....	54
LAMPIRAN.....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi Keramik Berpori .....	29
Tabel 4.1 Kandungan Unsur Kimia Bahan Dasar Keramik Berpori.....	34

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Langmuir-Hinshelwood.....	17
Gambar 2.2 Mekanisme Eley-Rideal .....	17
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	18
Gambar 3.2 Penggiling/Penggerus.....	20
Gambar 3.3 <i>Mesh</i> 60, 80, 100 .....	21
Gambar 3.4 Gelas Ukur.....	21
Gambar 3.5 <i>Mixing</i> .....	22
Gambar 3.6 Cetakan.....	23
Gambar 3.7 Alat <i>Press</i> .....	23
Gambar 3.8 <i>Furnace</i> .....	24
Gambar 3.9 <i>Neraca</i> .....	24
Gambar 3.10 Jangka Sorong .....	25
Gambar 3.11 <i>Engine</i> .....	25
Gambar 3.12 Gas <i>Analyzer STARGAS 898</i> .....	26
Gambar 3.13 <i>Tacometer</i> .....	27
Gambar 3.14 <i>Mikroskop</i> .....	30
Gambar 3.15 Alat <i>Coating</i> .....	31
Gambar 4.1 F ilter Keramik Berpori .....	35
Gambar 4.2 Foto Mikro PVA 0% .....	36
Gambar 4.3 Foto Mikro PVA 5% .....	36
Gambar 4.4 Foto Mikro PVA 10% .....	37
Gambar 4.5 Foto Mikro PVA 15% .....	37
Gambar 4.6 Foto Mikro PVA 20% .....	38
Gambar 4.7 Foto SEM Tambahan Bahan Aditif PVA 0% .....	39
Gambar 4.8 Foto SEM Tambahan Bahan Aditif PVA 5% .....	39
Gambar 4.9 Foto SEM Tambahan Bahan Aditif PVA 10% .....	40
Gambar 4.10 Foto SEM Tambahan Bahan Aditif PVA 15% .....	40
Gambar 4.11 Foto SEM Tambahan Bahan Aditif PVA 20% .....	41
Gambar 4.12 Hasil Uji XRD 0% PVA.....	42
Gambar 4.13 Hasil Uji XRD 5% PVA.....	43

Gambar 4.14 Hasil Uji XRD 10% PVA.....	43
Gambar 4.15 Hasil Uji XRD 15% PVA.....	44
Gambar 4.16 Hasil Uji XRD 20% PVA.....	45
Gambar 4.17 Hasil Uji Gas CO Depan .....	46
Gambar 4.18 Hasil Uji Gas CO Tengah .....	47
Gambar 4.19 Hasil Uji Gas CO Belakang .....	48
Gambar 4.20 Hasil Uji Gas CO Maing-masing Penempatan Terbaik .....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Pembuatan Keramik Berpori .....	57
Lampiran 2 Hasil Foto Mikro .....	59
Lampiran 3 Hasil Uji SEM .....	60
Lampiran 4 Hasil Uji XRD .....	61
Lampiran 5 Hasil Uji Emisi .....	85
Lampiran 6 Jurnal .....	88

## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

%	: Persen	O <sub>2</sub>	: Dioksida
mm <sup>3</sup>	: Mili meter kubik	±	: Lebih kurang
Al	: Alumina	BSE	: <i>Back-Scattered electron</i>
°C	: Celsius	C	: Carbon
CO <sub>2</sub>	: Carbon dioksida	Ca	: Kalsium
cc	: cubic centimeter	Cl	: Klor
CO	: Carbon monoksida	Cu	: Tembaga
Ti	: Titanium	Fe	: Besi
gr	: Gram	H	: Hidrogen
HC	: Hidrokarbon	K	: Kalium
Kv	: kilo volt	mA	: Mili Amper
Mg	: Magnesium	ml	: Mili liter
mm	: Mili meter	Mpa	: Mega pascal
NO <sub>2</sub>	: Nitrogen dioksida	NO <sub>x</sub>	: Nitrogen oksida
Na	: Natrium	NDIR	: <i>Non Dispersive Infrared</i>
nm	: nano meter	NO	: Nitrogen oksida
O	: Oksigen	Pb	: Timbal
PPm	: <i>Part per million</i>	PVA	: <i>Polyvinyl alcohol</i>
Rpm	: <i>Radial per minute</i>	SO <sub>2</sub>	: Sulfur dioksida
SEI	: <i>Secandary electron imaging</i>	Si	: Silika
TiCL <sub>2</sub>	: <i>Titanium Tetraklorida</i>	TiO <sub>2</sub>	: Titanium dioksida
WD	: <i>Working distance</i>	Zn	: Seng
ZrO <sub>2</sub>	: Zirkonia	μm	: mikro meter
ρ	: Berat jenis		
SEM	: <i>Scanning Electron Microscop</i>		
EDS	: <i>Energy dispersive X-ray spectroscopy</i>		

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kesadaran masyarakat akan udara akibat gas buang kendaraan bermotor di kota-kota besar dewasa ini semakin tinggi (**Tambunan. T. D., 2008**). Di Indonesia sekarang ini kurang lebih 70 % pencemaran udara disebabkan emisi kendaraan bermotor yang mengeluarkan zat-zat berbahaya yang dapat menimbulkan dampak negatif, baik terhadap kesehatan manusia maupun terhadap lingkungan (**Sugiarti, 2009**). Untuk kota Semarang sendiri termasuk kota yang memiliki kualitas udara yang buruk diantara 80% kota dengan kualitas udara buruk di Indonesia (**Maryanto,Dicky, 2009**). Bahkan pada tahun 2010 jumlah kendaraan di kota Semarang mencapai 1 juta unit (**Setijowarno, 2010**). Karena terjadinya peningkatan jumlah kepemilikan kendaraan bermotor selalu disertai dengan meningkatnya jumlah emisi gas buang seperti gas Sulfur Diodida ( $SO_2$ ), Carbon Monoksida (CO), Hidro Carbon (HC), Nitrogen Oksida ( $NO_x$ ) dan jenis emisi gas buang lainnya, sehingga tingkat polusi udara semakin tinggi. (**Arifin dan Sukoco, 2009**). Dari seluruh kendaraan bermotor, persentase emisi gas buang yang dikeluarkan dari sumber kendaraan bermotor persentase CO (Carbon Monoksida) cukup signifikan mencapai 60% dan termasuk jenis gas yang sangat berbahaya karena bisa mengakibatkan kematian bagi yang menghirupnya (**Bachrun, 1993**).

Polutan CO yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor memberi dampak negatif bagi kesehatan manusia. Carbon monoksida merupakan bahan pencemar berbentuk gas yang sangat beracun (**Sengkey. S. L, dkk, 2011**). Polutan Nitrogen Oksida ( $NO_x$ ), terdiri dari  $NO_2$  dan NO. Sifat nitrogenoksida (NO) tidak berwarna, relatif tidak membahayakan tetapi di atmosfer berlebihan menjadi nitrogen oksida  $NO_2$  yang berbahaya,  $NO_2$  bereaksi dengan air di atmosfer membentuk asam nitrat yang menyebabkan korosi pada permukaan logam. Pengaruh terhadap lingkungan kadar  $NO_2$  empat kali lebih tinggi dibanding NO dan CO menyebabkan gangguan pernafasan yang merusak jaringan paru-paru (**Ellyanie, 2011**). Sedangkan hidrokarbon (HC) dalam jumlah sedikit tidak



membahayakan kesehatan manusia, walaupun bersifat toksik, kecuali dalam jumlah banyak di udara dan tercampur dengan bahan pencemar lain maka sifat toksinya akan meningkat, dalam keadaan gas HC dapat menyebabkan iritasi pada membran mukosa dan menimbulkan infeksi paru-paru bila terhirup (**Sugiarti, 2009**). Sedangkan Timbal (Pb) dapat mengakibatkan keracunan, keracunan akibat timbal dapat menyebabkan gangguan anatomi tubuh (**Naria. E, 2005**). Polutan Karbondioksida ( $CO_2$ ), merupakan gas buang yang tidak berwarna dan tidak berbau, mudah larut dalam air. Gas  $CO_2$  yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global (**Ellyanie, 2011**).

Berdasarkan banyak masalah-masalah pencemaran udara yang disebabkan emisi gas buang dari kendaraan bermotor maka timbullah suatu inovasi alat untuk mereduksi atau mengurangi jumlah emisi gas buang dari kendaraan bermotor, paling tidak alat ini bisa berfungsi untuk mengurangi bahaya dari emisi gas buang dengan cara adsorpsi. Di negara-negara maju terdapat banyak cara atau teknologi guna mereduksi emisi berbahaya yang keluar dari kendaraan bermotor. Metode dan teknik yang digunakan ada beberapa macam, yaitu dengan jalan melakukan pemilihan bahan bakar tepat, pemilihan proses dan perawatan mesin, modifikasi mesin, modifikasi pada saluran gas buang, modifikasi penggunaan bahan bakar atau sistem bahan bakarnya. (**Irawan. B, 2003**).

Jenis *catalytic converter* ini dapat mengonversi emisi gas buang (CO, HC dan NOX) sangat tinggi (antara 80% - 90%), tetapi harganya sangat mahal (**Muhaji, 2001**). Selain itu logam-logam mulia tersebut memiliki kelimpahan yang rendah. Dengan demikian telah dilakukan penelitian sebagai alternatif digunakan logam tembaga yang mempunyai harga yang lebih murah dan memiliki kelimpahan yang tinggi (**A Sanata, 2012**). Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rancang bangun *catalytic converter* dengan bentuk baru dan bahan yang mudah di dapat sekaligus untuk mengetahui kemampuan dari katalis ini dalam pengurangan jumlah emisi gas buang yang dikeluarkan kendaraan bermotor. Diharapkan penelitian ini mampu mengatasi problematika pencemaran udara akibat gas buang dari kendaraan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut bagaimana carang mengurangi kadar gas emisi yang dapat menyebabkan penurunan kesehatan bagi manusia, kerusakan pada lingkungan seperti pemanasan global, perubahan cuaca dan hujan asam. Salah satu cara untuk menurunkan kadar gas emisi dengan cara membuat filter gas seperti yang telah dilakukan oleh (**Irawan. B, 2010**). Dengan demikian telah dilakukan alternatif menggunakan logam tembaga yang mempunyai harga yang lebih murah dan memiliki kelimpahan yang tinggi (**A Sanata, 2012**). Oleh karena itu pada penelitian kali ini dikembangkan pembuatan filter gas emisi kendaraan dengan memadukan antara meterial logam dan keramik dalam bentuk komposit sehingga memiliki kemampuan ganda yaitu sebagai katalis dan adsorben. Bahan katalis yang digunakan adalah Tembaga (Cu) dan *Titanium Dioksida* ( $TiO_2$ ). Sedangkan bahan absorben adalah *Clay* Banjarnegara, serta sebagai perekat dan *foaming agent Polyvinyl alcohol* (PVA).

## 1.3 Tujuan Penelitian

Guna mendapatkan hasil yang diharapkan, maka tujuan utama dari penelitian ini adalah:

1. Menguji *catalytic converter* keramik berbahan dari lumpur Banjarnegara dan serbuk logam tambaga untuk mereduksi emisi gas buang CO pada motor bensin 4 langkah.
2. Mengetahui unsur bahan dengan pengujian EDS.
3. Mengetahui unsur kristalisasi dengan pengujian XRD.
4. Mengetahui struktur mikro keramik barpori dengan pengujian Foto Mikro, SEM.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Setelah melakukan beberapa penelitian maka manfaat yang didapatkan sebagai berikut:

1. Bagi dunia pendidikan, diharapkan dapat memberikan pengetahuan tentang bahan alternatif yang bisa digunakan untuk mereduksi emisi gas buang

kendaraan. Diharapkan kedepannya akan ada lagi uji coba pembuatan *catalytic converter* dengan bahan yang berbeda yang dapat mengurangi emisi gas buang dan bahkan dapat menambah kekuatan tenaga mesin.

2. Bagi dunia perindustrian, *catalytic converter* modifikasi ini dapat menjadi pertimbangan perusahaan, karena dari segi harga yang tentunya terjangkau dibanding buatan pabrik dan kemudahan bahan mudah untuk didapatkan.
3. Bagi Pemerintah, membantu mensukseskan program pemerintah tentang pengendalian pencemaran udara perkotaan.
4. Bagi khalayak umum, untuk menambah wawasan dan pengetahuan tentang apa itu *catalytic converter* dan bagaimana cara kerjanya sehingga dapat mereduksi emisi gas buang kendaraan masyarakat.

### **1.5 Pembatasan Masalah**

Dalam penelitian ini yang menjadi batasan masalah adalah pembuatan dan karakterisasi bahan keramik berpori dengan komposisi *Clay Banjarnegara* 70% , PVA bervariasi (0,5,10,15,20)%, dan  $TiO_2$  10% dengan bahan aditif Tembaga 20% yang digunakan untuk mengetahui persentase penurunan emisi gas buang carbon monoksida (CO), pada kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin (Premium) dan mengabaikan *performance* dari mesin uji.

### **1.6 Metode Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penulisan laporan tugas akhir adalah :

1. Metode Pengamatan ( *Observasi* )  
Yaitu metode pengumpulan data langsung dari cara pembuatan material keramik berpori, berbahan dasar *Clay Banjarnegara*, PVA, dan  $TiO_2$  dengan bahan aditif Tembaga.
2. Metode Wawancara ( *Interview* )  
Yaitu metode pengumpulan data dengan cara tanya jawab secara langsung dengan cara melakukan wawancara dengan pihak-pihak yang terkait langsung dengan operator lab penelitian.
3. Metode Kepustakaan ( *Study Literatur* )

Yaitu metode yang peneliti terapkan dengan cara melakukan pencarian data ke perpustakaan dan buku-buku yang berkaitan dengan masalah yang peneliti ambil. Dengan melalui metode ini peneliti mendapatkan petunjuk dan referensi mengenai langkah-langkah yang harus di lakukan dalam pembuatan laporan penelitian.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika dalam penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu: Pendahuluan, tinjauan pustaka, metode penelitian, analisis data, pembahasan dan penutup.

**Bab I** Pendahuluan, berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, manfaat penelitian, metode pengumpulan data, dan sistematika penulisan.

**Bab II** Tinjauan pustaka berisi tentang landasan teori, prinsip dasar keramik, material keramik berpori, pembentukan keramik, karakteristik dan pengujian mekanik.

**Bab III** Metode penelitian, berisi tentang bagan alur penelitian, alat dan bahan penelitian, proses pembuatan keramik berpori, karakterisasi, variabel penelitian dan teknik analisa data.

**Bab IV** Hasil dan pembahasan, berisi tentang proses pengujian yang dilakukan serta pengambilan data yang dihasilkan dan tentang pengolahan data hasil pengujian serta menganalisa hasil pengujian tersebut.

**Bab V** Kesimpulan dan saran, berisi tentang kesimpulan dan saran yang diambil dari hasil analisa.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Prinsip Dasar Keramik

Keramik didefinisikan sebagai suatu hasil seni dan teknologi untuk menghasilkan barang dari tanah liat yang *disintering* seperti gerabah, genteng, *porcelain*, dan sebagainya. Tetapi definisi keramik adalah semua bahan senyawa keramik lebih stabil dalam lingkungan termal dan kimia dibandingkan elemennya (**Tambunan, 2008**). Definisi pengertian keramik terbaru mencakup semua bahan baku logam dan inorganik yang berbentuk padat yang merupakan campuran logam dan non logam dan terikat secara ionik atau kovalen (**Ilcham. A, dkk, 2013**).

Keramik mempunyai sifat rapuh, keras, dan kaku. Sifat bahan keramik ini sangat tergantung pada ikatan kimianya. Ikatan kovalen memberikan sifat dapat mengarah pada kekuatan kristal dan strukturnya lebih rumit dari ikatan logam atau ion, dimana struktur kristalnya digambarkan seperti bola-bola yang tersusun rapat. Ikatan kovalen sangat kuat sehingga kristalnya bersifat kuat dan mempunyai titik didih serta sifat isolator yang baik. Keramik secara umum mempunyai kekuatan tekan lebih baik dibandingkan kekuatan tarikannya. Pada prinsipnya keramik terbagi atas mikkeram tradisional dan keramik halus (**Tambunan. T. D., 2008**).

Keramik merupakan salah satu jenis material teknik yang terus menerus dikembangkan, yang merupakan prospek cerah dalam pengembangan dibidang teknik. Produk keramik telah banyak diaplikasikan dibidang teknik terutama dipermesinan seperti: alat potong, nosel, katup, turbin, ball bearing (**Barsoum, 1997**).

Sekarang ini ada beberapa pengembangan dari keramik yang berguna untuk dunia otomotif. *Catalytic converter* misalnya, keramik yang digunakan sebagai *catalytic converter* akan berfungsi sebagai filter dari gas buang kendaraan. Maka dari itu pembuatan keramik harus menggunakan material yang tahan panas. Karena gas buang yang disaring umumnya mempunyai suhu relatif tinggi, yaitu sekitar (500-800) °C. Ada dua macam filter gas buang yaitu filter untuk menangkap partikel-partikel halus dan partikel karbon yang hanya menggunakan

material keramik berpori saja. Akan tetapi jenis filter lain yang digunakan menangkap zat beracun adalah material keramik berpori dengan permukaan porinya dilapisi dengan bahan katalis. Model pipa atau tabung dari material filter keramik dan konstruksi filter untuk gas buang mampu membersihkan gas dengan tekanan 20 bar dan suhu dari gas yang dialirkan sekitar 950 °C, dimana ukuran pori untuk filter gas 5-30  $\mu\text{m}$ . Cara kerja filter gas yang beracun dialiri ke filter gas yang permukaannya telah dilapisi dengan bahan katalis (**Gade. M, 2012**).

Dalam proses pembuatan keramik biasanya digunakan aditif untuk mempermudah proses pencetakan dan untuk membantu mengontrol *microstructure* dari material yang dihasilkan. Proses pencetakan, aditif memiliki berbagai fungsi antara lain sebagai *binder*, sebagai *plasticer dispersants*, dan *lubricants*. Fungsi penting dari *binder* adalah untuk meningkatkan kekuatan dari keramik hasil pencetakan. PVA sangat mudah untuk menyusut dan sebagai pelarut yang cepat. PVA memiliki titik leleh pada suhu 230°C dan pada suhu 180-190°C akan terhidrolisis sepenuhnya dengan perubahan hidrolisis secara parsial. Material ini akan terkomposisi pada suhu di atas 200°C sehingga PVA mampu digunakan dalam pirolisis pada temperatur tinggi (**Sandra. K. O, dkk, 2014**).

Telah dibuat keramik berpori sebagai aplikasi filter gas buang skala laboratorium dengan material yang digunakan ialah lempung dan senyawa oksida seperti alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), silika ( $\text{SiO}_2$ ), titanium ( $\text{TiO}_2$ ), dan zirkonia ( $\text{ZrO}_2$ ). Pada umumnya keramik berpori yang digunakan sebagai filter atau membran menggunakan material dengan kandungan alumina yang tinggi karena alumina mempunyai keunggulan pada kekuatan, kekerasan, dan ketahanan terhadap tekanan, panas, maupun bahan kimia. Abu terbang (*fly ash*) yang dihasilkan dari pembakaran batubara memiliki kandungan silika dan alumina yang cukup tinggi sehingga juga dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku keramik berpori (**Purbasari, A dan Samadhi, T. W, 2005**).

## **2.2 Material Keramik**

### **2.2.1 Lempung (*clay*)**

Lempung atau tanah liat adalah partikel mineral berkerangka dasar silikat yang berdiameter kurang dari 4 mikrometer. Lempung mengandung leburan silika

dan/atau aluminium yang halus. Unsur-unsur ini, silikon, oksigen, dan aluminium adalah unsur yang paling banyak menyusun kerak bumi. Lempung terbentuk dari proses pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi.

Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket apabila basah terkena air. Sifat ini ditentukan oleh jenis mineral lempung yang mendominasinya. Mineral lempung digolongkan berdasarkan susunan lapisan oksida silikon dan oksidaaluminium yang membentuk kristalnya. Golongan 1:1 memiliki lapisan satu oksidasilikon dan satu oksida aluminium, sementara golongan 2:1 memiliki dua lapis golongan oksida silikon yang mengapit satu lapis oksida aluminium. Mineral lempung golongan 2:1 memiliki sifat elastis yang kuat, menyusut saat kering dan memuai saatbasah. Karena perilaku inilah beberapa jenis tanah dapat membentuk kerutan-kerutanatau "pecah-pecah" bila kering.

Pada umumnya ada 2 jenis lempung (**Puspitasari. D, 2013**) yaitu :

1. *Ball clay*, ini digunakan pada keramik putih karena memiliki plastisitas tinggi dengan tegangan patah tinggi serta tidak pernah digunakan sendiri. Tanah jenis ini disebut tanah liat sedimen, memiliki butiran halus dan bewarna abu-abu.
2. *Fire clay*, jenis tanah ini biasanya berwarna terang ke abu-abu gelap menuju hitam *fire clay* diperoleh dari alam dalam bentuk bongkahan yang menggumpal dan padat. Tanah jenis ini tanah dibakar pada suhu tinggi tanpa mengubah bentuknya. Ada 3 jenis *fire clay*, yaitu *flin fire clay* yang memiliki struktur kuat, *plastic fire clay* yang memiliki kemampuan kerja yang baik, serta *high alumuna clay* yang sering digunakan sebagai refraktori dan bahan tahan api.

### **2.2.2 Tembaga (Cu)**

Tembaga adalah unsur kimia dengan nomor atom 29 merupakan unsur logam, dengan warna kemerahan. Tembaga termasuk logam berat non ferrous karena tidak memiliki kandungan Fe. Tembaga merupakan konduktor listrik dan panas yang baik dan memiliki keuletan serta ketahanan korosi yang baik. Dalam

bidang industri tambaga biasanya digunakan sebagai bahan untuk kabel listrik dan kumparan dinamo. Serbuk tembaga juga digunakan sebagai katalisator untuk mengoksidasi methanol menjadi metanal (**Fachrunnisa. Andi, 2013**). Tembaga mempunyai titik lebur pada temperatur 1085°C. ( **Cahyono. D.P, 2014**)

### **2.2.3 Polyvinyl alcohol (PVA)**

PVA adalah salah satu jenis polimer hidrofilik yang bersifat dapat larut dalam air. Sifat kimia dan fisik dari *polyvinyl alcohol* membuat polimer ini memiliki andil penting dalam dunia perindustrian sehingga diproduksi secara luas di dunia. *Polyvinyl alcohol* tidak bisa dibuat secara langsung karena *polyvinyl alcohol* merupakan bentuk enol yang tidak stabil dari *asetildehida*. *Polyvinyl alcohol* dihasilkan melalui hidrolisis dari *polyvinyl asetat* dengan menggunakan metanol (**Sheftel, 2000**).

Sifat-sifat umum dari *Polyvinyl alcohol* (PVA) adalah sebagai berikut :

- Bentuk : Butiran atau serbuk berwarna putih
- Kerapatan volume : 642 kg/m<sup>3</sup>
- pH : 5 ~ 7
- Titik leleh : (210-230) °C untuk hidrolisis penuh dan (150-190) °C untuk hidrolisis sebagian
- Resistivitas elektrik : (3.1 – 3.8)x10<sup>7</sup> Ωcm

PVA mempunyai sifat berubah warna secara perlahan-lahan ketika berada pada suhu 100 °C dan akan berubah menjadi hitam ketika berada pada suhu diatas 160 °C . Selain berubah warna, PVA dapat memisah secara perlahan-lahan pada suhu diatas 180 °C atau sama dengan titik lelehnya (**Wiliastuti,R.A, 2006**).

*Polimer* mempunyai banyak kelas, akan tetapi *polyvinyl alcohol* adalah yang paling banyak dieksplorasi. Hal tersebut dikarenakan *polyvinyl alcohol* biokompetibel dan juga biodegradabel dengan tidak menunjukkan sifat toksin. PVA gel stabil dan memiliki kekuatan mekanis yang baik. Kebanyakan PVA sebagai polimer basa dapat dengan mudah diserang oleh gugus OH yang secara alami dapat berinteraksi dengan nanafiller seperti silika. Terkadang, sifat biokompetibelnya dapat digunakan untuk mempercepat interaksinya (**Ardiansyah, A, 2015**).



PVA memiliki titik leleh pada suhu 230°C dan pada suhu 180-190°C akan terhidrolisis sepenuhnya dengan perubahan hidrolisis secara parsial. Material ini akan terkomposisi pada suhu di atas 200°C sehingga PVA mampu digunakan dalam pirolisis pada temperatur tinggi (**Sandra. K. O, dkk, 2014**)

#### **2.2.4 Titanium Doksida (TiO<sub>2</sub>)**

*Titanium doksida* merupakan padatan berwarna putih, tidak larut dalam HCl, HNO<sub>3</sub> dan *aquaregia* tetapi larut dalam asam sulfat pekat membentuk titaniumsulfat, Ti(SO<sub>4</sub>). Titanium (Ti) adalah unsur logam transisi, dapat membentuk ion titanium (III), Ti<sup>3+</sup> dan titanium (IV), Ti<sup>4+</sup>. Kation Ti<sup>3+</sup> dicirikan dengan warna lembayung, sedangkan Ti<sup>4+</sup> tidak berwarna. Kation Ti<sup>3+</sup> dalam air bersifat kurang stabil dan mudah mengalami oksidasi menjadi Ti<sup>4+</sup> (**Cotton, 1999**).

Sifat senyawa TiO<sub>2</sub> adalah densitas 4 gr/cm<sup>-3</sup>, porositas 0%, modulus rekah 140 Mpa, kekuatan kemampatan 680 Mpa, titik lebur 1830-1850 °C dan titik didih 2500-3000 °C, tidak tembus cahaya, mempunyai warna putih, lembam, tidak beracun, dan harganya relatif murah. *Titanium doksida* dapat dihasilkan dari proses sulfat ataupun klorin (**Susanti, 2012**). *Titanium* merupakan unsur dengan kelimpahan terbesar keseimbangan pada kulit bumi. *Titanium* kebanyakan ditemukan dalam batuan dan tanah, bergabung dengan oksigen dan besi (**Sari. A dan Supropto, 2010**).

*Titanium doksida* yang disisipkan hanya berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat terjadinya proses penyerapan gas CO dan NO<sub>2</sub>. Kemampuan katalis bergantung pada permukaan zat padat berpori yang biasanya dikenal sebagai penopang katalis (**Basuki, K.T, 2007**).

### **2.3 Proses Pembuatan Keramik**

Ada dua proses dasar yang dikembangkan untuk pembuatan keramik. Pertama, menggunakan partikel halus yang dicampur dengan cairan atau pengikat, yang kemudian diproses dengan pembakaran. Dalam hal ini utama adalah penyiapan material menjadi cairan dan kemudian membentuknya selama pendinginan dan pengerasan.

Terhadap proses terbentuknya keramik adalah sebagai berikut: secara disosiasi yaitu proses peruraian bahan menjadi penyusun-penyusunnya karena perlakuan panas. Peristiwa ini misalnya: dehidrasi lempung, peruraian karbonat, sulfat, nitrat, oksida-oksida. Berikutnya senyawa-senyawa yang terjadi dari disosiasi berkaitan menjadi senyawa kompleks. Akhirnya pada *sintering* atau pembakaran merupakan suatu proses perlakuan panas yang mengubah massa serbuk menjadi massa yang kohesif tanpa terjadi pengembangan massa. Suhu *sintering* biasanya lebih dari setengah titik leleh material yang disinter. Tujuan *sintering* yaitu untuk mengurangi porositas padatan. Selama tahap awal *sintering*, terjadi peleburan tanpa penyusutan padatan dan pembentukan leher (*necking*) yang menghasilkan cekungan. Selama tahap selanjutnya terjadi pertumbuhan leher (*necking*), pembentukan pori dan dimungkinkan pertikel-pertikel akan saling memdekati sehingga terjadi penyusutan padatan. Selama tahap akhir *sintering* tidak terjadi pertumbuhan pori (Ilcham. A, dkk, 2013). Berbagai proses pencetakan antara lain : *Die Pressing, Rubber Mold Pressing, Extrusion Molding, Slip Casting, Injection Molding*.

#### **2.4 Pembentukan Keramik**

Pembuatan keramik dapat dilakukan dengan berbagai cara (Sihite. D. R, 2008) yaitu :

##### *1. Die Pressing.*

Pada proses ini bahan keramik dihaluskan hingga berbentuk serbuk, lalu dicampur dengan pengikat (*binder*) organik kemudian dimasukkan kedalam cetakan dan ditekan hingga mencapai bentuk padat yang cukup kuat. Metode ini umumnya digunakan dalam pembuatan ubin, keramik elektronik atau produk dengan cukup sederhana karena metode ini cukup murah.

