

**ANALISIS PENAMBAHAN MEDAN MAGNET PERMANEN
PADA *MUFFLER* TERHADAP EMISI GAS BUANG**

SKRIPSI



oleh

**Ahmad Hafizh Muhajir
NIM H42160180**

**PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
2020**

**ANALISIS PENAMBAHAN MEDAN MAGNET PERMANEN
PADA *MUFFLER* TERHADAP EMISI GAS BUANG**

SKRIPSI



Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains terapan (S.Tr.T)
di Program Studi Mesin Otomotif
Jurusan Teknik

oleh

**Ahmad Hafizh Muhajir
NIM H42160180**

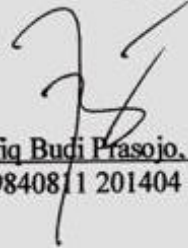
**PROGRAM STUDI MESIN OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
2020**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI JEMBER**

**ANALISIS PENAMBAHAN MEDAN MAGNET PERMANEN PADA
MUFFLER TERHADAP EMISI GAS BUANG**

Ahmad Hafizh Muhajir
Telah Diuji pada Tanggal 6 Oktober 2020
Telah Dinyatakan Memenuhi Syarat

Ketua Penguji



Azamataufiq Budi Prasajo, ST. MT.
NIP. 19840811 201404 1 001

Sekretaris Penguji,



Ir. Dwi Djoko Suranto, MT
NIP. 19610623 198811 1 001

Anggota Penguji,



Dicky Adi Tyagita, ST. MT.
NIP. 19890622 201803 1 001

Dosen Pembimbing



Azamataufiq Budi Prasajo, ST. MT.
NIP. 19840811 201404 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik



Mochamad Nuruddin, ST, M.Si
NIP. 19761111 200112 1 001

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Hafizh Muhajir

NIM : H42160180

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam Skripsi saya yang berjudul “Analisis Penambahan Medan Magnet Permanen pada *Muffler* Terhadap Emisi Gas Buang” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir Skripsi ini.

Jember, 13 September 2020

Ahmad Hafizh Muhajir
NIM H42160180



**PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ahmad Hafizh Muhajir
NIM : H42160180
Program Studi : Mesin Otomotif
Jurusan : Teknik

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada UPT. Perpustakaan Politeknik Negeri Jember, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah berupa Skripsi saya yang berjudul:

**ANALISIS PENAMBAHAN MEDAN MAGNET PERMANEN
PADA *MUFFLER* TERHADAP EMISI GAS BUANG**

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT. Perpustakaan Politeknik Negeri Jember berhak menyimpan, mengalih media atau format, mengelola dalam bentuk Pangkalan Data (*Database*), mendistribusikan karya dan menampilkan atau mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Politeknik Negeri Jember, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jember
Pada Tanggal : 13 september 2020
Yang Menyatakan,

Nama : Ahmad Hafizh Muhajir
NIM : H42160180

MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, kecuali mereka mengubah keadaan mereka sendiri.”

(QS Ar Ra'd 11)

“Rahasia kesuksesan adalah mengetahui yang orang lain tidak ketahui.”

(Aristotle Onassis)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala atas berkat rahmat dan hidayahNYA sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan lancar dan baik. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Orang tua saya tercinta Bapak Nur Khoлиq dan Ibu Pinatin, terima kasih atas semua kasih sayangnya, dukungan baik moril maupun materil, serta doa yang tak kunjung henti dan pengorbanan beliau yang tak terbalaskan. Putramu ini tak akan pernah bisa membalas seluruh keringat dan pengorbanan yang Bapak dan ibu berikan.
2. Azamataufiq Budi Prasajo, ST. M.T. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan motivasi dan pengetahuan maupun arahan tentang proses penulisan skripsi ini hingga selesai.
3. Para staf pengajar Politeknik Negeri Jember khususnya Program Studi Mesin Otomotif yang tiada lelah membimbing dan mengarahkan, semoga menjadi ilmu yang bermanfaat dan barokah di kemudian hari.
4. Saudaraku MOT 16 yang senantiasa memberikan motivasi dan semangat selama perkuliahan hingga saat ini, semoga tetap menjadi Solidarity Forever.
5. Saudaraku dari Kilisuci Kediri dan The Next Level V21 yang telah menanamkan semangat dalam keyakinanmu, selalu memberi motivasi, dan terimakasih pula telah menemani mulai awal aku mengerjakan skripsi sampai selesai.

ANALISIS PENAMBAHAN MEDAN MAGNET PERMANEN PADA MUFFLER TERHADAP EMISI GAS BUANG

Dosen Pembimbing, Azamataufiq Budi Prasajo, ST, M.T.

Ahmad Hafizh Muhajir
Program Studi Mesin Otomotif
Jurusan Teknik

ABSTRAK

Beberapa teknologi untuk mengurangi emisi gas buang seperti catalitic converter, penambahan elektromagnetik pada muffler sudah mulai dikembangkan untuk mengikuti peraturan pemerintah dalam upaya menekan pengurangan emisi gas buang yang berbahaya bagi lingkungan. Seperti penelitian yang pernah dilakukan dengan menambahkan elektromagnetik pada muffler untuk menurunkan emisi gas buang. Dari data yang dihasilkan penelitian tersebut kadar emisi gas buang dinyatakan dapat berkurang. Tetapi untuk suhu yang dikeluarkan meningkat. Dalam penelitian ini akan mengganti elektromagnetik dengan magnet permanen dengan tujuan untuk menekan suhu agar tidak meningkat seperti pada penggunaan elektromagnetik serta melihat efek dari medan magnet permanen pada muffler terhadap emisi gas buang kendaraan. Dalam penelitian ini akan menggunakan beberapa konfigurasi medan magnet serta menggunakan rpm idle untuk proses pengambilan data emisi gas buang. Dari hasil akan dikomparasi antara muffler menggunakan magnet dan tanpa medan magnet. Dari hasil pengujian hidrokarbon berkurang 7,1% pada konfigurasi magnet kedua. gas CO meningkat sebesar sebesar 15.9% pada konfigurasi magnet kedua. gas CO₂ meningkat sebesar 2.36% pada konfigurasi magnet pertama. gas O₂ menurun sebesar 1.42% pada komparasi magnet kedua. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa penggunaan medan magnet permanen pada muffler kendaraan hanya dapat sedikit mempengaruhi emisi gas buang kendaraan dan hasil uji emisi gas buang masih menunjukkan lebih baik penelitian sebelumnya dengan menggunakan medan magnet elektromagnetik dengan hasil HC turun 22%, CO turun 39.65%, CO₂ naik 23.15%, O₂ turun 26.83% setelah terpasang elektromagnet pada knalpot.

Kata kunci : Emisi gas buang, Muffler, Magnet permanent, Neodimium.

**ANALISIS PENAMBAHAN MEDAN MAGNET PERMANEN
PADA MUFFLER TERHADAP EMISI GAS BUANG (ANALYSIS
OF PERMANENT MAGNETIC FIELD ADDITION ON MUFFLERS TO
EXHAUST GAS EMISSIONS)**

Commision Guide, Azamataufiq Budi Prasajo, ST, M.T.

Ahmad Hafizh Muhajir

*Study Program of Automotive Machine
Engineering Department*

ABSTRACT

Several technologies to reduce exhaust emissions such as catalytic converters, electromagnetic additions to mufflers have begun to be developed to comply with government regulations in an effort to reduce the reduction of exhaust emissions that are harmful to the environment. Like research that has been done by adding electromagnetics to the muffler to reduce exhaust emissions. From the data produced by the study, the level of exhaust gas emissions can be reduced, But the temperature released increases. In this research, we will replace electromagnetics with permanent magnets in order to suppress the temperature so that it does not increase as in the use of electromagnetics and to see the effect of permanent magnetic fields on the muffler on vehicle exhaust emissions. In this research, we will use several magnetic field configurations and use idle rpm for the process of taking exhaust emission data. From the results will be compared between the muffler using a magnet and without a magnetic field. From the test results, the hydrocarbons decreased by 7.1% in the second magnetic configuration. CO gas increased by 15.9% in the second magnetic configuration. CO₂ gas increased by 2.36% in the first magnetic configuration. gas O₂ decreased by 1.42% in the second magnetic comparison. From these results it can be concluded that the use of a permanent magnetic field on a vehicle muffler can only slightly affect vehicle exhaust emissions and the exhaust emission test results still show better previous research using electromagnetic magnetic fields with HC results down 22%, CO down 39.65%, CO₂ increased 23.15%, O₂ decreased 26.83% after the electromagnet was attached to the exhaust.

Keywords: Exhaust gas emissions, Mufflers, Permanent magnets, Neodymium

RINGKASAN

Penambahan Medan Magnet Permanen Pada *Muffler* Terhadap Emisi Gas Buang, Ahmad Hafizh Muhajir, Nim H42160180, Tahun 2020, 80 hlm, Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Jember, Azamataufiq Budi Prasajo, ST. M.T. (Dosen Pembimbing).

Kemajuan teknologi mempengaruhi beberapa aspek pada kendaraan tentunya banyak pabrikan yang bersaing demi dapat memasarkan produknya dengan cara meningkatkan teknologi. Beberapa teknologi untuk mengurangi emisi gas buang seperti catalytic converter, penambahan elektromagnetik pada muffler sudah mulai dikembangkan untuk mengikuti peraturan pemerintah dalam upaya menekan pengurangan emisi gas buang yang berbahaya bagi lingkungan.

penelitian ini akan mengembangkan dari penelitian sebelumnya dengan cara menambahkan elektromagnetik kumparan. Dari data yang dihasilkan penelitian tersebut kadar emisi gas buang dinyatakan dapat berkurang. Tetapi untuk suhu yang dikeluarkan meningkat. Dalam penelitian ini akan mengganti elektromagnetik dengan magnet permanen dengan tujuan untuk menekan suhu tidak meningkat seperti penggunaan elektromagnetik serta melihat efek dari medan magnet permanen pada muffler terhadap emisi gas buang kendaraan. Dalam penelitian ini akan menggunakan beberapa konfigurasi medan magnet serta menggunakan rpm idle pada kendaraan untuk proses pengambilan data emisi gas buang. Dari hasil akan dikomparasi antara muffler menggunakan magnet dan tanpa medan magnet.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan medan magnet permanent hanya dapat sedikit mempengaruhi kandungan emisi gas buang. Pada gas hidrokarbon berkurang 7,1% pada konfigurasi magnet kedua. gas CO meningkat sebesar sebesar 15.9% pada konfigurasi magnet kedua. gas CO₂ meningkat sebesar 2.36% pada konfigurasi magnet pertama. gas O₂ menurun sebesar 1.42% pada komparasi magnet kedua.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayahnya sehingga penulisan Skripsi saya yang berjudul “Penambahan Medan Magnet Permanen Pada *Muffler* Terhadap Emisi Gas Buang” dapat diselesaikan dengan baik.

Tulisan ini adalah hasil penelitian yang telah di laksanakan mulai Maret 2020 sampai dengan selesai di Politeknik Negeri Jember. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan (S.Tr.T) di Program Studi Mesin Otomotif Jurusan Teknik.

Penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

1. Direktur Politeknik Negeri Jember Saiful Anwar, S.TP, MP.
2. Ketua Jurusan Teknik Mochammad Nuruddin, ST., M.Si.
3. Ketua Program Studi Mesin Otomotif Aditya Wahyu Pratama, ST., MT.
4. Azamataufiq Budi Prasajo, ST. M.T. Sebagai dosen pembimbing.
5. Serta rekan-rekan dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam penulisan skripsi ini.

