

ISSN 2339-028X

PROCEEDING

# SNTT4

Simposium Nasional Teknologi Terapan  
Inovasi Lanjut Dalam Teknik dan Sains Terapan



Forum Grup Diskusi Teknologi  
Perguruan Tinggi Muhammadiyah se-Indonesia  
**FGDT - PTM VII**  
Universitas Muhammadiyah Purwokerto



## **Kata Pengantar**

### **Penanggung Jawab ISNTT 2016**



Puji syukur ke hadirat Allah, SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada kita sekalian. Sholawat salam semoga tetap tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat serta para pengikut sunnah-sunnahnya hingga akhir zaman.

Pada kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada segenap panitia penyelenggara Simposium Nasional Teknologi Terapan IV Forum Grup Diskusi Teknologi (FGDT) Forum Dekan Teknik Perguruan Tinggi Muhammadiyah tahun. Ucapan terima kasih kami sampaikan pula kepada segenap pembicara / pemakalah yang berperan aktif dalam seminar ini.

Kami berharap bahwa simposium ini mampu memberi sumbangsih pemikiran dan wawasan akan pentingnya teknologi ramah lingkungan dalam upaya pencegahan pemanasan global kepada berbagai pihak, sehingga upaya pencegahan pemanasan global dapat dilakukan secara terintegrasi.

Kami berharap pula, simposium seperti ini akan dapat terlaksana pada tahun-tahun yang akan datang dengan tema-tema yang sesuai dengan perkembangan zaman dan mampu memberi kontribusi yang nyata bagi pembangunan nasional

Purwokerto, November 2016

Dekan Fakultas Teknik

M. Taufiq Tamam, S.T., M.T.

### **Ketua Panitia**



Pujisyukur Alhamdulillah kehadlirat Allah SWT atas segala ni'mat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelenggarakan Forum Grup Diskusi Teknologi (FGDT) yang ke VII dan Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 4.

Kegiatan SNNT inimerupakan rangkaian kegiatan dari FGDT yang dilaksanakan setiap tahun.FGDT yang dilaksanakan di FT UMP ini merupakan FGDT yang ke-7 dan SNTT yang ke-4.Kami berharap symposium ini dapat menjadi wahana untuk member masukan-masukan padaperkembangan ilmu dan teknologi.

Kami mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada segenap panitia yang telah bekerja keras untuk terlaksananya kegiatan ini.Kepada segenap pemateri dan pemakalah, kami juga mengucapkan terimakasih dan apresiasi yang sebesar-besarnya.

Akhirnya semoga acara ini dapat berlangsung dengan baik dan member manfaat kepada semua pihak, terimakasih.

Purwokerto, November 2016

Ketua FGDT

Anwar Ma'ruf, S.T., M.T.

## Daftar Isi

Kata Pengantar .....	1
Daftar Isi .....	3
Komite .....	4
Topik .....	5
Lokasi .....	6
Jadwal Presentasi .....	7
Papers .....	9
Arsitekture .....	20
Teknik Elektro .....	36
Teknik Industri .....	46
Teknik Informatika .....	56
Teknik Kimia .....	72
Teknik Mesin .....	88
Teknik Sipil .....	114

## **Komite**

### Scientific Committee :

1. Assoc. Prof. Dr. Setyawan Widyarto (Universiti Selangor, Malaysia)
2. Prof. Seongcheol kim (Yeungnam University, South Korea)
3. Hanung Adi Nugroho, S.T.,ME.,Ph.D. (Universitas Gadjah Mada, Indonesia)
4. Dr. Suprpto,M.Kom. (Universitas Gadjah Mada, Indonesia)
5. Dr. Ermatita,M.Kom. (Universitas Sriwijaya, Indonesia)
6. Dr. Hj. Tatik Maftukhah,M.T. (Puslitbang KIM,Indonesian Institute of Sciences, Indonesia)
7. Dr. Sri Kusumadewi,M.T. (Universitas Islam Indonesia, Indonesia)
8. Dr. Tole Sutikno (Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia)
9. Dr. Mohammad Mansoob Khan (Universiti Brunei Darussalam, Brunei Darussalam)
10. Prof. Dr. Ir. Imam Robandi, M.T (Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia)
11. Gatot Rusbintardjo, Ph.D (Universitas Islam Sultan Agung,Indonesia)

### Organizing Committee :

1. Dr. H. Syamsuhadi Irsyad, M.H.
2. Haryanto, Ph.D.
3. Muhammad Taufiq Tamam, S.T., M.T.
4. Muhammad Hamka, S.T.,M.Kom.
5. Lahan Adi Purwanto,S.Kom.

## **Topik**

1. ARSITEKTUR
2. TEKNIK ELEKTRO
3. TEKNIK INDUSTRI
4. TEKNIK INFORMATIKA
5. TEKNIK KIMIA
6. TEKNIK MESIN
7. TEKNIK SIPIL

## Lokasi



## Jadwal Kegiatan

No	Waktu	Presentasi					
		Room I	Room II	Room III	Room IV	Room V	Room VI
1	13.00 – 13.10	SNTT A-001	SNTT E-001	SNTT IF - 001	SNTT K - 001	SNTT M - 001	SNTT S - 001
2	13.10 – 13.20	SNTT A-002	SNTT E-002	SNTT IF - 002	SNTT K - 002	SNTT M - 002	SNTT S - 002
3	13.20 – 13.30	SNTT A-003	SNTT E-003	SNTT IF - 003	SNTT K - 003	SNTT M - 003	SNTT S - 003
4	13.30 – 13.40	SNTT A-004	SNTT E-004	SNTT IF - 004	SNTT K - 004	SNTT M - 004	SNTT S - 004
5	13.40 – 13.50	SNTT A-005	SNTT E-005	SNTT IF - 005	SNTT K - 005	SNTT M - 005	SNTT S - 005
6	13.50 – 14.00	SNTT A-006	SNTT E-006	SNTT IF - 006	SNTT K - 006	SNTT M - 006	SNTT S - 006
7	14.00 – 14.10	SNTT A-007	SNTT E-007	SNTT IF - 007	SNTT K - 007	SNTT M - 007	SNTT S - 007
8	14.10 – 14.20	SNTT A-008	SNTT E-008	SNTT IF - 008	SNTT K - 008	SNTT M - 008	SNTT S - 008
9	14.20 – 14.30	SNTT A-009	SNTT I - 009	SNTT IF - 009	SNTT K - 009	SNTT M - 009	SNTT S - 009
10	14.30 – 14.40	SNTT A-010	SNTT I - 001	SNTT IF - 010	SNTT K - 010	SNTT M - 010	SNTT S - 010
11	14.40 – 14.50	SNTT S - 015	SNTT I - 002	SNTT IF - 011	SNTT K - 011	SNTT M - 011	SNTT S - 011
12	14.50 – 15.00	SNTT S - 016	SNTT I - 003	SNTT IF - 012	SNTT K - 012	SNTT M - 012	SNTT S - 012
13	15.00 – 15.10	SNTT S - 017	SNTT I - 004	SNTT IF - 013		SNTT M - 013	SNTT S - 013

14	15.10 – 15.20		SNTT I – 005	SNTT IF - 014		SNTT M - 014	SNTT S - 014
15	15.20 – 15.30		SNT I – 006			SNTT M - 015	
16	15.30 – 15.40		SNTT I - 007				
17	15.40 – 15.50		SNTT I - 008				

### Moderator

ROOM	MODERATOR
IV	Agus Salim
V	Wayu Dwiono
VI	Feri Wibowo
VII	Abdul Haris Mulyadi
VIII	Mulyono
IX	Amris Azizi