##### *2. Rubber Mold Pressing.*

Metode ini dilakukan untuk menghasilkan bubuk padat yang tidak seragam dan disebut *rubber mold pressing* karena dalam pembuatannya ini menggunakan sarung yang terbuat dari karet. Bubuk dimasukkan kedalam sarung karet kemudian dibentuk dalam cetakan *hidroststis*.

##### *3. Extrusion Molding.*

Pembuatan keramik pada metode ini melalui lobang cetakan. Metode ini biasa digunakan untuk membuat pipa saluran, pipa rektor atau material lain yang memiliki suhu normal untuk penampang lintang tetap.

#### 4. *Slip Casting*

Metode ini dilakukan untuk memperkeras suspensi dengan air dan cairan lainnya, dituang kedalam plester berpori, air akan diserap dari daerah kontak kedalam cetakan dan lapisan lempung yang kuat terbentuk.

#### 5. *Injection Molding.*

Bahan yang bersifat *plastis* diinjeksikan dan dicampur dengan bubuk pada cetakan. Metode ini banyak digunakan untuk memproduksi benda yang mempunyai bentuk yang kompleks.

## 2.5 Karakteristik Dan Pengujian Mekanik

### 2.5.1 *Energy Dispersion X-ray spectroscopy (EDS atau EDX)*

*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS atau EDX atau EDAX) adalah salah satu teknik analisa untuk menganalisa unsur atau karakteristik kimia dari spesimen. Karakteristik ini tergantung pada penelitian dari interaksi beberapa eksitasi sinar X dengan spesimen. Kemampuan untuk mengkarakterisasi sejalan dengan sebagian besar 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 (Nugrokho, 2012).

Senyawa atau fasa yang terdapat pada sampel dapat diidentifikasi secara kualitatif dan kuantitatif dengan menggunakan peralatan *X-ray Diffraction*. Prinsip dasar kerja dari peralatan ini adalah dengan menembakkan sinar-X dengan panjang gelombang tertentu dari berbagai arah sudut penembakan kepada sampel, kemudian pantulkan sinar-X tadi ditangkap oleh detektor dan selanjutnya dikonversikan menjadi data output berupa grafik  $2\theta$  versus intensitas (Syakur. A, 2008).

### 2.5.2 Uji Struktur Mikro.

Pengujian struktur mikro dilakukan dengan menggunakan *mikroskop*. *Mikroskop* digunakan untuk melihat struktur mikro dari spesimen uji dan kemudian didokumentasikan oleh kamera yang terpasang pada sistem mikroskop ini (Anwar. K dan Umardani. Y, 2012). *Mikroskop* optik dasar sangat sederhana, meskipun ada banyak desain lain yang kompleks yang bertujuan untuk meningkatkan resolusi dan *kontras* dari spesimen. *Mikroskop* optik mudah untuk dikembangkan dan populer karena menggunakan cahanya tampak sehingga sampel dapat langsung diamati oleh mata. Pada saat ini, gambar dari mikroskopik *optik* dapat ditangkap oleh kamera normal yang peka cahaya untuk menghasilkan mikrograf dan langsung disambungkan ke layar monitor komputer. Pembesaran *mikroskop* ini mencapai 1000X (Nugrokho, 2012).

Untuk pengujian *mikroskop* optik ini diperlukan juga permukaan yang rata dan halus. Sehingga pengujian ini dilakukan setelah pengujian *emission spectrometer* yang juga memerlukan permukaan yang halus. Tetapi dilakukan satu langkah persiapan tambahan lagi yaitu proses pengetsaan. Proses pengetsaan ini diperlukan untuk memberikan warna pada struktur atom sehingga diidentifikasi (Nugrokho, 2012).

### 2.5.3 Uji Scanning Electron Microscope

*Scanning Electron Microscope* (SEM) merupakan sejenis *mikroskop* yang menggunakan *electron* sebagai pengganti cahaya untuk melihat benda dengan resolusi tinggi. Analisis SEM bermanfaat untuk mengetahui mikrostruktur (termasuk porositas dan bentuk retakan) benda padat. Berkas sinar *elektron* dihasilkan dari *filamen* yang dipanaskan, disebut *electron gun* (Gubnawan, B, Citra Dewi Azhari). Jenis sinyal yang dihasilkan oleh SEM meliputi *electron* sekunder, *electron* yang berhamburan-balik/*Back-Scattered Slectron* (BSE), karakteristik sinar-X, cahaya (*cathodoluminescence*), arus spesimen dan pancaran *electron-elektro*. *Detektor electron* sekunder biasanya terdapat disemua SEM, tetapi jarang di sebuah mesin memiliki *detektor* yang dapat membaca semua sinyal. Sinyal ini adalah hasil interaksi dari sinar *electron* dengan atom yang dekat permukaan spesimen. Mode deteksi yang paling umum atau standar, pencitraan

*electron* sekunder atau *secondary electron imaging* (SEI), SEM dapat menghasilkan gambar resolusi sangat tinggi dari permukaan spesimen, menghasilkan ukuran yang detailnya kurang dari 1 nm. Karena berkas *electron* sangat sempit, gambar SEM memiliki kedalaman yang dapat menghasilkan tampilan karakteristik tiga-dimensi yang berguna untuk mengetahui struktur permukaan spesimen. SEM memungkinkan beberapa perbesaran, dari sekitar 10 kali (sekitar setara dengan lensa tangan) sampai lebih dari 500.000 kali perbesaran, atau sekitar 250 kali kemampuan pembesaran mikroskop optik. *Electron* yang menyebar kembali (BSE) merupakan sinar *electron* yang tercermin dari spesimen dengan hamburan elastis. BSE sering digunakan untuk analisis SEM bersama dengan spektrum yang terbuat dari karakteristik sinar-X. Karena intensitas sinyal BSE sangat terkait dengan nomor atom (*Z*) dari spesimen, gambar BSE dapat memberikan informasi tentang distribusi unsur yang berbeda dalam spesimen. Untuk alasan yang sama, pencitraan BSE dapat menggambarkan label koloid emas immuno yang berdiameter 5 atau 10 nm, sehingga sulit atau mustahil untuk mendeteksi *electron* sekunder pada gambar spesimen biologis. Karakteristik sinar-X dipancarkan ketika sinar *electron* menghilangkan *electron* kulit bagian dalam dari spesimen, menyebabkan *electron* yang energinya lebih tinggi untuk mengisi kulit dan melepaskan energi. Karakteristik sinar-X ini digunakan untuk mengidentifikasi komposisi dan mengukur kelimpahan unsur-unsur dalam spesimen (Nugrokho, 2012).

Sistem penyinaran dan lensa pada SEM sama dengan *mikroskop* cahaya biasa. Pada pengamatan yang menggunakan SEM lapisan cuplikan harus bersifat konduktif agar dapat memantulkan berkas *electron* dan mengalirkannya ke *ground*. Bila lapisan cuplikan tidak bersifat konduktif maka perlu dilapisi dengan emas. Pada pembentukan lapisan konduktif, spesimen yang akan dilapisi diletakkan pada tempat sampel di sekeliling anoda. Ruang dalam tabung kaca dibuat mempunyai suhu rendah dengan memasang tutup kaca rapat dan gas yang ada dalam tabung dipompa keluar. Antara katoda dan anoda dipasang tegangan 1,2 kV sehingga terjadi ionisasi udara yang bertekanan rendah. *Electron* bergerak menuju anoda dan ion positif dengan energi yang tinggi bergerak menumbuk

katoda emas. Hal ini menyebabkan partikel emas menghambur dan mengendap di permukaan spesimen. Pelapisan ini dilakukan selama 4 menit.

- Keunggulan uji SEM antara lain :

a. Daya pisah tinggi.

Dapat ditinjau dari jalanya media, SEM dapat digolongkan dengan optic metalurgi dengan menggunakan prinsi refleksi, yang diartikan sebagai permukaan specimen yang memantulkan berkas media.

b. Menampilkan data permukaan *specimen*.

SEM pada hakekatnya pemeriksaan dan analisis data. Data atau tampilan yang diperoleh adalah permukaan lapisan yang tebalnya sekitar 20 mikro meter dari permukaan kemampuan yang beragam membuat SEM populer dan luas penggunaannya, tidak hanya dibidang material melainkan biologi, pertanian, kedokteran, dll.

c. Kemudahan penyimpanan sampel.

*Specimen* untuk SEM berupa material yang cukup tebal, oleh karena itu penyimpanan sangat mudah. Untuk memeriksa permukaan petahan (*fraktografi*), permukaan di usahakan tetap seperti apa adanya namun bersih dari kotoran misal debu dan minyak.

- Adapun kelemahan dari SEM :

a. Memerlukan kondisi vakum

a. Hanya menganalisa permukaan

b. Resolusi lebih rendah dari TEM

c. Sampel harus bahan yang konduktif, jika tidak konduktor maka perlu dilapisi logam seperti emas.

#### **2.5.4 Uji Emisi Gas Buang**

Uji emisi gas buang dengan menggunakan alat *Gas Analyzer*, alat ini dapat menunjukkan kadar zat-zat polutan yaitu CO, CO<sub>2</sub>, HC, dan NO<sub>x</sub> yang keluar dari knalpot kendaraan bermotor. Hasil pengukurannya dapat langsung diketahui melalui *print-out* yang langsung keluar dari alat tersebut, hasil pengukuran meliputi kadar CO (%), HC (ppm), CO<sub>2</sub> (%), maupun O<sub>2</sub>. *Gas Analyzer* dihubungkan dengan mobil melalui pipa listrik yang dihubungkan ke baterai dan

masin mobil, kemudian mobil dihidupkan sementara gas *analyzer* diset ke posisi nol, kemudian sensor dimasukkan kedalam kenalpot kendaraan dan secara otomatis alat bekerja secara hasil langsung tertera pada monitor alat (**Tambunan. T. D., 2008**).

Prinsip kerja Gas *Analyzer* SY-GA 401, Gas *Analyzer* ini melakukan pengukuran dengan mengaplikasikan metode “*Non Dispersive Infrared*” (NDIR) untuk menganalisa CO, HC, dan  $CO_2$ . Sedangkan untuk menganalisa  $O_2$  dan  $NO_x$ , alat ini menggunakan metode elektrokimia. Pada metode analisa NDIR, *ramp flashing* sinar inframerah yang terdapat di bagian akhir salah satu sel berkedip dan sensor lain akan mendeteksinya sehingga alat ini dapat mendeteksi komponen gas dan menghitung densitasnya. Metode Elektrokimia mengukur densitas gas dengan menggunakan kuantitas dari *electron* yang dihasilkan pada waktu oksidasi dan mengurangnya dengan reaksi gas (**Mrihardjono. M, 2012**).

## **2.6 Mekanisme Reaksi *Catalytic Converter***

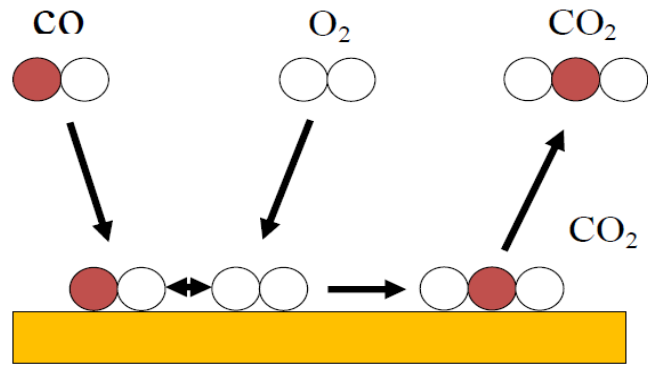
Reaksi katalis berlangsung dengan menggunakan oksigen sebagai oksidanya. Reaksi tersebut berlangsung pada permukaan katalis oksida logam tersebut. Reaksi pada permukaan tersebut dapat dijelaskan menurut (**Razif, M., J. Nugroho, et al, 2005**) :

### 1. Mekanisme Mars-Van Krevelen

Oksidasi CO berlangsung melalui adsorpsi CO pada katalis diikuti terjadinya reaksi CO dengan atom O dari katalis kemudian melepas  $CO_2$  sebagai hasil reaksi. (**Razif, M., J. Nugroho, et al, 2005**)

### 2. Mekanisme Langmuir-Hinshelwood

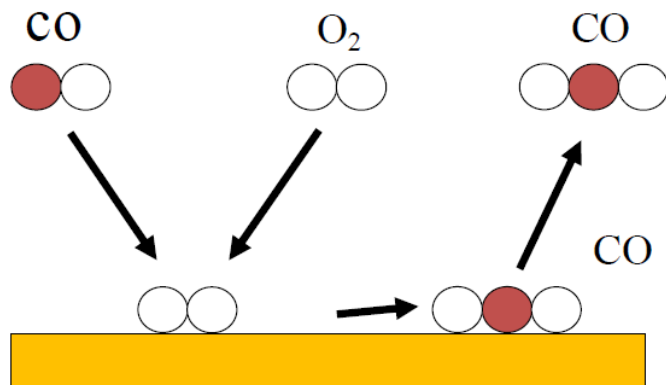
Molekul CO dapat mengalami kondensasi di atas permukaan katalis dan atom oksigen berada disampingnya, selanjutnya keduanya berinteraksi di permukaan katalis dan terbentuk ikatan baru (**Razif, M., J. Nugroho, et al, 2005**).



**Gambar 2.1** Mekanisme Langmuir-Hinshelwood

### 3. Mekanisme Eley-Rideal

Hanya oksigen teradsorpsi pada permukaan katalis, sedangkan carbon monoksida dapat mengalami ikatan dengan oksigen selama proses tumbukan (Razif, M., J. Nugroho, et al, 2005).



**Gambar 2.2** Mekanisme Eley-Rideal

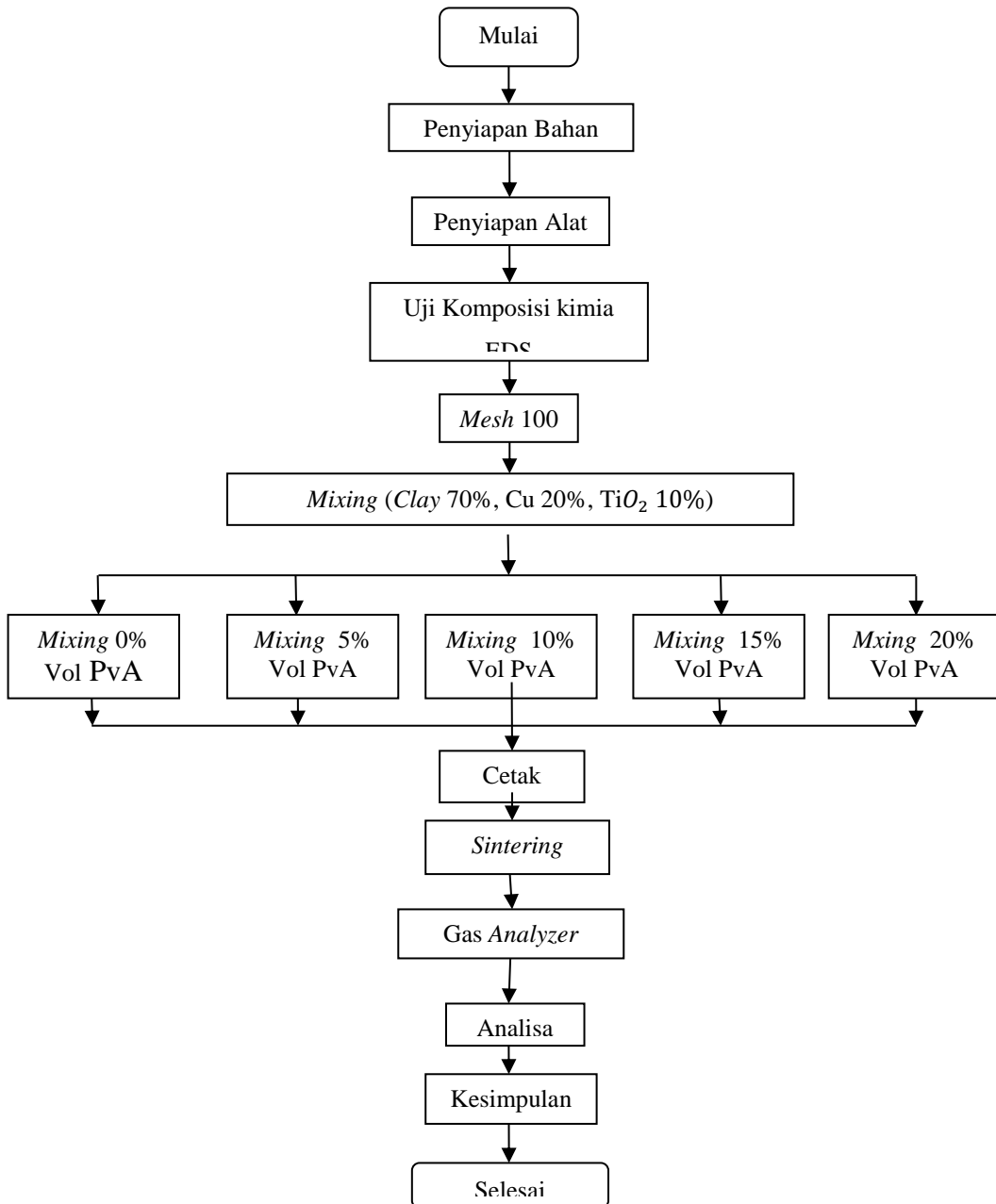


# BAB III

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Bagan Alur Penelitian

Diagram alir penelitian selama proses penelitian dapat diperlihatkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian.

Alur pada diagram **gambar 3.1.** yaitu :

1. Penyiapan bahan baku keramik berpori yang terdiri dari *Clay*, PVA,  $TiO_2$  dan tembaga (Cu) sebagai bahan aditif.
2. Persiapan alat meliputi cetakan, *press*, *mixing*, *mesh*, gelas ukur, *furnace*, *neraca*, jangka sorong, *tacometer*, *egine*, dan gas *analyzer*.
3. Kemudian bahan yang sudah dipersiapkan dilakukan uji komposisi untuk mengetahui unsur kimianya.
4. Semua bahan dimesh hingga lolos ukuran *mesh* 100.
5. Pencampuran bahan dengan persentase (clay 70%, Cu 20%, dan  $TiO_2$  10%) *mixing* selama 1 menit.
6. Kemudian penambahan PVA dengan persentase (0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%).
7. Lalu cetak setelah semua bahan tercampur.
8. *Sintering* pada temperatur 800°C dengan laju pemanasan 5°C/menit.
9. Kemudian dilakukan uji emisi menggunakan gas *analyzer*.
10. Setelah selesai melakukan uji emisi maka baru dilakukannya analisa
11. Lalu didapatnya kesimpulan hasil analisa.

### 3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

#### 1. Tembaga (Cu)

Untuk mendapatkan Tembaga peneliti kali ini memperoleh Tembaga dari pengrajin kuningan dan Tembaga di Cepogo, Boyolali Jawa Tengah, kerana disana mayoritas warganya pengrajin tembaga sehingga peneliti memanfaatkan serbuk dari sisa pengrajin tersebut. Fungsi dari tembaga sebagai katalis dapat menurunkan konsentrasi emisi gas buang CO.

#### 2. Clay

*Clay* diperoleh dari pengrajin keramik di Kecamatan Klampok Kabupaten Banjarnegara Jawa Tengah. *Clay* masih basah sehingga sebelum dilakukan penggilingan menjadi serbuk harus terlebih dahulu dijemur menggunakan sinar matahari selama dua hari, *Clay* dalam penelitian ini digunakan sebagai bahan

dasar pembuatan keramik yang berfungsi sebagai absorben dari hasil pembakaran gas buang kendaraan bermotor.

### **3. Polyvinyl alcohol (PVA)**

*Polyvinyl alcohol* (PVA) diperoleh dari toko kimia PT. Multi Kimia Raya Nusantara, Jl Sidodadi Timur 20 Semarang. PVA yang didapat sudah berbentuk serbuk kasar sehingga harus dilakukan penggilingan kembali untuk mendapatkan *mesh* 100, PVA berfungsi sebagai pengikat bahan dasar keramik berpori.

### **4. Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>)**

*Titanium Dioksida* (TiO<sub>2</sub>) diperoleh dari toko kimia CV. Indrasari Jl Stadion Selatan 15 Semarang. *Titanium Dioksida* (TiO<sub>2</sub>) yang didapat sudah berbentuk serbuk halus sehingga tidak perlu dilakukang penggilingan kembali, Fungsi dari *Titanium Dioksida* (TiO<sub>2</sub>) sebagai katalis.

## **3.3 Alat-Alat Yang Digunakan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

### **1. Penggerus / Penggiling**

Penggerus yang digunakan pada penelitian ini adalah penggiling bubuk kopi, yang dimanfaatkan sebagai penghancur bahan baku keramik berpori sehingga menjadi serbuk yang halus adapun bahan baku yang di hancurkan adalah *Clay*, dan *Polyvinyl alcohol* (PVA) kedua bahan tersebut dihancurkan dengan cara manual. Untuk mengetahui alat penggerus bisa dilihat pada **Gambar 3.2**.



**Gambar 3.2.** Penggerus.

## 2. Mesh.

*Mesh* atau kalau di dalam bahasa Jawa sering disebut ayakan adalah alat yang digunakan penulis untuk mendapatkan serbuk halus sesuai prosedur dalam pembuatan *catalytic converter* ini. Serbuk yang di butuhkan peneliti adalah mesh 100, tetapi untuk mempermudah mendapatkan *mesh* 100 peneliti harus melakukan beberapa tahap pengayakan, yaitu melalui *mesh* 60 lalu *mesh* 80 dan yang terakhir adalah *mesh* 100. Alat *mesh* ditunjukkan pada **Gambar 3.3**.



**Gambar 3.3.** *Mesh*

## 3. Gelas Ukur

Gelas ukur berfungsi untuk pengukur presentase volume bahan keramik berpori, untuk dasar bahan perbandingan volume keramik berpori yaitu 70% Clay, 20% Tembaga (Cu), dan 10% Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ). Dengan penambahan bahan baku lainnya atau variasi PVA sebesar (0, 5,10, 15, 20) % volume. Gelas ukur bisa dilihat pada **Gambar 3.4**.



**Gambar 3.4** Gelas Ukur.

#### **4. *Mixing***

*Mixing* digunakan untuk mencampur semua komposisi bahan dasar keramik berpori sehingga semua komposisi tercampur menjadi satu secara merata. Untuk *mixing* ditunjukkan pada **Gambar 3.5**.



**Gambar 3.5.** *Mixing*.

#### **5. Cetakan**

Cetakan berfungsi guna membentuk keramik berpori dengan bentuk silinder yang mempunyai 19 lubang. Pembuatan cetakan peneliti diserahkan kepada bengkel bubut, dengan desain yang sudah dirancang peneliti. Seperti yang ditunjukkan **Gambar 3.6**.



**Gambar 3.6** Cetakan Filter.

## **6. Press**

*Press* digunakan untuk menekan bahan keramik berpori dengan daya tekan yang sudah ditentukan oleh peneliti. Sehingga bahan keramik berpori yang berada didalam cetakan menjadi sebuah filter berbentuk tabung. Alat *press* yang digunakan memiliki daya tekan maksimal 150 Mpa. Untuk mengetahui alat *press* yang digunakan bisa dilihat pada **Gambar 3.7**.



**Gambar 3.7** Press.

## **7. Furnace**

*Furnace* yaitu alat yang digunakan untuk pemanasan atau membakar paduan komposisi yang sudah dicetak. *Furnace* yang digunakan dipenelitian ini menggunakan *furnace* bermerek *Neycraft* dapat menghasilkan panas hingga 1100°C. Untuk mengetahui *furnace* bisa dilihat pada **Gambar 3.8**.



**Gambar 3.8** Furnace.

### **8. Neraca**

*Neraca* / timbangan adalah alat yang digunakan untuk menimbang bahan yang akan digunakan. *Neraca* digital berfungsi membantu mengukur berat serta cara kalkulasi *fecare* otomatis harganya dengan harga dasar satuan banyak kurang. *Neraca* yang digunakan memiliki ketelitian 0,00 gram. Untuk mengetahui *neraca* bisa dilihat pada **Gambar 3.9**.



**Gambar 3.9** Neraca Digital.

### **9. Jangka sorong**

Jangka sorong adalah alat ukur yang ketelitiannya dapat mencapai seperseratus milimeter. Terdiri dari dua bagian, yaitu bagian diam dan bagian bergerak. Pembacaan hasil pengukuran sangat bergantung pada keahlian dan

ketelitian pengguna maupun alat. Jangka sorong yang digunakan memiliki tingkat ketelitian 0,02 mm. Untuk jangka sorong bisa dilihat pada **Gambar 3.10**.



**Gambar 3.10** Jangka Sorong.

## 10. *Engine*

*Engine* berfungsi untuk mesin pengujian seberapa besar kandungan gas radikal yang akan dikeluarkan dari hasil pembakaran, *engine* ditunjukkan pada **Gambar**

**3.11**. *Engine* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan mesin :

<i>Merk</i>	: <i>Toyota</i>
<i>Type</i>	: 5 K
Tahun	:1997
Volume Silinder	: 1456 cc
Jumlah Silinder	: 4 buah
Bahan bakar	: Bensin
Sistem pengkabutan bahan bakar	: Karburator



**Gambar 3.11** *Engine*.



## 11. Gas Analyzer

Gas *Analyzer* berfungsi sebagai pendeteksi kandungan gas hasil buang pembakaran kendaraan bermotor seperti CO, CO<sub>2</sub>, HC, dan NO<sub>x</sub>. Gas *Analyzer* adalah **Gambar 3.12** spesifikasi alat yg digunakan pada penelitian ini yaitu gas *analyzer* :

<i>Merk/type</i>	: STARGAS 898
Measuring item	: CO, HC, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , Lambda, AFR, Nox.
Measuring Range	:
➤ CO	: 0,00 – 9,99%
➤ HC	: 0 – 9999 ppm
➤ CO <sub>2</sub>	: 0,0 – 20,0%
➤ O <sub>2</sub>	: 0,0 – 25%
➤ Lambda	: 0,000 – 2.000
➤ AFR	: 0,0 – 99,0%
➤ Fuel Type	: Gasoline, LPG, LNG, Alcohol Hcv and Ocv Conversation.
➤ Warning Uptime	: About 2-8 minutes.
➤ Power source	: AC 110 Volt or AC 220 Volt ± 10% 60 Hz.



**Gambar 3.12** Gas *Analyzer* STARGAS 898.

## 12. Tacometer

*Tacometer* yaitu alat untuk mengetahui putaran yang menampilkan *Radial Per Minute* (RPM), Karena penelitian ini menggunakan variasi rpm yang berbeda IDLE, 1500, 2000, 2500, 3000 kemudian kembali ke 2500, 2000, 1500, IDLE. Untuk *Tacometer* dilihat pada **Gambar 3.13**.



**Gambar 3.13** *Tacometer*.

## 3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur dalam penyiapan bahan baku keramik yaitu yang terdiri dari *Clay*, PVA,  $TiO_2$  dan Tembaga(Cu).

1. Penyiapan bahan baku keramik berpori yang terdiri dari *Clay*, PVA,  $TiO_2$  dan tembaga (Cu) sebagai bahan aditif.
2. Persiapan alat meliputi cetakan, *press*, *mixing*, *mesh*, gelas ukur, *furnace*, *neraca*, jangka sorong, *tacometer*, *egine*, dan *gas analyzer*.
3. Kemudian bahan yang sudah dipersiapkan dilakukan uji komposisi untuk mengetahui unsur kimianya.
4. Semua bahan dimesh hingga lolos ukuran *mesh* 100.
5. Pencampuran bahan dengan persentase (clay 70%, Cu 20%, dan  $TiO_2$  10%) *mixing* selama 1 menit.
6. Kemudian penambahan PVA dengan persentase (0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%).
7. Lalu cetak setelah semua bahan tercampur.
8. *Sintering* pada temperatur 800°C dengan laju pemanasan 5°C/menit.

9. Kemudian dilakukan uji emisi menggunakan gas *analyzer*.
10. Setelah selesai melakukan uji emisi maka baru dilakukanya analisa
11. Lalu didapatnya kesimpulan hasil analisa.

**a. Variable Penelitian**

Pada penelitian yang dilakukan terdapat tiga variable penelitian yaitu variable tetap, variable berubah dan variable respon.