Laporan hasil penelitian ini masih kurang sempurna, mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun guna perbaikan dimasa mendatang. Semoga tulisan ini bermanfaat.

Jember, 13 September 2020

Ahmad Hafizh Muhajir

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	viii
RINGKASAN	x
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi Emisi Gas Buang	5
2.2 Sejarah Magnet	9
2.3 Pengertian Medan Magnet	10
2.3.1 Pengertian Gaya Magnet	12
2.3.2 Gaya Lorentz	13

2.3.3	Bagian-bagian Magnet	14
2.3.4	Medan Magnet pada Magnet Permanen.....	15
2.3.5	Kekurangan dan Kelebihan Magnet Permanen	16
2.3.6	Kekurangan dan Kelebihan Elektromagnetik	16
2.3.7	Temperatur <i>Curie</i> (T_c).....	17
2.3.8	Cara Pembuatan Magnet	18
2.3.9	Sifat Bahan Terhadap Magnet	18
2.4	Efek Medan Magnet Terhadap Emisi Gas Buang	19
2.5	Cara Kerja Pada Motor Bakar	20
2.6	Cara Kerja Motor Bensin 4 Langkah	21
2.7	Penelitian Sebelumnya	22
2.8	Standar Euro	24
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1	Tempat dan Waktu.....	26
3.2	Alat dan Bahan	26
3.2.1	Bahan	26
3.2.2	Alat	27
3.3	Rancangan Muffler	27
3.4	Metode Penelitian	28
3.5	Parameter Penelitian	29
3.5.1	Variabel Bebas.....	29
3.5.2	Variabel Terikat.....	31
3.6	Prosedur Penelitian	31
3.7	Spesifikasi Magnet.....	33
3.8	Perencanaan Pengambilan Data	33
3.8.1	Pengambilan Data Kekuatan Medan Magnet.....	34
3.8.2	Pengambilan Data Emisi Gas Buang	34
3.9	Analisis Data	35

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Data Hasil Pengujian Kekuatan Medan Magnet	37
4.1.1 Data kekuatan magnet.....	37
4.1.2 Data kekuatan konfigurasi pada muffler	38
4.1.3 Data kekuatan di tengah muffler	39
4.1.4 Grafik kekuatan magnet pada muffler dan tengah muffler	40
4.2 Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang	41
4.2.1 Data Emisi Tanpa Medan Magnet.	41
4.2.2 Data Emisi menggunakan magnet konfigurasi pertama.	42
4.2.3 Data Emisi menggunakan magnet konfigurasi kedua.....	42
4.2.4 Data Emisi menggunakan magnet konfigurasi ketiga.	43
4.2.5 Pengamatan suhu pada tabung muffler.	43
4.2.6 Data rata-rata hasil pengujian dan grafik hasil akhir.	44
4.3 Pembahasan.	46
BAB 5. PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2. 1 Susunan gas buang kendaraan	5
Gambar 2. 2 Persentase Sumber Perncemaran Udara Di Indonesia	6
Gambar 2. 3 Sistem Periodik Unsur	8
Gambar 2. 4 Kaidah Tangan Kanan.....	12
Gambar 2. 5 Medan magnet pada magnet batang	15
Gambar 2. 6 Grafik Perbandingan Temperatur Curie (T_c)	17
Gambar 2. 7 Molekul yang Termagnetisasi Bereaksi Dengan Oksigen	20
Gambar 2. 8 Langkah Kerja Motor Bensin 4 Langkah.....	22
Gambar 3. 1 Rancangan Muffler dengan Magnet Permanen	27
Gambar 3. 2 Sekat dalam Muffler	27
Gambar 3. 3 Potongan Gambar Header	28
Gambar 3. 4 Potongan Gambar Tabung Magnet.....	28
Gambar 3. 5 Susunan magnet dengan kutub utara	30
Gambar 3. 6 Susunan magnet dengan kutub berbeda.....	30
Gambar 3. 7 Susunan magnet dengan kutub berbeda.....	30
Gambar 3. 8 Ukuran Magnet	33
Gambar 4. 1 Pengambilan data magnet	37
Gambar 4. 2 Pengambilan data magnet	38
Gambar 4. 3 Pengambilan data magnet	39
Gambar 4. 4 Grafik kekuatan magnet pada muffler dan tengah muffler	40
Gambar 4. 5 Foto proses pengambilan data emisi gas buang	41
Gambar 4. 6 Pengambilan suhu tabung magnet	43
Gambar 4. 7 Grafik hasil kandungan O_2	44
Gambar 4. 8 Grafik hasil kandungan HC.....	45
Gambar 4. 9 Grafik hasil kandungan CO_2	45
Gambar 4. 10 Grafik hasil kandungan CO.	46

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2. 1 Tabel Unsur Non Logam Emisi Gas Buang	9
Tabel 2. 2 Tabel Unsur Logam Emisi Gas Buang	9
Tabel 2. 3 Sifat Fisis Magnet NdFeB.....	11
Tabel 2. 4 Tabel Standar Euro di Berbagai Negara Mulai Tahun 1997	24
Tabel 2. 5 Tabel Standard Emisi Euro.	25
Tabel 2. 6 Tabel Ambang Batas Emisi Gas Buang.	25
Tabel 3. 1 Measurement Gas Analyzer T161D/1 Didactia Italia	29
Tabel 3. 2 Spesifikasi Magnet Permanen	33
Tabel 3. 3 Tabel Data Kekuatan Medan Magnet.....	34
Tabel 3. 4 Tabel Data Emisi Menggunakan Magnet (Kutub Yang Sama)	34
Tabel 3. 5 Tabel Data Emisi Menggunakan Magnet (Kutub Berbeda)	34
Tabel 3. 6 Tabel Data Emisi Menggunakan Magnet (Kutub Berbeda)	35
Tabel 3. 7 Tabel Data Emisi Tanpa Menggunakan Magnet.....	35
Tabel 4. 1 Data kekuatan magnet	37
Tabel 4. 2 Data kekuatan konfigurasi pada muffler	38
Tabel 4. 3 Data kekuatan di tengah muffler	39
Tabel 4. 4 Data Emisi Tanpa Medan Magnet.....	41
Tabel 4. 5 Data Emisi menggunakan magnet konfigurasi pertama.	42
Tabel 4. 6 Data Emisi menggunakan magnet konfigurasi kedua.	42
Tabel 4. 7 Data Emisi menggunakan magnet konfigurasi ketiga.	43
Tabel 4. 8 Data rata-rata hasil pengujian dan grafik hasil akhir.....	44

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 Pototype muffler.	55
Lampiran 2 Surat pengantar pengujian medan magnet.....	58
Lampiran 3 Pengujian medan magnet.....	59
Lampiran 4 Pengujian kandungan emisi gas buang	62
Lampiran 5 Data hasil uji emisi gas buang	64

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi mempengaruhi beberapa aspek baik dari ekonomi, sosial, budaya dan tidak lain pada dunia otomotif. Dari mulai kendaraan roda 2, mobil hingga transportasi lainnya kini sudah mulai berkembang pesat. Perkembangan tersebut sudah banyak diaplikasikan pada transportasi terbaru saat ini. Teknologi pada kendaraan tentunya banyak pabrikan yang bersaing demi dapat memasarkan produknya dengan cara meningkatkan teknologi pada kendaraan tersebut. Beberapa teknologi tersebut antara lain adalah teknologi untuk mengurangi kadar pencemaran pada udara lingkungan sekitar yang di hasilkan oleh kendaraan. Teknologi ini sudah banyak jenisnya mulai catalytic converter dan banyak lagi jenisnya dalam upaya mengurangi polusi udara dari emisi gas buang kendaraan.

Dalam penelitian ini akan mengembangkan dari penelitian sebelumnya, yaitu penambahan medan magnet pada *muffler* (knalpot) kendaraan dengan tujuan mengurangi kadar emisi gas buang. Dari penelitian sebelumnya penambahan medan magnet pada *muffler* (knalpot) dengan cara menambahkan elektromagnetik kumparan. Dari data yang dihasilkan penelitian tersebut kadar emisi gas buang dinyatakan dapat berkurang. Tetapi untuk suhu yang dikeluarkan meningkat. Di dalam penelitian ini akan dikembangkan dengan cara mengganti elektromagnetik kumparan dengan magnet permanen dengan tujuan agar dapat menurunkan kadar emisi gas buang serta panas yang dikeluarkan tidak bertambah.

Alasan penelitian ini mengganti magnet kumparan (elektromagnetik) dengan magnet permanen karena pada magnet elektromagnetik rangkaian cukup rumit dimana untuk membuat kemagnetan diperlukan power suplai. Selain itu magnet permanen tidak menghasilkan panas, tidak seperti elektromagnetik yang menghasilkan panas. Dari data yang saya peroleh dari penelitian sebelumnya hasil yang didapatkan kurang efisien dimana suhu panas yang di hasilkan pada lilitan naik dari 120,7 °C – 170,8 °C. (Faizin, 2018)

Analisis utama dalam penelitian ini adalah penambahan magnet permanen pada header (leher knalpot) dengan cara menambahkan ruang untuk menempatkan magnet permanen tersebut. Dan data pengujian yang akan di ambil adalah kadar emisi gas buang yang dikeluarkan dengan alat gas analyzer dengan variasi muffler tanpa medan magnet, muffler dengan medan magnet (magnet permanen) dan analisis pengaruh kutub magnet terhadap emisi gas buang. Serta memvariasikan Rpm kendaraan mulai dari putaran idle, putaran menengah hingga putaran atas. Setelah semua data lengkap antara perbandingan penambahan medan magnet kumparan dan magnet permanen pada muffler kendaraan. Harapan dari penelitian ini dapat mengembangkan dan memperbaiki lagi dari penelitian sebelumnya. Dengan tujuan mengurangi kadar emisi gas buang serta mengurangi panas yang dikeluarkan dengan cara penggantian medan magnet kumparan (elektromagnetik) dengan medan magnet permanen.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana efek medan magnet permanen pada muffler terhadap emisi gas buang kendaraan?
2. Bagaimana pengaruh emisi gas buang yang di hasilkan dari perbedaan layout(tata letak) kutub magnet permanen pada muffler kendaraan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang terdapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui data emisi gas buang dari pengaruh penambahan medan magnet permanen pada muffler.
2. Membuat prototype muffler dengan tambahan magnet dengan harapan dapat mengurangi polusi emisi gas buang.
3. Memperoleh data emisi gas buang yang di hasilkan dari perbedaan layout(tata letak) kutub magnet.
4. Menganalisa data emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan menggunakan muffler dengan medan magnet permanen.

1.4 Manfaat

Adapun beberapa manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Untuk melatih mahasiswa dalam menerapkan ilmu pengetahuan dan keterampilan selama kuliah.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa sumbangan ilmu pengetahuan.
3. Menciptakan prototype alat alternatif berupa muffler dengan harapan mampu mengurangi emisi gas buang pada kendaraan.
4. Memberikan informasi berupa data akhir pengaruh medan magnet permanen terhadap emisi gas buang kendaraan.