## Papers

### A. Bidang Arsitektur

No	No. Artikel	Penulis 1	Judul Artikel
1	SNTT A-001	Aprodita Emma Yetti	Preservasi Kawasan Perdagangan Kotagede Yogyakarta Dengan Pendekatan Adaptive Reuse
2	SNTT A-002	Dian Cahyo Utomo	Pengembangan Ruang Dalam Dan Luar Yang Rehabilitatif Sebagai Pendukung Penyembuhan Secara Psikologis Pada Rumah Sakit Ibu Dan
3	SNTT A-003	Hapsari Wahyuningsih	Penggunaan Sistem Informasi Geografi (SIG) Dalam Pemetaan Dan Perhitungan Ruang Terbuka Hijau Perkotaan (Rth) Jenis Publik (Studi Kasus : Kota Surakarta, Jawa Tengah)
4	SNTT A-004	Iwan Darmawan	Pengembangan Kawasan Industri Bambu Sendari Sebagai Daya Tarik Wisata
5	SNTT A-005	Indah Pujiyanti	Alternatif Teknik Passive Cooling Yang Aplikatif Pada Ruang Kuliah Studio Arsitektur Studi Kasus: Daerah Istimewa Yogyakarta
6	SNTT A-006	Mashudi	Rumah Tinggal Karya Hassan Fathy Gagasan, Konsep, Metoda Dan Aplikasi
7	SNTT A-007	Tika Ainunnisa Fitria	Dampak Pertumbuhan Hotel Terhadap Perubahan Bentuk Arsitektural Hotel Di Kota Yogyakarta
8	SNTT A-008	Muhammad Zakaria Umar	Prinsip-Prinsip Arsitektur Moderen Pada Pembuatan Batako PC Yang Dikerjakan Secara Manual Di Kota Kendari
9	SNTT A-009	Surya Ardhy	Belajar Kreatif Mengupayakan Lingkungan Manusiawi dalam Keterbatasan Lahan Berhuni Sempit dari Permukiman Swadaya
10	SNTT A-010	Alpha Febela Priyatmono	PENGEMBANGAN KAMPOENG BATIK LAWEYAN BERBASIS INDUSTRI KREATIF

B. Bidang Teknik Elektro

No	No. Artikel	Penulis 1	Judul Artikel
1	SNTT E-001	Wahyu Sapto Aji, Sunardi	Perancangan Dan Simulasi Generator Fungsi Berbasis Proteus
2	SNTT E-002	Didik Aribowo, Desmira, Rizky Riyandika	Analisa Sistem Kendali Holding-Closing Terhadap Shipunloadercoal
3	SNTT E-003	Agus Supardi, Aris Budiman, Sahid Sholihin	Perancangan Generator Induksi Magnet Permanen Satu Fase Kecepatan Rendah
4	SNTT E-004	Prayitno, Anton Yudhana, Sunardi	Pembuatan Mesin Identifikasi Sidik Jari Sebagai Pengaman Pintu
5	SNTT E-005	Ferisa Setiyaningrum, Kartika Firdausy	Metode Thresholding Untuk Segmentasi Citra Telur Berbasis Android
6	SNTT E-006	Luqman Assaffat	Peramalan Beban Listrik Bulanan Sektor Industri Menggunakan Support Vector Machine Dengan Variasi Fungsi Kernel
7	SNTT E-007	Itmi Hidayat Kurniawan, Latiful Hayat	Unjuk Kerja Pembangkit Energi Listrik Tenaga Matahari Pada Jaringan Listrik Mikro Arus Searah
8	SNTT E-008	Sunardi, Wahyu Sapto Aji, Hernawan Aji Nugroho	Desain Dan Analisis Pembangkit Listrik Mikrohidro
9	SNTT E-009	Zulkiffli Saleh <sup>1*</sup> , M. Fauzan Syafitra <sup>2</sup>	ANALISIS PERBANDINGAN DAYA PADA SALURAN PEMBAWA UNTUK SUPLAI TURBIN ULIR ARCHIMEDES

C. Bidang Teknik Industri

No	No. Artikel	Penulis 1	Judul Artikel
1	SNTT I - 001	Much. Djunaidi, Dilla Rahma Yunita	Perbaikan Kualitas Produk Sprite Can 250ml Menggunakan Statistical Process Control
2	SNTT I - 002	Ratnanto Fitriadi, Ganang Fitrianto, Wibowo	Perancangan Ulang Produk Pti I Menggunakan Reverse Engineering
3	SNTT I - 003	Hafidh Munawir, Krismiyanoto	Analisis Risiko Dan Strategi Mitigasi Risiko Suply Chain Susu Sapi (Studi Kasus Di Desa Singosari, Boyolali)
4	SNTT I - 004	Indah Pratiwi, Purnomo, Rini Dharmasiti, Lientje Setyowati	Pengukuran Aktivitas Otot Dengan Perbedaan Jenis Kelamin Pada Postur Kerja Bagian Kaki Menggunakan Surface Electromyography
5	SNTT I - 005	Denny Astrie Anggraini, St. Nova, Meirizha, Fiky Rahman	Analisis Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Kualitas Crumb Rubber Dengan Metode Taguchi
6	SNTT I - 006	Zayyinul Hayati Zen, Satriardi, Kismadi	Perancangan Fasilitas Dan Perbaikan Postur Kerja Pada Stasiun Pengeboran Di Pt. Peputra Masterindo
7	SNTT I - 007	Dedi Dermawan, Faradila Ananda Y	Penerapan Reliability Centered Maintenance (Rcm) Pada Motor Hoist Tower Crane
8	SNTT I - 008	B. Satriawan, Annie Purwani	Pengendalian Persediaan Produk Minuman Aje Di Pt. Delta Guna Utama

D. Teknik Informatika

No	No. Artikel	Penulis 1	Judul Artikel
1	SNTT IF - 001	Arfiani Nur Khusna, Afan Kurniawan	Perancangan Sistem Informasi Peminjaman Ruang Pada Biro Finansial dan Aset (BIFAS) Menggunakan CRM (Customer Relationship Management)
2	SNTT IF - 002	Lisna Zahrotun, Arfani Nur Khusna	PERANCANGAN APLIKASI DATA MINING UNTUK CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT (CRM) PADA ONLINE SHOP TOKODIAPERS.COM MENGGUNAKAN METODE CLUSTERING FUZZY C- MEANS
3	SNTT IF - 003	Nur Rochmah Dyah Puji Astuti, Lisna Zahrotun	PERANCANGAN MEDIA BANTU PEMBELAJARAN MANDIRI MATEMATIKA DISKRET MATERI KOMBINATORIK
4	SNTT IF - 004	Munirah Muslimin	PENILAIAN KUALITAS SISTEM PAKAR BERDASARKAN PARAMETER ISO 9126
5	SNTT IF - 005	Desriyanti	SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PEMBERIAN BEASISWA DOSEN DENGAN MENGGUNAKAN MODEL MULTI-ATTRIBUTE DECISION MAKING (MADM) METODE SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING (SAW) Studi Kasus: Universitas Muhammadiyah Ponorogo
6	SNTT IF - 006	Andy Triyanto	PERANGKAT ANALISIS INDIKATOR KESEHATAN PADA RUMAH SAKIT AISYIYAH PONOROGO
7	SNTT IF - 007	Hindarto, Ade Efiyanti	EKSTRASI CIRI SINYAL EPILEPSI MENGGUNAKAN FAST FOURIER TRANSFORM
8	SNTT IF - 008	Tedy Setiadi, Nasruri Aji Pratomo, Andri Pranolo, Muhammad Aziz	Pengembangan Sistem Informasi Geografis Pemetaan Tingkat Ekonomi Posdaya