**1. Variable Tetap**

- Jenis bahan bakar yang digunakan adalah premium.
- Bentuk filter keramik berpori berbentuk silinder dan terdapat 19 lubang dengan ukuran diameter 40 mm, tinggi 40 mm sedangkan diameter lubang tengah yaitu 3 mm.
- Mesin uji yang digunakan peneliti yaitu Merk :Toyota, Type : 5 K, Tahun: 1997, Volume Silinder : 1456 cc, Jumlah Silindar : 4 buah.

**2. Variable Berubah**

- Variasi putaran mesin IDLE, 1500, 2000, 2500, 3000 kemudian kembali ke 2500, 2000, 1500, IDLE.
- Jumlah lima sampel filter keramik berpori dengan variasi zat aditif PVA (0%, 5%, 10%, 15%, 20%)
- Penempatan filter keramik berpori berposisi di depan, tengah, dan belakang pada kenalpot.

**3. Variable Respon**

Pada penelitian berkonsentrasi pada gas buang CO pada filter keramik berpori serta tanpa menggunakan filter keramik berpori.

**4. Komposisi Keramik Berpori**

Komposisi keramik berpori ini yaitu dengan percampuran bahan *Clay*,  $TiO_2$ , dan Cu dengan persentase volume 70%, 10%, 20%. Setelah tercampur dikurangi dengan bahan aditif PVA dengan persentase 0%, 5%, 10%, 15%, 20%. **Tabel 3.1** menunjukkan dari perbandingan bahan dasar pembuatan keramik berpori.

**Tabel 3.1** Komposisi Bahan Dasar dan Aditif

No	Bahan Dasar ( <i>Clay</i> 70%, Cu 20%, $TiO_2$ 10%)	Aditif PVA
1	100%	0%
2	95%	5%
3	90%	10%
4	85%	15%
5	80%	20%

### 3.6 Karakterisasi

#### 3.6.1 Uji Komposisi (SEM-EDS)

Untuk mengetahui komposisi dari *catalytic converter* berbentuk keramik berpori maka perlu dilakukan uji analisa semikuantitatif kandungan unsur dan mapping menggunakan *Scanning Electron Microscop – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (ASTM E 1508-12a)*. Sampel dilapisi (*coating*) dengan platina selama 55 detik pada arus 30 mA. Sampel kemudian dianalisa menggunakan alat SEM – EDS pada *accelerated voltage* sebesar 20 kV.

#### 3.6.2 Pengamatan Struktur Mikro

Untuk mengetahui struktur mikro dari sampel *catalytic converter* keramik berpori maka perlu dilakukan pengujian mikrofografi setelah itu didokumentasikan oleh kamera dengan pembesaran 100X dan 200X. *Mikroskop* yang digunakan untuk analisa struktur ditunjukkan pada **Gambar 3.14**. Langkah-langkah yang dilakukan pengujian struktur mikro adalah sebagai berikut:

1. Memotong sampel menjadi sampel uji struktur mikro.
2. Menghaluskan permukaan sampel uji dengan menggunakan *centrifugal sand paper machine* sampai benar-benar halus dan rata. Ukuran kekasaran amplas yang dipakai adalah 200, 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000.
3. Hubungkan alat dengan arus listrik.
4. Bersihkan landasan benda uji pada mikroskop.
5. Nyalakan *terformen* dengan memutar tombol kearah kanan hingga tercapai kekuatan cahaya sesuai yang di inginkan.

6. Fokuskan bayangan benda uji sesuai dengan pembesaran yang diperlukan, untuk mengamankan lensa lakukan penarikan benda uji ke atas.
7. Nyalakan *power* indikator kamera, lakukan pengaturan sesuai dengan jenis film yang dipakai.
8. Tekan tombol *exposure* (bila diperlukan).
9. Angkat benda uji dari landasan mikroskop.
10. Setelah pengujian selesai, peralatan dikembalikan keposisi semula dalam keadaan bersih dan baik.
11. Selesai



**Gambar 3.14.** Mikroskop.

### **3.6.3 Scanning Electron Microscope (SEM)**

Jenis pengujian analisa morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Kondisi pengujian sampel dilapisi (*coating*) dengan *platina* selama 55 detik arus 30 mA alat *Coating* ditunjukkan pada **Gambar 3.15**. Sampel kemudian dianalisa menggunakan alat SEM pada *accelerted voltage* sebesar 15 kV dan 20 kV. *Accelerated voltage* sebesar 15 kV digunakan untuk menganalisa sampel keramik paduan Tembaga Cu 10%, 20% dan 30%. Sedangkan, *acceleratedvoltage* sebesar 20 kV digunakan untuk menganalisa sampel keramik paduan Tembaga Cu 40% dan 0%.



**Gambar 3.15** Alat *Coating*.

Analisa morfologi dilakukan pada satu area dengan perbesaran 5.000X, 7.500X, dan 10.000X. Pengujian analisa morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscope* dilakukan di laboratorium.

Langkah-langkah cara kerja dari SEM adalah sebagai berikut:

1. Sebuah pistol *electron* memproduksi sinar *electron* dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetik memfokuskan *electron* menuju ke sampel.
3. Sinar *electron* yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika *electron* mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan *electron* baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).

#### **3.6.4 X-Ray Diffraction (XRD)**

Uji *X-Ray Diffraction* (XRD) bertujuan untuk mengidentifikasi struktur, ukuran butir, unsur dan parameter kisikristal dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar X.

Cara Kerja *X-Ray Diffraction* (XRD)

1. Bahan yang akan di analisa (sample)
  - i. Ukuran harus tepat dan *specimen* (jenis) bahan harus adalah bahan yang bisa di ukur dengan XRD.
  - ii. Tempatkan *sample*/bahan pada XRD. Tempatkan pada tempat *sample* dan cek ulang bahwa letaknya sudah tepat dan aman.
2. Komputer untuk control XRD

- a. Nyalakan computer dan monitornya.
- b. Nyalakan mesin XRD.
- c. Periksa apakah knops dan KV sudah pada posisi nol (0). Set 0 jika posisi belum pada 0.
- d. Jalankan control XRD yang berada pada computer.
- e. Pilih *New* kemudian *Individual analyze* dan biarkan proses inisialisasi berjalan. Jika proses anisialisasi gagal maka klik *cancel* dan ulangi lagi.
- f. Jika proses inisialisasi berhasil proses analisa bias dilakukan.
- g. Sesuaikan parameter pada XRD sesuai dengan yang di inginkan. Kemudian pilih mode lambat, sedang atau cepat (waktu analisa). Setelah itu tekan tombol *start* pada *control XRD*.
- h. Tunggu sampai proses analisa (*scan*) selesai. Setelah proses analisa selesai maka akan didapatkan data berupa grafis dengan peak-peak (puncak-puncak) nya. Dari grafis itu fokuskan analisa pada puncak yang paling dominan.

### 3.6.5 Uji Emisi

Gas *Analyzer* berfungsi untuk mendeteksi kandungan gas buang hasil pembakaran seperti CO. Pengujian ini dilakukan pada *Engine* Toyota empat langkah, 4 silinder, bahan bakar Premium. Langkah pengoperasian Gas *Analyzer* :

- a. Hubungkan Gas *Analyzer* dengan *stop* kontak kemudian diaktifkan dengan menekan tombol *on* yang berada di belakang alat uji.
- b. Tekan tombol *STAND BAY* tunggu proses kalibrasi selama 20 menit sampai pada *display* keluar 0.000 pertanda alat siap untuk mengukur emisi gas.
- c. Hidupkan *Engine*.
- d. Masukkan colokan ukur kedalam lubang knalpot.
- e. Lalu tekan tombol *START* untuk memulai pengukuran dengan melihat angka yang keluar pada *display*.
- f. Catat hasil kandungan gas yang keluar pada *display* setiap variabel rpm IDLE, 1500, 2000, 2500, 3000 kemudian kembali ke 2500, 2000, 1500, IDLE. Untuk mengukur besar putaran *Engine* dengan menggunakan *tacometer*.

g. Selanjutnya pengujian gas emisi menggunakan filter keramik berpori antara *sampel* (0, 5, 10, 15, 20) % volume bahan aditif PVA dipasang pada kenalpot dan kembali ke point d sampai f.

Peneliti melakukan uji gas emisi di laboratorium otomotif BP DIKJUR Semarang dengan menggunakan alat uji Gas *Analyzer*, tipe *STARGAS* 898. Alat ini dapat digunakan untuk mendeteksi gas CO.

### **3.7 Teknik Analisis Data**

Hasil uji bahan keramik berpori dengan aditif bervariasi tertentu untuk pengujian foto mikro, komposisi kimia EDS, SEM, XRD dan serta hasil emisi, disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan gambar yang selanjutnya dianalisa menurut hasil uji masing-masing pengukuran dan pengamatan.



**BAB IV**  
**HASIL UJI DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Uji *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS) Bahan Dasar Keramik Berpori**

**Tabel 4.1** Memperlihatkan hasil komposisi bahan kimia dasar tembaga (Cu), *Clay* Banjarnegara, *Polyvinyl alcohol* (PVA) dan *Titanium Dioksida*(TiO<sub>2</sub>).

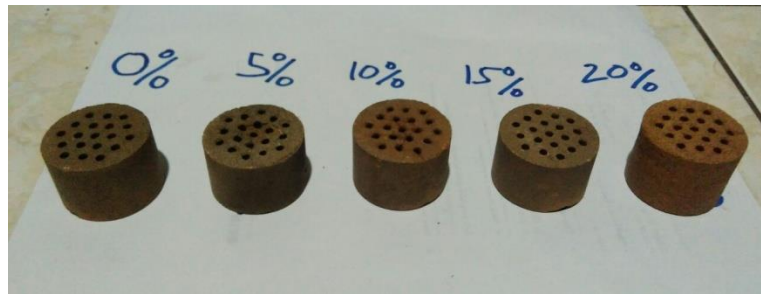
**Tabel 4.1** Hasil Komposisi Kimia Bahan Dasar Keramik Berpori.

No	Nama Unsur	Kandungan Unsur (%)			
		TiO <sub>2</sub>	<i>Clay</i> Banjarnegara	PVA	Cu
1	C	-	6,12	95,91	19,07
2	O	40,58	43,36	0,87	3,83
3	Al	-	2,08	-	0,42
4	Mg	2,48	11,84	-	-
5	Si	0,67	24,74	-	0,40
6	Cl	-	-	-	-
7	K	-	3,17	-	-
8	Ca	-	1,49	-	-
9	Ti	56,26	-	-	-
10	Te	-	7,23	-	-
11	Cu	-	-	3,90	76,28
12	Zn	-	-	-	-
13	Na	-	-	0,93	-

Dari hasil komposisi bahan dasar keramik berpori EDS tersebut dinyatakan bahwa: *Titanium Dioksida* (TiO<sub>2</sub>) mendominasi kandungan Titanium (Ti) sebesar 56,26% dan Oksigen (O) sebesar 40,58%; *Clay* Banjarnegara mendominasi kandungan Oksigen (O) sebesar 43,36% dan Silikon (Si) sebesar 24,74%; *Polyvinyl alcohol* (PVA) mendominasi kandungan Karbon (C) sebesar 95,91%, Tembaga (Cu) mendominasi kandungan Tembaga (Cu) sebesar 76,28%.

## 4.2 Hasil Pembuatan Filter Keramik Berpori

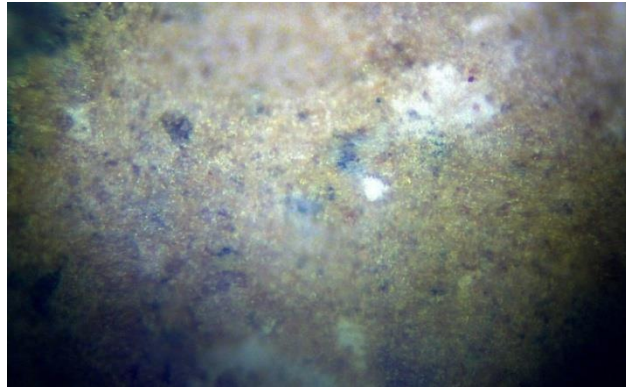
**Gambar 4.1** Menunjukkan hasil pembuatan filter keramik berpori dengan komposisi bahan *Clay* Banjarnegara 70%, Tembaga (Cu) 20%, *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) 10% serta penambahna *Polyvinyl alcohol* sebagai bahan aditif bervariasi (0, 5, 10, 15, 20) % volume. Proses pembuatan sampel dilakukan dengan cara metode *Die Pressing* yaitu menghaluskan semua bahan sampai 100 mesh, penambahan air 15 ml/ 80 gr bahan dasar tanpa aditif kemudian dicetak dengan tekana 8 Mpa penahanan selama 5 menit, pembakaran dilakukan dengan *furnace* hingga mencapai suhu  $800^\circ\text{C}$  dan penahanan selama 1 jam dengan laju pemanasan  $5^\circ\text{C}/\text{menit}$ . Dimensi filter keramik berpori berbentuk silinder dengan diameter 40 mm dan tinggi 50 mm serta memiliki 19 lubang ditengahnya bertujuan untuk reduksi gas buang yang berdiameter 3 mm.



**Gambar 4.1** Filter Keramik Berpori.

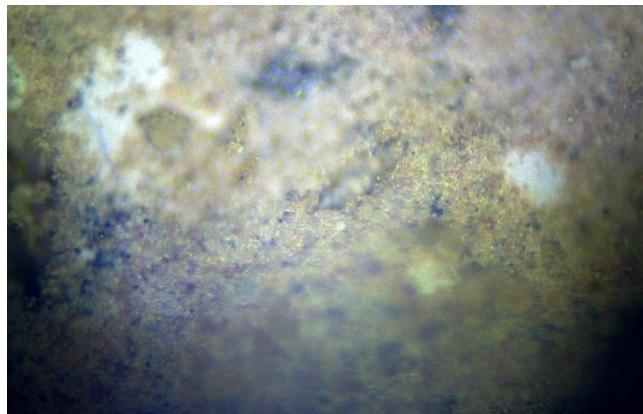
## 4.3 Hasil Uji Struktur Mikro

Dalam penelitian ini, karakteristik distribusi morfologi permukaan secara sederhana dilakukan dengan menggunakan *mikroskop merk Krisbow* yang merupakan *mikroskop* digital, bertujuan agar mengetahui struktur mikro. Hasil karakterisasi distribusi morfologi permukaan dilakukan dengan pembesaran 200X untuk tiap sampel keramik berpaduan PVA (0, 5, 10, 15, 20)% volume.



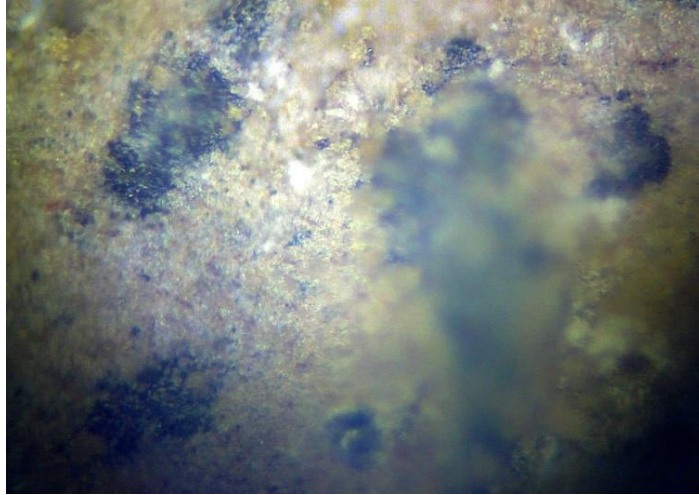
**Gambar 4.2** Foto Mikro Sampel Keramik Berpori dengan penambahan bahan Aditif PVA 0% 200X.

**Gambar 4.2** Dari gambar dibawah bisa dilihat warna coklat adalah *clay* Banjarnegara , bintik putih merupakan *Titanium Dioxida* ( $\text{TiO}_2$ ), dan bintik kuning emas adalah tembaga. Sedangkan PVA yang berwarna putih sebelumnya akan teroksidasi pada suhu  $800^{\circ}\text{C}$  pada saat sintering keramik, jadi PVA tidak akan terlihat pada hasil pengujian.



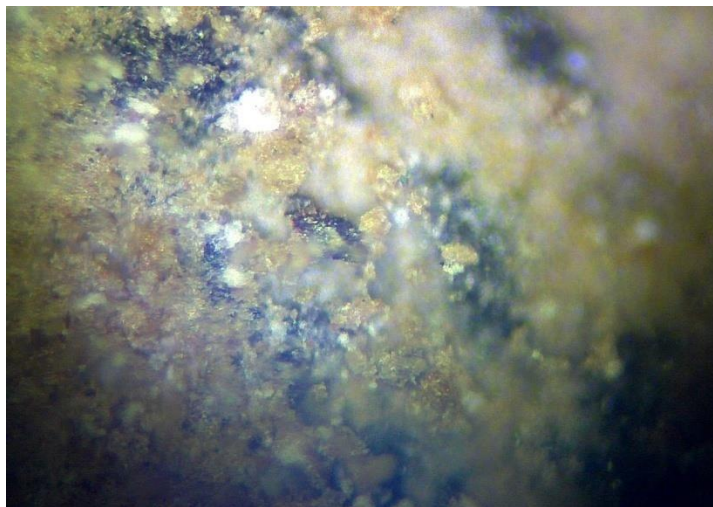
**Gambar 4.3** Foto Mikro Sampel Keramik Berpori dengan Tambahan bahan Aditif PVA 5% 200X.

**Gambar 4.3** Menunjukkam hasil pengamatan struktur morfologi sampel keramik berpori dengan tambahan bahan aditif PVA 5% secara umum masih memperlihatkan struktur yang berwarna coklat yaitu *clay* Banjarnegara, kuning emas yaitu tembaga dan struktur yang berwarna putih adalah *titanium dioksida* dan warna hitam PVA.



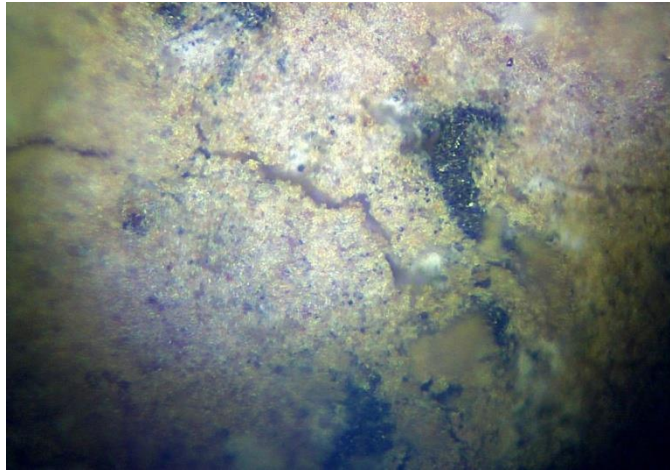
**Gambar 4.4** Foto Mikro Sampel Keramik Berpori dengan Tambahan bahan Aditif PVA 10% 200X.

**Gambar 4.4** Secara umum memperlihatkan struktur yang berwarna coklat yang mendominasi yaitu *clay Banjarnegara*, kuning emas mulai terlihat yaitu tembaga struktur yang berwarna putih adalah *titanium dioksida* dan warna hitam PVA.



**Gambar 4.5** Foto Mikro Sampel Keramik Berpori dengan Tambahan bahan Aditif PVA 15% 200X.

**Gambar 4.5** Menunjukkam hasil pengamatan struktur morfologi sampel keramik berpori dengan tambahan bahan aditif PVA 15% secara umum masih memperlihatkan struktur yang berwarna coklat yang mendominasi adalah *clay Banjarnegara*, struktur yang berwarna putih adalah *titanium dioksida*, kuning emas mulai semakin terlihat yaitu tembaga dan warna hitam yaitu PVA.



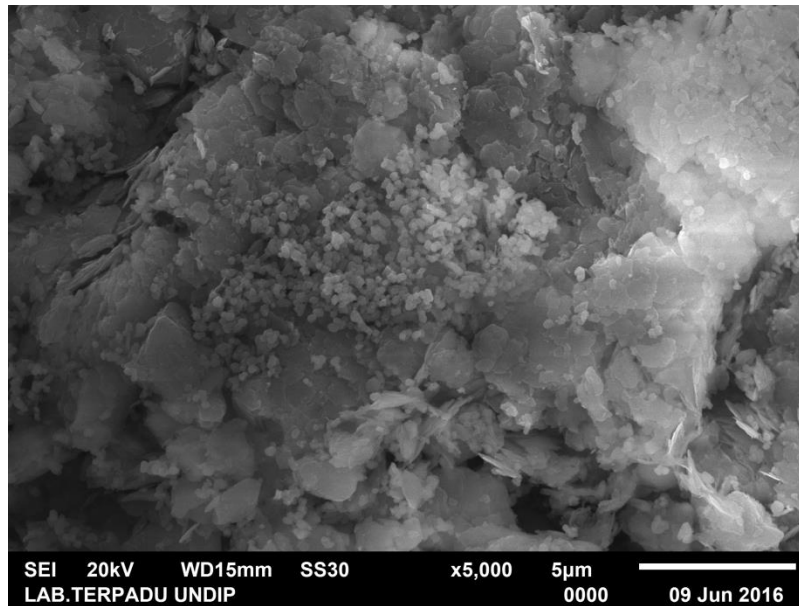
**Gambar 4.6** Foto Mikro Sampel Keramik Berpori dengan Tambahan bahan Aditif PVA 20% 200X.

**Gambar 4.6** Menunjukkan hasil pengamatan struktur morfologi sampel keramik berpori dengan tambahan bahan aditif PVA 20% secara umum masih memperlihatkan struktur yang berwarna coklat yang mendominasi adalah *clay* Banjarnegara, struktur yang berwarna putih adalah *titanium dioksida*, kuning emas mulai semakin terlihat yaitu tembaga dan warna hitam yaitu PVA.

Dari setiap gambar yang berbeda penambahan zat aditif PVA bisa dilihat semakin banyak struktur berwarna hitam. Hal ini disebabkan karena PVA yang teroksidasi di suhu  $800^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan untuk pori-pori masih belum bisa dilihat dengan menggunakan foto mikro.

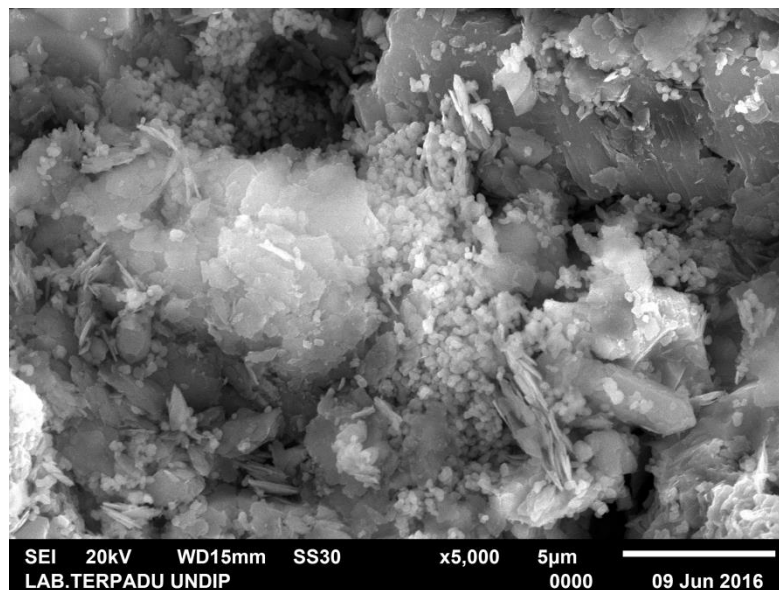
#### **4.4 Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM)**

Dalam penelitian ini, karakteristik distribusi morfologi permukaan juga dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) bertujuan untuk menganalisa seberapa besar tingkat pori-pori yang ada disetiap sampel filter keramik berpori. Hasil karakterisasi distribusi morfologi permukaan dilakukan dengan pembesaran 5000X untuk masing-masing sampel filter keramik berpori dengan penambahan bahan aditif PVA (0, 5, 10, 15, 20)% volume.



**Gambar 4.7** Foto SEM Sampel Keramik Berpori dengan Tambahan Bahan Aditif PVA 0% 5000X.

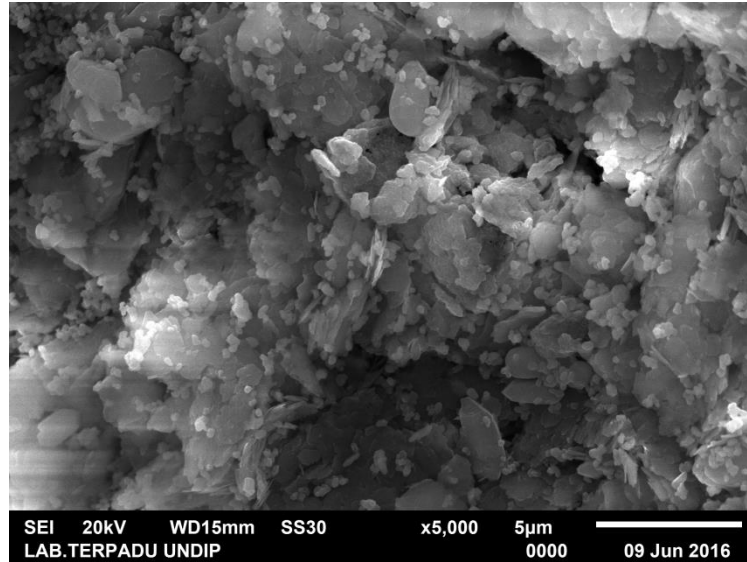
**Gambar 4.7** Setelah penyintering dengan suhu  $800^{\circ}\text{C}$ , terlihat bahwa terdapat banyak butiran kecil pada permukaan sampel keramik berukuran  $\pm 0,5\mu\text{m}$  yang tersebar secara merata dan bergabung menjadi satu kesatuan / *homogen*.



**Gambar 4.8** Foto SEM Sampel Keramik Berpori dengan Tambahan Bahan Aditif PVA 5% 5000X.

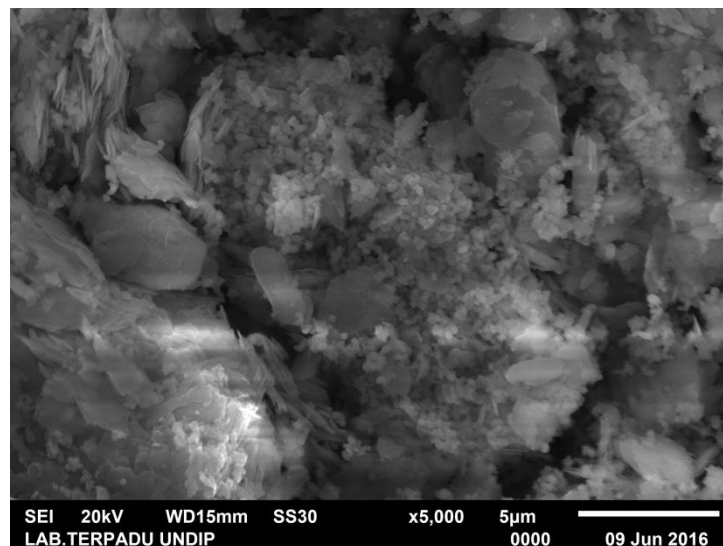
**Gambar 4.8** Setelah proses *sintering* dengan suhu  $800^{\circ}\text{C}$  dengan pembesaran 5000X, dari gambar bisa dilihat partikel berbentuk butiran terlihat seragam dan telah bergabung menjadi satu. Dari perbedaan gambar 4.7 dan 4.8 bisa dilihat dari

banyaknya jumlah pori, hal ini terjadi karena perbedaan jumlah zat aditiv PVA. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.8** menunjukkan hasil dari pengujian SEM keramik berpori dengan tambahan zat aditiv PVA 5%.



**Gambar 4.9** Foto SEM Sampel Keramik Berpori dengan Tambahan Bahan Aditif PVA 10% 5000X.

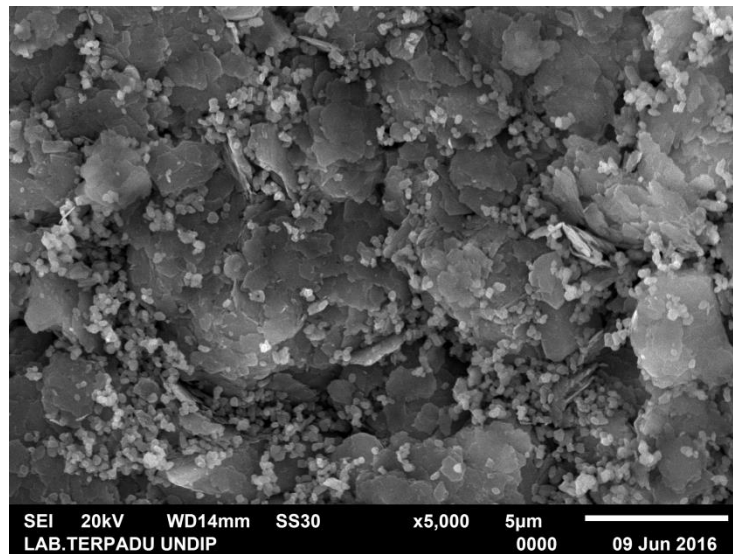
**Gambar4.9** Setelah proses *sintering* dengan suhu 800<sup>0</sup>C dengan pembesaran 5000X, dari gambar bisa dilihat partikel berbentuk butiran terlihat lebih sedikit.