1.5 Batasan Masalah

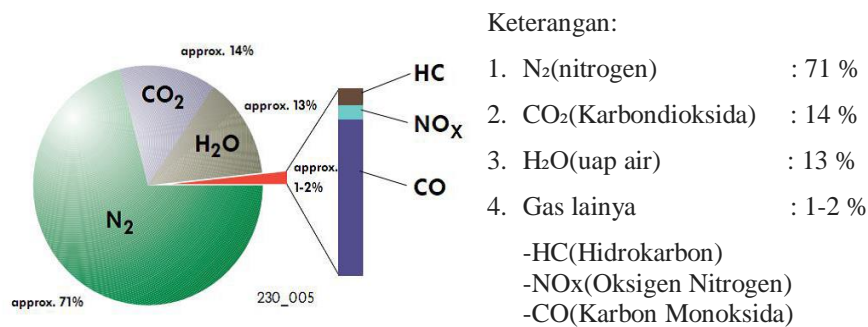
Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1 Penelitian ini hanya menganalisa data kadar emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan berupa (HC, CO, CO₂, O₂).
- 2 Tidak mencari data NOx.
- 3 Penelitian ini tidak membahas tentang diameter header (leher knalpot) yang berbeda.
- 4 Penelitian ini tidak membahas daya dan torsi kendaraan.
- 5 Penelitian ini hanya menggunakan kendaraan roda 2 (HONDA supra X 125) berbahan bakar bensin.
- 6 Bahan bakar yang digunakan pertalite.
- 7 Hanya menggunakan magnet permanen
- 8 Magnet yang digunakan jenis neodymium grade N52.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Emisi Gas Buang

Emisi gas buang kendaraan adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin, sedangkan proses pembakaran adalah reaksi kimia antara oksigen di dalam udara dengan senyawa hidrokarbon di dalam bahan bakar untuk menghasilkan tenaga. Dalam reaksi yang sempurna, maka sisa hasil pembakaran adalah berupa gas buang yang mengandung karbondioksida (CO_2), uap air (H_2O), Oksigen (O_2) dan Nitrogen (N_2). Dalam prakteknya, pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa berbahaya seperti karbonmonoksida (CO), hidrokarbon (HC), Nitrogenoksida (NO_x) dan partikulat. Di samping itu untuk bahan bakar yang mengandung timbal dan sulfur, hasil pembakaran di dalam mesin kendaraan juga akan menghasilkan gas buang yang mengandung sulfurdioksida (SO_2) dan logam berat (Pb).



Gambar 2. 1 Susunan gas buang kendaraan
(Sumber : Kimintek, 2018)

Tidak ada yang bisa menepis, betapa, emisi gas buang, berupa asap knalpot, adalah akibat terjadinya proses pembakaran yang tidak sempurna, dan mengandung timbal/timah hitam (Pb), *suspended particulate matter* (SPM), oksida nitrogen (NO_x), oksida sulfur (SO_2), hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), dan oksida fotokimia (O_x)” .

Selanjutnya, emisi gas buang yang paling signifikan dari kendaraan bermotor ke atmosfer berdasarkan massa, adalah gas karbondioksida (CO₂), dan uap air (H₂O) yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang berlangsung sempurna yang dapat dicapai dengan tersedianya suplai udara yang berlebih.

Beberapa penyebab polusi udara yang ada, terbukti, emisi transportasi adalah sebagai penyumbang pencemaran udara tertinggi, yakni sekitar 85 persen. Hal tersebut tampak dengan jelas, mengingat, sebagian besar kendaraan bermotor menghasilkan emisi gas buang yang buruk; baik akibat perawatan yang kurang memadai, atau dari penggunaan bahan bakar dengan kualitas yang kurang baik (misalnya; kadar timbal yang tinggi). (Ismiyati. 2014)



Gambar 2. 2 Persentase Sumber Perncemaran Udara Di Indonesia

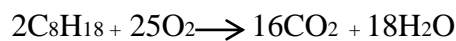
(Sumber: Annisa. 2019)

Zat-zat pencemar udara, yang berasal dari emisi gas buang adalah sebagai berikut :

1. Karbon Monoksida (CO) Gas buang kendaraan bermotor merupakan sumber utama bagi karbon monoksida di berbagai perkotaan. Data mengungkapkan 60%-70% pencemaran udara di Indonesia disebabkan karena benda bergerak atau transportasi umum yang berbahan bakar solar terutama berasal dari Metromini. Formasi CO merupakan fungsi dari rasio kebutuhan udara dan bahan bakar dalam proses pembakaran di dalam ruang bakar mesin diesel. Percampuran terbaik antara udara dan bahan bakar terutama yang terjadi pada mesin-mesin yang menggunakan Turbocharge merupakan salah satu strategi untuk meminimalkan emisi CO.
2. Nitrogen Oksida (NO_x) Ada 3 jenis teori yang mengemukakan terbentuknya No_x yaitu :
 1. Thermal NO_x (Extended Zeldovich Mechanism) : Proses ini disebabkan gas nitrogen yang beroksidasi pada suhu tinggi pada ruang bakar (>1800 K). Thermal No_x didominasi oleh emisi NO (NO_x → NO + NO₂).
 2. Prompt NO_x : Formasi NO_x ini akan terbentuk cepat pada zona pembakaran.
 3. Fuel NO_x : NO_x formasi ini terbentuk karena kandungan N dalam bahan bakar. Kira-kira 90% dari emisi NO_x adalah disebabkan proses thermal NO_x dan tercatat dengan penggunaan HFO (Heavy Fuel Oil), bahan bakar yang biasa digunakan di kapal, menyumbangkan emisi NO_x sebesar 20-30%.
3. Sulfur Oxide (SO_x) Emisi SO_x terbentuk dari fungsi kandungan sulfur dalam bahan bakar, selain itu kandungan sulfur dalam pelumas, juga menjadi penyebab terbentuknya Sox emisi. Struktur sulfur terbentuk pada ikatan aromatic dan alkyl. Dalam proses pembakaran sulfur dioxide dan sulfur trioxide terbentuk dari reaksi : $S + O_2 \rightarrow SO_2$ $SO_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow SO_3$ Kandungan SO₃ dalam SO_x sangat kecil sekali yaitu sekitar (1-5)% saja. Gas yang berbau tajam, tapi tidak berwarna ini dapat menimbulkan serangan asma.

4. HydroCarbon (HC) Emisi Hidrokarbon (HC) terbentuk dari bermacam-macam mesin merupakan sumber pencemar. Penyebabnya adalah karena tidak terbakarnya bahan bakar secara sempurna dan tidak terbakarnya minyak pelumas silinder. Emisi HC pada bahan bakar HFO yang biasa digunakan pada mesin-mesin diesel besar akan lebih sedikit jika dibandingkan dengan mesin diesel yang berbahan bakar Diesel Oil (DO). Emisi HC ini berbentuk gas metan (CH_4). Jenis emisi ini dapat menyebabkan leukemia dan kanker.
5. Timbal (pb), Timbal tidak berwarna tidak beraroma, memiliki jenis lebih berat dari udara. Terjadi pada bahan bakar yang menggunakan timbal seperti bensin.

Reaksi pembakaran sempurna



Pembakaran tidak sempurna



MAIN-GROUP ELEMENTS		TRANSITION ELEMENTS										MAIN-GROUP ELEMENTS					
1A (1)	2A (2)	3B (3)	4B (4)	5B (5)	6B (6)	7B (7)	8B (8)	9B (9)	10B (10)	1B (11)	2B (12)	3A (13)	4A (14)	5A (15)	6A (16)	7A (17)	8A (18)
1 H 1.008																	2 He 4.003
2 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
3 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
4 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.41	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
5 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
6 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57 La 138.9	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.9	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
7 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac (227)	104 Rf (263)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (267)	108 Hs (277)	109 Mt (268)	110 Ds (281)	111 Rg (272)	112 (285)	113 (284)	114 (289)	115 (288)	116 (292)		

Gambar 2. 3 Sistem Periodik Unsur

(Sumber : Silberberg, 2009)

Tabel 2. 1 Tabel Unsur Non Logam Emisi Gas Buang

Nama Unsur	Nomor Atom	Massa Atom	Lambang Unsur
Karbon	6	12,011	C
Oksigen	8	15,999	O
Nitrogen	7	14,007	N
Hydrogen	1	1,008	H
Belerang	16	32,06	S

Tabel 2. 2 Tabel Unsur Logam Emisi Gas Buang

Nama Unsur	Nomor Atom	Massa Atom	Lambang Unsur
Timbal	82	207,19	Pb

Satuan yang menunjukkan kandungan emisi gas buang adalah % vol untuk jenis (O_2 , CO , CO_2) dan satuan ppm (part per million) untuk kandungan gas HC.

PPM (part per million) adalah perbandingan antara berapa bagian senyawa dalam satu juta bagian suatu sistem. Sama halnya dengan “prosentase” yang menunjukkan bagian per seratus. Misalkan kandungan dalam air sungai adalah 20 ppm artinya dalam setiap Kg air sungai terdapat 20 mg Pb. Sedangkan satuan % vol adalah ungkapan umum dalam menyatakan konsentrasi larutan. Persen volume merupakan fraksi volume yang dinyatakan dengan bilangan pembagi 100.

2.2 Sejarah Magnet

Magnet atau magnit adalah suatu obyek yang mempunyai suatu medan magnet. Magnet juga dapat diartikan sebagai suatu benda yang memiliki gejala dan sifat yang dapat mempengaruhi bahan-bahan tertentu yang berada di sekitarnya. Asal kata magnet diduga dari kata magnesia yaitu nama suatu daerah di Asia kecil. Menurut cerita di daerah itu sekitar 4.000 tahun yang lalu telah ditemukan sejenis batu yang memiliki sifat dapat menarik besi atau baja atau campuran logam lainnya. Benda yang dapat menarik besi atau baja inilah yang disebut magnet. Setiap magnet memiliki dua kutub, yaitu: utara (N) dan selatan

(S). Kutub magnet adalah daerah yang berada pada ujung-ujung magnet dengan kekuatan magnet yang paling besar berada pada kutub kutubnya.