9	SNTT IF - 009	Anna Hendri Soleliza Jones	PENERAPAN ALGORITMA C4.5 UNTUK INDEXING DATA PASIEN DALAM MENDIAGNOSA PENYAKIT GANGGUAN KEPERIBADIAN
10	SNTT IF - 010	Ika Arfiani	ANALISA PERBANDINGAN ALGORITMA DJIKSTRA DAN BEE COLONY OPTIMIZATION PADA APLIKASI LOCATION BASED SERVICE PENCARIAN LOKASI UKM
11	SNTT IF - 011	Hernawan Sulistyanto, Bryan Anthoni	APLIKASI LAYANAN RESERVASI KERETA API MENGGUNAKAN ANTAR MUKA BAHASA SEHARI- HARI
12	SNTT IF - 012	Aris Rakhmadi, Bambang Efrianto	SISTEM PENILAIAN KARYAWAN TERBAIK MENGGUNAKAN METODE SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING PADA DEALER MOTOR
13	SNTT IF - 013	Murinto, Sri Winiarti	ANALISIS TEKSTUR MENGGUNAKAN METODE FITER GABOR DAN TRANSFORMASI WAVELET PADA CITRA PENGINDERAAN JAUH
14	SNTT IF - 014	Annisa Della, Dewi Soyusiawati	PENDEKATAN METODE ATURAN PERUBAHAN KATA UNTUK MENGALIHKAN TEKS BAHASA INDONESIA KE BAHASA BELITUNG

E. Teknik Kimia

No	No. Artikel	Penulis 1	Judul Artikel
1	SNTT K - 001	Alwani Hamad, Desiana Pradiyanti, Endar Puspawiningtyas	Potensi Dimetil Amino Phosphat (DAP) sebagai sumber nitrogen dalam pembuatan nata de coco
2	SNTT K - 002	Dwi Susilowati	Respon Imun Humoral Protein Rekombinan Ca Sebagai Kandidat Vaksin Protein Virus Penyakit Jembrana

3	SNTT K - 003	Ika Afifah Nugraheni	Pengaruh Aplikasi Pupuk Hayati Terhadap Perkembangan Candidatus <i>Liberibacter Asiaticus</i> Pada Tanaman Jeruk
4	SNTT K - 004	Nosa Septiana Anindita, Widodo, Tiyas Tono Taufiq, Titik Dwi Wahyuningaih	Identifikasi 16S rRNA <i>Lactobacillus casei</i> Kandidat Probiotik Asal Feses Bayi Indonesia Melalui Pola Fingerprinting dengan PCR-RFLP
5	SNTT K - 005	Abdul Haris Mulyadi, Anwar Ma'ruf, Bintar Winastia, Haryanto	Pengaruh Penambahan Cangkang Kerang Pada Membran Keramik Dari Zeolit Alam Untuk Pengolahan Limbah Cair Berminyak
6	SNTT K - 006	Endah Sulistiawati	Pembuatan Mie dari Campuran Umbi Kimpul ( <i>Xanthosoma sagittifolium</i> ) dan Terigu
7	SNTT K - 007	Siti Salamah	PIROLISIS SAMPAH STEREOFAM DENGAN KATALIS Ni/Silika
8	SNTT K - 008	Imam Santosa, Andini Putri Winata, Endah Sulistiawati	KAJIAN SIFAT KIMIA DAN FISIKA TEPUNG UBIJALAR PUTIH HASIL PENGERINGAN CARA SANGRAI
9	SNTT K - 009	Martomo Setyawan	Pemecahan mikroalga <i>Nannochloropsis Salina</i> sp. dengan kavitasi hidrodinamika
10	SNTT K - 010	Endah Sulistiawati, Imam Santoso, Agus Aktawan	SUBSTITUSI TEPUNG COCOCAF PADA PEMBUATAN BROWNIES KUKUS SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI TERIGU
11	SNTT	Yeti Rusmiati Hasanah, Umi	PENGARUH PENAMBAHAN CMC (Carboxy Methyl Cellulose) TERHADAP TINGKAT

	K - 011	Uswatun Khasanah, Endang Wibiana, Haryanto	DEGRADIBILITAS DAN STRUKTUR PERMUKAAN PLASTIK RAMAH LINGKUNGAN
12	SNTT  K - 012	Yuti Mentari, Miftahul Hasanah, Ratri Ariatmi Nugrahani	Potensi Produk Transesterifikasi Minyak Dedak Padi ( <i>Rice Bran Oil</i> ) sebagai Bahan Baku Pembuatan <i>Base Oil</i> Epoksi Metil Ester

#### F. Teknik Mesin

No	No. Artikel	Penulis 1	Judul Artikel
1	SNTT M - 001	Mulyono	ANALISA PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI PADA RATIO RONGGA VAKUM 5,9 UNTUK MENYIMPANZAT KRIOGENIK
2	SNTT M - 002	Sudarno, Fadelan	Peningkatan Efisiensi Kompor LPG Dengan Menggunakan Elemen Bara Api
3	SNTT M - 003	Edi Widodo, Indah Sulistiyowati	REKAYASA INSTALASI POMPA UNTUK MENURUNKAN HEAD LOSS
4	SNTT M - 004	WawanTrisnadi Putra, Ismono, Yoyok Winardi	ANALISA KEKUATAN DAN PEMANFATAN SAMPAH PLASTIK HASIL PENGEPRESAN JENIS POLYPROPELIN
5	SNTT M - 005	Aris Widyo Nugroho, Sudarisman, M. Budi Nur Rahman	PENGARUH TEGANGAN DAN VARIASI JARAK CELAH (GAP) PADA PROSES ELECTROCHEMICAL MACHINING (ECM) MENGUNAKAN ELEKTRODA KUNINGAN TIDAK TERISOLASI ADAP NILAI MRR, OVERCUT, DAN KETIRUSAN PADA

			ALUMINIUM 1100
6	SNTT M - 006	Ahmad Sayogo, Novi Caroko	PERANCANGAN DAN PEMBUATAN KINCIR ANGIN TIPE HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE (HAWT) UNTUK DAERAH PANTAI SELATAN JAWA
7	SNTT M - 007	Ngafwan, Ervan Effendi	ANALISA KEKUATAN PIPA KOMPOSIT SERAT BATANG PISANG POLYESTER YANG DISUSUN DUA LAPIS SERAT 250/-250 TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA TEMPERATUR RUANG UJI 35 OC, 45 OC DAN 55 OC
8	SNTT M - 008	RM. Bagus Irawan, Lutfi Nurcholis	Pemanfaatan Logam Transisi Tembaga dan Nikel Sebagai bahan Katalis Untuk Mereduksi Emisi Gas Karbon Monoksida Kendaraan Bermotor
9	SNTT M - 009	Sunaryo, Abrar Ridwan, Anang Prasetyo	UJI KAREKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK BAHAN BAKAR BRIKET CAMPURAN SERBUK KAYU DAN LATEKS SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF
10	SNTT M - 010	Legisnal Hakim, Japri, Aprizul	ANALISA VIBRASI PADA SISTEM MC PUMP DENGAN MENGGUNAKAN ALAT VIBXPRT TYPE VIB 5.300 DI PERUSAHAAN PULP & PAPER
11	SNTT M - 011	Jusnita, Mario Sapitra	PENGARUH MODIFIKASI RUANG BAKAR TERHADAP PERFORMA MESIN PADA SEPEDA MOTOR KAWASAKI NINJA RR 150 CC
12	SNTT M - 012	Kemas Ridhuan, Nedi Hendri	Revitalisasi Proses Produksi Kopi Luwak berbasis Teknologi
13	SNTT M - 013	Sudarno, Aliyadi	PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PENGEMUKAN SAPI POTONG DENGAN MENGGUNAKAN MESIN PRODUKSI KONSENTRAT PAKAN SAPI
14	SNTT M - 014	Yohanes <sup>1</sup> , Putra Partomuan <sup>1</sup> dan Sunaryo <sup>2</sup>	PENGARUH BENTUK PERMUKAAN <i>FORGING</i> SAMBUNGAN LAS GESEK <i>ROTARY</i> TERHADAP KEKUATAN TARIK BAJA <i>MILD STEEL</i>