**Gambar 4.10** Foto SEM Sampel Keramik Berpori dengan Tambahan Bahan Aditif PVA 15% 5000X.

**Gambar 4.10** Setelah proses *sintering* dengan suhu 800<sup>0</sup>C dengan pembesaran 5000X, dari gambar bisa dilihat partikel berbentuk butiran terlihat seragam dan

telah bergabung menjadi satu. Di gambar pori yang terlihat lebih kecil dari gambar sebelumnya, tetapi jumlah porinya semakin banyak.



**Gambar 4.11** Foto SEM Sampel Keramik Berpori dengan Tambahan Bahan Aditif PVA 20% 5000X.

**Gambar 4.11** Setelah proses *sintering* dengan suhu  $800^{\circ}\text{C}$  dengan pembesaran 5000X, dari gambar bisa dilihat partikel berbentuk butiran terlihat seragam dan telah bergabung menjadi satu. Dari gambar pori yang terlihat lebih kecil dari gambar sebelumnya ini disebabkan oleh hasil oksidasi PVA yang menghasilkan karbon yang akhirnya menutupi pori.

#### 4.5 Uji X-Ray Diffraction (XRD)

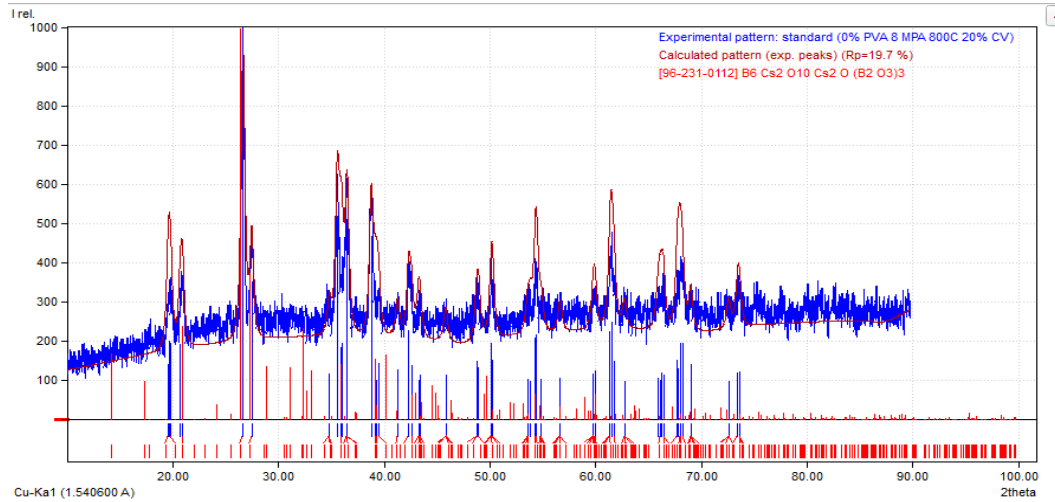
Hasil uji *X-Ray Diffraction* (XRD) bertujuan untuk mengidentifikasi struktur, ukuran butir, unsur dan parameter isi kristal dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar X. Pada tahap ini ada 5 kali pengujian yaitu *specimen* dengan komposisi (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) PVA. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian XRD:

##### 4.5.1 Hasil Uji XRD 0% PVA

Hasil pengujian XRD *specimen* keramik dengan komposisi 70% *clay*, 10%  $\text{TiO}_2$ , 30% Cu dengan tambahan zat aditif 0% PVA mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,64 mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 35,57 mempunyai intensitas 517,7 peak ketiga 36,49



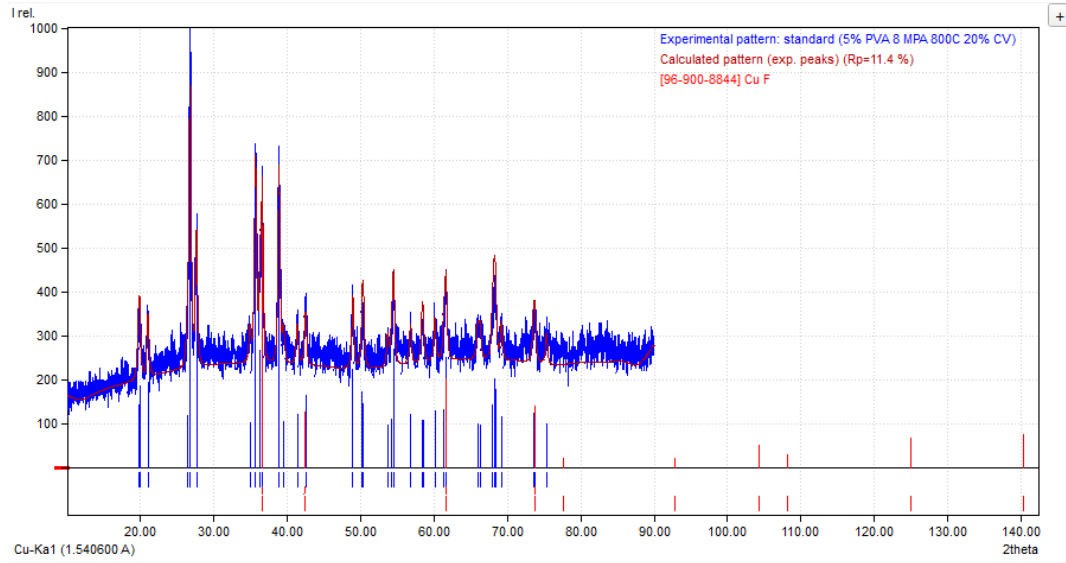
dan mempunyai intensitas 509,8. Karakteristik senyawa atau unsur terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: Cs<sub>2</sub>O (B2 03) 3 (52,9%), B<sub>6</sub>Cs<sub>2</sub>O<sub>10</sub> (52,9%), dan B<sub>6</sub>Cs<sub>2</sub>O<sub>10</sub> (52,9%). **Gambar 4.12** merupakan gambar dari hasil pengujian XRD 0% PVA.



**Gambar 4.12 0% PVA**

#### 4.5.2 Hasil Uji XRD 5% PVA

Hasil pengujian XRD *specimen* keramik dengan komposisi 70% *clay*, 10% TiO<sub>2</sub>, 20% Cu dengan tambahan zat aditif 5% PVA mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,75 dan mempunyai intensitas 1000,0, peak kedua 35,65 mempunyai intensitas 637,8 peak ketiga 38,87 dan mempunyai intensitas 620,5. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: Cu F (100,0%). **Gambar 4.13** merupakan gambar dari hasil pengujian XRD 5% PVA

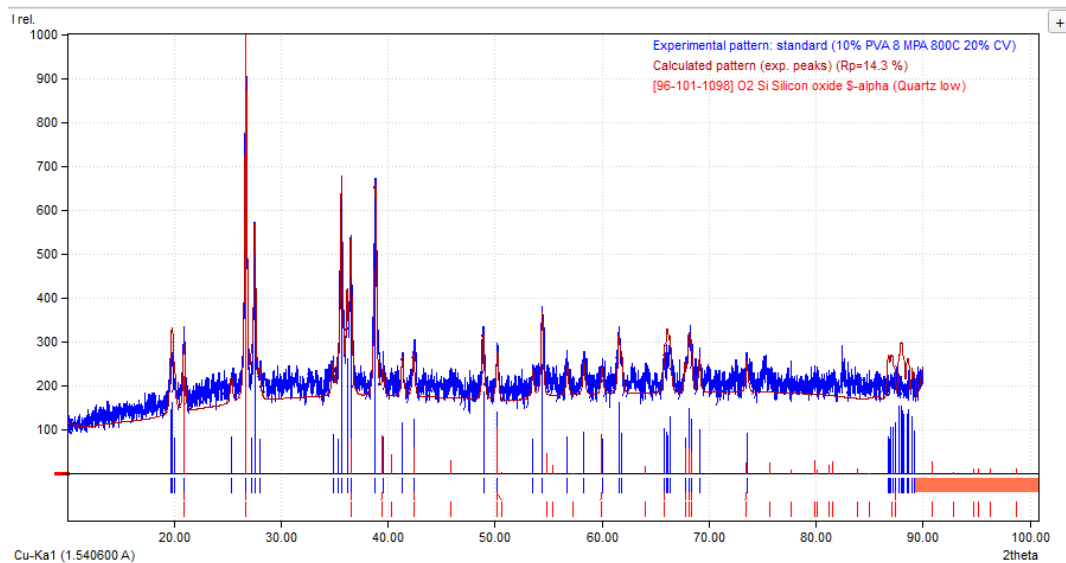


**Gambar 4.13 5% PVA**

#### 4.5.3 Hasil Uji XRD 10% PVA

Hasil pengujian XRD *specimen* keramik dengan komposisi 70% *clay*, 10% TiO<sub>2</sub>, 20% Cu dengan tambahan zat aditif 10% PVA mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,71 dan mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 38,81 mempunyai intensitas 625,4 peak ketiga 36,65 dan mempunyai intensitas 623,6. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: O<sub>2</sub> Si (100,0%) .

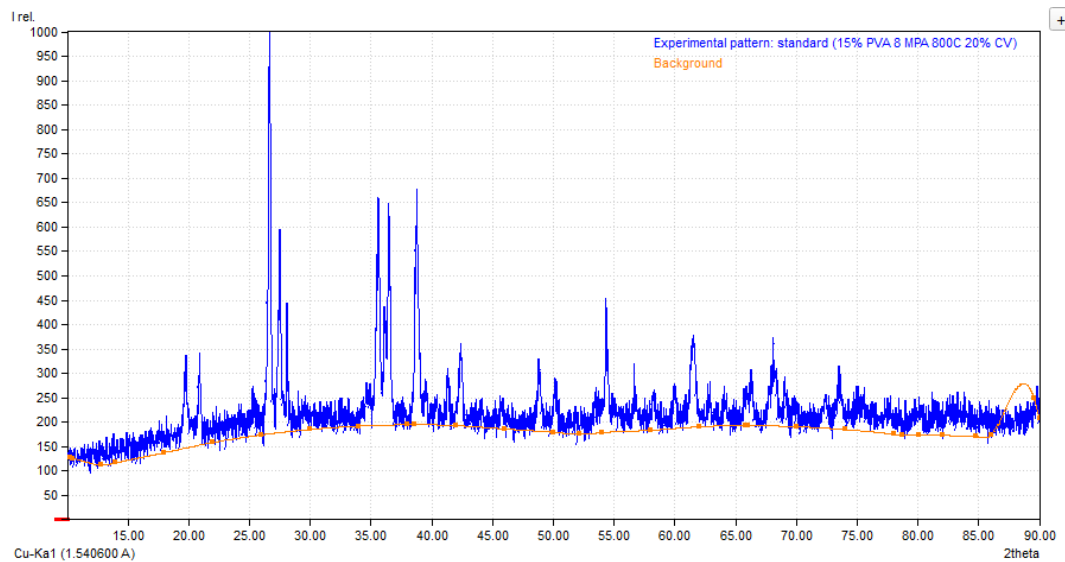
**Gambar 4.14** merupakan gambar dari hasil pengujian XRD 10% PVA.



**Gambar 4.14 PVA 10%**

#### 4.5.4 Hasil Uji XRD 15% PVA

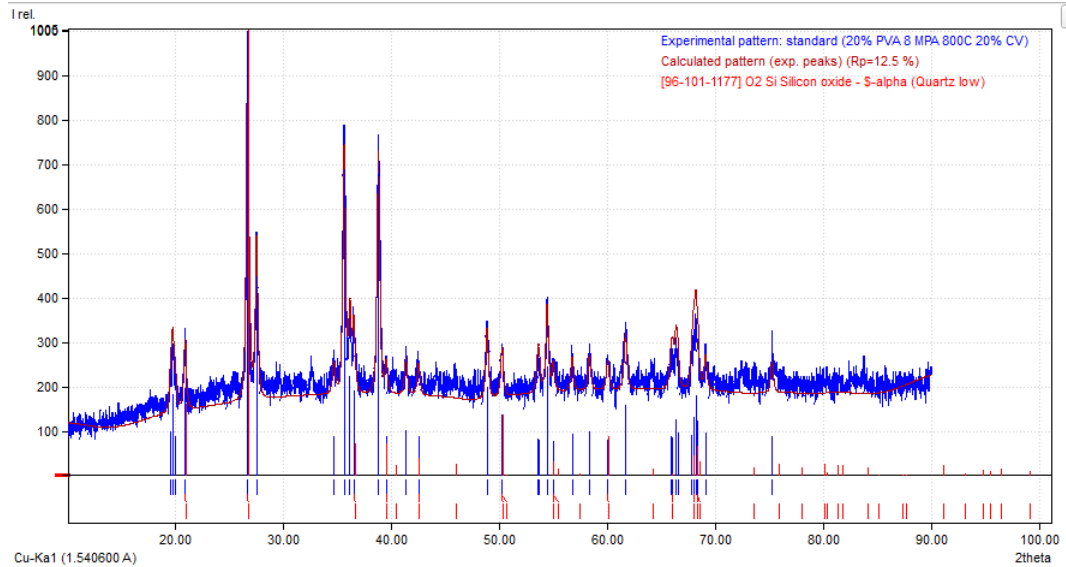
Hasil pengujian XRD specimen keramik dengan komposisi 70% *clay*, 10% TiO<sub>2</sub>, 20% Cu dengan tambahan zat aditif 15% PVA mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,72 dan mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 38,81 mempunyai intensitas 534,5 peak ketiga 36,52 dan mempunyai intensitas 534,4. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: Ag Hg<sub>2</sub> (As O<sub>4</sub>) (100,0%) . **Gambar 4.15** merupakan gambar dari hasil pengujian XRD 15% PVA.



**Gambar 4.15 15% PVA**

#### 4.5.6 Hasil Uji XRD 20% PVA

Hasil pengujian XRD *specimen* keramik dengan komposisi 70% *clay*, 10% TiO<sub>2</sub>, 20% Cu dengan tambahan zat aditif 20% PVA mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,66 dan mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 38,76 mempunyai intensitas 679,4 peak ketiga 35,60 dan mempunyai intensitas 690,3. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: O<sub>2</sub> Si (100,0%). **Gambar 4.16** merupakan gambar dari hasil pengujian XRD 20% PVA

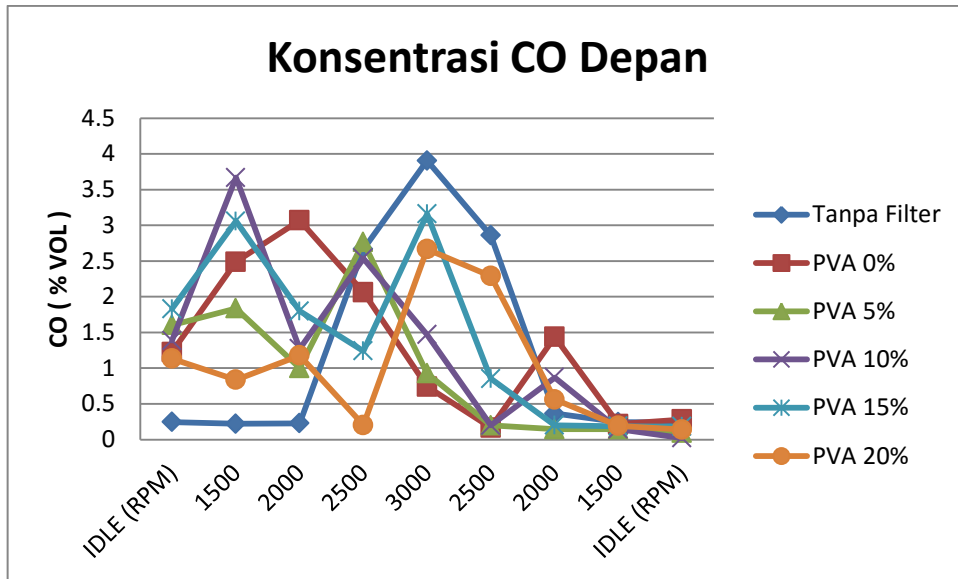


**Gambar 4.16 20 % PVA**

## 4.6 Hasil Gas Emisi

### 4.6.1 Hasil Uji Gas Emisi (filter di posisi depan)

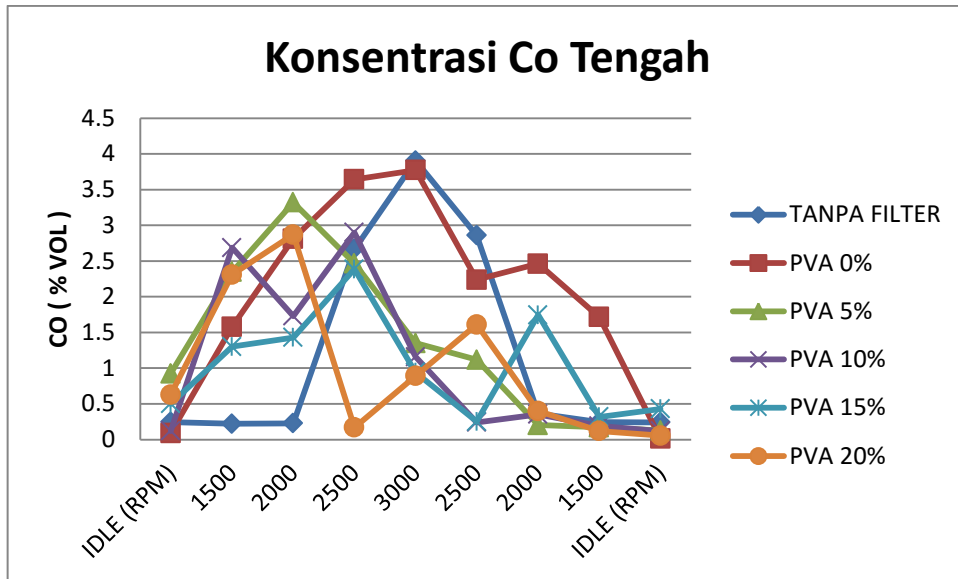
Pengaruh dari penggunaan filter pada posisi depan knalpot terhadap konsentrasi carbon monoksida. Terlihat bahwa konsentrasi CO semakin meningkat seiring dengan bertambah tingginya putaran mesin. Dari grafik kita dapat melihat bahwa penggunaan filter keramik mulai dari 0% PVA sudah dapat menurunkan kandungan gas CO walaupun belum secara signifikan. Pada penggunaan filter dengan komposisi 10% PVA terjadi penurunan drastis yaitu sebesar 93,07% dari konsentrasi CO 2,859% sebelum menggunakan filter dan menjadi 0,198% setelah menggunakan filter berpori dengan tambahan 10% PVA. Penurunan yang signifikan ini terjadi pada saat penurunan dari 3000-2500 Rpm. Pada **Gambar 4.17** menunjukkan grafik dari hasil pengujian konsentrasi carbon monoksida (% vol) tanpa dan dengan menggunakan filter keramik berpori dengan penambahan aditif (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) volume PVA.



**Gambar 4.17** Grafik Konsentrasi CO Terhadap Putaran Mesin Pada Variasi PVA Keramik Berpori Depan.

#### 4.6.2 Hasil Uji Gas Emisi (filter di posisi tengah)

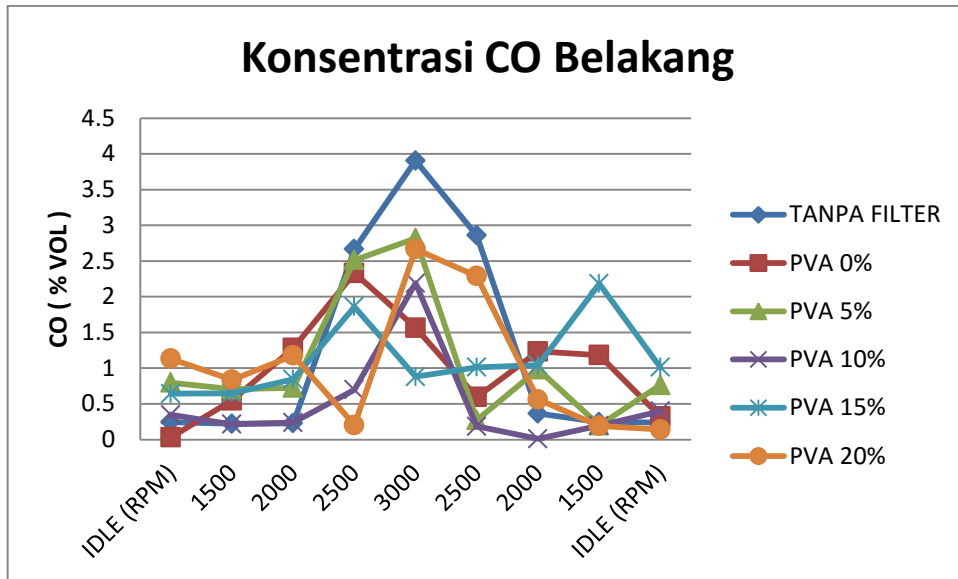
Pengaruh dari penggunaan filter pada posisi depan knalpot terhadap konsentrasi karbon monoksida. Terlihat bahwa konsentrasi CO semakin meningkat seiring dengan bertambah tingginya putaran mesin. Dari grafik dapat melihat bahwa penggunaan filter keramik mulai dari 0% PVA sudah dapat menurunkan kandungan gas CO walaupun belum secara signifikan. Pada penggunaan filter dengan komposisi 10% PVA terjadi penurunan drastis yaitu sebesar 91,57% dari konsentrasi CO 2,895% sebelum menggunakan filter dan menjadi 0,241% setelah menggunakan filter berpori dengan tambahan 10% PVA. Penurunan yang signifikan ini terjadi pada saat penurunan 3000-2500 Rpm. Pada **Gambar 4.18** menunjukkan grafik dari hasil pengujian konsentrasi carbon monoksida (% vol) tanpa dan dengan menggunakan filter keramik berpori dengan penambahan aditif (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) volume PVA.



**Gambar 4.18** Grafik Konsentrasi CO Terhadap Putaran Mesin Pada Variasi PVA Keramik Berpori Tengah.

#### 4.6.3 Hasil Uji Gas Emisi (filter di posisi belakang)

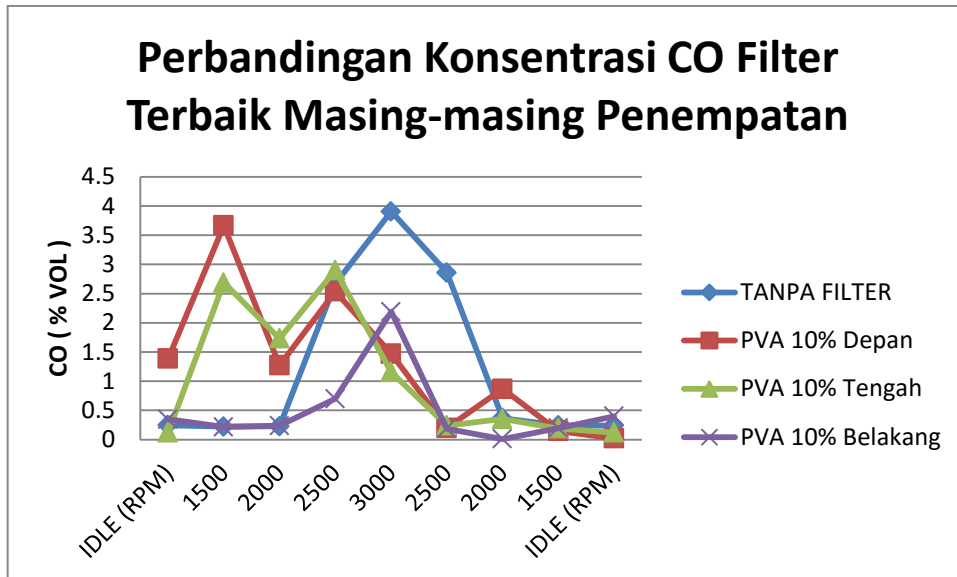
Pengaruh dari penggunaan filter pada posisi depan knalpot terhadap konsentrasi karbon monoksida. Terlihat bahwa konsentrasi CO semakin meningkat seiring dengan bertambah tingginya putaran mesin. Dari grafik kita dapat melihat bahwa penggunaan filter keramik mulai dari 0% PVA sudah dapat menurunkan kandungan gas CO walaupun belum secara signifikan. Pada penggunaan filter dengan komposisi 10% PVA terjadi penurunan yaitu sebesar 93,56% dari konsentrasi CO 2,859% sebelum menggunakan filter dan menjadi 0,184% setelah menggunakan filter berpori dengan tambahan 10% PVA. Penurunan yang ini terjadi pada saat penurunan 3000-2500 Rpm. Pada **Gambar 4.19** menunjukkan grafik dari hasil pengujian konsentrasi karbon monoksida (%vol) tanpa dan dengan menggunakan filter keramik berpori dengan penambahan aditif (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) volume PVA.



**Gambar 4.19** Grafik Konsentrasi CO Terhadap Putaran Mesin Pada Variasi PVA Keramik Berpori Belakang.

#### 4.7 Perbandingan Konsentrasi CO Dari Hasil Reduksi Filter Terbaik Masing-Masing Penempatan

Setelah melakukan pengamatan dari beberapa hasil pengujian maka dibuatlah perbandingan antara filter terbaik dari masing-masing penempatan. Dari 3 penempatan filter dapat diambil filter terbaik dengan komposisi 10% PVA pada penempatan depan, 10% PVA pada penempatan tengah, dan 10% PVA pada penempatan belakang. Sedangkan untuk filter terbaik dari perbandingan adalah 10% PVA pada penempatan belakang. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.20**.



**Gambar 4.20** Perbandingan Filter Terbaik Dari Masing-Masing Penempatan

#### 4.8 Pembahasan Hasil Uji Gas Emisi

Dari hasil pengujian filter keramik berpori dengan berbeda komposisi (0, 5, 10, 15, 20)% PVA dan penempatan (depan, tengah, belakang) maka dapat dilihat bahwa penggunaan filter berhasil. Pada penurunan konsentrasi gas CO dari berbagai pengujian dapat diambil hasil :

1. Pada pemasangan filter di depan penurunan gas CO dapat dilihat pada **Gambar 4.17**. Terjadi penurunan drastis yaitu sebesar 93,07% dari konsentrasi CO 2,859% sebelum menggunakan filter dan menjadi 0,198% setelah menggunakan filter berpori dengan tambahan 10% PVA. Penurunan yang signifikan ini terjadi pada saat penurunan 3000-2500 Rpm.
2. Pada pemasangan filter di tengah penurunan gas CO dapat dilihat pada **Gambar 4.18**. Pada penggunaan filter dengan komposisi 10% PVA terjadi penurunan drastis yaitu sebesar 91,57% dari konsentrasi CO 2,895% sebelum menggunakan filter dan menjadi 0,241% setelah menggunakan filter berpori dengan tambahan 10% PVA. Penurunan yang signifikan ini terjadi pada saat penurunan 3000-2500 Rpm.
3. Pada pemasangan filter dibelakang penurunan gas CO dapat dilihat pada **Gambar 4.19**. Pada penggunaan filter dengan komposisi 10% PVA terjadi penurunan yaitu sebesar 93,56% dari konsentrasi CO 2,859% sebelum



menggunakan filter dan menjadi 0,184% setelah menggunakan filter berpori dengan tambahan 10% PVA. Penurunan yang ini terjadi pada saat penurunan 3000-2500 Rpm.

4. Dari 3 penempatan filter dapat diambil filter terbaik dengan komposisi 10% PVA pada penempatan depan, 10% PVA pada penempatan tengah, dan 10% PVA pada penempatan belakang. Sedangkan untuk filter terbaik dari perbandingan adalah 10% PVA pada penempatan belakang yaitu sebesar 93,56% yang paling baik untuk mereduksi gas CO. Dapat dilihat pada **Gambar 4.20**.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil uji pemasangan filter keramik berpori sebagai *catalytic converter* pada posisi depan mendapatkan penurunan gas CO sebesar 93,07% dengan penambahan 10% PVA.

Pada posisi tengah mendapatkan penurunan gas CO sebesar 91,57% dengan penambahan 10% PVA.