2.3 Pengertian Medan Magnet

Medan magnet adalah ruang di sekitar magnet yang gaya tarik/tolakannya masih dirasakan oleh magnet lain. Medan magnet pada umumnya mengitari bagian-bagian kutub magnet. Medan magnet terdiri dari garis-garis fluks imajiner yang berasal dari partikel bermuatan listrik yang bergerak atau berputar. Contohnya partikel proton yang berputar dan pergerakan elektron yang mengalir pada kawat dalam bentuk sirkuit elektronik. (Ningsih, 2018)

Secara garis besar ada dua jenis magnet berdasarkan bagaimana medan magnetnya tercipta, yaitu:

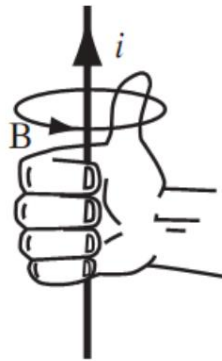
1. Magnet permanen / magnet tetap adalah magnet yang tidak memerlukan tenaga atau bantuan dari luar untuk menghasilkan daya magnet (berelektromagnetik). Magnet jenis ini dapat mempertahankan kemagnetannya dalam waktu yang sangat lama. Meskipun jenis magnet ini tidak memerlukan energi lain bukan berarti magnet ini tidak dapat kehilangan medan magnetnya. Magnet jenis ini dapat berkurang medan magnetnya (demagnetisasi) atau bahkan kehilangan semua medan magnetnya. Lama magnet untuk mempertahankan medan magnetnya tidak dapat dipastikan dengan waktu karena ada beberapa faktor yang mempengaruhi medan magnet tersebut antara lain: suhu panas, cara penyimpanan magnet, dan kerusakan pada bentuk magnet yang disebabkan oleh benturan. Magnet memiliki spesifikasi yang berbeda-beda tergantung dari jenis dan grade magnet tersebut. Didalam spesifikasi tertulis temperature currie magnet yang menunjukkan bahwa magnet akan kehilangan medan magnetnya pada suhu tertentu. Jenis magnet tetap selama ini yang diketahui terdapat pada:
 - a. Magnet Keramik (*hard ferrite*)
 - b. Magnet Alnico (Aluminium, Nikel, dan Cobalt)
 - c. Magnet Samarium-Cobalt (Samarium Cobalt/SmCo)
 - d. Magnet Neodymium (Neodymium Iron Boron/NdFeB/NIB)

Tabel 2. 3 Sifat Fisis Magnet NdFeB

Remanensi, Br (mT)	895-915
Energi Produk, (BH _{max} KJ/cm ³)	126-134
Koersivitas Instrinsik, H _{c1}	716-836
Koersivitas, H _c (KA/m)	540
Koefisien Temperature Br(%/°C)	-0,11
Koefisien Temperature H _{c1} Br(%/°C)	-0,14
Temperature Currie (°C)	360
Temperature Operasi Maximum (°C)	120-160
Temperature Proses Maximum (°C)	200
Densitas (Teori) (gr/cm ³)	7,3-7,6
Densitas semu (gr/cm ³)	270

(Sumber : Sipahutar. 2015)

2. Elektromagnet adalah magnet yang medan magnetnya tercipta karena adanya arus listrik yang mengalir. Medan magnet antara lain dihasilkan oleh gerakan muatan-muatan listrik, atau arus listrik, dan menghasilkan gaya magnet yang berkait dengan magnet. Semakin besar arus listrik yang diberikan, maka semakin besar pula kekuatana medan magnet yang dihasilkan. Magnet dan listrik seperti sudah saling ketergantungan. Sebuah medan magnet yang berubah-ubah akan menghasilkan sebuah medan listrik. Demikian juga, sebuah medan listrik yang berubah-ubah akan menghasilkan medan magnet. Arah garis-garis medan magnetik yang terdapat di sekitar kawat berarus sesuai dengan kaidah tangan kanan atau aturan sekrup putar kanan. Kaidah Tangan Kanan pertama yaitu Arah ibu jari menunjukkan arah arus listrik dan arah lipatan jari-jari yang lainnya menunjukkan arah putaran garis-garis medan magnetik.



Gambar 2. 4 Kaidah Tangan Kanan

(Sumber : Asyerinmariaulfah. 2015)

Untuk menghitung kekuatan medan magnet yang dihasilkan oleh elektromagnet adalah:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot n}{2L} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan: B = kuat medan magnetik (T)

L = panjang solenoida (m)

i = kuat arus listrik (A)

N = jumlah lilitan solenoida

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ dalam satuan standard

2.3.1 Pengertian Gaya Magnet

Gaya magnet adalah gaya yang ditimbulkan oleh dorongan dan tarikan dari magnet. Sifat gaya magnet adalah kekuatan gaya magnet. Gaya magnet mampu menembus penghalang, yaitu benda nonmagnetis. Benda-benda dapat tertarik oleh magnet apabila masih berada dalam medan magnet. yaitu daerah di sekitar magnet dimana gaya magnet masih bekerja. Sebuah benda yang berada di dalam medan magnet akan dipengaruhi medan magnet tersebut sehingga bersifat seperti magnet, oleh karena itu benda tersebut akan tarik menarik dengan magnet. Tidak semua benda yang berada di dalam medan magnet akan dipengaruhi dan ditarik oleh

magnet, tetapi hanya benda-benda yang terbuat dari besi dan baja. Besarnya gaya tarik atau gaya tolak antara kutub-kutub magnet:

Untuk mengukur kekuatan gaya magnet dapat menggunakan teslameter/gaussmeter. Tetapi alat tersebut sangat jarang ditemukan, maka ada beberapa cara sederhana untuk mengukur kekuatan gaya magnet. Pertama dapat menempelkan paper clip ke magnet. Susun satu persatu secara memanjang hingga paper clip tidak dapat di tarik oleh magnet. Setelah itu hitung berapa paperclip yang mampu di tarik oleh magnet. Lakukan dengan magnet lain dan bandingkan jumlah paper clip yang dapat di tarik oleh magnet. Selain cara tersebut dapat menempelkan magnet pada logam. Lalu beri beban pada magnet hingga magnet terlepas dari logam. Hitung beban yang mampu di tahan oleh magnet dengan timbangan. Setelah diketahui maka dapat dihitung dengan rumus:

$$F = m \times g \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan : F = Gaya (N)

m= Massa benda (kg)

g = Gravitasi bumi (m/s^2)

2.3.2 Gaya Lorentz

Pada percobaan oersted telah dibuktikan pengaruh medan magnet terhadap kawat berarus, bagaimana pengaruh kutub magnet terhadap arus listrik akan dibuktikan dari percobaan berikut : Seutas kawat PQ ditempatkan diantara kutub-kutub magnet ladam kedalam kawat dialirkan arus listrik ternyata kawat melengkung kekiri. Gejala ini menunjukkan bahwa medan magnet mengerjakan gaya pada arus listrik, disebut Gaya Lorentz. Vektor gaya Lorentz tegak lurus pada I dan B. Arah gaya Lorentz dapat ditentukan dengan tangan kanan. Bila arah melingkar jari-jari tangan kanan sesuai dengan putaran dari I ke B, maka arah ibu jari menyatakan arah gaya Lorents.

Hasil-hasil yang diperoleh dari percobaan menyatakan bahwa besar gaya Lorentz dapat dirumuskan sebagai :

$$F = B I l \sin \alpha \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan : F = gaya Lorentz.

B = induksi magnetik medan magnet.

I = kuat arus.

l = panjang kawat dalam medan magnet.

α = sudut yang diapit I dan B.

2.3.3 Bagian-bagian Magnet

1. Kutub Magnet Bagian magnet yang mempunyai gaya tarik terbesar disebut kutub magnet. Magnet selalu mempunyai dua kutub. Hal ini dapat diketahui bila sebuah magnet batang dicelupkan ke dalam serbuk besi. Di bagian tengah (daerah netral) tidak ada serbuk besi yang melekat, sedangkan bagian ke ujung makin banyak serbuk besi yang melekat pada magnet. Bagian yang banyak dilekati serbuk besi merupakan kutub magnet. Hal ini menandakan, gaya magnet yang paling besar berada di ujung-ujung magnet. Kutub utara dan kutub selatan magnet setiap magnet, apapun bentuknya selalu mempunyai kutub utara dan selatan. Dengan mengamati magnet jarum yang berputar pada porosnya, misalnya kompas. Dalam keadaan diam, salah satu ujung magnet akan menunjukkan ke arah utara, sedangkan ujung yang lainnya menunjuk ke arah selatan. Ujung kompas yang menunjuk ke arah utara disebut kutub utara dan ujung magnet yang mengarah selatan disebut kutub selatan.
2. Sumbu Magnet Sumbu magnet yaitu garis yang menghubungkan antara kedua kutub magnet.
3. Magnet elementer Setiap benda magnetik pada dasarnya terdiri dari magnet-magnet kecil yang disebut magnet elementer. Magnet elementer adalah magnet yang paling kecil yang berupa atom. Suatu benda akan bersifat magnet jika magnet-magnet elementernya mempunyai arah yang cenderung

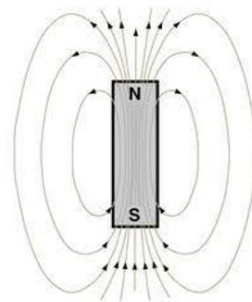
sama/ beraturan dan benda yang tidak mempunyai sifat magnet jika magnet-magnet elementernya mempunyai arah acak (sembarang).

Pada sebuah magnet, magnet-magnet elementernya tersusun rapi dan menunjuk arah yang sama, sehingga menimbulkan kutub-kutub magnet. Antar magnet elementer tersebut terdapat gaya tolak-menolak dan gaya tarik-menarik. Akan tetapi, di bagian ujung magnet hanya terdapat gaya tolak-menolak. Itulah sebabnya pada ujung-ujung magnet terdapat gaya magnet paling kuat sedangkan bagian tengahnya lemah.

Pada benda bukan magnet, magnet-magnet elementernya tersusun dengan arah yang berlainan atau arah yang acak sehingga tidak menimbulkan kutub magnet. Karena arahnya acak, gaya tarik-menarik dan tolak-menolak antar magnet elementer saling meniadakan. Itulah sebabnya pada besi bukan magnet tidak terdapat gaya magnet (sifat magnet).

2.3.4 Medan Magnet pada Magnet Permanen.

Medan magnet pada sebuah batang magnet berbentuk garis tertutup. Melalui hasil konvensi, arah medan magnet keluar dari kutub utara (N) menuju kutub selatan (S). (Yosaphat, 2018)



Gambar 2. 5 Medan magnet pada magnet batang

(Sumber : Fajar. 2013)

ada tiga aturan yang kita peroleh untuk garis-garis medan magnetik, yaitu sebagai berikut:

1. Garis-garis medan magnetik tidak pernah saling berpotongan.

2. Garis-garis medan magnetik selalu mengarah radial ke luar menjauhi kutub utara dan mengarah radial ke dalam mendekati kutub selatan.
3. Tempat di mana garis-garis medan magnetik rapat menyatakan medan magnetik kuat, sebaliknya tempat di mana garis-garis medan magnetik renggang menyatakan medan magnetik lemah.

2.3.5 Kekurangan dan Kelebihan Magnet Permanen

1. Kekurangan magnet permanen
 - a. Jika digunakan pada suhu terlalu tinggi dan terlalu rendah, dibawah getaran mekanis parah mungkin ada irreversible demagnetization atau bahkan tidak dapat digunakan sama sekali.
2. Keuntungan magnet permanen
 - a. Struktur sederhana
 - b. Memiliki efisiensi yang tinggi, karena tidak memerlukan energi lain.
 - c. Tidak ada gangguan gelombang radio.

2.3.6 Kekurangan dan Kelebihan Elektromagnetik

1. Kekurangan elektromagnetik
 - a. Kurang efisiensi, karena membutuhkan energi listrik.
 - b. Struktur rumit.
 - c. Menimbulkan panas.
 hal ini disebabkan karena pada logam timbul arus Eddy atau arus pusar yang arahnya melingkar melingkupi medan magnet terjadinya arus pusar akibat dari induksi magnet yang menimbulkan fluks magnetik yang menembus logam, sehingga menyebabkan panas pada logam.
2. Keuntungan elektromagnetik
 - a. Kemagnetnya dapat di ubah-ubah dari mulai kecil sampai yang besar dengan cara merubah salah satu atau ketiga dari kuat arus listrik, jumlah lilitan dan ukuran inti besi.
 - b. Sifat kemagnetanya mudah di timbulkan dan dihilangkan dengan cara memutus dan menghubungkan arus listrik menggunakan saklar.