15	SNTT M - 015	<sup>1)</sup> Ir. Denur, MM, <sup>(2)</sup> Legisnal Hakim, MT, <sup>(3)</sup> Ir. Indra Hasan, MT, <sup>(4)</sup> Syahrul Rahmad	PENERAPAN RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) PADA MESIN RIPPLE MILL
----	-----------------	--	---

G. Teknik Sipil

No	No. Artikel	Penulis 1	Judul Artikel
1	SNTT S - 001	Sri Amelia	TEKNOLOGI RAMAH LINGKUNGAN UNTUK JALAN PERKOTAAN YANG LEBIH BAIK
2	SNTT S - 002	Ahmad Mashadi, Anis Rakhmawati, Isti Zaidah	LAJU ALIRAN VERTIKAL PADA MEDIA RESAPAN DAN KUALITAS AIR
3	SNTT S - 003	Sri Amelia	KEBIJAKAN PENERAPAN RUANG HENTI KHUSUS SEPEDA MOTOR
4	SNTT S - 004	Catur Singgih, Dwi Handayani, Ary Setyawan	ANALISIS DURABILITAS CAMPURAN BUBUR ASPAL EMULSI (SLURRY SEAL) MODIFIKASI POLIMER
5	SNTT S - 005	Eka Mulyawati, Juanita, Teguh Marhendi	ANALISIS EFEKTIVITAS FASILITAS PENYEBERANGAN PEJALAN KAKI BERDASARKAN GAP KRITIS (STUDI KASUS ZEBRA CROSS DEPAN PT. VERONIQUE INDONESIA, BANJARNEGARA)
6	SNTT S - 006	Febri Noval, Sulfah Anjarwati, Juanita	EVALUASI TINGKAT KERUSAKAN JALAN MENGUNAKAN METODE PAVE MENT CONDITION INDEX (Studi Kasus : Jalan Purwokerto - Ajiarang)

7	SNTT S - 007	Abd.Rakhim, Ahmad Munier, M. Arsyad Thaha, Farouk Maricar	PENGARUH TUTUPAN VEGETASI PADA TANAH TIMBUNAN TERHADAP INFILTRASI DAN ALIRAN PERMUKAAAN
8	SNTT S - 008	Agreista Vidyna Qoriaulfa, Anisa Ratna Putri, Puji Harsanto, Jazaul Ikhsan	ANALISIS LIMPASAN LANGSUNG MENGUNAKAN METODE NAKAYASU, SCS, DAN ITB STUDI KASUS SUB DAS PROGO HULU
9	SNTT S - 009	Nurnawaty, Mary Selintung, M. Arsyad Thaha, Farouk Maricar	REMBESAN AIR ASIN PADA MODEL AKUIFER BEBAS DAERAH PANTAI
10	SNTT S - 010	A. Khomaini Fauzan, Nursetiawan, Puji Harsanto	ANALISIS KARAKTERISTIK FISIK DAS DENGAN DEM SRTM 1 ARC SECOND DI SUNGAI PROGO
11	SNTT S - 011	Noor Mahmudah, Deka Haryadi Bayunagoro, Muchlisin	PEMODELAN LALU LINTAS PADA SIMPANG BERSINYAL DI KOTA YOGYAKARTA (STUDI KASUS SIMPANG PINGIT)
12	SNTT S - 012	Puji Harsanto, Jazaul Ikhsan, Edi Hartono, Anita Widianti, Aditya Wibawa Mukti, Sepiandi Prabowo	ANALISA HIDROLIKA DAN TRANSPOR SEDIMEN DI SEKITAR PILAR DENGAN MODEL NUMERIK
13	SNTT S - 013	Resti Fitriana, Sulfah Anjarwati, Amris Azizi	PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN SEMEN DENGAN FLY ASH DAN KAPUR TERHADAP KUAT TEKAN PAVING BLOCK
14	SNTT S - 014	'Aliem Sudjatmiko	PEMANFAATAN KARET BEKAS KONVEYER UNTUK PEMBUATAN VALVE POMPA HIDRAM
15	SNTT S - 015	Agus Riyanto, Safira Yaumul Akbar	PENGARUH NILAI SAND EQUIVALENT TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DAN DURABILITAS PADA CAMPURAN AC (ASPHALT CONCRETE)

16	SNTT S – 016	Mochamad Solikin, Eko Widiyanto	ANALISA SIFAT MEKANIS BETON MUTU TINGGI DENGAN PEMAKAIAN FLY ASH LEBIH DARI 50% SEBAGAI PENGGANTI SEMEN DAN SUPERPLASTICIZER
17	SNTT S - 017	Alik Ansyori Alamsyah	PEMANFAATAN ABU AMPAS TEBU ( <i>BAGASSE ASH OF SUGAR CANE</i> ) SEBAGAI BAHAN PENGGANTI FILLERDENGAN VARIASI TUMBUKAN PADA CAMPURAN ASPAL PANAS LARASIR B

## Pemanfaatan Logam Transisi Tembaga dan Nikel Sebagai bahan Katalis Untuk Mereduksi Emisi Gas Karbon Monoksida Kendaraan Bermotor

RM. Bagus Irawan<sup>1</sup>, Lutfi Nurcholis<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Semarang

E-mail : [bagusirawanmail@yahoo.com](mailto:bagusirawanmail@yahoo.com)

### ABSTRAK

*Penggunaan logam transisi yang mempunyai kelimpahan yang tinggi dan harga relatif murah dapat menjadi alternatif sebagai pengganti bahan katalis Catalytic Converter. Beberapa bahan yang diketahui sebagai katalis oksidasi yaitu platinum, plutonium, nikel, mangan, chromium dan oksidanya dari logam-logam tersebut. Sedangkan beberapa logam diketahui sebagai katalis reduksi, yaitu besi, tembaga, nikel paduan dan oksida dari bahan-bahan tersebut (Obert, 1973). Di samping itu beberapa logam yang diketahui efektif sebagai bahan katalis oksidasi dan reduksi mulai dari yang besar sampai yang kecil adalah Pt, Pd, Ru, Mn, Cu, Ni, Fe, Cr, Zn dan oksida dari logam-logam tersebut (Mattey, J, 2014).*

*Catalytic Converter adalah alat untuk mengkonversi senyawa-senyawa toksik dalam gas buang menjadi zat-zat yang kurang toksik atau tidak toksik. (Jenbacher, 1996). Alat ini telah digunakan di USA sejak 1975 karena peraturan Environmental Protection Agency (EPA) yang semakin ketat tentang gas buang kendaraan bermotor. Namun demikian harga alat tersebut masih sangat mahal di pasaran dan tidak semua kendaraan bermotor menggunakan teknologi tersebut. Hal ini disebabkan oleh pemakaian katalis yang terbuat dari bahan logam mulia (Nobel Metal) yang mahal dan jarang didapatkan dipasaran seperti Paladium, Platinum, dan Rodium. Katalis tersebut sangat rentan terhadap unsur timbal (Pb) dalam bahan bakar yang berakibat dapat merusak fungsi katalis karena akan terjadi penyumbatan pada honeycomb Catalytic Converter.*