Pada posisi belakang mendapatkan penurunan gas CO sebesar 93,56% dengan penambahan 10% PVA.

Dari perbandingan antara filter masing-masing penempatan pemasangan di posisi belakang knalpot akan lebih banyak mengurangi gas CO yaitu sebesar 93,56%, sedangkan filter yang digunakan dengan kandungan 10% PVA.

2. Dari hasil komposisi bahan dasar keramik berpori EDS tersebut dinyatakan bahwa: *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) mendominasi kandungan Titanium (Ti) sebesar 56,26% dan Oksigen (O) sebesar 40,58%: *Clay* Banjarnegara mendominasi kandungan Oksigen (O) sebesar 43,36% dan Silikon (Si) sebesar 24,74%: *Polyvinyl alcohol* (PVA) mendominasi kandungan Karbon (C) sebesar 95,91%, Tembaga (Cu) mendominasi kandungan Tembaga (Cu) sebesar 76,28%.

3. Dari hasil uji *XRD* yaitu PVA 0% mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,64 mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 35,57 mempunyai intensitas 517,7 peak ketiga 36,49 mempunyai intensitas 509,8. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut:  $\text{Cs}_2\text{O}$  (B2 03) 3 (52,9%),  $\text{B}_6\text{Cs}_2\text{O}_{10}$  (52,9%), dan  $\text{B}_6\text{Cs}_2\text{O}_{10}$  (52,9%).

PVA 5% mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,75 mempunyai intensitas 1000,0, peak kedua 35,65 mempunyai intensitas 637,8 peak ketiga 38,87 mempunyai intensitas 620,5.

Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: Cu F (100,0%).

PVA 10% mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,71 dan mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 38,81 mempunyai intensitas 625,4 peak ketiga 36,65 mempunyai intensitas 623,6. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: O2 Si (100,0%).

PVA 15% mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,72 dan mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 38,81 mempunyai intensitas 534,5 peak ketiga 36,52 mempunyai intensitas 534,4. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: Ag Hg2 (As O4) (100,0%).

PVA 20% mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,66 mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 38,76 mempunyai intensitas 679,4 peak ketiga 35,60 mempunyai intensitas 690,3. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: O2 Si (100,0%).

4. Dalam pengujian Foto Mikro dapat disimpulkan hasil *mikrostruktur* foto mikro diketahui semakin bertambahnya bahan Aditif PVA terlihat warna hitam semakin bertambah karena bertambahnya kandungan Cu, dalam pengujian SEM keramik berpori nilai porositas antara 0,5 - 4  $\mu\text{m}$ . Hal ini disebabkan pada penambahan aditif dan tekanan.

## 5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian maka didapatkan saran guna mendapatkan hasil yang lebih baik lagi di penelitian berikutnya :

1. Sebaiknya untuk penelitian lebih lanjut perlu dibuat filter keramik berpori dengan diameter lebih besar, lubang lebih banyak dan ukuran lebih panjang. Supaya gas buang yang keluar dapat menyentuh pori-pori filter yang lebih banyak.

2. Untuk kekuatan dan kekerasan filter diharapkan dapat ditingkatkan, karena tekanan udara gas buang dalam knalpot sangat tinggi jadi rentan akan hancur.
3. Untuk pengujian selanjutnya diharapkan bisa diterapkan pada kendaraan yang bersistem bahan bakar injeksi.
4. Untuk diterapkan pada kendaraan keseharian, untuk pemasangan filter terbaik bisa ditempatkan belakang.
5. Untuk pengurangan bahan aditif dilakukan secara teliti, supaya sesuai dengan ukuran *presentase*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Albert Cotton; Geoffrey Wilkinson. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. Penerjemah: Suharti Suharto. Pendamping Yanti R.A. Koestor. Cetakan Pertama. Jakarta. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Amin. M dan Subri. M. 2015. *Pengaruh Tambahan Tembaga Terhadap Densitas Material Ceramic Matrix Composit (CMC) Untuk Aplikasi Filter Gas Emisi Kendaraan*. Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang. Traksi Vol. 15 No. 1 Juni 2015. ISSN: 1693-3451.
- Ardiansyah. A. 2015. *Sintesis Nanao Silika Dengan Metode Sol-Gel Dan Uji Hidrofobitasnya Pada Cat Akrilik*. Semarang: Universitas Negeri Semarang. Indonesia Journal Of Chemical Science ISSN No 2252-6951.
- Arifin. Z. Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Penerbit Alfabeta Bandung.
- Bachrun R.K. 1993. *Polusi Udara Perkotaan, Pemantauan Dan Pengaturan*. Lab Termodinamika PAU ITB. Bandung.
- Barsoum, M. W., 1997, *Fundamental of Ceramics*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Basuki. K.T. 2007. *PENURUNAN Co DAN No<sub>2</sub> Pada Emisi Gas Buang Dengan Menggunakan Media Lokal Pada Karbon Aktif Penyisipan TiO*. JFN.
- Chawla, K.K., 1993, *Ceramic Matrix Composites*, University Press, Cambridge, Great Britain.
- Gade. M. 2012. *Keramik Kordierite Berpori Sebagai Bahan Aditif Gas Buang*. (Jurnal). Medan: UMN Al-Washilah.
- Green, D. J., 1998, *An Introduction to the Mechanical Properties of Ceramic*,
- Gunawan. B & Azhari. C.D. 2010. *Karakterisasi Spektrofotometri I R Dan Scanning Electron Microscopy (SEM) Sensor Gas Dari Bahan Polimer Poly Ethelyn Glycol (PEG)*. Kudus. Universitas Muria Kudus. ISSN: 1979-6870
- Hidayat. R. 2010. *Analisa Gas Buang Kendaraan Bermotor Dengan Media Absorpsi Karbon Aktif Jenis GAC Dan PAC*. (Jurnal). Depok: Universitas Gunadarma.

- Ilcham. A, dkk, 2013. *Pengaruh Oli Sludge Pertamina Surabaya Terhadap Kuat Tekan Keramik Tradisional*. Yogyakarta: UPN Veteran. Vol. 11. Nomor 1 Juni 2013. ISSN : 2460-8203.
- Irawan, R.M Bagus. 2003. *Rancang Bangun Calalytic Converter dengan Material Substrat Tembaga (Cu) untuk Mereduksi Emisi Gas CO*, Tesis MIL UNDIP
- Irawan, R.M Bagus. 2009. *Efektivitas Pemasangan Catalytic Converter Kuningan Terhadap Penurunan Emisi Gas Carbon Monoksida Pada Kendaraan Motor Bensin*. Traksi. Vol. 9. No. 1, Juni 2009. Semarang. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Irawan. RM. Bagus & Subri. Muhammad. 2005. *Unjuk Kemampuan Catalytic Converter Dengan Katalis Kuningan Untuk Mereduksi Gas Hidro Carbon Motor Bensin*. Traksi vol.3 no.2 Desember 2005. Semarang. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Maryanto. Dicky, Dkk 2009 *Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (Co) Dengan Penambahan Arang Aktif Pada Kendaraan Bermotor Di Yogyakarta* Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta ISSN : 1978-0575 Vol. 3, No. 3, September 2009.
- Nugrokho. Y. 2012. *Analisis Kegagalan Las Dan Rekomendasi Standard Operating Procedure (SOP) Pada Pengelasan Pipa Kondensor PT. Siemens Indonesia*. (Jurnal). Semarang: Universitas Diponegoro. eprints.undip.ac.id
- Octoviawan. N.A. 2010. *Energy Dispersion X-ray spectroscopy*. <http://nurazioctoviawan.blogspot.co.id/2010/05pendahuluan-energy-dispersion-x-ray.html> Diakses pada tanggal 15 Mei 2016.
- Purbasari. A dan Sumadhi. T. W. 2005. *Pengembangan Produk Keramik Berpori Dengan Proses Ekstrusi Pada Skala Laboratorium*. Bandung: ITB. Jurnal
- Puspitasari. D. 2013. *Analisa Sifat Mekanik Dan Foto Mikroskopis Keramik Berbahan Dasar Lempung Bersisik (Scaly Clay) Formasi Karang Sambung Kebumen*. Semarang: Universitas Negeri Semarang. Jurnal Fisika dan Aplikasinya Spektra: [Vol 14, No 1 \(2013\)](#).

- Razif. M, Dkk. 2005. *Capability Test On Zeolites As Catalytic Converters To Reduce Air Pollutants From Gasoline Engines*. Surabaya: ITS. Vol. 16, No. Februari 2005 – Majalah IPTEK.
- Sagala, A.R.M.N.,2011 *Meningkatkan Sifat Mekanis Tembaga Komersil Untuk Bahan Propeller Kapal Nelayan Dengan Metode Accumulative Roll-Bonding* Departemen Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sandara. K. O, dkk, 2014. *Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Densitas Dan Porositas Pada Membran Keramik Berpori Zeolit, Tanah Lempung, Arang Batok Kelapa, Dan Polivinil Alkohol (PVA)*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta. ISSN: 0853-0823.
- Sari. A, dan Suprpto. 2010. *Studi Pengaruh Dekomposisi Pasir Besi Dengan Naoh Terhadap Pemisahan Titanium*. Surabaya: Intitusi Teknologi Sepuluh Nopember. Jurnal sains dan seni pomits.
- Sembiring. M.T & Sinaga. T.S. 2003 . *Arang Aktif ( Pengenalan dan Proses Pembuatan)*. Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara.
- Setyowarno. D. 2010, *Peningkatan Jumlah Kendaraan Bermotor di Semarang*, Suara Merdeka.
- Sheftel. V.O. 2000. *Indirect Food additives and polymer : migration and Toxicology*. Boca Raton London New York Washington, DC: Lewis Publisher.
- Shofa. 2012. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu Dengan Aktivasi Kalium Hidroksida*. (Jurnal). Depok: Universitas Indonesia.
- Sudirjo. E. 2006. *Pembuatan Arang Aktif Dari Kulit Kacang Tanah (Arachis Hypogaeae) Dengan Aktivator Asam Sulfat*. Laporan Tugas Akhir. Semarang. Universitas Diponegoro.
- Sulistya. R. 2007. Membuat Keramik. [http://www.studiokeramik.org/2007\\_10\\_01\\_archive.html](http://www.studiokeramik.org/2007_10_01_archive.html). diakses pada 14 Mei 2016.
- Susanti. 2012. *Preparasi TiO<sub>2</sub>-Anatas Tersensitifkan Nanopartikel Perak (TiO<sub>2</sub>A@Ag) Untuk Foto Degradasi Metilin Biru*.(Jurnal). Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Swisscontact, 2003, *Clean Air Project*, Jakarta.

- Swisscontact. 2000. *Analisa Kinerja Mesin Diesel Berdasarkan Hasil Uji Emisi*. Jakarta.
- Syahrani. A. 2006. *Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi*. Jurnal Smartek Vol 4. No 4 (2006): 260-266. Palu : Universitas Tadulako.ISSN: 1693-0460.
- Syakur. A. 2008. *Pengaruh Unsur Besi dan Stronsium Terhadap Pembentukan Fasa Intermetalik  $\alpha$ -Al<sub>8</sub>Fe<sub>2</sub>Si*. (Jurnal). Depok: Universitas Indonesia. FT. UI 2008.
- Tambunan. T. D, 2008. *Pembuatan Keramik Berpori Sebagai Filter Gas Buang Dengan Aditif Karbon Aktif*. (Jurnal). Medan: Universitas Sumatra Utara. Termodinamika PAU Intitut Teknologi Bandung, Bandung.
- Tjokroso. 1995. *Pengantar Konsep Teknologi Bersih*. Yogyakarta. Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan. University Press, Cambridge, Great Britain.
- Wardhana. W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta. Penerbit Andi.
- Wiliastuti. R.A. 2006. *Studi Penumbuhan Membran Polyvinyl Alcohol (Pva) Dengan Variasi Konsentrasi Pva Menggunakan Metode Spin Coating Di Atas Lapisan Elektroda Platinu*. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Lampiran 1.

Gambar Proses Pembuatan keramik berpori





Gambar 1. Penggilingan bahan



Gambar 2. Proses *Mesh*



Gambar 3. Proses penakaran bahan



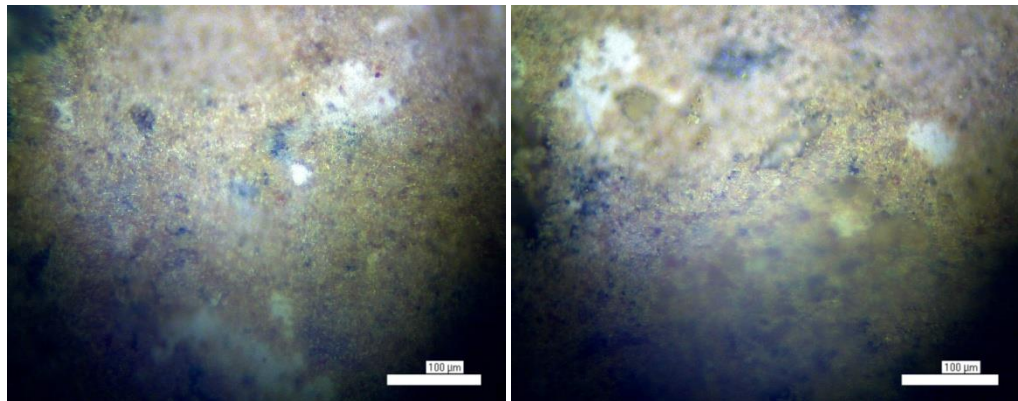
Gambar 4. Proses pencetakan keramik berpori



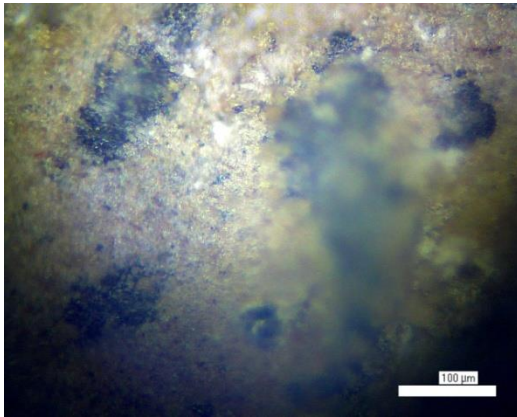
Gambar 5. Proses *sintering*

Lampiran 2. Hasil Uji Struktur Mikro

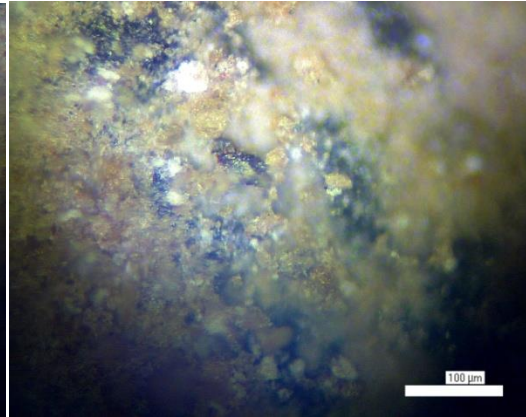
Pembesaran 200X



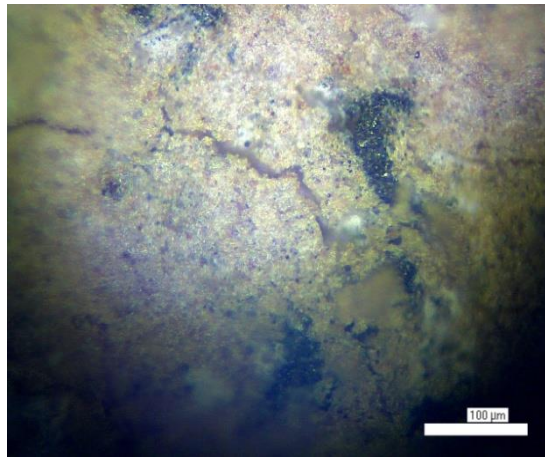
0%PVA



5%PVA



10%PVA

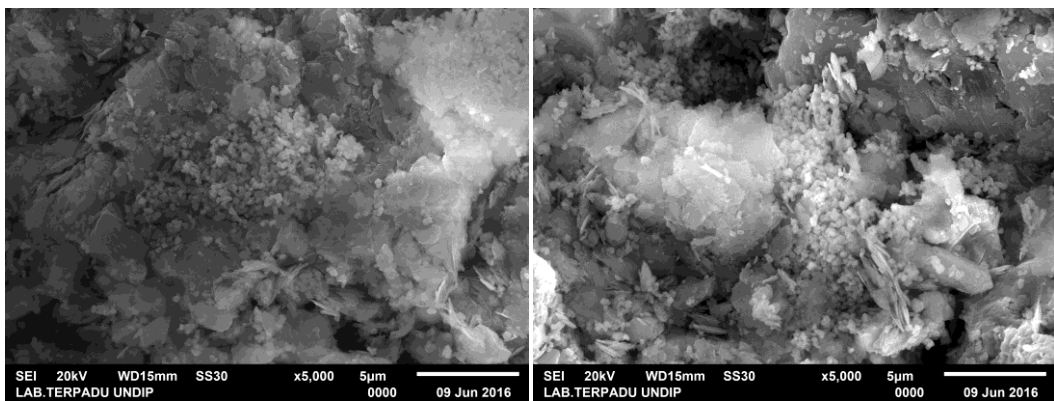


15%PVA

20%PVA

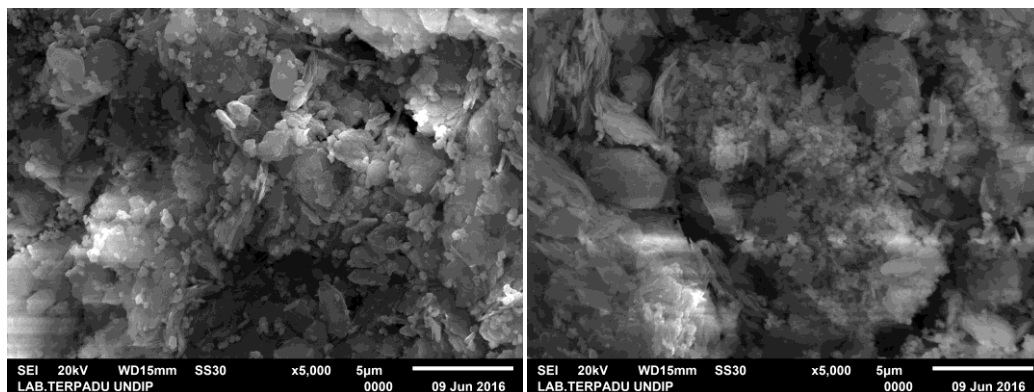
### Lampiran 3. Hasil uji SEM

#### Pembesaran 5000X



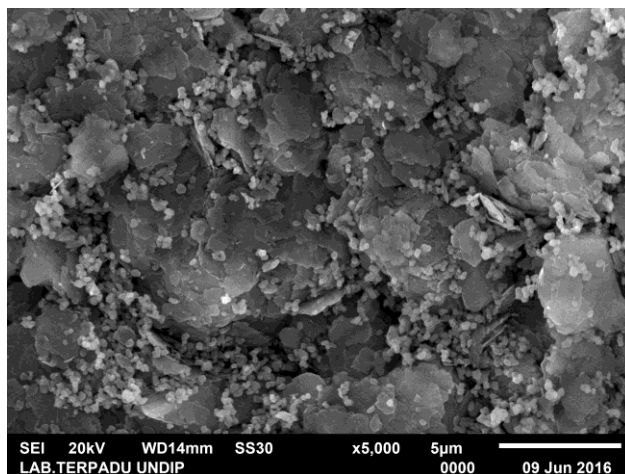
0%PVA

5%PVA



10%PVA

15%PVA



20%PVA

#### Lampiran 4. Hasil Uji XRD

##### Hasil Uji 0%PVA

\*\*\* Basic Data Process \*\*\*

Group : KENSA

Data : Tegar

# Strongest 3 peaks

no.	peak	2Theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated	Int
no.	(deg)	(Å)	(deg)	(Counts)	(Counts)			
1	12	26.8715	3.31519	100	0.34300	283	5335	
2	23	35.8002	2.50620	50	0.34820	142	2889	
3	24	36.6685	2.44882	49	0.37930	139	3065	

# Peak Data List

peak	2Theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated	Int
no.	(deg)	(Å)	(deg)	(Counts)	(Counts)		
1	10.5984	8.34049	3	0.23330	8	206	
2	14.9177	5.93387	3	0.22500	8	170	
3	16.2222	5.45952	3	0.05100	9	61	

4	17.7187	5.00164	3	0.18000	9	131
5	18.0531	4.90974	5	0.15000	13	159
6	19.9819	4.43996	18	0.50200	52	1414
7	21.1162	4.20395	20	0.38300	58	1238
8	23.0650	3.85297	3	0.14000	9	86
9	23.7884	3.73741	4	0.19000	11	236
10	24.4870	3.63235	3	0.09000	9	104
11	25.5800	3.47956	5	0.26000	15	272
12	26.8715	3.31519	100	0.34300	283	5335
13	27.7175	3.21589	32	0.32200	91	1658
14	28.1259	3.17012	6	0.07000	16	113
15	29.0392	3.07246	3	0.15730	8	77
16	30.0682	2.96962	3	0.11000	8	113
17	31.3717	2.84914	3	0.18000	9	142
18	32.3426	2.76579	4	0.11600	10	86
19	32.7701	2.73068	5	0.14000	14	120
20	33.4094	2.67987	3	0.10000	9	77
21	34.5183	2.59628	4	0.12000	11	93
22	34.9820	2.56292	8	0.31830	22	387
23	35.8002	2.50620	50	0.34820	142	2889
24	36.6685	2.44882	49	0.37930	139	3065
25	37.3668	2.40464	4	0.12200	10	111
26	38.9921	2.30807	46	0.40850	130	2836
27	39.7141	2.26776	10	0.22660	28	468
28	40.6784	2.21620	3	0.13000	8	68
29	40.8882	2.20531	3	0.09000	8	41
30	41.4978	2.17431	8	0.27000	24	368
31	42.5987	2.12063	19	0.38670	54	1152
32	43.5182	2.07793	7	0.29330	21	303
33	44.1712	2.04872	4	0.32000	12	221
34	45.1157	2.00800	5	0.15000	13	125
35	45.7703	1.98079	3	0.13000	9	77
36	46.0377	1.96991	6	0.29500	16	295
37	48.0416	1.89231	5	0.26500	14	185
38	48.3665	1.88036	4	0.11500	11	70
39	49.0312	1.85641	14	0.33500	39	725
40	50.0482	1.82104	3	0.08000	9	65
41	50.3784	1.80988	16	0.29270	46	774
42	53.4517	1.71284	5	0.23000	13	185
43	53.8216	1.70193	7	0.25000	19	236
44	54.1065	1.69364	4	0.24000	10	126
45	54.5475	1.68099	20	0.32250	56	865
46	55.0761	1.66610	7	0.20000	20	208
47	55.3976	1.65719	4	0.07670	10	59
48	55.7841	1.64662	6	0.13670	17	160
49	56.8679	1.61778	5	0.19500	15	238
50	58.4049	1.57882	6	0.20000	17	286
51	59.0646	1.56275	4	0.16000	10	88
52	59.2971	1.55717	4	0.30500	10	125
53	60.1237	1.53773	12	0.43310	34	772
<b>peak 2Theta d I/I1 FWHM Intensity Integrated Int</b>						
<b>no. (deg) (A) (deg) (Counts) (Counts)</b>						
54	60.9473	1.51890	4	0.15330	12	143
55	61.6778	1.50266	25	0.45200	70	1785
56	62.3286	1.48852	3	0.13000	9	73
57	62.6615	1.48141	5	0.16400	14	121

58 63.0133 1.47398 9 0.22000 26 347  
59 63.5499 1.46282 4 0.12000 10 65  
60 63.8881 1.45589 3 0.11000 9 54  
61 64.1963 1.44965 6 0.29330 18 264  
62 64.8078 1.43744 5 0.15660 14 103  
63 65.1960 1.42981 3 0.06670 8 34  
64 65.5476 1.42299 4 0.13000 10 72  
65 66.1524 1.41144 8 0.42000 23 485  
66 66.5748 1.40351 10 0.26500 28 396  
67 67.6219 1.38430 5 0.16000 13 192  
68 67.9419 1.37856 13 0.24000 36 464  
69 68.3250 1.37176 22 0.31330 63 1062  
70 69.2275 1.35606 11 0.18800 31 325  
71 69.6380 1.34907 4 0.08670 11 56  
72 69.9346 1.34407 3 0.21330 9 109  
73 70.3212 1.33763 4 0.12000 11 75  
74 70.6844 1.33164 4 0.15330 11 88  
75 71.1609 1.32389 4 0.18660 11 115  
76 71.9307 1.31160 4 0.10000 11 98  
77 72.4606 1.30331 6 0.32000 18 262  
78 72.7205 1.29929 5 0.20000 15 180  
79 73.6802 1.28472 11 0.52000 30 744  
80 74.3021 1.27550 3 0.08400 9 47  
81 75.2398 1.26192 7 0.24000 21 286  
82 75.6763 1.25572 6 0.32670 18 300  
83 76.1729 1.24876 4 0.17330 12 134  
84 77.6867 1.22817 6 0.26500 17 306  
85 78.0990 1.22271 4 0.12000 11 75  
86 78.5839 1.21638 4 0.09000 10 52  
87 79.9735 1.19870 7 0.23000 19 233  
88 80.2585 1.19516 4 0.20000 11 156  
89 81.3782 1.18152 8 0.20000 24 299  
90 82.7278 1.16564 7 0.32660 19 377  
91 83.3197 1.15886 4 0.20400 12 139  
92 83.6576 1.15503 3 0.08000 9 52  
93 83.9875 1.15133 6 0.27340 16 226  
94 84.5156 1.14548 7 0.19670 20 209  
95 85.5871 1.13386 4 0.26000 10 169  
96 86.0635 1.12880 3 0.26670 8 106  
97 86.7633 1.12149 5 0.18670 15 139  
98 87.1799 1.11720 3 0.12670 9 57  
99 87.5156 1.11378 3 0.21170 9 103  
100 87.9464 1.10943 4 0.14000 12 113  
101 89.1627 1.09742 3 0.18670 9 100  
102 89.7306 1.09194 7 0.35730 21 377

\*\*\* Basic Data Process \*\*\*

# Data Infomation

Group : KENSA

Data : Tegar

Sample Nmae : standard

Comment : 0% PVA 8 MPA 800C 20% CV

Date & Time : 06-13-16 07:55:35

# Measurement Condition

X-ray tube

target : Cu

voltage : 30.0 (kV)

current : 30.0 (mA)  
Slits  
Auto Slit : not Used  
divergence slit : 1.00000 (deg)  
scatter slit : 1.00000 (deg)  
receiving slit : 0.15000 (mm)  
Scanning  
drive axis : Theta-2Theta  
scan range : 10.0000 - 90.0000 (deg)  
scan mode : Continuous Scan  
scan speed : 2.0000 (deg/min)  
sampling pitch : 0.0200 (deg)  
preset time : 0.60 (sec)  
# Data Process Condition  
Smoothing [ AUTO ]  
smoothing points : 21  
B.G.Subtraction [ AUTO ]  
sampling points : 21  
repeat times : 30  
Kal-a2 Separate [ MANUAL ]  
Kal a2 ratio : 50 (%)  
Peak Search [ AUTO ]  
differential points : 19  
FWHM threshold : 0.050 (deg)  
intensity threshold : 30 (par mil)  
FWHM ratio (n-1)/n : 2  
System error Correction [ YES ]  
Precise peak Correction [ YES ]  
 $Y = b \cdot X + c \cdot X + d$   
b : 0.000000  
c : 0.000000  
d : 0.000000

Hasil Uji 5%PVA

\*\*\* Basic Data Process \*\*\*

Group : KENSA

Data : Tegar2

# Strongest 3 peaks

no.	peak	2Theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated	Int
no.	(deg)	(A)	(deg)	(Counts)	(Counts)			
1	14	26.7806	3.32623	100	0.33480	348	5822	
2	26	35.6981	2.51313	60	0.37260	210	3987	
3	29	38.8802	2.31446	60	0.37110	208	4477	