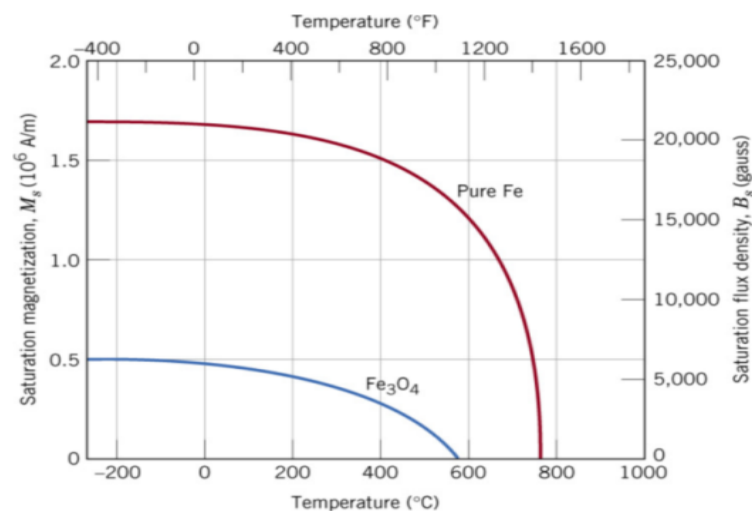
c. Dapat dibuat berbagai bentuk dan ukuran yang sesuai dengan kebutuhan yang di kehendaki.

d. Letak kutub nya dapat diubah-ubah dengan cara mengubah arus listrik (Perdana, 2014)

2.3.7 Temperatur Curie (T_c)

Temperatur Curie adalah temperatur kritis dimana fase magnetik bertransisi dari konfigurasi struktur magnetik yang teratur menjadi tidak teratur. Temperatur Curie yaitu temperatur dimana magnetisasi spontan lenyap, dan memisahkan fase paramagnetik (keadaan tidak teratur atau disordered) pada temperatur tinggi $T > T_c$, dari fase feromagnetik (keadaan teratur atau ordered) pada suhu rendah $T < T_c$. Magnetisasi spontan bahan feromagnetik akan hilang jika dipanaskan di atas suhu karakteristik T_c yang dinamakan temperatur Curie. Dimana temperatur Curie memisahkan fase feromagnetik yang susunan momen magnetiknya teratur pada suhu di bawah T_c dengan fase paramagnetik yang susunan momen magnetiknya tidak teratur pada suhu di atas T_c . (Wahyudi, 2018)

Dalam jurnal (Lewis, 2015) terdapat perbandingan temperature curie (T_c) sebagai berikut:



Gambar 2. 6 Grafik Perbandingan Temperatur Curie (T_c)

(Sumber : Lewis, 2015)

2.3.8 Cara Pembuatan Magnet

Cara membuat magnet antara lain adalah sebagai berikut:

1. Digosok dengan magnet lain secara searah. Menggosokkan magnet permanen pada logam yang ingin dijadikan magnet. Arah gosokan hanya pada satu arah saja. Kutub magnet yang dihasilkan pada ujung terakhir penggosok selalu berlawanan dengan kutub ujung magnet penggosoknya.
Gambar 3. Cara membuat magnet dengan cara menggosok
2. Induksi magnet. Induksi Yaitu dengan mendekatkan magnet permanen pada logam yang ingin dijadikan magnet.
3. Magnet diletakkan pada solenoida (kumparan kawat berbentuk tabung panjang dengan lilitan yang sangat rapat) dan dialiri arus listrik searah (DC). Mengalirkan arus listrik pada logam yang ingin dijadikan magnet. Sifat magnet yang di hasilkan tidak permanen. Apabila arus listrik dihentikan, maka sifat magnetnya akan hilang kembali. Bahan yang biasa dijadikan magnet adalah besi. Besi lebih mudah untuk dijadikan magnet daripada baja. Tapi sifat kemagnetan besi lebih mudah hilang daripada baja. Oleh sebab itu, besi lebih sering digunakan untuk membuat elektromagnet.

2.3.9 Sifat Bahan Terhadap Magnet

Bahan Ferromagnetik. Benda-benda ferromagnetik adalah benda-benda atau bahan-bahan yang sangat mudah dipengaruhi oleh magnet dan juga dengan mudah dapat dibuat magnet. Bahan-bahan ini ialah berupa logam murni dan logam paduan. Logam murni yang merupakan bahan ferromagnetik adalah besi, baja, nikel, dan kobalt. Bahan ini sangat banyak digunakan terutama untuk magnet sementara. Adapun logam paduan yang termasuk bahan ferromagnetik antara lain: baja-kobalt, baja-nikel, aluminium-nikel-kobalt (alnico), besi-nikel (permalloy), besi-nikel-kobalt (perminvar), dan sebagainya.

Bahan Diamagnetis. Bertolak belakang dengan bahan ferromagnetik, bahan diamagnetik ialah bahan yang sukar sekali dipengaruhi oleh magnet. Bahan ini mempunyai permeabilitas (angka koefisien kemagnetan) kurang dari satu. Jika benda diamagnetis di udara atau di ruang hampa udara didekatkan magnet, maka

benda ini akan ditolak oleh magnet itu sekalipun dengan pengaruh gaya tolak yang sangat kecil. Contoh zat yang termasuk bahan diamagnetik ialah: bismuth, antimon, seng murni, air raksa, timbal, perak, emas, air, fosfor, dan tembaga.

Bahan Paramagnetis. Bahan ini dapat dipengaruhi oleh magnet tetapi tidak dapat dibuat magnet. Yang termasuk bahan paramagnetis ialah: mangan, platina, aluminium, magnesium, timah (tin), oksigen, dan udara.

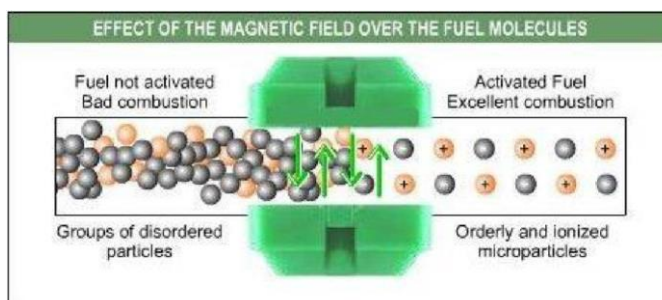
Bahan Nonmagnetis. Bahan nonmagnetis ini tidak dapat dipengaruhi magnet dan juga tidak dapat dibuat magnet. Sebagai contoh misalnya kaca, kertas, dan kayu. Dalam klasifikasi lainnya, karena bahan diamagnetis sangat sukar dipengaruhi oleh magnet, seringkali bahan diamagnetis dimasukkan ke dalam golongan bahan nonmagnetis.

2.4 Efek Medan Magnet Terhadap Emisi Gas Buang

Bahan bakar terutama terdiri dari hidrokarbon dan ketika bahan bakar mengalir melalui medan magnet, hidrokarbon mengubah orientasinya dan molekul hidrokarbon mengubah konfigurasinya. Pada saat yang sama kekuatan antar molekul sangat berkurang atau tertekan. Mekanisme ini diyakini dapat membantu membubarkan partikel menjadi terbelah dengan halus. Ini memiliki efek memastikan bahwa bahan bakar secara aktif mengunci dengan oksigen menghasilkan pembakaran yang lebih lengkap di ruang bakar. Hasilnya adalah penghematan bahan bakar yang lebih baik dan pengurangan HC, CO dan NOx yang dikeluarkan melalui pembuangan. (Gad, 2010)

Senyawa hidrokarbon adalah senyawa karbon yang terdiri atas unsur karbon (C) dan hydrogen (H). Jika senyawa hidrokarbon dibakar akan menghasilkan gas CO₂ dan uap air (H₂O). Adanya CO₂ menunjukkan adanya unsur C dan uap air (H₂O) menunjukkan adanya unsur H. Pada umumnya Molekul hidrokarbon dalam senyawa bensin akan melakukan aktifitas getaran (vibrasi) dalam arah intinya. Selain itu cenderung untuk saling tarik menarik satu sama lain, membentuk molekul-molekul yang bergerombol (*clustering*). Penggumpalan ini akan terjadi, sehingga menyebabkan molekul molekul hidrokarbon tidak saling berpisah pada saat bereaksi dengan oksigen. Suatu medan magnet yang cukup kuat pada molekul

hidrokarbon menyebabkan reaksi penolakan antar molekul hidrokarbon (de clustering), sehingga terbentuk jarak optimal antar molekul hidrokarbon dengan oksigen. (Bambang, 2017)



Gambar 2. 7 Molekul yang Termagnetisasi Bereaksi Dengan Oksigen

(Sumber : Bambang, 2017)

Menurut pendapat dari (Suriansyah, 2011) Dengan menambahkan radiasi medan elektromagnetik pada knalpot kendaraan, emisi gas buang terdissosiasi menghasilkan ion-ion bermuatan positif dan negative yang bersifat radikal bebas. Sifat radikal bebas ini akan memberikan kemampuan ion-ion untuk terus bereaksi dengan ion yang lain dengan membentuk senyawa baru.

Dari teori diatas akan diterapkan dalam penelitian ini. Apakah medan magnet pada magnet permanen juga akan sama memiliki pengaruh terhadap emisi gas buang seperti teori penambahan medan elektromagnetik diatas.

2.5 Cara Kerja Pada Motor Bakar

Di dalam motor pembakaran empat langkah, piston melakukan empat langkah translasi dalam silinder untuk tiap dua putaran dari poros engkol. Pada saat katup masuk terbuka, maka piston melakukan langkah hisap untuk menarik campuran bahan bakar baru ke dalam silinder. Pada tipe mesin pengapian nyala, campuran baru yang masak adalah campuran antara bahan bakar dan udara. Siklus otto standar udara merupakan siklus ideal yang mengasumsikan bahwa penambahan kalor terjadi seketika pada titik mati atas (Moran, 2003).