*Catalytic converter merupakan salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk menurunkan polutan dari emisi kendaraan bermotor, khususnya untuk motor berbahan bakar bensin (Heisler, 1995). Catalytic Converter berfungsi untuk mempercepat oksidasi emisi Hidrokarbon (HC) dan Carbon Monoksida (CO), serta mereduksi Nitrogen Oksida (NOx).*

*Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk rancang Desain dan rancang bangun Catalytic Converter dengan memanfaatkan logam transisi sebagai bahan Katalis, yang dapat mengurangi polutan Carbon Monoksida pada emisi gas buang. Hasil Penelitian awal dari Desain Catalytic Converter telah menghasilkan 4 model katalis Catalytic Converter yang dapat menurunkan emisi gas Carbon Monoksida*

**Kata kunci** : catalytic converter, katalis, tembaga, nikel, emisi gas buang, karbon monoksida

### 1. Pendahuluan

Hampir 70 % kontribusi polutan udara berasal dari emisi gas buang kendaraan bermotor. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang cukup tinggi 8 % / tahun yang tidak sebanding dengan pertumbuhan jalan yang hanya 2 % / tahun. Polusi udara tersebut terdiri dari gas seperti CO, HC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, partikulat merupakan gas-gas berbahaya khususnya bagi manusia. (Studi Bappenas, 2009).

Menurut Asisten Deputi Urusan Pengendalian Pencemaran Emisi Sumber Bergerak KLH, dari hasil kajian yang dilakukan oleh KLH dikemukakan bahwa pada tahun 2009 terdapat 26 kota metropolitan di Indonesia yang memiliki kualitas udara buruk dimana angka pencemaran udara mencapai 80%, diantaranya termasuk kota Semarang. (Palguna A. 2010).

Pakar Transportasi dari Universitas Khatolik Soegiyopranoto mengemukakan bahwa jumlah kendaraan bermotor di kota Semarang saat ini telah mencapai 1 juta unit dengan jumlah penduduk

1,4 juta jiwa, sementara itu kapasitas jalan yang ada tidak bertambah jumlahnya. Hal ini tentu saja akan membawa implikasi kemacetan dan peningkatan polusi udara di kota Semarang. (Setijowarno D. 2010).

Dari seluruh emisi gas buang yang dikeluarkan dari sumber kendaraan bermotor, persentasi emisi gas buang CO (Carbon Monoksida) cukup signifikan mencapai 60% dan termasuk jenis gas yang sangat berbahaya karena bisa mengakibatkan kematian bagi bagi yang menghirupnya. (Bachrun, 1993).

Peningkatan polusi udara dari sektor transportasi sangat signifikan dan berdampak pada kehidupan dan lingkungan saat ini. Sebuah kendaraan dari proses bekerjanya dapat menghasilkan polutan berupa gas Carbon monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), Sulfur Oksida (SO<sub>2</sub>) dan Timbal (Pb) yang sering disebut sebagai polutan primer. Salah satu polutan udara yang berbahaya dan sangat dominan jumlahnya adalah gas Carbon Monoksida yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dan udara motor bensin yang tidak sempurna (Wardhana A.W. 1995).

Sesuai dengan program *Environment Sustainable Transportation (EST)* atau lebih dikenal dengan transportasi ramah lingkungan ada 12 program atau pendekatan yang bisa dilakukan untuk mengurangi permasalahan polusi udara yang bersumber dari sektor transportasi, salah satunya adalah *Vehicle Emissions Control* yang akan menjadi fokus kajian penelitian.

Untuk mengurangi emisi gas buang tersebut sebenarnya dapat dilakukan dengan membatasi jumlah kendaraan bermotor, hal ini merupakan kewenangan dari pemerintah dan sangat sulit terwujud mengingat pajak kendaraan bermotor masih menjadi penyumbang pendapatan negara terbesar saat ini. Pemakaian bahan bakar yang tidak berpolusi atau ramah lingkungan juga merupakan kewenangan dan otoritas dari PERTAMINA sebagai tangan panjang pemerintah, cara inipun masih belum bisa diwujudkan dan saat ini masih dalam bentuk kajian serta membutuhkan investasi yang besar untuk proses produksi bahan bakar yang ramah lingkungan.

Langkah-langkah dan usaha yang dilakukan untuk mengurangi gas buang yang berbahaya pada kendaraan bermotor sudah banyak dilakukan terutama di negara-negara maju (USA, Eropa) dan kini termasuk negara-negara di Asia, seiring semakin ketatnya peraturan dunia tentang emisi gas buang kendaraan bermotor.

Metode dan teknik yang dilakukan ada beberapa macam, antara lain dengan mengubah atau memodifikasi beberapa bagian dari kendaraan bermotor. Menurut Mathur (1975 : 15) pendekatan yang biasanya dilakukan dan dipakai dalam mengurangi gas buang kendaraan bermotor antara lain: modifikasi mesin, modifikasi pada saluran gas buang, modifikasi penggunaan bahan bakar atau system bahan bakarnya.

Secara umum dengan merujuk pada program EST, untuk mengontrol atau mengurangi polutan udara dari kendaraan bermotor (*internal combustion engine*) dapat dilakukan dengan cara modifikasi pada mesin, modifikasi penggunaan bahan bakar atau sistem bahan bakarnya dan modifikasi pada saluran gas buang. (B. Irawan, 2003, 2007, 2012, 2013, 2014). Sedang hal yang dapat dilakukan peneliti peneliti dan sebagai wujud dari *Vehicle Emission Control* adalah cara ke tiga yaitu modifikasi saluran gas buang dengan melakukan Rancang Bangun dan Pemasangan Catalytic Converter pada system saluran pembuangan gas kendaraan bermotor.

Aplikasi pada perlakuan terhadap gas buang kendaraan bermotor dengan memasang Catalytic Converter banyak dikembangkan dan dilakukan oleh peneliti akhir-akhir ini. Menurut Dowden dalam bukunya "*Catalytic Hand Book*", umumnya Catalytic Converter yang dipakai pada kendaraan bermotor (ada di pasaran) adalah tipe pelet dan monolithic dengan bahan katalis dari logam-logam mulia seperti Paladium (Pd), Platinum (Pt), dan Rodium (Rh) (Dowden. 1970).

Logam-logam mulia tersebut memiliki aktifitas spesifik yang tinggi, namun memiliki tingkat volatilitas besar, mudah teroksidasi dan mudah rusak pada suhu 500 - 900 derajat Celcius sehingga mengurangi aktifitas katalis. Selain itu logam-logam mulia tersebut mempunyai kelimpahan yang rendah dan harga yang cukup mahal.

Oleh sebab itu penggunaan logam transisi yang mempunyai kelimpahan yang tinggi dan harga relatif murah dapat menjadi salah satu alternatif. Beberapa oksida logam transisi yang cukup

aktif dalam mengoksidasi emisi gas CO antara lain : CuO, NiO dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Beberapa bahan yang diketahui sebagai katalis oksidasi yaitu Platinum, Plutonium, nikel, Mangan, Chromium dan oksidanya dari logam-logam tersebut Sedangkan beberapa logam diketahui sebagai katalis reduksi, yaitu besi, tembaga, nikel paduan dan oksida dari bahan-bahan tersebut. (**Obert, 1973**).