# Peak Data List

peak	2Theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated	Int
no.	(deg)	(A)	(deg)	(Counts)	(Counts)		
1	13.9449	6.34555	3	0.17330	10	132	
2	17.4691	5.07254	3	0.14000	12	123	
3	18.0481	4.91109	5	0.37340	17	331	
4	18.2478	4.85779	4	0.14660	15	111	
5	19.8782	4.46289	17	0.43000	58	1367	
6	21.0269	4.22160	17	0.28410	59	909	
7	22.0533	4.02738	4	0.24800	14	200	
8	23.4283	3.79404	3	0.08170	10	105	
9	24.3323	3.65509	3	0.03420	12	50	
10	24.4721	3.63452	3	0.28000	10	202	
11	25.5334	3.48581	7	0.28670	25	429	
12	26.1290	3.40769	3	0.10400	10	61	
13	26.3487	3.37977	5	0.24000	19	501	
14	26.7806	3.32623	100	0.33480	348	5822	
15	27.6056	3.22867	38	0.34650	132	2425	
16	28.2457	3.15694	5	0.20000	18	358	
17	29.5772	3.01779	4	0.19330	15	270	
18	30.8583	2.89536	3	0.07200	12	61	
19	31.4266	2.84428	3	0.13000	10	78	
20	32.5569	2.74807	3	0.16670	12	87	
21	32.7381	2.73327	3	0.15600	11	103	
22	33.9614	2.63757	3	0.24500	11	177	
23	34.3785	2.60651	3	0.06660	10	47	
24	34.5783	2.59191	5	0.12000	19	163	
25	34.9180	2.56747	7	0.31000	26	434	
26	35.6981	2.51313	60	0.37260	210	3987	
27	36.2168	2.47832	19	0.34000	66	1200	
28	36.5458	2.45676	49	0.41280	171	3015	
29	38.8802	2.31446	60	0.37110	208	4477	
30	39.6141	2.27325	5	0.00000	17	0	
31	40.3011	2.23607	3	0.12500	11	143	
32	40.4935	2.22589	3	0.12000	11	95	
33	41.1281	2.19300	3	0.13000	11	79	



34	41.3935	2.17955	10	0.25470	36	467
35	42.5293	2.12393	15	0.37150	53	1042
36	43.4816	2.07960	6	0.18000	20	277
37	44.0513	2.05401	3	0.16000	10	108
38	44.3011	2.04301	4	0.14000	14	119
39	45.8718	1.97664	3	0.21300	10	188
40	48.0716	1.89120	3	0.12500	11	105
41	48.8928	1.86134	20	0.32170	69	1096
42	49.2286	1.84943	4	0.12660	13	127
43	50.2644	1.81372	16	0.25930	57	882
44	52.0073	1.75696	3	0.14000	11	150
45	53.4633	1.71249	3	0.15330	10	128
46	53.7149	1.70506	7	0.19670	23	213
47	54.1065	1.69364	3	0.17340	12	163
48	54.4665	1.68330	25	0.27550	87	1224
49	54.9561	1.66945	4	0.22000	14	260
50	56.7775	1.62014	10	0.17600	34	346
51	57.9650	1.58975	3	0.12000	10	110
52	58.4049	1.57882	10	0.32000	35	681
53	60.0988	1.53830	11	0.26240	39	603
<b>peak 2</b>						
<b>Theta d I/I1 FWHM Intensity Integrated Int</b>						
<b>no. (deg) (A) (deg) (Counts) (Counts)</b>						
54	60.3442	1.53263	3	0.20000	12	117
55	60.9060	1.51983	3	0.15600	10	82
56	61.5709	1.50501	22	0.46000	78	1744
57	62.0986	1.49348	3	0.17000	11	113
58	62.9467	1.47538	6	0.20670	22	328
59	63.7014	1.45971	4	0.10330	13	84
60	64.2463	1.44864	6	0.20670	22	253
61	64.6588	1.44039	3	0.12800	11	74
62	65.0441	1.43279	4	0.07710	15	73
63	65.6625	1.42078	3	0.13340	11	95
64	65.9624	1.41505	9	0.36000	30	483
65	66.3189	1.40830	11	0.25330	37	408
66	66.6055	1.40294	4	0.19330	15	191
67	67.9419	1.37856	12	0.38000	43	789
68	68.2618	1.37287	20	0.36000	69	1203
69	69.1525	1.35735	11	0.31800	38	625
70	69.9538	1.34375	6	0.16910	21	211
71	71.9707	1.31097	3	0.16000	11	104
72	72.4306	1.30378	7	0.26000	25	364
73	73.2853	1.29067	4	0.21000	14	134
74	73.6662	1.28493	10	0.41200	36	690
75	74.4300	1.27363	5	0.23340	16	204
76	74.8359	1.26772	4	0.15200	14	106
77	75.1398	1.26335	5	0.26000	18	206
78	75.4198	1.25935	8	0.28000	27	339
79	75.7567	1.25459	5	0.18600	18	160
80	76.1771	1.24871	3	0.14500	11	83
81	76.7152	1.24128	3	0.18170	11	122
82	77.3168	1.23312	3	0.12500	10	174
83	78.1056	1.22263	5	0.10670	19	136
84	78.5322	1.21705	3	0.09330	11	71
85	78.9313	1.21190	4	0.20500	13	144
86	79.9336	1.19920	4	0.21000	15	174
87	80.3624	1.19388	6	0.20800	20	198

88 81.1582 1.18417 5 0.22660 16 215  
89 81.6156 1.17869 5 0.11500 17 108  
90 82.5129 1.16813 7 0.23000 26 330  
91 82.9294 1.16332 3 0.16330 10 100  
92 83.3177 1.15888 4 0.18000 14 160  
93 83.8625 1.15273 4 0.29000 14 291  
94 85.1638 1.13841 5 0.17330 16 193  
95 86.5318 1.12389 3 0.26000 12 228  
96 89.6826 1.09240 6 0.26670 20 283

\*\*\* Basic Data Process \*\*\*

# Data Infomation

Group : KENSA

Data : Tegar2

Sample Nmae : standard

Comment : 5% PVA 8 MPA 800C 20% CV

Date & Time : 06-13-16 08:38:49

# Measurement Condition

X-ray tube

target : Cu

voltage : 30.0 (kV)

current : 30.0 (mA)

Slits

Auto Slit : not Used

divergence slit : 1.00000 (deg)

scatter slit : 1.00000 (deg)

receiving slit : 0.15000 (mm)

Scanning

drive axis : Theta-2Theta

scan range : 10.0000 - 90.0000 (deg)

scan mode : Continuous Scan

scan speed : 2.0000 (deg/min)

sampling pitch : 0.0200 (deg)

preset time : 0.60 (sec)

# Data Process Condition

Smoothing [ AUTO ]

smoothing points : 19

B.G.Subtruction [ AUTO ]

sampling points : 19

repeat times : 30

Ka1-a2 Separate [ MANUAL ]

Ka1 a2 ratio : 50 (%)

Peak Search [ AUTO ]

differential points : 17

FWHM threshold : 0.050 (deg)

intensity threshold : 30 (par mil)

FWHM ratio (n-1)/n : 2

System error Correction [ YES ]

Precise peak Correction [ YES ]

$Y = b \cdot X + c \cdot X + d$

b : 0.000000

c : 0.000000

d : 0.000000

Hasil Uji 10%PVA

\*\*\* Basic Data Process \*\*\*

Group : KENSA

Data : Tegar3

# Strongest 3 peaks

no.	peak	2Theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated	Int
no.	(deg)	(A)	(deg)	(Counts)	(Counts)			

1	16	26.7572	3.32909	100	0.22030	461	5234	
---	----	---------	---------	-----	---------	-----	------	--

2	36	38.8429	2.31659	63	0.26510	291	3984	
---	----	---------	---------	----	---------	-----	------	--

3	32	35.6640	2.51545	61	0.28590	282	4341	
---	----	---------	---------	----	---------	-----	------	--

# Peak Data List

peak	2Theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated	Int
no.	(deg)	(A)	(deg)	(Counts)	(Counts)		

1	15.0331	5.88858	3	0.11670	15	154	
---	---------	---------	---	---------	----	-----	--

2	15.6714	5.65014	3	0.11670	14	181	
---	---------	---------	---	---------	----	-----	--

3	17.7557	4.99130	4	0.13430	20	247	
---	---------	---------	---	---------	----	-----	--

4	18.2164	4.86610	3	0.20930	14	219
5	18.6416	4.75605	3	0.14100	14	103
6	19.8324	4.47309	13	0.38970	60	1283
7	20.1823	4.39632	5	0.08000	23	133
8	20.4523	4.33889	3	0.15170	15	171
9	20.9786	4.23121	18	0.23710	84	1120
10	21.8295	4.06817	3	0.08330	14	84
11	22.1138	4.01650	3	0.12670	16	168
12	23.6777	3.75464	4	0.16800	17	199
13	24.3107	3.65829	3	0.11670	15	127
14	25.4303	3.49971	4	0.10400	20	170
15	26.3487	3.37977	3	0.08000	16	161
16	26.7572	3.32909	100	0.22030	461	5234
17	26.9876	3.30119	6	0.09500	28	360
18	27.5842	3.23113	47	0.20160	215	2547
19	28.0460	3.17897	3	0.10000	15	155
20	29.3162	3.04406	3	0.07200	15	58
21	29.6951	3.00607	3	0.17710	14	181
22	31.4998	2.83784	3	0.15670	15	191
23	32.1033	2.78586	3	0.09500	15	89
24	32.6646	2.73926	5	0.16890	25	253
25	32.9149	2.71899	3	0.15000	16	124
26	33.2796	2.69003	4	0.20000	20	332
27	34.1499	2.62344	5	0.13750	22	159
28	34.3270	2.61031	4	0.17710	18	133
29	34.5783	2.59191	6	0.17720	27	312
30	34.8980	2.56889	6	0.16000	27	307
31	35.0844	2.55567	5	0.13330	24	162
32	35.6640	2.51545	61	0.28590	282	4341
33	36.2168	2.47832	24	0.23280	112	1430
34	36.5596	2.45586	45	0.20800	207	2163
35	36.7763	2.44189	7	0.10660	32	306
36	38.8429	2.31659	63	0.26510	291	3984
37	39.1345	2.30000	13	0.14800	59	638
38	39.4038	2.28490	5	0.12900	23	178
39	39.6191	2.27298	7	0.15000	32	279
40	40.3861	2.23156	3	0.14500	15	182
41	41.3929	2.17958	11	0.17600	52	565
42	42.0725	2.14593	3	0.16000	15	141
43	42.4803	2.12627	13	0.34960	60	1049
44	43.4441	2.08131	5	0.12500	22	185
45	44.1578	2.04931	5	0.16670	23	262
46	44.3861	2.03930	3	0.11660	16	149
47	45.8569	1.97725	5	0.22670	25	366
48	46.4275	1.95427	4	0.10500	19	111
49	46.5874	1.94793	3	0.15500	15	103
50	46.8376	1.93811	3	0.10440	16	113
51	47.7526	1.90309	5	0.08670	25	126
52	48.9153	1.86054	19	0.22670	88	1203
53	50.2507	1.81418	14	0.18020	64	677
<b>peak 2Theta d I/I1 FWHM Intensity Integrated Int</b>						
<b>no. (deg) (Å) (deg) (Counts) (Counts)</b>						
54	53.5842	1.70891	7	0.20500	30	389
55	53.9676	1.69767	3	0.10890	16	91
56	54.1648	1.69196	4	0.18060	18	164
57	54.4557	1.68360	30	0.18110	136	1204

58 54.6663 1.67762 3 0.12580 14 136  
59 54.9811 1.66875 5 0.17000 23 160  
60 55.0861 1.66582 3 0.17340 15 107  
61 55.5523 1.65294 3 0.43290 16 392  
62 56.5256 1.62677 3 0.12000 14 100  
63 56.7455 1.62098 8 0.28000 36 526  
64 58.0050 1.58875 3 0.08660 16 96  
65 58.3270 1.58074 9 0.26430 42 571  
66 58.6508 1.57278 6 0.10800 26 211  
67 59.3390 1.55617 4 0.15770 18 182  
68 59.6395 1.54905 4 0.11000 20 113  
69 59.8644 1.54377 7 0.13340 30 207  
70 60.1043 1.53818 8 0.29340 35 472  
71 60.5682 1.52750 4 0.14170 17 168  
72 61.1256 1.51490 3 0.12330 14 152  
73 61.5988 1.50439 15 0.45000 70 1615  
74 62.8859 1.47666 6 0.18290 27 389  
75 63.4489 1.46491 3 0.14860 14 106  
76 63.7614 1.45848 4 0.08330 18 85  
77 64.2014 1.44954 7 0.17460 33 394  
78 64.9410 1.43481 3 0.17670 16 135  
79 65.2467 1.42883 4 0.08800 17 90  
80 65.8515 1.41716 11 0.24200 50 600  
81 66.1824 1.41087 8 0.32000 35 515  
82 66.4223 1.40636 12 0.17140 56 541  
83 67.8819 1.37963 8 0.29340 35 571  
84 68.2101 1.37379 16 0.33670 72 1112  
85 68.7903 1.36361 4 0.09750 18 89  
86 69.1497 1.35740 10 0.16140 48 385  
87 69.9546 1.34374 5 0.16000 23 238  
88 72.1387 1.30833 5 0.24400 21 360  
89 72.5694 1.30163 8 0.25210 38 478  
90 73.1604 1.29256 5 0.16800 22 245  
91 73.6040 1.28587 11 0.23250 50 602  
92 73.9002 1.28144 4 0.30000 19 293  
93 74.3334 1.27504 3 0.08000 14 64  
94 74.6760 1.27004 4 0.19200 20 173  
95 75.1198 1.26364 6 0.30660 29 376  
96 75.3198 1.26078 6 0.24000 29 301  
97 75.7430 1.25478 6 0.19330 27 383  
98 76.5452 1.24362 4 0.10860 17 162  
99 77.4675 1.23110 3 0.12330 15 122  
100 79.6214 1.20312 5 0.12570 24 160  
101 79.9536 1.19895 4 0.11000 19 193  
102 81.2982 1.18249 4 0.42000 20 546  
103 81.6764 1.17796 7 0.18330 32 326  
104 82.2379 1.17134 3 0.20800 15 154  
105 82.4779 1.16854 8 0.38000 35 405  
106 82.6378 1.16668 6 0.17780 27 200  
107 83.0777 1.16162 3 0.20000 15 199  
108 83.3609 1.15839 3 0.16670 15 156  
109 83.7408 1.15410 4 0.10670 19 95  
110 83.8975 1.15234 3 0.24000 15 227  
111 84.8060 1.14230 3 0.11250 14 127  
112 85.7793 1.13181 3 0.10870 14 94  
113 87.9797 1.10909 3 0.11330 14 138

114 88.7562 1.10139 3 0.16000 14 180  
115 89.7744 1.09152 5 0.27710 23 407  
\*\*\* Basic Data Process \*\*\*  
# Data Infomation  
Group : KENSA  
Data : Tegar3  
Sample Nmae : standard  
Comment : 10% PVA 8 MPA 800C 20% CV  
Date & Time : 06-13-16 09:21:36  
# Measurement Condition  
X-ray tube  
target : Cu  
voltage : 30.0 (kV)  
current : 30.0 (mA)  
Slits  
Auto Slit : not Used  
divergence slit : 1.00000 (deg)  
scatter slit : 1.00000 (deg)  
receiving slit : 0.15000 (mm)  
Scanning  
drive axis : Theta-2Theta  
scan range : 10.0000 - 90.0000 (deg)  
scan mode : Continuous Scan  
scan speed : 2.0000 (deg/min)  
sampling pitch : 0.0200 (deg)  
preset time : 0.60 (sec)  
# Data Process Condition  
Smoothing [ AUTO ]  
smoothing points : 13  
B.G.Subtruction [ AUTO ]  
sampling points : 15  
repeat times : 30  
Ka1-a2 Separate [ MANUAL ]  
Ka1 a2 ratio : 50 (%)  
Peak Search [ AUTO ]  
differential points : 13  
FWHM threshold : 0.050 (deg)  
intensity threshold : 30 (par mil)  
FWHM ratio (n-1)/n : 2  
System error Correction [ YES ]  
Precise peak Correction [ YES ]  
 $Y = b \cdot X + c \cdot X + d$   
b : 0.000000  
c : 0.000000  
d : 0.000000

Hasil Uji 15%PVA

\*\*\* Basic Data Process \*\*\*

Group : KENSA

Data : Tegar4

# Strongest 3 peaks

no.	peak	2Theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated	Int
no.	(deg)	(A)	(deg)	(Counts)	(Counts)			
1	14	26.6858	3.33783	100	0.21220	460	5619	
2	35	38.7617	2.32126	57	0.25220	260	2937	
3	33	36.4773	2.46121	55	0.20860	253	2978	

# Peak Data List

peak	2Theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated	Int
no.	(deg)	(A)	(deg)	(Counts)	(Counts)		
1	14.6572	6.03874	3	0.11750	15	142	
2	16.7865	5.27724	3	0.08210	14	116	
3	17.6714	5.01492	3	0.45870	14	519	
4	18.6127	4.76337	3	0.13900	15	190	
5	19.6040	4.52468	7	0.21600	34	418	
6	19.7934	4.48181	16	0.29420	75	1026	
7	20.2620	4.37921	4	0.12000	20	189	
8	20.9449	4.23794	19	0.20520	86	1056	
9	24.0486	3.69756	3	0.07140	16	103	
10	24.3862	3.64713	3	0.10800	16	168	
11	25.2905	3.51873	5	0.16440	24	338	
12	25.4702	3.49431	7	0.06660	30	160	
13	26.2888	3.38733	4	0.10000	18	208	
14	26.6858	3.33783	100	0.21220	460	5619	
15	27.2871	3.26563	10	0.12000	44	462	
16	27.5188	3.23866	48	0.19750	222	2177	
17	27.8263	3.20357	4	0.10280	20	200	
18	28.1294	3.16973	19	0.14540	86	647	
19	29.0694	3.06934	3	0.07620	15	60	
20	29.3555	3.04007	3	0.15070	14	95	
21	29.5722	3.01828	5	0.16330	22	169	
22	29.8196	2.99380	4	0.11790	18	147	
23	30.2930	2.94809	4	0.22000	18	365	
24	31.3832	2.84812	4	0.16330	17	204	
25	31.6527	2.82448	3	0.13710	15	123	
26	32.5478	2.74882	4	0.35500	20	415	
27	33.1247	2.70225	3	0.17660	14	157	
28	34.6463	2.58698	7	0.14960	31	344	
29	34.8723	2.57073	4	0.26860	19	220	
30	35.2177	2.54630	3	0.13340	14	144	
31	35.5827	2.52101	52	0.28410	238	3613	
32	36.1432	2.48319	29	0.17130	132	1228	
33	36.4773	2.46121	55	0.20860	253	2978	
34	38.4950	2.33672	7	0.12400	30	288	
35	38.7617	2.32126	57	0.25220	260	2937	

36	39.0146	2.30679	15	0.13140	69	719
37	39.2944	2.29101	5	0.17600	22	198
38	39.5108	2.27896	9	0.24670	40	487
39	40.3791	2.23193	5	0.22240	25	313
40	40.7054	2.21479	3	0.09600	14	91
41	41.3089	2.18382	15	0.14380	67	646
42	42.0525	2.14690	4	0.11000	20	181
43	42.3873	2.13072	21	0.24200	95	1277
44	43.2438	2.09048	4	0.14400	17	179
45	43.6920	2.07007	3	0.09240	15	99
46	43.9963	2.05645	3	0.15000	16	122
47	44.1912	2.04784	5	0.16000	22	180
48	45.6829	1.98438	5	0.22500	24	331
49	45.8758	1.97648	4	0.13110	18	116
50	46.2364	1.96190	3	0.05930	14	62
51	46.6598	1.94508	3	0.08000	14	76
52	48.5689	1.87299	5	0.12000	22	180
53	48.8269	1.86370	17	0.23040	79	982
<b>peak 2Theta d I/I1 FWHM Intensity Integrated Int</b>						
<b>no. (deg) (A) (deg) (Counts) (Counts)</b>						
54	49.4410	1.84198	3	0.10500	16	96
55	50.1448	1.81776	11	0.24670	52	781
56	51.8974	1.76042	4	0.10000	17	141
57	53.5092	1.71113	7	0.14500	33	311
58	53.7491	1.70406	6	0.10500	26	165
59	54.0440	1.69545	4	0.15500	18	170
60	54.3599	1.68635	35	0.16480	162	1385
61	54.5796	1.68008	4	0.10670	17	99
62	54.9008	1.67100	6	0.16270	29	243
63	55.1793	1.66323	3	0.13850	16	116
64	55.4711	1.65517	5	0.12550	21	147
65	56.6696	1.62297	13	0.15170	60	575
66	58.2440	1.58279	8	0.25170	36	608
67	59.9476	1.54182	10	0.21330	47	601
68	61.4712	1.50721	20	0.43980	91	2149
69	62.8291	1.47786	7	0.26860	32	552
70	63.8631	1.45640	3	0.10400	14	112
71	64.1030	1.45153	6	0.20000	26	363
72	65.7225	1.41963	7	0.17600	34	352
73	65.9824	1.41467	7	0.16000	34	342
74	66.3095	1.40848	11	0.23440	52	633
75	66.7257	1.40070	4	0.10710	19	113
76	67.8019	1.38106	9	0.34860	42	759
77	68.1326	1.37516	18	0.22500	84	956
78	68.4017	1.37041	5	0.12000	25	199
79	69.0630	1.35889	13	0.16700	58	555
80	69.8563	1.34539	5	0.15660	23	220
81	70.1062	1.34120	3	0.09000	15	92
82	72.1607	1.30799	4	0.12000	18	143
83	72.4077	1.30413	7	0.21430	33	350
84	73.2204	1.29165	4	0.20660	17	208
85	73.5203	1.28712	11	0.30000	49	728
86	75.0984	1.26394	4	0.14700	17	188
87	75.4936	1.25830	4	0.33790	20	383
88	76.3249	1.24666	3	0.08420	16	81
89	77.3059	1.23327	5	0.17330	21	262



90 77.7255 1.22765 6 0.16710 26 272  
91 78.4639 1.21794 4 0.15000 19 198  
92 80.0255 1.19806 3 0.24600 14 376  
93 81.2782 1.18273 5 0.20000 21 314  
94 82.4312 1.16908 5 0.17330 22 281  
95 83.8891 1.15243 3 0.15670 14 168  
96 85.8902 1.13064 3 0.08360 16 89  
97 86.5578 1.12362 4 0.09800 19 174  
98 87.3574 1.11538 3 0.23170 16 339  
99 89.0446 1.09857 4 0.14290 19 160  
100 89.5760 1.09342 5 0.14000 22 123  
101 89.7759 1.09151 6 0.32000 28 344

\*\*\* Basic Data Process \*\*\*

# Data Information

Group : KENSA

Data : Tegar4

Sample Nmae : standard

Comment : 15% PVA 8 MPA 800C 20% CV

Date & Time : 06-13-16 10:08:29

# Measurement Condition

X-ray tube

target : Cu

voltage : 30.0 (kV)

current : 30.0 (mA)

Slits

Auto Slit : not Used

divergence slit : 1.00000 (deg)

scatter slit : 1.00000 (deg)

receiving slit : 0.15000 (mm)

Scanning

drive axis : Theta-2Theta

scan range : 10.0000 - 90.0000 (deg)

scan mode : Continuous Scan

scan speed : 2.0000 (deg/min)

sampling pitch : 0.0200 (deg)

preset time : 0.60 (sec)

# Data Process Condition

Smoothing [ AUTO ]

smoothing points : 13

B.G.Subtruction [ AUTO ]

sampling points : 15

repeat times : 30

Ka1-a2 Separate [ MANUAL ]

Ka1 a2 ratio : 50 (%)

Peak Search [ AUTO ]

differential points : 13

FWHM threshold : 0.050 (deg)

intensity threshold : 30 (par mil)

FWHM ratio (n-1)/n : 2

System error Correction [ YES ]

Precise peak Correction [ YES ]

$Y = b * X + c * X + d$

b : 0.000000

c : 0.000000

d : 0.000000

Hasil Uji 20%PVA

\*\*\* Basic Data Process \*\*\*

Group : KENSA

Data : Tegar5

# Strongest 3 peaks

no.	peak	2Theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated	Int
no.	(deg)	(A)	(deg)	(Counts)	(Counts)			
1	11	26.6756	3.33909	100	0.21730	519	6587	
2	24	38.7735	2.32058	69	0.29120	360	5798	
3	20	35.5930	2.52031	67	0.26990	348	5086	

# Peak Data List

peak	2Theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated	Int
no.	(deg)	(A)	(deg)	(Counts)	(Counts)		
1	17.7985	4.97940	4	0.22000	21	548	
2	19.5442	4.53839	7	0.12000	36	325	
3	19.7740	4.48617	15	0.32760	79	987	
4	19.9829	4.43974	6	0.15560	32	327	

5	20.8970	4.24755	17	0.21850	90	1178
6	23.4920	3.78389	3	0.07600	18	76
7	24.2458	3.66793	3	0.21330	16	283
8	24.4449	3.63851	3	0.10570	16	119
9	25.4219	3.50084	5	0.17670	25	298
10	25.6359	3.47210	4	0.13200	21	148
11	26.6756	3.33909	100	0.21730	519	6587
12	27.5006	3.24076	42	0.22090	219	3102
13	29.3375	3.04189	3	0.16000	17	199
14	29.6600	3.00955	5	0.15250	24	285
15	30.3607	2.94167	3	0.13570	16	257
16	30.9482	2.88715	3	0.09200	16	99
17	32.5986	2.74465	6	0.27670	31	627
18	34.6632	2.58575	6	0.21000	31	403
19	34.9557	2.56478	4	0.18430	19	221
20	35.5930	2.52031	67	0.26990	348	5086
21	36.1319	2.48395	20	0.23800	106	1352
22	36.5019	2.45961	18	0.22930	93	1219
23	37.4625	2.39872	4	0.16000	22	232
24	38.7735	2.32058	69	0.29120	360	5798
25	39.2544	2.29325	4	0.15200	20	261
26	39.4954	2.27981	8	0.15750	39	313
27	39.9809	2.25324	3	0.12600	18	113
28	40.3136	2.23541	3	0.32000	18	351
29	41.3055	2.18399	10	0.16160	53	532
30	42.2923	2.13528	7	0.11500	35	249
31	42.5122	2.12475	7	0.11500	35	306
32	44.1184	2.05105	6	0.14110	32	273
33	45.8081	1.97924	5	0.12440	28	260
34	47.7259	1.90409	4	0.11330	21	182
35	48.2412	1.88495	4	0.09080	19	127
36	48.5489	1.87372	4	0.13600	19	155
37	48.8234	1.86382	20	0.28420	105	1493
38	49.2314	1.84933	3	0.11430	17	176
39	50.1680	1.81697	13	0.27400	67	1096
40	53.3268	1.71655	4	0.10220	19	125
41	53.5681	1.70939	8	0.23710	42	516
42	54.1065	1.69364	3	0.14000	18	159
43	54.3792	1.68579	29	0.17430	150	1352
44	54.6138	1.67910	3	0.13500	18	119
45	54.9464	1.66972	8	0.20450	40	375
46	55.2941	1.66004	3	0.10960	17	102
47	55.5344	1.65343	3	0.10290	18	99
48	56.5455	1.62624	4	0.09000	19	91
49	56.7201	1.62165	8	0.15730	43	371
50	58.2882	1.58170	10	0.24670	52	774
51	59.9918	1.54079	9	0.26500	46	750
52	60.5419	1.52810	5	0.18430	27	251
53	60.9293	1.51931	4	0.11930	19	121
<b>peak 2Theta d I/I1 FWHM Intensity Integrated Int</b>						
<b>no. (deg) (Å) (deg) (Counts) (Counts)</b>						
54	61.2439	1.51226	6	0.19000	33	265
55	61.5828	1.50475	17	0.37530	86	1638
56	62.5101	1.48463	3	0.14670	16	144
57	62.8412	1.47761	6	0.16700	31	378
58	64.0896	1.45180	6	0.25330	33	635

59 65.4001 1.42584 3 0.11500 16 103  
60 65.6425 1.42117 5 0.13000 26 197  
61 65.9288 1.41569 9 0.28710 48 685  
62 66.3069 1.40853 14 0.22270 73 750  
63 66.5023 1.40486 5 0.11340 24 184  
64 67.7819 1.38142 10 0.15200 50 462  
65 68.1046 1.37566 18 0.38560 93 1555  
66 68.4017 1.37041 6 0.09600 31 195  
67 69.0645 1.35887 9 0.16600 47 536  
68 69.8409 1.34565 6 0.13070 30 238  
69 70.7472 1.33061 4 0.13250 19 138  
70 72.3949 1.30433 4 0.26280 23 454  
71 73.4778 1.28776 4 0.22500 20 243  
72 74.9599 1.26593 5 0.10000 24 138  
73 75.2043 1.26242 7 0.22510 35 422  
74 75.5497 1.25751 4 0.30000 22 381  
75 80.3338 1.19423 3 0.18070 18 272  
76 81.4681 1.18045 3 0.16000 17 256  
77 82.4445 1.16892 3 0.26670 17 303  
78 82.9728 1.16282 3 0.13000 18 171  
79 83.5146 1.15665 4 0.14600 20 164  
80 83.6926 1.15464 6 0.12000 30 217  
81 85.8420 1.13115 4 0.05000 21 102  
82 88.0564 1.10833 4 0.20000 20 304  
83 89.5160 1.09400 3 0.06220 18 136  
84 89.6760 1.09246 4 0.00000 21 0  
85 89.9359 1.08998 5 0.26000 25 346

\*\*\* Basic Data Process \*\*\*

# Data Information

Group : KENSA

Data : Tegar5

Sample Name : standard

Comment : 20% PVA 8 MPA 800C 20% CV

Date & Time : 06-13-16 10:54:56

# Measurement Condition

X-ray tube

target : Cu

voltage : 30.0 (kV)

current : 30.0 (mA)

Slits

Auto Slit : not Used

divergence slit : 1.00000 (deg)

scatter slit : 1.00000 (deg)

receiving slit : 0.15000 (mm)

Scanning

drive axis : Theta-2Theta

scan range : 10.0000 - 90.0000 (deg)

scan mode : Continuous Scan

scan speed : 2.0000 (deg/min)

sampling pitch : 0.0200 (deg)

preset time : 0.60 (sec)

# Data Process Condition

Smoothing [ AUTO ]

smoothing points : 13

B.G.Subtraction [ AUTO ]

sampling points : 15

repeat times : 30  
 Kal-a2 Separate [ MANUAL ]  
 Kal a2 ratio : 50 (%)  
 Peak Search [ AUTO ]  
 differential points : 13  
 FWHM threshold : 0.050 (deg)  
 intensity threshold : 30 (par mil)  
 FWHM ratio (n-1)/n : 2  
 System error Correction [ YES ]  
 Precise peak Correction [ YES ]  
 $Y = b \cdot X + c \cdot X + d$   
 b : 0.000000  
 c : 0.000000  
 d : 0.000000

Lampiran 5. Hasil Uji Emisi Gas CO.