Proses yang terjadi pada siklus otto adalah sebagai berikut :

Proses 0-1 : langkah isap

Proses 0-2 : kompresi isentropik

Proses 2-3 : proses pembakaran volume konstan dianggap sebagai proses pemasukan kalor

Proses 3-4 : proses isentropic udara panas dengan tekanan tinggi mendorong piston turun menuju TMB

Proses 4-1 : proses pelepasan kalor pada volume konstan piston

Proses 1-0 : langkah buang pada tekanan konstan

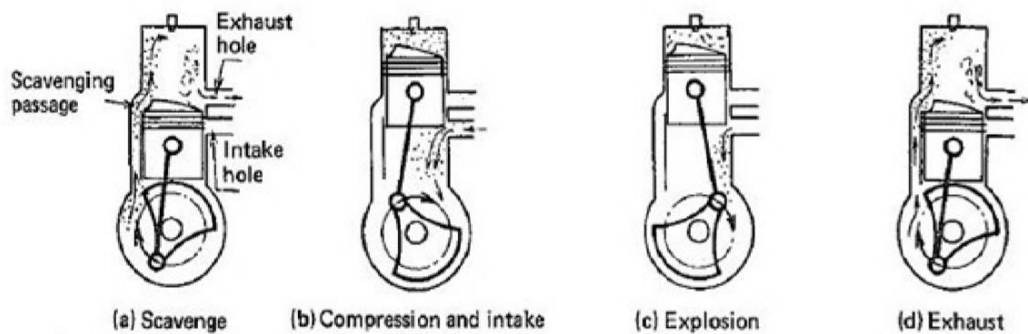
2.6 Cara Kerja Motor Bensin 4 Langkah

Yang dimaksud dengan motor bakar 4 (empat) langkah adalah bila 1 (satu) kali proses pembakaran terjadi pada setiap 4 (empat) langkah gerakan piston atau 2 (dua) kali putaran proses engkol. Dengan anggapan bahwa katup masuk dan katup buang terbuka tepat pada waktu piston berada pada TMA dan TMB, maka siklus motor 4 (empat) langkah dapat diterangkan sebagai berikut :

1. Langkah hisap : Piston bergerak dari TMA ke TMB. Pada ruangan di atas piston terjadi pembesaran volume yang menyebabkan tekanan menjadi kurang. Tekanan kurang tersebut mengakibatkan terjadinya hisap terhadap campuran udara bahan bakar dari karburator. Keadaan katup masuk terbuka dan katup buang tertutup.
2. Langkah kompresi: Piston bergerak dari TMB ke TMA mengadakan kompresi terhadap campuran udara bahan bakar yang baru masuk pada langkah pengisian. Tekanan dan temperatur menjadi naik sedemikian rupa sehingga campuran bahan bakar udara berada dalam keadaan yang mudah sekali untuk terbakar. Sebelum langkah kompresi berakhir maka busi mengadakan pembakaran kedua katup tertutup.
3. Langkah kerja atau ekspansi : Akibat adanya pembakaran maka pada ruang bakar terjadi panas dan pemuaihan yang tiba-tiba. Pemuaihan tersebut mendorong piston untuk bergerak dari TMA ke TMB. Kedua kutup masih

dalam keadaan tertutup rapat sehingga seluruh tenaga panas mendorong piston untuk bergerak.

4. Langkah buang : Pada langkah buang ini katup masuk tertutup sedangkan katup buang terbuka. Piston bergerak dari TMB menuju TMA mendesak gas sisa pembakaran keluar melalui katup buang dan saluran buang (exhaust manifold) menuju atmosfer. (Yuan, 2017)



Gambar 2. 8 Langkah Kerja Motor Bensin 4 Langkah

(Sumber : Arismunandar. 2005)

2.7 Penelitian Sebelumnya

Dalam penelitian ini, sistem *Electrostatic Precipitators* yang telah diterapkan pada skala industri akan diadaptasikan ke sebuah knalpot motor scooter Vespa dengan tahun produksi 1963. Sistem ini akan bekerja dengan memanfaatkan kekuatan medan magnet yang dihasilkan oleh suatu elektroda untuk menangkap (*scrubbing*) kandungan logam berat (Timbal) yang terdapat pada gas buang motor scooter Vespa.

Elektroda sebagai penangkap (*scrubber*) diletakkan didalam ruang pipa yang ditambahkan pada pipa outlet knalpot. Pipa tambahan ini disebut sebagai Knalpot Berpenangkap Magnetik (Scrubber Magnetic Muffler). Ruang pipa tambahan tersebut dibagi menjadi dua bilik, yaitu Bilik Pemberi dan Bilik Penangkap. Bilik Pemberi berfungsi sebagai media bagi elektroda pemberi muatan positif kepada partikel-partikel logam. Bilik Penangkap berperan sebagai media bagi elektroda penangkap/negatif untuk menangkap partikel-partikel logam yang telah

mengandung muatan positif. Kedua bilik tersebut dibatasi pula oleh sekat bilik berbahan isolator. Sekat ini berbahan isolator agar tidak terjadi korsleting akibat tersambungannya arus listrik positif dan negatif dari masing-masing elektrode. Selain itu, pada bagian rongga ulir untuk mur dilapisi pula dengan selongsong berbahan isolator untuk mencegah terjadinya korsleting dalam menyambungkan kedua bilik. Secara spesifik, kedua elektrode tersebut, yaitu elektrode pemberi muatan dan elektrode penangkap memegang peranan penting dalam penangkapan partikel logam (*scrubbing*). Partikel-partikel logam yang keluar melalui pipa outlet knalpot standar dialirkan menuju ruang pipa tambahan. Di dalam ruang ini, partikel-partikel logam akan mengalir pada bilik Pemberi terlebih dahulu. Di dalam Bilik Pemberi, partikel-partikel logam akan melewati rongga berbentuk kerucut dengan bahan alumunium yang berujung pada sekat turbulen dengan sebuah lubang turbulen statis di tengahnya dan 9 lubang di tepi dan. Rongga berbahan alumunium ini dialiri arus positif, sehingga partikel-partikel logam yang melewati rongga tersebut akan terinduksi muatan positif.

Sifat magnet yang terdapat pada elektroda dipertahankan dengan memberikan arus sebesar 2 Ampere. Tegangan listrik dialirkan dari sistem kelistrikan motor scooter Vespa setelah melalui proses modifikasi dengan menggantikan kumparan magnet standar yang berkekuatan 6V menjadi kumparan magnet berkekuatan 12 V. (Basuki, 2006)

Dari penelitian tersebut di lanjutkan oleh (Faizin, 2018) dengan tujuan mengetahui presentase emisi gas buang HC, CO, CO₂, O₂. Percobaan dilakukan secara eksperimental dengan pemasangan elektromagnet dengan variasi tegangan, tanpa menggunakan variasi tegangan pada out knalpot dan tanpa menggunakan elektromagnet. Selanjutnya emisi gas buang di ukur menggunakan gas analyzer. Dari hasil pengujian di dapatkan data dengan variasi tegangan 12 volt rpm 2000 HC turun 22%, CO turun 39.65%, CO₂ naik 23.15%, O₂ turun 26.83% setelah terpasang elektromagnet pada knalpot.

2.8 Standar Euro

Euro adalah standar emisi gas buang di eropa yang banyak di pakai perusahaan otomotif dan menjadi standar untuk dunia. Di eropa standar Emisi Euro pada kendaraan telah mencapai Euro 5. Standar Emisi Euro di terapkan secara berjangka dengan ketentuan dan berdasarkan klasifikasi kendaraan. Di Indonesia sendiri sejak tahun 2007 lalu Standar Emisi Euro di Indonesia baru mencapai Euro 2 tetapi saat ini masih di kembangkan untuk mencapai Standar Emisi Euro 3. Sejak isu tentang pemanasan global meningkat, di mana penggunaan bahan bakar fosil pada kendaraan bermotor di tuding sebagai salah satu faktor penyebab global warming, maka muncul kesadaran untuk mengurangi hal tersebut dengan cara meminimalisir emisi gas buang dengan cara menerapkan standar Emisi Euro pada setiap kendaraan bermotor yang beroperasi. (Hino Catalog, 2012)

Tabel 2. 4 Tabel Standar Euro di Berbagai Negara Mulai Tahun 1997

Country	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
European Union	E1	Euro 2		Euro 3			Euro 4		Euro 5			Euro 6								
Bangladesh ^a												Euro 2								
Bangladesh ^b												Euro 1								
Hong Kong, China	Euro 1		Euro 2		Euro 3			Euro 4		Euro 5										
India ^c							Euro 1		Euro 2		Euro 3									
India ^d				E1	Euro 2		Euro 3		Euro 4											
Indonesia											Euro 2									
Malaysia		Euro 1														Euro 2		Euro 4		
Nepal						Euro 1														
Pakistan	No conclusive information available																			
Philippines									Euro 1		Euro 2		Euro 3			Euro 4				
PRC ^a							Euro 1		Euro 2		Euro 3		Euro 4							
PRC ^b							Euro 1		Euro 2		Euro 3		Euro 4 Beijing only							
Singapore ^a	Euro 1			Euro 2			Euro 3		Euro 4											
Singapore ^b	Euro 1			Euro 2			Euro 3		Euro 4											
Sri Lanka									Euro 1		Euro 2		Euro 3							
South Korea												Euro 4		Euro 5						
Taipei					US Tier 1									US Tier 2 Bin 7 ^a						
Thailand	Euro 1			Euro 2			Euro 3		Euro 4			Euro 5								
Viet Nam												Euro 2								

(Sumber: Gaikindo, 2015)

Tabel 2. 5 Tabel Ambang Batas Emisi Gas Buang.

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter		Metode Uji
		CO (%)	HC (Ppm)	
1.Sepeda motor 2 langkah	<2010	4,5	12000	idle
2.Sepeda motor 4 langkah	<2010	5,5	2400	
3.Sepeda motor 2 & 4 langkah	≥2010	4,5	2000	

(Sumber: KLHK, 2006)

Untuk perkembangan euro di Indonesia pada tahun 2018 sudah menerapkan euro 4 seperti pada tabel 2.6. Namun untuk perkembangan tersebut terdapat beberapa kendala pada bahan bakar yang tersedia untuk memenuhi syarat EURO IV. Pertamina butuh waktu tiga tahun (sampai 2021) untuk menyediakan varian lain BBM, yang mampu memenuhi standar emisi Euro IV. Baru setelah itu, semua BBM yang diproduksi Pertamina bakal punya standard EURO IV. (Kurniawan, 2018)

Tabel 2. 6 Tabel Standar Euro di Berbagai Negara Mulai Tahun 2009

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Beijing	China 4				Beijing 5 / China 5			Beijing 6 (proposed)						
China - nationwide	China 3	China 4					China 5			China 6				
India - large cities	Bharat III	Euro 4								Bharat VI				
India - nationwide	Bharat II	Bharat III						Bharat IV			Bharat VI			
Indonesia	Euro 2									Euro 4/IV				
Thailand	Euro 3/III			Euro 4										
Vietnam	Euro 2								Euro 4					Euro 5
Philippines	Euro 2							Euro 4						
Brazil	Proconve L-5				Proconve L-6									
Turkey	Euro 4	Euro 5					Euro 6							

(Sumber: Headline, 2017)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Tempat dan waktu penelitian ini dilakukan dilaboratorium Program Studi Mesin Otomotif Politeknik Negeri Jember dan dilaboratorium fisika modern FMIPA fisika Universitas Jember. Waktu pelaksanaan mulai bulan desember 2019 sampai september 2020

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan prototype dan penelitian emisi gas ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Bahan

1. Motor Bensin HONDA supra X 125 dengan spesifikasi:

Sepeda motor	: Honda Supra X 125
Tahun	: 2010
Mesin	: 4 langkah, SOHC ,2 katup
Isi silinder	: 124,8 cc
Diameter x langkah	: 52,4 x 57,9 mm
Rasio kompresi	: 9,0:1
Daya maksimum	: 9,3 KW / 7500 rpm
Torsi maksimum	: 10,3 N.m / 4000 rpm
Sistem bahan bakar	: Karburator
Transmisi	: 4 kecepatan rotary [N-1-2-3-4]

2. Plat besi

3. Magnet permanent.

4. Knalpot/muffler.

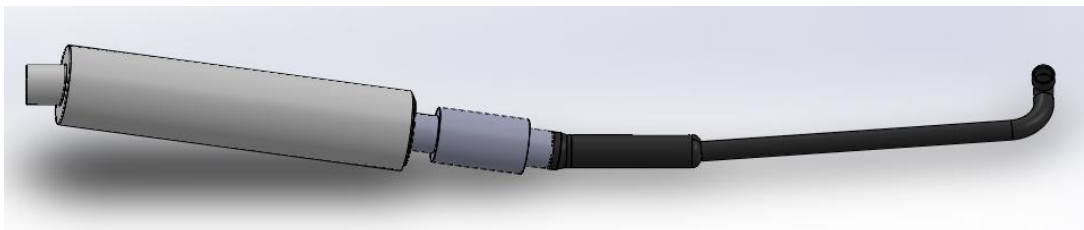
5. Pipa besi.