Di samping itu beberapa logam yang diketahui efektif sebagai bahan katalis oksidasi dan reduksi mulai dari yang besar sampai yang kecil adalah Pt, Pd, Ru, Mn, Cu, Ni, Fe, Cr, Zn dan oksida dari logam-logam tersebut (**Mattey, J, 2014**).

Oleh sebab itu peneliti akan melakukan penelitian dengan mengkaji dan melakukan rancang bangun *Catalytic Converter* dengan memanfaatkan logam transisi sebagai bahan Katalis yaitu Tembaga dan Nikel

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun/membuat alat/rancang bangun yang berfungsi untuk mereduksi emisi gas buang kendaraan bermotor yang sering disebut dengan *Catalytic Converter*, khususnya untuk mengurangi emisi gas buang Carbon Monoksida yang menjadi polutan dominan pada motor bensin.

## 2. Metodologi

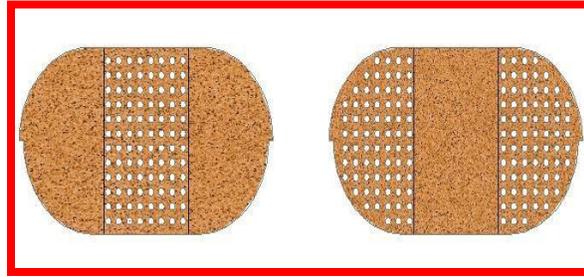
Penelitian ini berdasarkan pemikiran dan tahapan yang disusun secara sistematis. Tahap awal penelitian dilakukan dengan studi pustaka untuk memperdalam bidang yang akan diteliti baik mengenai permasalahan polusi udara dan teknologi pengendalian emisi, khususnya dalam hal rancang bangun *Catalytic Converter*. Studi pustaka pada penelitian terdahulu digunakan sebagai pijakan dan untuk membandingkan hasil penelitian yang nantinya di dapat dengan penelitian terdahulu, sehingga originalitas penelitian tetap terjaga dan tidak terjadi duplikasi penelitian.

### **Bahan Penelitian.**

Bahan penelitian ini terdiri dari dua bagian utama yaitu konstruksi bagian dalam dan bagian konstruksi bagian luar *Catalytic Converter*. Konstruksi bagian dalam berupa material substrat dan washcoat yang terbuat dari logam Tembaga sebagai katalisnya, sedangkan bagian luar berupa rumah katalis (Chasing) yang terbuat dari Stainless Steel dan ditambah support/penopang.

### **Material Substart.**

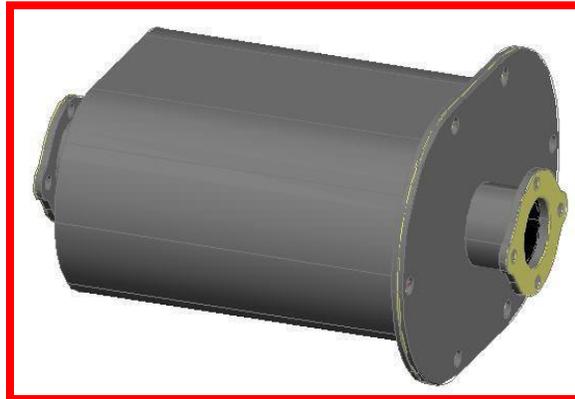
Material substrat untuk konstruksi bagian dalam terbuat dari Tembaga yang berbentuk plat berukuran 30 x 120 cm dengan ketebalan 1 mm. Plat tersebut kemudian dipotong dan dibentuk oval disesuaikan dengan bentuk chasingnya dan  $\frac{1}{2}$  luasan diberi lubang berdiameter 2 mm, jarak antar lubang 3 mm dan jumlah plat 15 buah. Konstruksi material Substrat diperlihatkan pada gambar dihalaman berikut :



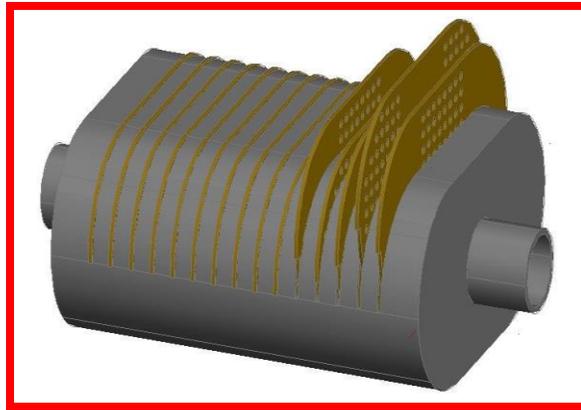
*Gambar 1. Material Substrat*

### **Chasing.**

Chasing adalah bagian luar dari Catalytic Converter yang dipilih sesuai bentuk umum yang sering digunakan terbuat dari plat baja *Stainless Steel*. Chasing ini memiliki penutup yang dapat dibuka dan ditutup dengan baut seperti slorokan, saat pergantian variasi jumlah sel kerangka bagian dalam. Chasing ini dipasang asbes yang berguna melindungi bagian dalam dengan konstruksi luar, peredam getaran, insulator panas dan menghindari kobocoran dari gas buang. Pada ujung Chasing dipasang Flange ( penopang ) dan diberi packing knalpot, sehingga pada saat pemasangan kondisi Catalytic Converter benar – benar rapat dan kencang serta tidak terjadi kebocoran emisi gas buang saat pengujian berlangsung. Konstruksi Chasing diperlihatkan pada gambar di halaman berikut :



*Gambar 2. Chasing Catalytic Converter*



*Gambar 3. Bagian Dalam Catalytic Converter*

### **Desain Catalytic Converter**

Sebelum penelitian dan pengambilan data dilakukan oleh peneliti, peneliti mempersiapkan Desain Catalytic Converter berupa gambar dalam format Auto Cad.

### **Rancang Bangun**

Desain rancang bangun Catalytic Converter berupa gambar dalam format Auto Cad kemudian di rancang bangun sedemikian rupa menjadi prototype Catalytic Converter.

### **Uji Komposisi Bahan Katalis**

Untuk mengetahui unsur utama dan komposisi bahan yang dipergunakan sebagai media Katalis dilakukan uji komposisi bahan.

### **Penyiapan Gas Analyzer.**

Untuk mengukur dan menguji emisi gas buang Carbon Monoksida pada penelitian ini peneliti akan menyiapkan dan menggunakan Gas Analyzer Qrotech Tipe QRO-402 buatan Korea generasi terbaru dari seri sebelumnya QRO 401 yang lebih akurat milik peneliti.