HASIL UJI EMISI GAS CO DEPAN										
NO	PENGUJIAN	IDLE	1500 RPM	2000 RPM	2500 RPM	3000 RPM	2500 RPM	2000 RPM	1500 RPM	IDLE
1	TANPA FILTER	0.246	0.222	0.227	2.667	3.905	2.859	0.365	0.243	0.241
2	PVA 0%	1.225	2.49	3.07	2.063	0.741	0.167	1.439	0.216	0.281
3	PVA 5%	1.603	1.837	1.00	2.764	0.927	0.199	0.145	0.145	0.094
4	PVA 10%	1.387	3.667	1.271	2.537	1.47	0.198	0.869	0.148	0.022
5	PVA 15%	1.83	3.058	1.798	1.241	3.16	0.853	0.201	0.187	0.183
6	PVA 20%	1.134	0.837	1.177	0.203	2.667	2.29	0.562	0.191	0.1393

HASIL UJI EMISI GAS CO TENGAH										
NO	PENGUJIAN	IDLE	1500 RPM	2000 RPM	2500 RPM	3000 RPM	2500 RPM	2000 RPM	1500 RPM	IDLE
1	TANPA FILTER	0.246	0.222	0.227	2.667	3.905	2.859	0.365	0.243	0.241
2	PVA 0%	0.09	1.579	2.812	3.644	3.773	2.239	2.463	1.715	0.015
3	PVA 5%	0.924	2.349	3.32	2.467	1.351	1.118	0.204	0.171	0.127
4	PVA 10%	0.12	2.687	1.73	2.9	1.157	0.241	0.353	0.19	0.12
5	PVA 15%	0.501	1.301	1.43	2.385	0.941	0.252	1.745	0.317	0.43
6	PVA 20%	0.629	2.31	2.87	0.17	0.89	1.61	0.401	0.121	0.054

HASIL UJI EMISI GAS CO BELAKANG										
NO	PENGUJIAN	IDLE	1500 RPM	2000 RPM	2500 RPM	3000 RPM	2500 RPM	2000 RPM	1500 RPM	IDLE

HASIL PENURUNAN GAS CO DEPAN										
NO	PENGUJIAN	IDLE	1500 RPM	2000 RPM	2500 RPM	3000 RPM	2500 RPM	2000 RPM	1500 RPM	IDLE
1	TANPA FILTER	0.25	0.22	0.23	2.67	3.91	2.86	0.37	0.24	0.24

1	TANPA FILTER	0.246	0.222	0.227	2.667	3.905	2.859	0.365	0.243	0.241
2	PVA 0%	0.03	0.548	1.282	2.332	1.566	0.595	1.233	1.183	0.321
3	PVA 5%	0.798	0.706	0.725	2.513	2.819	0.272	0.982	0.199	0.763
4	PVA 10%	0.347	0.215	0.238	0.699	2.188	0.184	0.01	0.195	0.399
5	PVA 15%	0.643	0.65	0.844	1.86	0.88	1.013	1.041	2.182	1.013
6	PVA 20%	1.134	0.837	1.177	0.203	2.667	2.29	0.562	0.191	0.1393

2	PVA 0%	- 397.97	- 1021.62	- 1252.42	22.65	81.02	94.16	- 294.25	11.11	- 16.60
3	PVA 5%	- 551.63	-727.48	-340.53	-3.64	76.26	93.04	60.27	40.33	61.00
4	PVA 10%	- 463.82	- 1551.80	-459.91	4.87	62.36	93.07	- 138.08	39.09	90.87
5	PVA 15%	- 643.90	- 1277.48	-692.07	53.47	19.08	70.16	44.93	23.05	24.07
6	PVA 20%	- 360.98	-277.03	-418.50	92.39	31.70	19.90	-53.97	21.40	42.20

HASIL PENURUNAN GAS CO TENGAH										
NO	PENGUJIAN	IDLE	1500 RPM	2000 RPM	2500 RPM	3000 RPM	2500 RPM	2000 RPM	1500 RPM	IDLE
1	TANPA FILTER									
2	PVA 0%	63.41	-611.26	- 1138.77	-36.63	3.38	21.69	- 574.79	- 605.76	93.78
3	PVA 5%	- 275.61	-958.11	- 1362.56	7.50	65.40	60.90	44.11	29.63	47.30
4	PVA 10%	51.22	- 1110.36	-662.11	-8.74	70.37	91.57	3.29	21.81	50.21
5	PVA 15%	- 103.66	-486.04	-529.96	10.57	75.90	91.19	- 378.08	-30.45	- 78.42
6	PVA 20%	- 155.69	-940.54	- 1164.32	93.63	77.21	43.69	-9.86	50.21	77.59

HASIL PENURUNAN GAS CO BELAKANG										
NO	PENGUJIAN	IDLE	1500 RPM	2000 RPM	2500 RPM	3000 RPM	2500 RPM	2000 RPM	1500 RPM	IDLE
1	TANPA FILTER									
2	PVA 0%	87.80	- 146.85	- 464.76	12.56	59.90	79.19	- 237.81	- 386.83	-33.20

3	PVA 5%	- 224.39	- 218.02	- 219.38	5.77	27.81	90.49	- 169.04	18.11	- 216.60
4	PVA 10%	-41.06	3.15	-4.85	73.79	43.97	93.56	97.26	19.75	-65.56
5	PVA 15%	- 161.38	- 192.79	- 271.81	30.26	77.46	64.57	- 185.21	- 797.94	- 320.33
6	PVA 20%	- 360.98	- 277.03	- 418.50	92.39	31.70	19.90	-53.97	21.40	42.20

Lampiran 6. Jurnal

**UJI PERFORMA *CATALYTIC CONVERTER* KERAMIK BERPORI  
PADUAN *CLAY* BANJARNEGARA DAN Cu UNTUK MEREKDUKSI GAS  
CARBON MONOKSIDA**

**Tegar Yusuf Kamilan**



## C2A113002

### Abstrak

Kesadaran masyarakat akan udara akibat gas buang carbon monoksida dari kendaraan bermotor di kota-kota besar semakin tinggi yang ada di Indonesia sekarang ini mencapai kurang lebih 70 % pencemaran udara yang di sebabkan oleh emisi gas buang kendaraan bermotor yang mengeluarkan zat-zat berbahaya seperti gas carbon monoksida yang dapat menimbulkan dampak negatif, baik terhadap kesehatan manusia maupun terhadap lingkungan. Dengan demikian telah dilakukan penelitian sebagai alternatif untuk dapat mengkonfersi emisi gas buang carbon monoksida dengan pemasangan filter keramik berpori sebagai *catalytic converter*. Dari hasil penelitian ini mendapatkan penurunan gas CO sebesar 93,07% pada knalpot bagian depan, 91,57% pada knalpot bagian tengah, dan 93,56% pada bagian belakang dengan penambahan adatif masing-masing bagian sebanyak 10% PVA.

Kata kunci : *Catalytic Converter*, Keramik Berpori, *Clay* Banjarnegara

### PENDAHULUAN

Di Indonesia sekarang ini kurang lebih 70 % pencemaran udara di sebabkan emisi kendaraan bermotor yang mengeluarkan zat-zat berbahaya yang dapat menimbulkan dampak negatife, baik terhadap kesehatan manusia maupun terhadap lingkungan (**Sugiarti, 2009**). Karena terjadinya peningkatan jumlah kepemilikan kendaraan bermotor dan disertai dengan meningkatnya jumlah emisi gas buang seperti gas Sulfur Dioxida ( $\text{SiO}_2$ ), Carbon Monoksida (CO), Hidro Carbon (HC), Nitrogen Oxida ( $\text{NO}_x$ ) dan jenis emisi gas buang lainnya, sehingga tingkat polusi udara semakin tinggi (**Arifin dan Sukoco, 2009**). Dari seluruh kendaraan bermotor, persentasi emisi gas buang yang dikeluarkan dari sumber kendaraan bermotor persentase CO (Carbon Monoksida) cukup signifikan mencapai 60% dan termasuk jenis gas yang sangat berbahaya karena bisa mengakibatkan kematian bagi yang menghirupnya (**Bachrun, 1993**).

Berdasarkan banyaknya masalah pencemaran udara yang disebabkan emisi gas buang dari kendaraan bermotor maka timbullah suatu inovasi alat untuk mereduksi atau mengurangi jumlah emisi gas buang dari kendaraan bermotor, paling tidak alat ini bisa berfungsi untuk mengurangi bahaya dari emisi gas buang dengan cara arbsorsi. Metode dan teknik yang digunakan ada beberapa macam yaitu dengan jalan melakukan pemilihan bahan bakar yang tepat, pemilihan proses dan perawatan mesin, modifikasi mesin, modifikasi pada saluran gas buang, modifikasi penggunaan bahan bakar atau sistem bahan bakarnya (**B. Irawan, 2003**).

Cara yang dapat digunakan untuk mereduksi emisi gas buang adalah pemasangan *catalytic converter* pada saluran gas buang, sehingga zat berbahaya yang ada pada emisi gas buang dapat dikurangi. *Catalytic converter* adalah alat yang mampu mengurangi zat-zat berbahaya dari sisa pembakaran kendaraan bermotor melalui reaksi-reaksi kimia. *Catalytic converter* terbuat dari bahan-bahan yang mampu menyerap zat-zat berbahaya dan mudah didapat antara lain yaitu Clay lumpur Banjarnegara, serbuk Cu (Tembaga),  $\text{TiO}_2$  (*Titanium Dioxida*), dan PVA (*Polyvinyl alcohol*). Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rancang bangun *catalytic converter* dengan inovasi baru, bahan yang mudah di dapat dan murah sekaligus untuk mengetahui kemampuan dari katalis ini dalam pengurangan jumlah emisi gas buang yang dikeluarkan kendaraan bermotor. Diharapkan penelitian ini mampu mengatasi problematika pencemaran udara akibat gas buang dari kendaraan.

### **Tinjauan Pustaka**

Keramik didefinisikan sebagai saat suatu hasil seni dan teknologi untuk menghasilkan barang dari tanah liat yang di *Sintering* seperti gerabah, genteng, porselin, dan sebagainya. Tetapi definisi keramik adalah semua bahan senyawa keramik lebih stabil dalam lingkungan termal dan kimia dibandingkan elemennya (**Tambunan, 2008**).

Sekarang ini ada beberapa pengembangan dari keramik yang berguna untuk dunia *otomotif*. *Catalytic converter* misalnya, keramik yang digunakan sebagai *catalytic converter* akan berfungsi sebagai filter dari gas buang kendaraan. Maka

dari itu pembuatan keramik harus menggunakan material yang tahan panas karena gas buang yang disaring umumnya mempunyai suhu relatif tinggi, yaitu sekitar (500-800) °C. Ada dua macam filter gas buang yaitu filter untuk menangkap partikel-partikel halus dan partikel karbon yang hanya menggunakan material keramik berpori saja. Akan tetapi jenis filter lain yang digunakan menangkap zat beracun adalah material keramik berpori dengan permukaan porinya dilapisi dengan bahan katalis. Model pipa atau tabung dari material filter keramik dan konstruksi filter untuk gas buang mampu membersihkan gas dengan tekanan 20 bar dan suhu dari gas yang dialirkan sekitar 950 °C, dimana ukuran pori untuk filter gas 5-30  $\mu\text{m}$ . Cara kerja filter gas yang beracun dialiri ke filter gas yang permukaannya telah dilapisi dengan bahan katalis (**Gade. M, 2012**).

Telah dibuat keramik berpori sebagai aplikasi filter gas buang skala laboratorium dengan material yang digunakan ialah lempung dan senyawa oksida seperti alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), silika ( $\text{SiO}_2$ ), titanium ( $\text{TiO}_2$ ), dan zirkonia ( $\text{ZrO}_2$ ). Pada umumnya keramik berpori yang digunakan sebagai filter atau membran menggunakan material dengan kandungan alumina yang tinggi karena alumina mempunyai keunggulan pada kekuatan, kekerasan, dan ketahanan terhadap tekanan, panas, maupun bahan kimia. Abu terbang (*fly ash*) yang dihasilkan dari pembakaran batubara memiliki kandungan silika dan alumina yang cukup tinggi sehingga juga dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku keramik berpori (**Purbasari, A dan Samadhi, T. W, 2005**).

### **Metode Penelitian**

#### **Bahan Penelitian**

Bahan penelitian yang digunakan untuk penelitian ini:

1. Lumpur Banjarnegara sebagai *Clay*
2. Cu sebagai Katalis
3.  $\text{TiO}_2$  (*Titanium Dioxida*)
4. PVA (*Polyvinyl alcohol*)

#### **Alat Penelitian**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Penggiling atau penggerus

2. *Mesh* atau kawat penyaring
3. Gelas ukur
4. Blender
5. Cetakan
6. Alat press
7. *Furnace*
8. *Neraca*
9. Jangka sorong
10. *Engine*
11. Gas *analyzer*
12. *Tacometer*

### **Prosedur Penelitian**

Berikut merupakan prosedur penelitian:

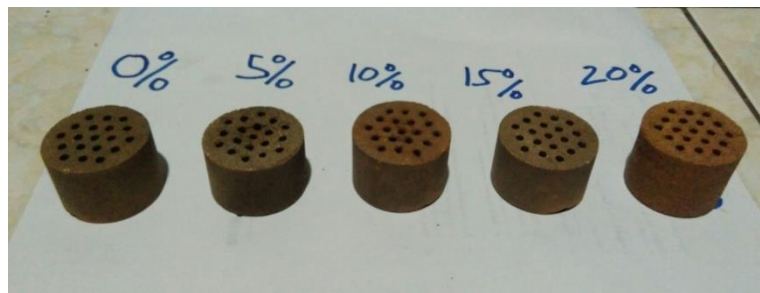
1. Penyediaan dan penyiapan bahan baku pembuat keramik berpori, yang terdiri dari *Clay*, Cu, TiO<sub>2</sub>, dan PVA.
2. Penyiapan alat-alat yang digunakan untuk menunjang penelitian.
3. Pengujian komposisi kimia *Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS) untuk semua bahan baku.
4. Meshing atau pengayakan bahan baku untuk mendapatkan serbuk bahan baku berukuran mesh 100.
5. Pencampuran bahan baku dengan persentase volume dimulai dari Clay 70%, dan TiO<sub>2</sub> 10%.
6. Percampuran dilakukan selama 1 menit menggunakan *mixing*.
7. Penambahan Cu 20%, lalu dilakukan pencampuran kembali selama 1 menit menggunakan *mixing*.
8. Setelah itu penambahan zat aditif PVA dengan volume ( 0%, 5%, 10%, 15%, 20%).
9. Penambahan air 15 ml bahan dasar tanpa aditif.
10. *Mixing* selama 1 menit.
11. Pencetakan dengan tekanan press 8 Mpa ditahan selama 5 menit.

12. *Sintering* dilakukan setelah keramik di cetak dengan suhu  $800^{\circ}\text{C}$  dengan laju pemanasan  $5^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ .
13. Setelah mencapai suhu yang ditentukan, *sintering* di tahan selama satu jam.
14. Pendinginan keramik dilakukan di dalam *furnace* dengan cara memutar tombol ke posisi *off*, dan biarkan penunjuk suhu dalam *furnace* mencapai suhu ruangan.
15. Pengujian kerakterisasi meliputi foto struktur mikro, *Scanning Electron Microscope* (SEM).
16. Pengujian daya absorsi *catalytic converter* dengan alat *gas analyzer*.
17. Analisa hasil pengujian.
18. Menarik kesimpulan dari pengujian.

### Hasil Pengujian dan Pembahasan

#### Hasil Pembuatan Filter Keramik Berpori

Menunjukkan hasil pembuatan filter keramik berpori dengan komposisi bahan *Clay* Banjarnegara 70%, Tembaga (Cu) 20%, *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) 10% serta penambahna *Polyvinyl alcohol* sebagai bahan aditif bervariasi (0, 5, 10, 15, 20) % volume. Proses pembuatan sampel dilakukan dengan cara metode *Die Pressing* yaitu menghaluskan semua bahan sampai 100 mesh, penambahan air 15 ml/ 80 gr bahan dasar tanpa aditif kemudian dicetak dengan tekana 8 Mpa penahanan selama 5 menit, pembakaran dilakukan dengan *furnace* hingga mencapai suhu  $800^{\circ}\text{C}$  dan penahanan selama 1 jam dengan laju pemanasan  $5^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ . Dimensi filter keramik berpori berbentuk silinder dengan diameter 40 mm dan tinggi 50 mm serta memiliki 19 lubang ditengahnya bertujuan untuk reduksi gas buang yang berdiameter 3 mm.



**Gambar 1.** Filter Keramik Berpori

**Tabel 1** Memperlihatkan hasil komposisi bahan dasar kimia keramik berpori pada Tembaga (Cu), Clay Banjarnegara, Polyvinyl alcohol (PVA) dan Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>).

No	Nama Unsur	Kandungan Unsur (%)			
		TiO <sub>2</sub>	Clay Banjar Negara	PVA	Cu
1	C	-	6,12	95,91	19,07
2	O	40,58	43,36	0,87	3,83
3	Al	-	2,08	-	0,42
4	Mg	2,48	11,84	-	-
5	Si	0,67	24,74	-	0,40
6	Cl	-	-	-	-
7	K	-	3,17	-	-
8	Ca	-	1,49	-	-
9	Ti	56,26	-	-	-
10	Te	-	7,23	-	-
11	Cu	-	-	3,90**	76,28
12	Zn	-	-	-	-
13	Na	-	-	0,93	-

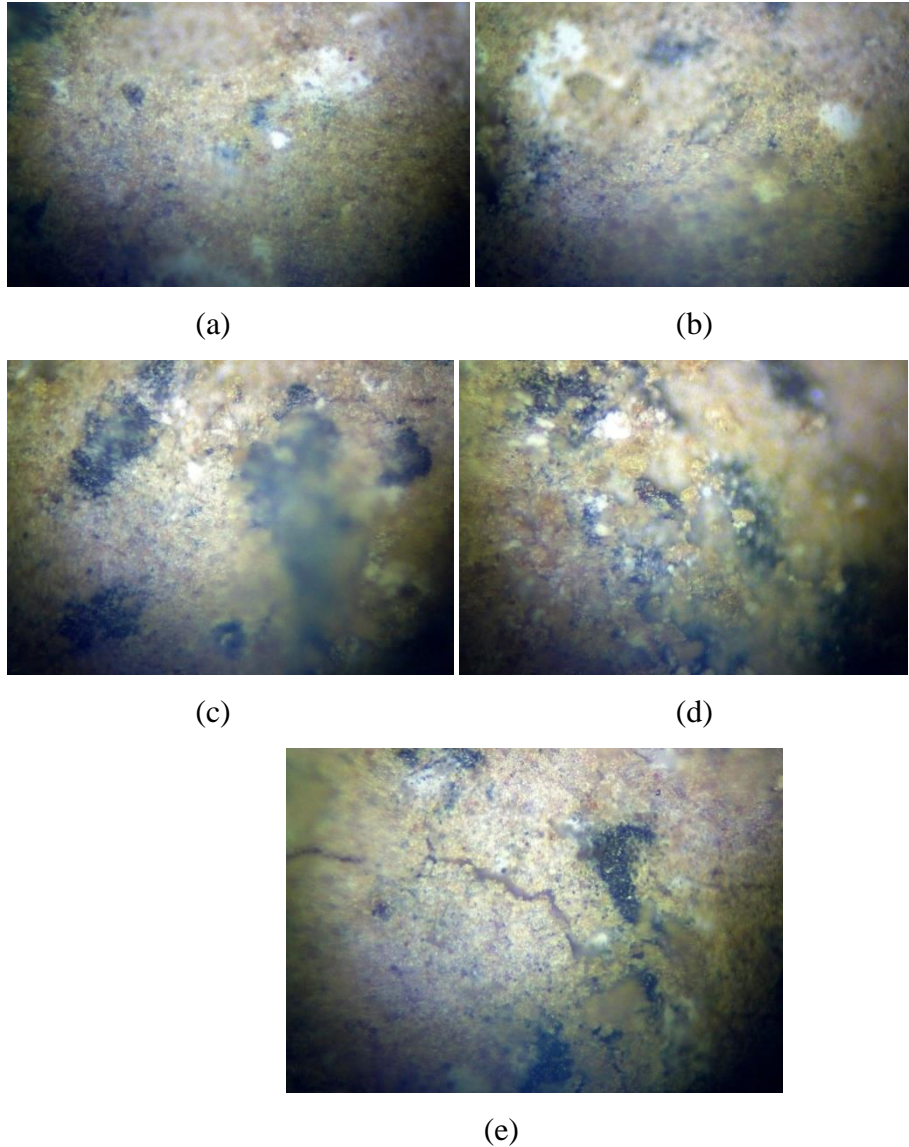
**Tabel 1** Hasil Komposisi Bahan Kimia Keramik Berpori.

Dari hasil komposisi bahan dasar keramik berpori EDS tersebut dinyatakan bahwa: *Titanium Dioksida* (TiO<sub>2</sub>) mendominasi kandungan *Titanium* (Ti) sebesar 56,26% dan Oksigen (O) sebesar 40,58%; *Clay Banjarnegara* mendominasi kandungan Oksigen (O) sebesar 43,36% dan Silikon (Si) sebesar 24,74%; *Polyvinyl alcohol* (PVA) mendominasi kandungan Karbon (C) sebesar 95,91%, Tembaga (Cu) mendominasi kandungan Tembaga (Cu) sebesar 76,28%.

### Hasil Struktur Mikro

Untuk mengetahui struktur mikro dari sampel catalytic converter keramik berpori maka perlu dilakukan pengujian mikrofografi setelah itu didokumentasikan oleh kamera dengan pembesaran 200X untuk tiap-tiap sample dengan paduan

PVA (0, 5, 10, 15, 20)% volume. Karakteristik distribusi morfologi permukaan secara sederhana dilakukan dengan menggunakan *mikroskop* merk *Krisbow* yang merupakan *mikroskop* digital.



**Gambar 2.** Foto Mikro Sample Keramik Berpori dengan Tambahan Aditif PVA (a) 0%, (b) 5%, (c) 10%, (d) 15%, (e) 20% dengan Pembesaran 200X

Pembahasan uji foto mikro :

- Dari gambar (a) bisa dilihat warna coklat adalah *clay* Banjarnegara , dan bintik putih merupakan *titanium dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ). Sedangkan PVA yang berwarna putih sebelumnya akan teroksidasi pada suhu  $800^{\circ}\text{C}$  pada saat *sintering* keramik, jadi PVA tidak akan terlihat pada hasil pengujian.

- Dari gambar (b) menunjukkan masih memperlihatkan struktur yang berwarna coklat yaitu *clay* Banjarnegara, kuning keemasan yaitu tembaga dan struktur yang berwarna putih adalah *titanium dioksida* dan warna hitam PVA.
- Dari gambar (c) Secara umum memperlihatkan struktur yang berwarna coklat yang mendominasi yaitu *clay* Banjarnegara, coklat keemasan mulai terlihat yaitu tembaga struktur yang berwarna putih adalah *titanium dioksida* dan warna hitam PVA.
- Dari gambar (d) masih memperlihatkan struktur yang berwarna coklat yang mendominasi adalah *clay* Banjarnegara, struktur yang berwarna putih adalah *Titanium Dioksida*, coklat kekuningan mulai semakin terlihat yaitu tembaga dan warna hitam yaitu PVA.
- Dari gambar (e) Menunjukkam hasil pengamatan struktur morfologi sampel keramik berpori dengan tambahan bahan aditif PVA 20% secara umum masih memperlihatkan struktur yang berwarna coklat yang mendominasi adalah *clay* Banjarnegara, struktur yang berwarna putih adalah *titanium dioksida*, kuning emas mulai semakin terlihat yaitu tembaga dan warna hitam yaitu PVA.

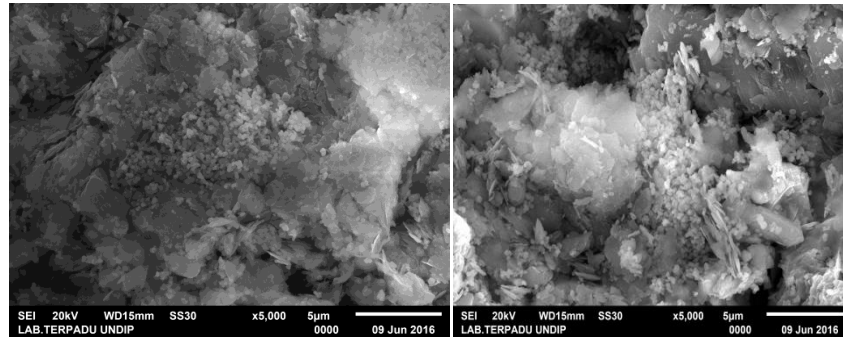
Dari setiap gambar yang berbeda penambahan zat aditiv PVA bisa dilihat semakin banyak struktur berwarna hitam. Hal ini disebabkan karena PVA yang teroksidasi di suhu 800<sup>0</sup>C meninggalkan unsur carbon. Karena PVA sendiri yang mempunyai kandungan unsur karbon 95,91%. Sedangkan untuk pori-pori masih belum bisa dilihat dengan menggunakan foto mikro.

### **Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM)**

Selain melakukan uji struktur mikro untuk mengetahui struktur permukaan keramik berpori, uji *scanning electron microscope* (SEM) juga dilakukan. Uji SEM ini bertujuan untuk melihat struktur permukaan keramik lebih detail lagi, guna mengetahui seberapa besar pori-pori yang dimiliki masing-masing sample keramik. Hasil pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) yaitu untuk mengetahui komposisi campuran mempengaruhi morfologi dari bentuk dan ukuran butiran dari beberapa material.. Hasil karakterisasi distribusi morfologi

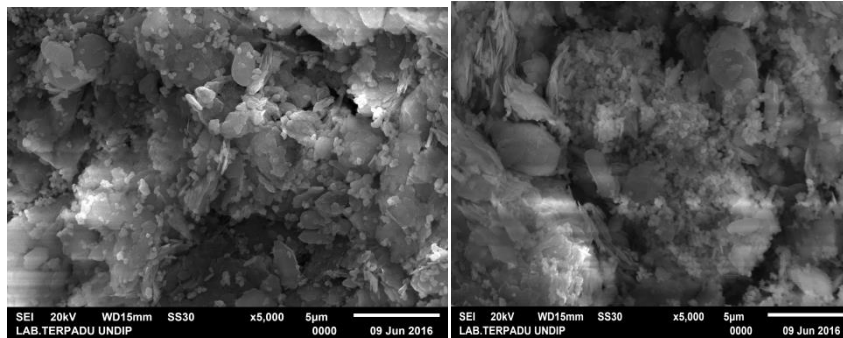


permukaan dilakukan dengan pembesaran 5000X untuk masing-masing sampel filter keramik berpori dengan penambahan bahan aditif *Polyvinyl Alcohol* (PvA) (0, 5, 10, 15, 20)% volume.