3.2.2 Alat

1. Alat uji emisi gas buang motor bensin gas analyzer T156 Didacta italia.
2. Tacometer
3. 1 set tools kit.
4. Gerinda.
5. Las listrik.
6. Bor
7. Gaussmeter/teslameter

3.3 Rancangan Muffler

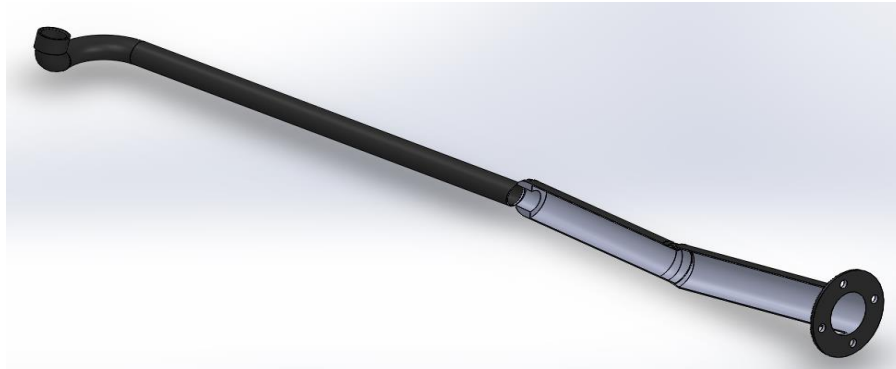
Untuk rencana rancangan prototype muffler yang akan dibuat adalah dengan memasang 8 batang magnet permanen pada tabung yang di tambahkan pada header. Untuk peletakan magnet di pasang melingkar 4 batang di bagian depan dan 4 batang di pasang melingkar di bagian belakang. Untuk lebih jelasnya rancangan muffler seperti gambar dibawah ini:



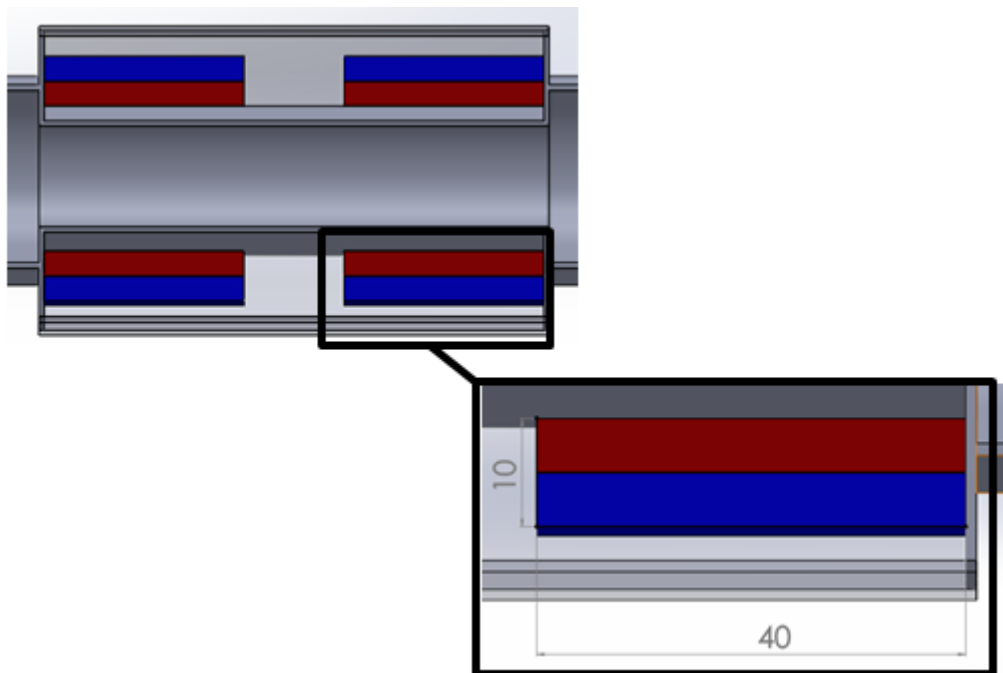
Gambar 3. 1 Rancangan Muffler dengan Magnet Permanen
(Sumber : Pribadi)



Gambar 3. 2 Sekat dalam Muffler
(Sumber: Mitra, 2014)



Gambar 3. 3 Potongan Gambar Header
(Sumber : Pribadi)



Gambar 3. 4 Potongan Gambar Tabung Magnet
(Sumber : Pribadi)

3.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Dimana metode ini melakukan penelitian dengan membandingkan emisi gas buang dari sebelum dipasang magnet permanen dan sesudah terpasang magnet permanen dengan bahan bakar pertalite.

Prosedur pengoperasian dari alat uji emisi gas buang T161D/1 Didactia Italia adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Measurement Gas Analyzer T161D/1 Didactia Italia

<i>Measure</i>	<i>Method of measure</i>	<i>Range</i>	<i>Resol</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Unity of measure</i>
CO	<i>IR Bench</i>	0.9-9.999	0.001	±0.01	% vol
		10-14	0.01		
CO ₂	<i>IR Bench</i>	0-18	0.1	±0.3	% vol
HC	<i>IR Bench</i>	0-9999	1	±4	ppm vol
O ₂	<i>Electrochemical Cell</i>	0-25	0.01	±0.1	% vol
		0-3999		±160	
NO	<i>Electrochemical Cell</i>	4000-5000	1	±400	ppm vol
	<i>IR Bench</i>	0-5000	1	±25	ppm vol
LAMDA	<i>Numerical Computing</i>	0.5-1.5	0.001	-	-
CO corretto	<i>Numerical</i>	0-15	0.01	-	% vol
	<i>Computing</i>				
Oil Temp.	<i>Thermocouple</i>	0-150	1	±1	°C

3.5 Parameter Penelitian

3.5.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dari penelitian yang di lakukan adalah penggunaan medan magnet permanen dengan variasi perubahan kutub magnet permanen yang sudah di tentukan dan tanpa medan magnet. Untuk susunan magnet pada muffler yang akan di uji seperti pada halaman selanjutnya:

1. Susunan kutub magnet depan (N,N,N,N) dan magnet belakang (N,N,N,N)



a. susunan magnet depan

b. susunan magnet belakang

Gambar 3. 5 Susunan Magnet Dengan Kutub Utara

2. Susunan kutub magnet depan (N,N,N,N) dan magnet belakang (S,S,S,S)



a. susunan magnet depan

b. susunan magnet belakang

Gambar 3. 6 Susunan Magnet Dengan Kutub Berbeda

3. Susunan kutub magnet depan (N,S,N,S) dan magnet belakang (N,S,N,S)



a. susunan magnet depan

b. susunan magnet belakang

Gambar 3. 7 Susunan Magnet Dengan Kutub Berbeda

4. Muffler tanpa menggunakan medan magnet.

3.5.2 Variabel Terikat

Variable terikat dari penilitan ini adalah berupa : ppm kandungan HC, % vol kandungan CO, % vol kandungan CO₂, % vol kandungan O₂ pada gas buang kendaraan uji.

3.6 Prosedur Penelitian

pelaksanaan penilitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sabagai berikut:

1. Studi pustaka

Studi pustaka adalah suatu proses untuk penambahan ilmu/wawasan kita sebelum melakukan penelitian yang akan dilakukan guna untuk memperkuat teori pendukung untuk melaksanakan penelitian. Sumber studi pustaka yang dapat di ambil antara lain buku, jurnal, artikel ilmiah yang ada kaitanya dengan penelitian yang akan dilakukan ini. Selain itu kita juga memiliki pedoman untuk melakukan penelitian ini agar penelitian dapat berjalan dengan lancar dari awal hingga akhir.

2. Persiapan alat dan bahan

Persiapan alat dan bahan merupakan proses dimana pengumpulan segala yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Sehingga proses penilitan ini dapat terhindar dari kekurangan alat dan bahan yang akan dibutuhkan dalam penelitian ini dan penelitian dapat berjalan dengan lancar mulai dari pembuatan prototype letak magnet dan proses pemasangan magnet. Maka dari itu persiapan alat dan bahan ini sangat penting untuk awal penelitian hingga akhir penelitian

3. Langkah pengambilan data

Setelah perakitan tempat magnet dan peletakan magnet permanen pada exhaust selesai. maka akan dilanjutkan untuk pengujian kekuatan medan magnet menggunakan alat ukur gaussmeter. Untuk penelitian selanjutnya uji emisi dengan alat uji emisi gas analyzer T161D/1 Didactia Italia. untuk langkah pengambilan data adalah sebagai berikut:

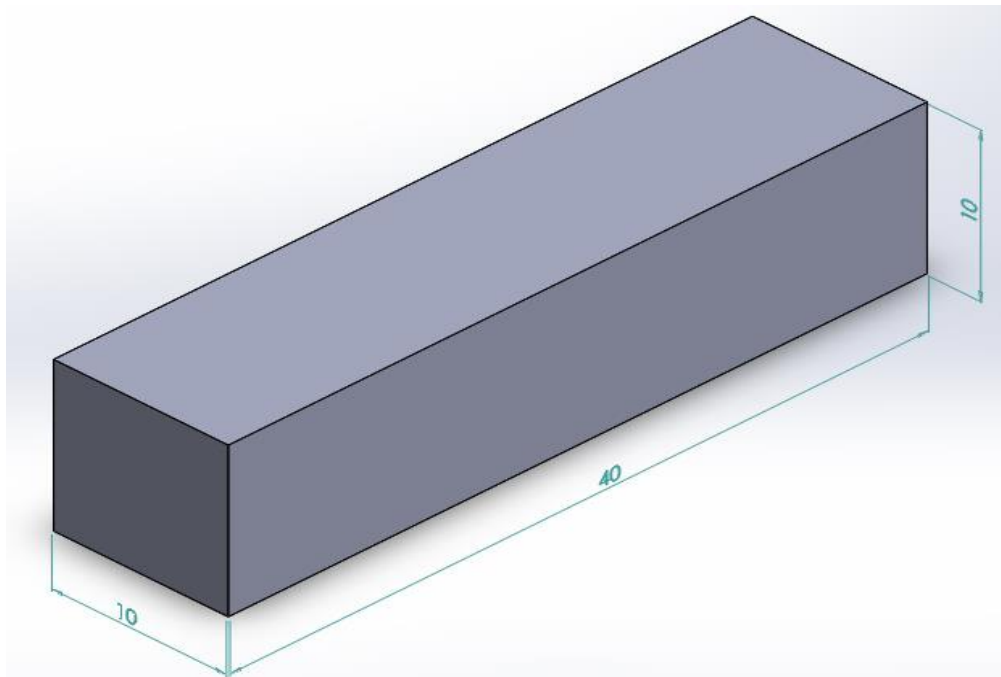
1. Posisikan kendaraan standard tengah serta pastikan agar keamanan penelitian
 2. Pasang tachometer.
 3. Mesin dihidupkan dan di tahan pada RPM idle.
 4. Masukkan sensor probe pada lubang muffler yang sudah terpasang medan magnet permanent .
 5. Simpan data yang dihasilkan oleh gas analyzer.
 6. Setelah proses 1,2,3 dan 4 selesai matikan mesin kendaraan hingga mesin dingin seperti keadaan awal sebelum dihidupkan.
 7. Setelah mesin dingin hidupkan kembali dan mengulang kembali perlakuan 1,2,3 dan 4 beberapa kali dengan variasi perubahan kutub magnet.
 8. Untuk pengambilan data dari exhaust tanpa medan magnet. Lepas kan dulu magnet permanen yang terpasang. Lalu mengulangi perlakuan 1,2,3 dan 4.
4. Data dan satuan yang akan di peroleh:
1. O₂ (% vol)
 2. CO₂ (% vol)
 3. CO (% vol)
 4. HC (ppm)
5. Analisis data dan pembahasan
- Setelah data yang di dapatkan dari gas analyzer sudah terkumpul.maka akan dilakukan analisis dan pembahasan tentang hasil dari data yang diperoleh tentang penelitian pengaruh medan magnet permanen. Apakah medan magnet permanen pada exhaust kendaraan dapat mengontrol/mengurangi emisi gas buang.
6. Kesimpulan
- Setelah analisis dan pembahasan data selesai. Selanjutnya dapat ditarik kesimpulan dari hasil penelitian pengaruh medan magnet pada exhaust kendaraan terhadap emisi gas buang yang dihasilkan.