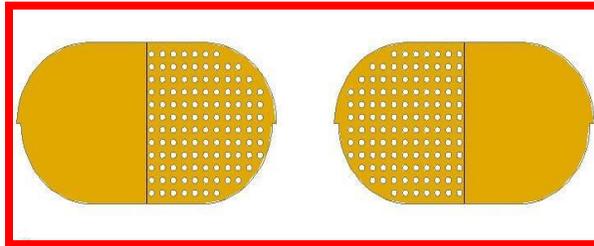
*Gambar 4. QROTECH 402*

### 3. Hasil Penelitian

#### 3.1. Desain

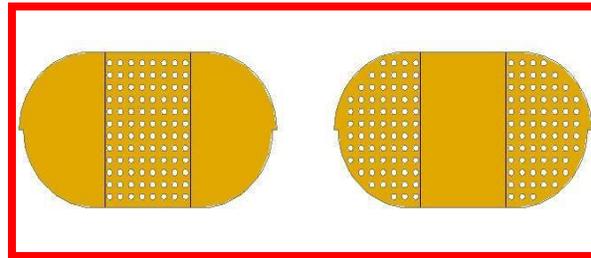
Rancangan Desain Catalytic Converter dibuat dengan program Auto cad terdiri dari empat model sebagai berikut ini :

##### 1. Desain Model Ke-satu



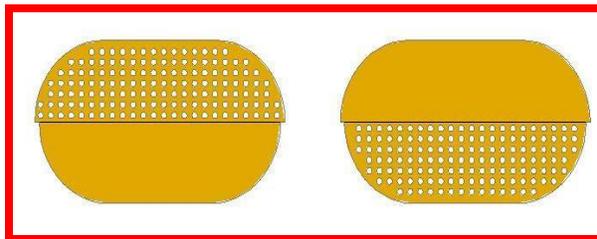
*Gambar 5. Model katalis (satu)*

##### 2. Desain Model Ke-dua



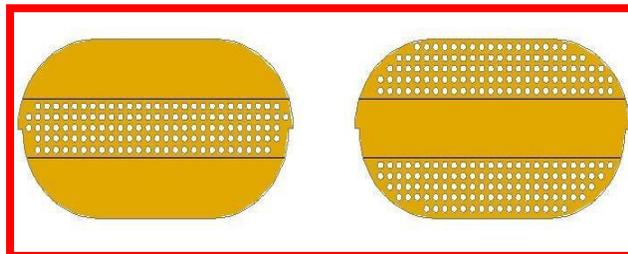
*Gambar 6. Model katalis (dua)*

##### 3. Desain Model Ke-tiga



*Gambar 7. Model katalis (tiga)*

##### 4. Desain Model Ke-empat

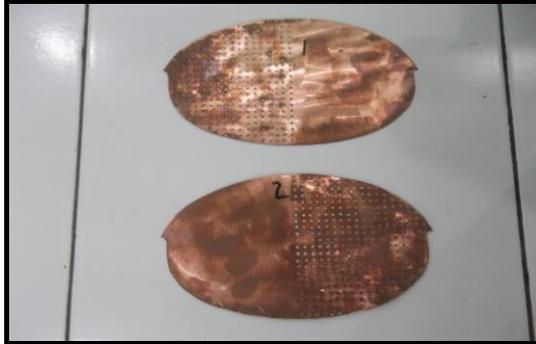


*Gambar 8. Model katalis (tiga)*

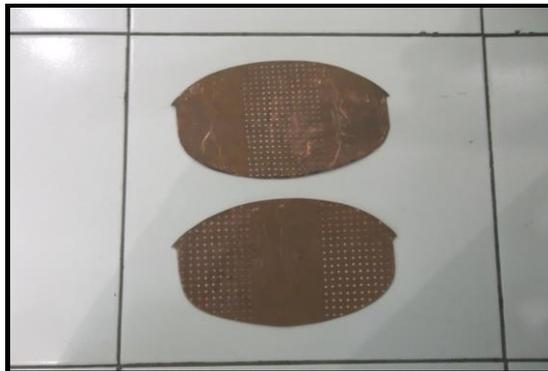
### 3.2. Rancang Bangun Plat Katalis

Hasil Rancang Bangun Plat Katalis yang telah dilakukan oleh peneliti adalah sebagai berikut

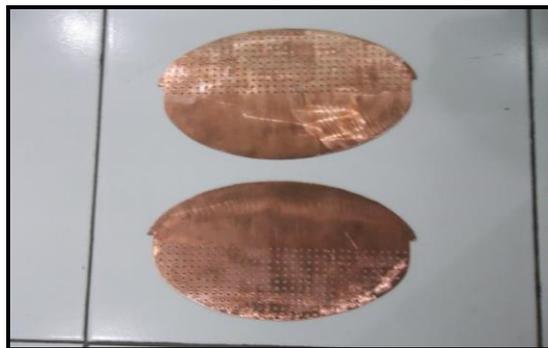
:



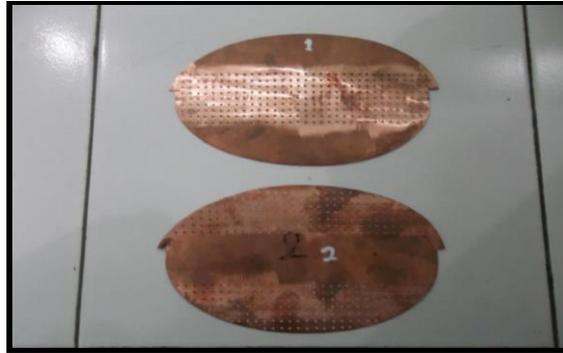
*Gambar 9. Plat Katalis Pertama*



*Gambar 10. Plat Katalis Kedua*



*Gambar 11. Plat Katalis Ketiga*



*Gambar 12. Plat Katalis Keempat*

### 3.4. Rancang Bangun Chasing Catalytic

Hasil Rancang Bangun Chasing Catalytic Converter yang telah dilakukan oleh peneliti adalah sebagai berikut :



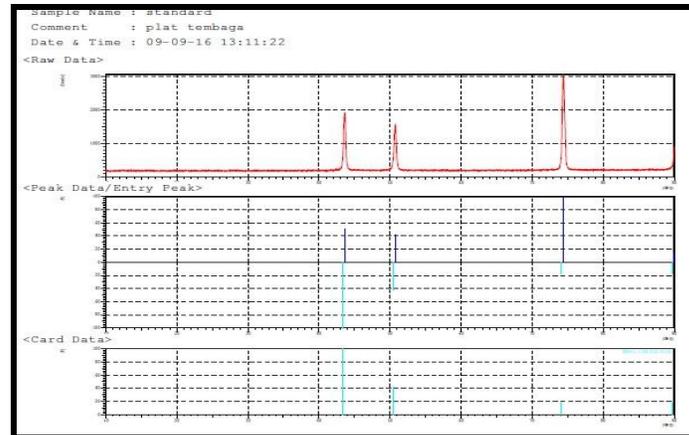
*Gambar 13. Chasing Catalytic Converter*



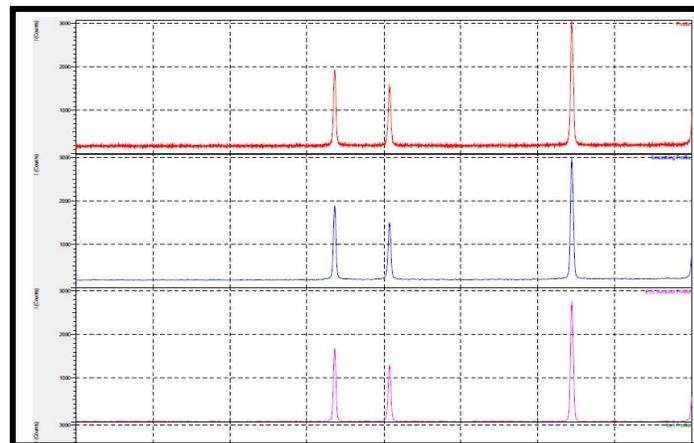
*Gambar 14. ChasingLuar dan Bagian Dalam Catalytic Converter*

### 3.4. Uji Komposisi Bahan Katalis

Dari hasil pengujian XRD Komposisi bahan katalis di Laboratorium Terpadu Undip Semarang di peroleh hasil sebagai berikut : Dari gambar 15 terlihat bahwa bahan katalis komposisi bahan katalis adalah Tembaga murni.