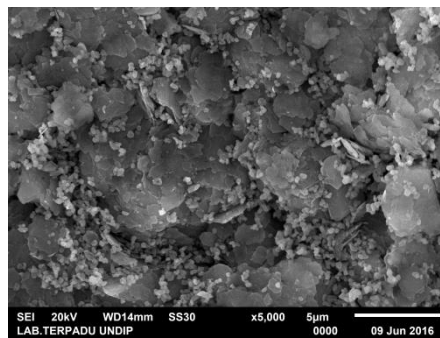
(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

**Gambar 3.** Foto SEM sample keramik berpori dengan tambahan aditif PVA (a) 0%, (b) 5%, (c) 10%, (d) 15%, (e) 20%

Pembahasan uji SEM :

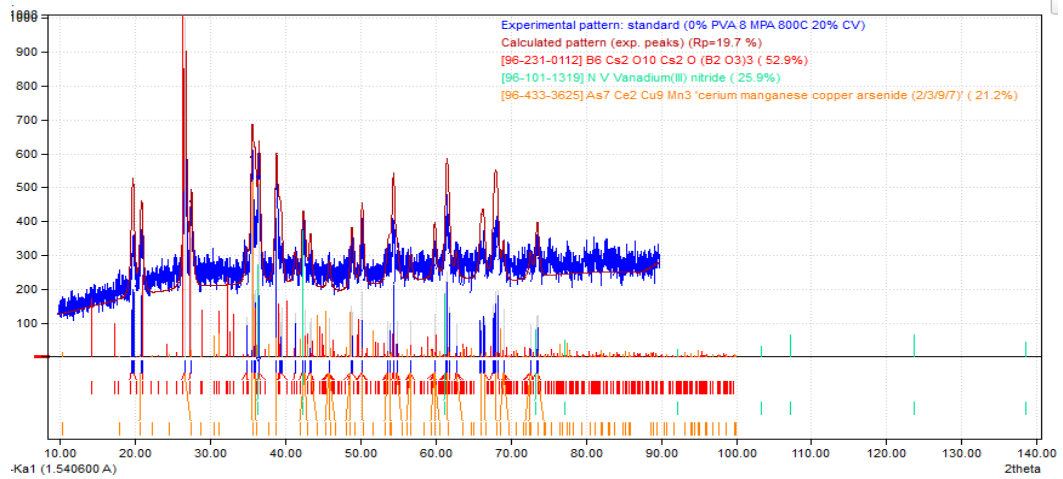
- Dari gambar (a) setelah penyintering dengan suhu 800<sup>0</sup>C, terlihat bahwa terdapat banyak butiran kecil pada permukaan sampel keramik berukuran

$\pm 0,5\mu\text{m}$  yang tersebar secara merata dan bergabung menjadi satu kesatuan / *homogen*.

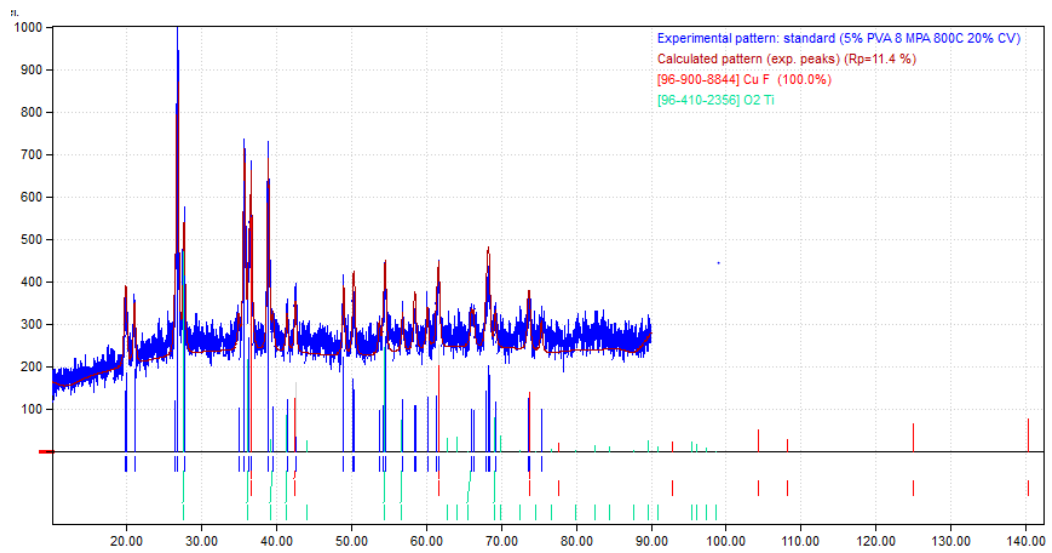
- Dari gambar (b) setelah proses *sintering* dengan suhu  $800^{\circ}\text{C}$  dengan pembesaran 5000X, dari gambar bisa dilihat partikel berbentuk butiran terlihat seragam dan telah bergabung menjadi satu.
- Dari gambar (c) setelah proses *sintering* dengan suhu  $800^{\circ}\text{C}$  dengan pembesaran 5000X, dari gambar bisa dilihat partikel berbentuk butiran terlihat lebih sedikit.
- Dari gambar (d) setelah proses *sintering* dengan suhu  $800^{\circ}\text{C}$  dengan pembesaran 5000X, dari gambar bisa dilihat partikel berbentuk butiran terlihat seragam dan telah bergabung menjadi satu. Di gambar pori yang terlihat lebih kecil dari gambar sebelumnya, tetapi jumlah porinya semakin banyak.
- Dari gambar (e) setelah proses *sintering* dengan suhu  $800^{\circ}\text{C}$  dengan pembesaran 5000X, dari gambar bisa dilihat partikel berbentuk butiran terlihat seragam dan telah bergabung menjadi satu. Dari gambar pori yang terlihat lebih kecil dari gambar sebelumnya ini disebabkan oleh hasil oksidasi PVA yang menghasilkan carbon yang akhirnya menutupi pori.

### **Uji X-Ray Diffraction (XRD)**

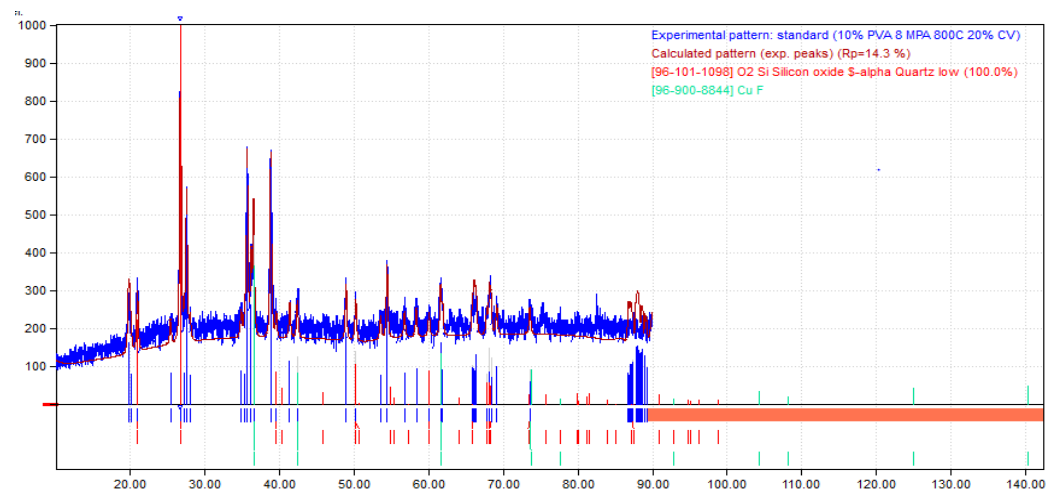
Hasil uji *X-Ray Diffraction* (XRD) bertujuan untuk mengidentifikasi struktur, ukuran butir, unsur dan parameter kisi kristal dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar X. Pada tahap ini ada 5 kali pengujian yaitu *specimen* dengan komposisi (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) PVA. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian XRD:



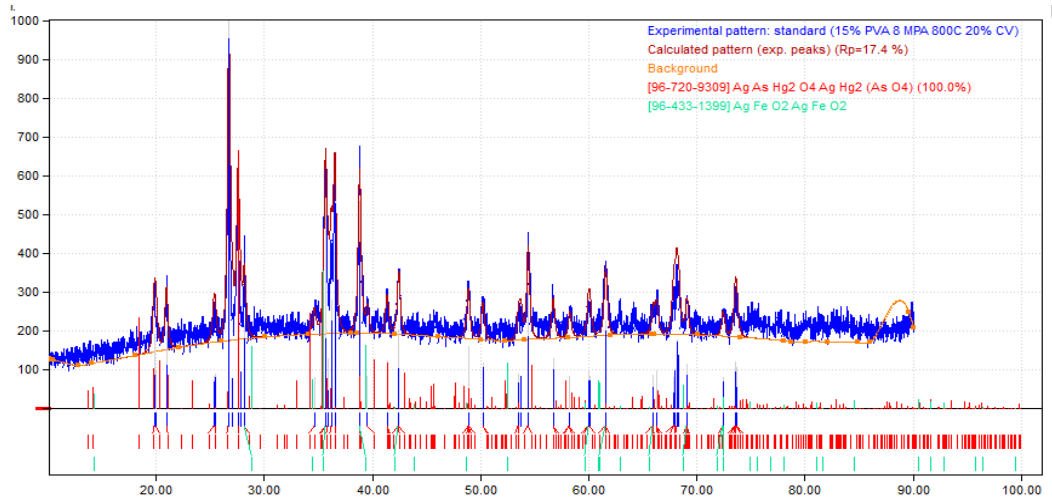
**Gambar 4. 0%PvA**



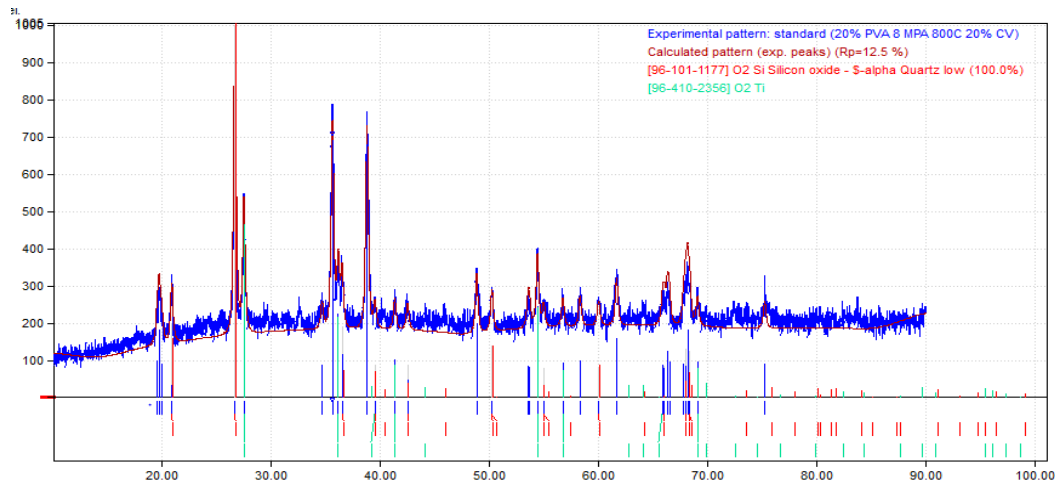
**Gambar 5. 5%PvA**



**Gambar 6. 10%PvA**



**Gambar 7. 15%PvA**



**Gambar 8. 20% PvA**

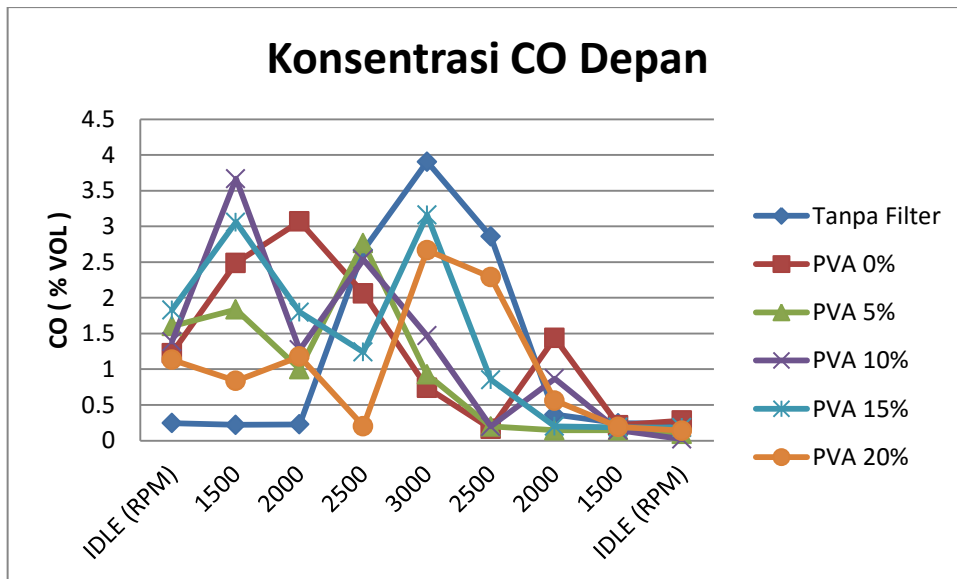
Pembahasan uji XRD :

- a. Gambar 4 hasil pengujian XRD *specimen* keramik dengan komposisi 70% *clay*, 10% TiO<sub>2</sub>, 30% Cu dengan tambahan zat aditif 0% PVA mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,64 mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 35,57 mempunyai intensitas 517,7 peak ketiga 36,49 dan mempunyai intensitas 509,8. Karakteristik senyawa atau unsur terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: Cs<sub>2</sub> O (B2 03) 3 (52,9%), B6 Cs<sub>2</sub> O10 (52,9%), dan B6 Cs<sub>2</sub> O10 (52,9%)
- b. Gambar 5 hasil pengujian XRD *specimen* keramik dengan komposisi 70% *clay*, 10% TiO<sub>2</sub>, 20% Cu dengan tambahan zat aditif 5% PVA mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,75 dan mempunyai intensitas 1000,0, peak kedua 35,65 mempunyai

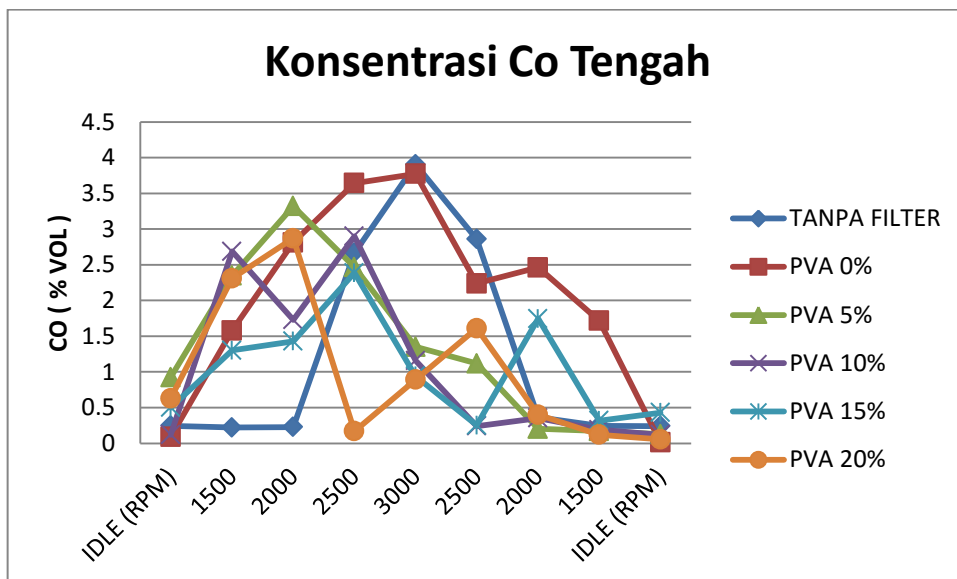
intensitas 637,8 peak ketiga 38,87 dan mempunyai intensitas 620,5. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: Cu F (100,0%).

- c. Gambar 6 hasil pengujian XRD *specimen* keramik dengan komposisi 70% *clay*, 10% TiO<sub>2</sub>, 20% Cu dengan tambahan zat aditif 10% PVA mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,71 dan mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 38,81 mempunyai intensitas 625,4 peak ketiga 36,65 dan mempunyai intensitas 623,6. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: O<sub>2</sub> Si (100,0%) .
- d. Gambar 7 hasil pengujian XRD *specimen* keramik dengan komposisi 70% *clay*, 10% TiO<sub>2</sub>, 20% Cu dengan tambahan zat aditif 15% PVA mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,72 dan mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 38,81 mempunyai intensitas 534,5 peak ketiga 36,52 dan mempunyai intensitas 534,4. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: Ag Hg<sub>2</sub> (As O<sub>4</sub>).
- e. Gambar 8 hasil pengujian *specimen* keramik dengan komposisi 70% *clay*, 10% TiO<sub>2</sub>, 20% Cu dengan tambahan zat aditif 20% PVA mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,66 dan mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 38,76 mempunyai intensitas 679,4 peak ketiga 35,60 dan mempunyai intensitas 690,3. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: O<sub>2</sub> Si (100,0%).

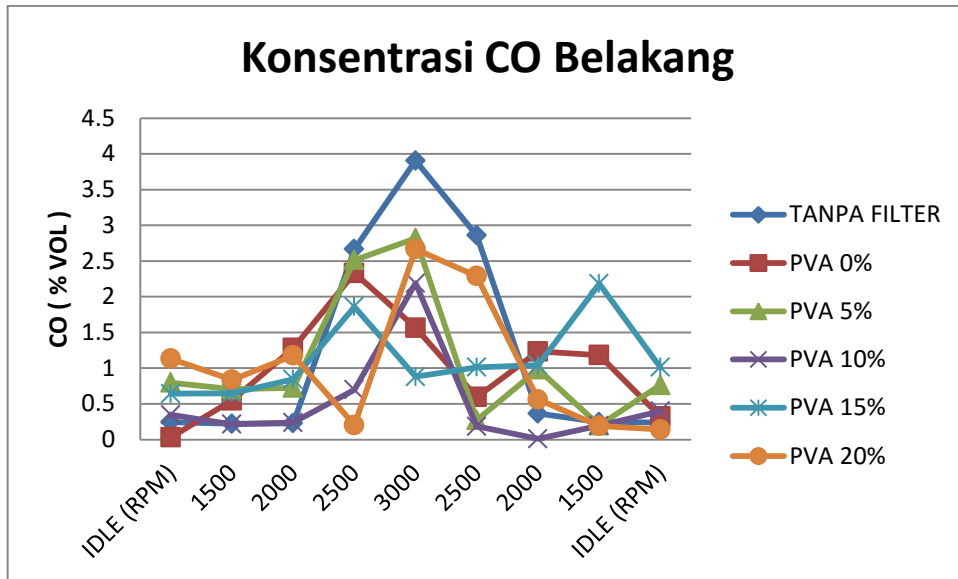
## Hasil Uji Gas Emisi CO Depan, Tengah, Dan Belakang



**Gambar 9.** Grafik Konsentrasi CO Terhadap Putaran Mesin Pada Variasi PVA (0,5,10,15,20)% Volume Keramik Berpori Depan.

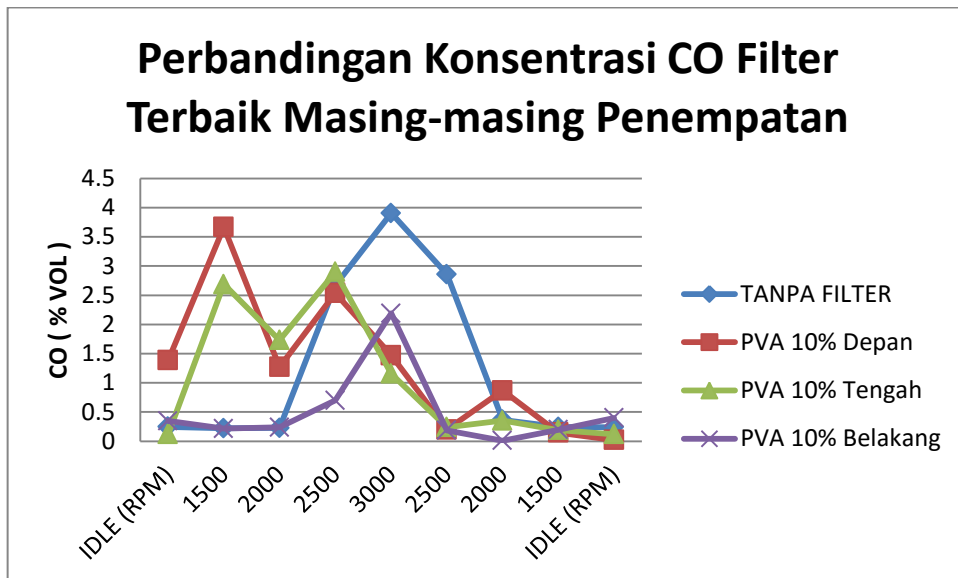


**Gambar 10.** Grafik Konsentrasi CO Terhadap Putaran Mesin Pada Variasi (0,5,10,15,20)% Volume PVA Keramik Berpori Tengah.



**Gambar 11.** Grafik Konsentrasi CO Terhadap Putaran Mesin Pada Variasi (0,5,10,15,20)% Volume PVA Keramik Berpori Belakang.

**Perbandingan Konsentrasi CO Dari Hasil Reduksi Filter Terbaik Masing-Masing Penempatan**



**Gambar 12.** Perbandingan Filter Terbaik Dari Masing-masing Keramik Berpori Dengan Tambahan Bahan PVA (10)% Volume.

Pembahasan uji emisi:

1. Pada pemasangan filter gas CO depan dapat dilihat pada **Gambar 9**. Pada penggunaan filter dengan komposisi 10% PVA terjadi penurunan drastis yaitu sebesar 93,07% dari konsentrasi CO 2,859% sebelum menggunakan filter dan menjadi 0,198% setelah menggunakan filter berpori dengan tambahan 10% PVA. Penurunan yang signifikan ini terjadi pada saat penurunan dari 3000-2500 Rpm.
2. Pada pemasangan filter gas CO tengah dapat dilihat pada **gambar 10**. Pada penggunaan filter dengan komposisi 10% PVA terjadi penurunan drastis yaitu sebesar 91,57% dari konsentrasi CO 2,895% sebelum menggunakan filter dan menjadi 0,241% setelah menggunakan filter berpori dengan tambahan 10% PVA. Penurunan yang signifikan ini terjadi pada saat penurunan 3000-2500 Rpm.
3. Pada pemasangan filter gas CO belakang dapat dilihat pada **gambar 11**. Pada penggunaan filter dengan komposisi 10% PVA terjadi penurunan yaitu sebesar 93,56% dari konsentrasi CO 2,859% sebelum menggunakan filter dan menjadi 0,184% setelah menggunakan filter berpori dengan tambahan 10% PVA. Penurunan yang ini terjadi pada saat penurunan 3000-2500 Rpm.
4. Pada **gambar 12**. Dari 3 penempatan filter dapat diambil filter terbaik dengan komposisi 10% PVA pada penempatan depan, 10% PVA pada penempatan tengah, dan 10% PVA pada penempatan belakang. Sedangkan untuk filter terbaik dari perbandingan adalah 10% PVA pada penempatan belakang yang paling baik untuk mereduksi gas CO.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :



1. Dari hasil uji pemasangan filter keramik berpori sebagai *catalytic converter* pada posisi depan mendapatkan penurunan gas CO sebesar 93,07% dengan penambahan 10% PVA.

Pada posisi tengah mendapatkan penurunan gas CO sebesar 91,57% dengan penambahan 10% PVA.

Pada posisi belakang mendapatkan penurunan gas CO sebesar 93,56% dengan penambahan 10% PVA.

Dari perbandingan antara filter masing-masing penempatan pemasangan di posisi belakang knalpot akan lebih banyak mengurangi gas CO yaitu sebesar 93,56%, sedangkan filter yang digunakan dengan kandungan 10% PVA.

2. Dari hasil komposisi bahan dasar keramik berpori EDS tersebut dinyatakan bahwa: *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) mendominasi kandungan Titanium (Ti) sebesar 56,26% dan Oksigen (O) sebesar 40,58%; *Clay* Banjarnegara mendominasi kandungan Oksigen (O) sebesar 43,36% dan Silikon (Si) sebesar 24,74%; *Polyvinyl alcohol* (PVA) mendominasi kandungan Karbon (C) sebesar 95,91%, Tembaga (Cu) mendominasi kandungan Tembaga (Cu) sebesar 76,28%.

3. Dari hasil uji *XRD* yaitu PVA 0% mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,64 mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 35,57 mempunyai intensitas 517,7 peak ketiga 36,49 mempunyai intensitas 509,8. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut:  $\text{Cs}_2\text{O}$  (B2 03) 3 (52,9%),  $\text{B}_6\text{Cs}_2\text{O}_{10}$  (52,9%), dan  $\text{B}_6\text{Cs}_2\text{O}_{10}$  (52,9%).

PVA 5% mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,75 mempunyai intensitas 1000,0, peak kedua 35,65 mempunyai intensitas 637,8 peak ketiga 38,87 mempunyai intensitas 620,5. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: Cu F (100,0%).

PVA 10% mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,71 dan mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 38,81 mempunyai intensitas 625,4 peak ketiga 36,65 mempunyai

intensitas 623,6. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: O2 Si (100,0%).

PVA 15% mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,72 dan mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 38,81 mempunyai intensitas 534,5 peak ketiga 36,52 mempunyai intensitas 534,4. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: Ag Hg2 (As O4) (100,0%).

PVA 20% mendapatkan hasil 3 peak tertinggi yang terdapat pada 2theta yaitu peak pertama adalah 26,66 mempunyai intensitas 1000,0 peak kedua 38,76 mempunyai intensitas 679,4 peak ketiga 35,60 mempunyai intensitas 690,3. Karakteristik senyawa atau unsur yang terdapat pada ketiga peak tersebut sebagai berikut: O2 Si (100,0%).

4. Dalam pengujian Foto Mikro dapat disimpulkan hasil *mikrostruktur* foto mikro diketahui semakin bertambahnya bahan Aditif PVA terlihat warna hitam semakin bertambah karena bertambahnya kandungan Cu, dalam pengujian SEM keramik berpori nilai porositas antara 0,5 - 4  $\mu m$ . Hal ini disebabkan pada penambahan aditif dan tekanan.

## Saran

Setelah melakukan penelitian maka didapatkan saran guna mendapatkan hasil yang lebih baik lagi di penelitian berikutnya :

1. Sebaiknya untuk penelitian lebih lanjut perlu dibuat filter keramik berpori dengan diameter lebih besar, lubang lebih banyak dan ukuran lebih panjang. Supaya gas buang yang keluar dapat menyentuh pori-pori filter yang lebih banyak.
2. Untuk kekuatan dan kekerasan filter diharapkan dapat ditingkatkan, karena tekanan udara gas buang dalam knalpot sangat tinggi jadi rentan akan hancur.
3. Untuk pengujian selanjutnya diharapkan bisa diterapkan pada kendaraan yang bersistem bahan bakar injeksi.
4. Untuk diterapkan pada kendaraan keseharian, untuk pemasangan filter terbaik bisa ditempatkan belakang.

5. Untuk pengurangan bahan aditif dilakukan secara teliti, supaya sesuai dengan ukuran *presentase*.

#### **Daftar Pustaka.**

Arifin. Z. Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Penerbit Alfabeta. Bandung.

Bachrun R.K. 1993. *Polusi Udara Perkotaan, Pemantauan Dan Pengaturan*. Lab Termodinamika PAU ITB. Bandung.

Gade. M. 2012. *Keramik Kordierite Berpori Sebagai Bahan Aditif Gas Buang*. (Jurnal). Medan: UMN Al-Washilah.

Irawan, R.M Bagus. , 2003, *Rancang Bangun Calalytic Converter dengan Material Substrat Tembaga (Cu) untuk MereduKSi Emisi Gas CO*, Tesis MIL UNDIP.

Purbasari. A dan Sumadhi. T. W. 2005. *Pengembangan Produk Keramik Berpori Dengan Proses Ekstrusi Pada Skala Laboratorium*. Bandung: ITB. Jurnal

Sugiarti. 2009 *Gas Pencemaran Udara Dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia*.

Tambunan. T. D, 2008. *Pembuatan Keramik Berpori Sebagai Filter Gas Buang Dengan Aditif Karbon Aktif*. (Jurnal). Medan: Universitas Sumatra Utara.

Termodinamika PAU Intitut Teknologi Bandung, Bandung.