*Gambar 15. Grafik Hasil Uji XRD*



*Gambar 16. Detail Grafik Hasil Uji XRD*

## 4. Kesimpulan.

1. Rancang bangun dari Desain gambar format Auto Cad telah menghasilkan Catalytic Converter berbagai model bahan katalis yang siap digunakan untuk mengurangi emisi gas buang Carbon Monoksida dari motor bensin.
2. Pengujian XRD komposisi bahan katalis menunjukkan bahwa bahan Katalis yang digunakan memiliki unsur utama yang tinggi yaitu Tembaga Murni

**Daftar Pustaka**

- Aris M. 2005, *Penggunaan Cu Murni di Exhaust Muffler dalam Upaya Pengurangan Emisi Gas Buang*, Institut Teknologi Subaraya.
- Arismunandar W. 2002, *Penggerak Mula : Motor bakar*, Edisi 5, Intitut Teknologi Bandung Arya, W. Wisnu, 1999, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Cetakan Kedua, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Arcadio P. Sincero Sr, Gregoria A. Aincero, 1995, *Environmental Engineering A Design Approach. A Prentice Hall Company*, New Jersey.
- Aryanto A, Razif M, 2000, *Study Penggunaan Tembaga ( Cu ) Sebagai Catalytic Converter Pada Knalpot Sepeda Motor Dua Tak Terhadap Emisi Gas CO* (jurnal), Teknik Lingkungan, ITS.
- Bachrun, 1993, *Polusi Udara Perkotaan, Pemantauan dan Pengaturan*, Lab Termodinamika PAU Intitut Teknologi Bandung, Bandung.
- Balenovi. M, 2002, *Modeling and Model-Based Control of a Three-Way Catalytic Converter Bapedal*, 1996, *Pedoman Teknis Pengendalian Pencemaran Udara*, Semarang.
- Budhi Y.G.; Habibi M. 2009, *Kelakuan Dinamik Catalytik Converter pada Kondisi Hot-Run untuk Oksidasi CO*, Institut Teknologi Subaraya.
- Darsono, Valentino, 1995, *Pengantar Ilmu Lingkungan*, Edisi revisi, Penerbit UniversitasAirlangga, Yogyakarta.
- Dirjen Perhubungan Darat, 2000, *Program Langit Biru dan Konservasi Energi* (Jurnal).
- Dowden D.A., atall, 1970, *Catalytic Hand Book*, Verlag New York, Inc
- Fitiryana, A. 2002, *Uji kemampuan Catalytic Converter Tembaga Nikel (CuNi) untuk Mereduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Berbahan Bakar Premium*, Institut Teknologi Subaraya.
- Hakam. M ; Sungkono. J. 2006, *Analisa Pengaruh Penggunaan Logam Tembaga sebagai Katalis pada Saluran Gas Buang Mesin Bensin Empat Langkah terhadap Konsentrasi Polutan CO dan HC*.
- Harsanto, 2001, *Pencemaran Udara, Pengaruh Serta Car a Penanggulangannya* (Jurnal) HeislerH., 1995, *Advanced Engine Tecnology Hodder Headline Group*, London.
- Intisari, 1998, *Merenda Birunya Langit Kota* (Jurnal).
- Irawan B. , 2003, *Rancang Bangun Catalytic Converter dengan Material Substrat Tembaga (Cu) untuk Mereduksi Emisi Gas CO*, Tesis MIL UNDIP
- Irawan B., 2006, *Pengaruh Catalytic Converter Kuningan Terhadap Keluaran Emisi Gas Carbon Monoksida dan Hidro Carbon Motor Bensin*, Majalah Traksi
- Irawan B. , 2007, *Pengaruh Letak Pemasangan Catalytic Converter Terhadap Keluaran Emisi Gas Carbon Monoksida dan Hidro Carbon Motor Bensin*, Majalah Traksi
- Irawan B. ,2010, *Modifikasi Catalytic Converter Kuningan Untuk Mereduksi Emisi Gas Carbon Monoksida dan Hidro Carbon Motor Bensin*, Majalah Traksi
- Jenbacher. 1996, *Combustion Engines I Vol I*
- Jenbacher. 1996, *Combustion Engines II Vol II*
- Jenbacher. 1996, *Spark Ignition Engine Design Vol 3*
- J. C. Prince, C. Trevino, and M. Diaz, 2008, *Modeling a Catalytic Converter for CO and NO Emissions*.
- Krisbayu. A. 2001, *Pengaruh injeksi Oksigen pada Catalytic Converter Oksida Tembaga (CuO) terhadap Penurunan CO dan HC Motor Bensin*.
- Mathur, Sharma L. 1975, *Internal Combustion Engine*. Second Edition. McGraw-Hill Book Company, Inc, New York
- Obert. Erdward F. , 1973, *Internal Combustion Engine and Air Pollution*, Third Edition. Harper & Row, Publisher, Inc, New York

- Palguna 2010, Pengendalian Pencemaran Emisi Sumber Bergerak, KLH
- Peavy H.S., D.R. Rowe and G. Tchobanoglous, 1985, *Environmental Engineering*. Mc. Graw-Hill. Inc, Singapore
- Pelangi, 1997, *The Study on The Intregated air Quality Management for Jakarta Metropolitan Area* (Jurnal).
- Pelangi, 1999, *Upaya Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor* (Jurnal).
- Pramudya S., 2001, *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*, Terbitan pertama, PT. Gramedia Indonesia, Jakarta.
- Setyowarno. D. 2010, *Peningkatan Jumlah Kendaraan Bermotor di Semarang*, Suara merdeka
- Sitepoe, Mangku, 1997, *Usaha Mencegah Pencemaran Udara*, Terbitan pertama, PT Gransindo, Jakarta
- Sitorus, Ronal H, dkk, 2000, *Reparasi dan Perawatan Mobil*. Pionir jaya, Bandung Samin T. And Shen H. 2003, *Effect of Geometric Parameter on The Performance of Automotive Catalytic Converter*.
- Springer - Verlag New York Inc, 1970, *Catalyst Hanbook*. Walfe Scintific Book, London - England.
- Surdia T, 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Pertama, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Swisscontact, 2003, *Clean Air Project*, Jakarta.
- Toyota-Astra Motor Service Division. 1998, *Dasar-Dasar Automobil*. Jakarta.
- Toyota Training Center, 2000, *Emission Control Step Two*. Jakarta.
- V.A.W Heller, 1995, *Fundamental Motor Vehicle Technology*, Edisi ke-4, FIMI Stanley Thorne (Publisehers ) Ltd.
- Warju, 2003, *Eksperimen tentang pengaruh Penggunaan Catalytic Converter Kuningan Berlapis Crom Terhadap Emisi Gas Buang Co dan HC pada Mesin Toyota Kijang Tipe 4K*. Institut Teknologi Surabaya.
- Warju, 2006, *Pengaruh Penggunaan catalytic Converter Tembaga berlapis Mangan Terhadap Kadar Polutan Motor Bensin Empat langkah*. Institut Teknologi Surabaya. William L.H., 1985, *Automotive Cooling Exhaust, Fuel and Lubricating Systems*. A Prentice Hall Company, Reston, Virginia.
- Wolf. P.C, 1971, *Carbon Monoxide - Measurement and Monitorong in Urban Air Environment*, Sei and Technol.
- Yusad Y., 2003. *Polusi Udara di kota Besar Dunia*. Fakultas Kesehatan Masyarakat USU Medan.