3.7 Spesifikasi Magnet

Untuk spesifikasi magnet yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Spesifikasi Magnet Permanen

Jenis	Kekuatan		Jumlah	Dimensi		
	mT	G		Panjang	Lebar	Tinggi
Neodymium N52	145.0	1450	8 batang	4 cm	1 cm	1 cm



Gambar 3. 8 Ukuran Magnet
(Sumber: Pribadi)

3.8 Perencanaan Pengambilan Data

Dalam proses pengambilan data dalam penelitian ini akan mengambil data dari kekuatan medan magnet dan hasil uji emisi gas buang. Untuk tabel pengambilan data yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

3.8.1 Pengambilan Data Kekuatan Medan Magnet

Tabel 3. 3 Tabel Data Kekuatan Medan Magnet

No	Konfigurasi susunan magnet	Kekuatan medan magnet	
		Gauss	Militesla
1	Medan magnet		
2	Kutub yang sama		
3	Kutub yang berbeda		
4	Kutub yang berbeda		

3.8.2 Pengambilan Data Emisi Gas Buang

Tabel 3. 4 Tabel Data Emisi Menggunakan Magnet (Kutub Yang Sama)

No	Putaran mesin (rpm)	Kandungan emisi gas buang			
		O ₂ (% vol)	CO ₂ (% vol)	CO (% vol)	HC (ppm)
1					
2	Idle				
3					

Tabel 3. 5 Tabel Data Emisi Menggunakan Magnet (Kutub Berbeda)

No	Putaran mesin (rpm)	Kandungan emisi gas buang			
		O ₂ (% vol)	CO ₂ (% vol)	CO (% vol)	HC (ppm)
1					
2	Idle				
3					

Tabel 3. 6 Tabel Data Emisi Menggunakan Magnet (Kutub Berbeda)

No	Putaran mesin (rpm)	Kandungan emisi gas buang			
		O ₂ (% vol)	CO ₂ (% vol)	CO (% vol)	HC (ppm)
1	Idle				
2					
3					

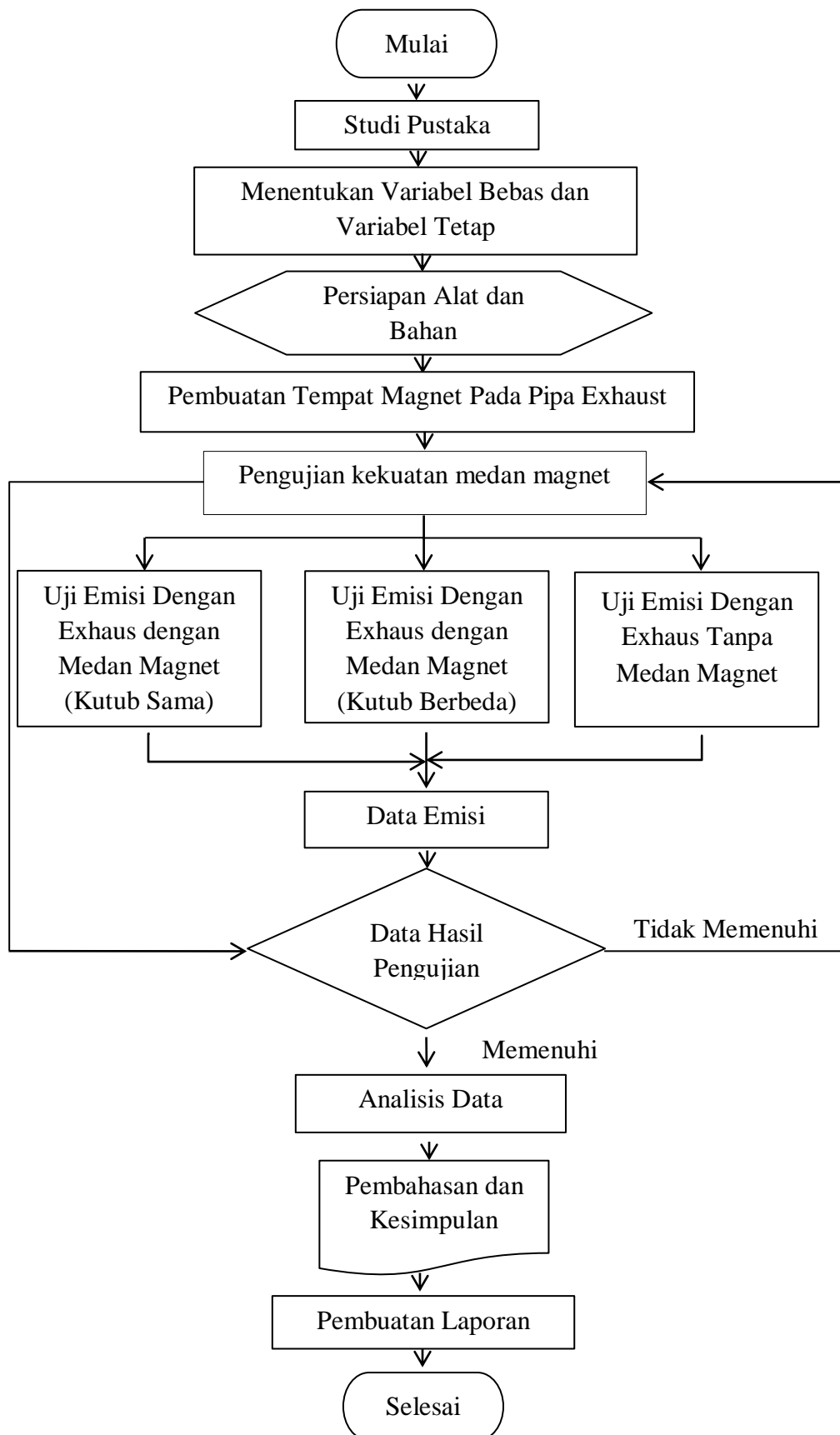
Tabel 3. 7 Tabel Data Emisi Tanpa Menggunakan Magnet

No	Putaran mesin (rpm)	Kandungan emisi gas buang			
		O ₂ (% vol)	CO ₂ (% vol)	CO (% vol)	HC (ppm)
1	Idle				
2					
3					

3.9 Analisis Data

Data yang telah didapatkan akan di analisis dan di olah menjadi grafik diagram agar dapat dilihat dan disimpulkan apakah variasi penambahan medan magnet pada exhaust dapat mempengaruhi emisi gas buang.

3.10 Diagram Alir Penelitian



BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian Kekuatan Medan Magnet

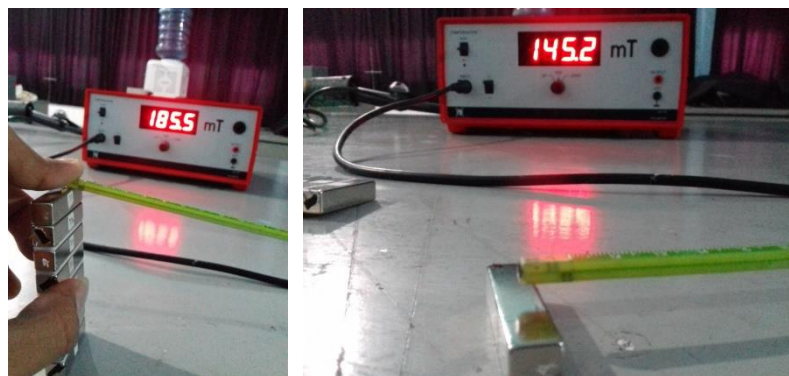
Pengambilan data/ pengujian kekuatan medan magnet neodmium dilaksanakan sebelum magnet digunakan untuk pengujian emisi gas buang. Pengujian kekuatan medan magnet ini dilakukan dilaboratorium fisika modern milik jurusan FMIPA UNIVERSITAS JEMBER menggunakan alat uji teslameter/gaussmeter.

4.1.1 Data Kekuatan Magnet

Tabel 4. 1 Data Kekuatan Magnet

No	Jumlah dan kutub magnet	Kekuatan medan magnet	
		Militesla (mT)	Gauss (G)
1	Magnet 1 batang kutub utara	145.2	1452
2	Magnet 1 batang kutub selatan	-130.5	-1305
3	Magnet 8 batang kutub utara	185.5	1855
4	Magnet 8 batang kutub selatan	-198.4	-1984

Pengambilan data kekuatan medan magnet dilakukan dengan menempelkan sensor probe teslameter/gaussmeter terhadap magnet. Pengambilan data dilakukan empat kali antara lain: magnet 1 batang kutub utara dan selatan dengan magnet 8 batang kutub utara dan selatan. Pada hasil yang ditampilkan teslameter/gaussmeter bahwa kutub selatan menghasilkan nilai negatif dan kutub utara menghasilkan nilai positif.



Gambar 4. 1 Pengambilan Data Magnet
(Sumber : Pribadi)

4.1.2 Data Kekuatan Konfigurasi pada Muffler

Tabel 4. 2 Data Kekuatan Konfigurasi pada Muffler

No	Konfigurasi susunan magnet	Kekuatan medan magnet	
		Militesla (mt)	Gauss (G)
1	Kutub depan (N,N,N,N) belakang (N,N,N,N)	29.6	296
2	Kutub depan (N,N,N,N) belakang (S,S,S,S)	39.7	397
3	Kutub depan (N,S,N,S) belakang (N,S,N,S)	28.3	283

Pengambilan data selanjutnya dengan menempelkan magnet ketabung pada muffler serta merubah posisi magnet dengan konfigurasi yang telah ditentukan. Setelah magnet sudah terpasang pengambilan data siap dilakukan dengan cara mendekatkan sensor probe teslameter/gaussmeter ketabung muffler, nilai kekuatan medan magnet akan muncul pada teslameter. Kekuatan medan magnet pada tabung muffler lebih kecil dari pengambilan data langsung pada magnet, dikarenakan medan magnet yang dihasilkan oleh tabung bersumber pada magnet batang yang ditempelkan. Sehingga terjadi penyusutan kekuatan medan magnet pada tabung muffler.



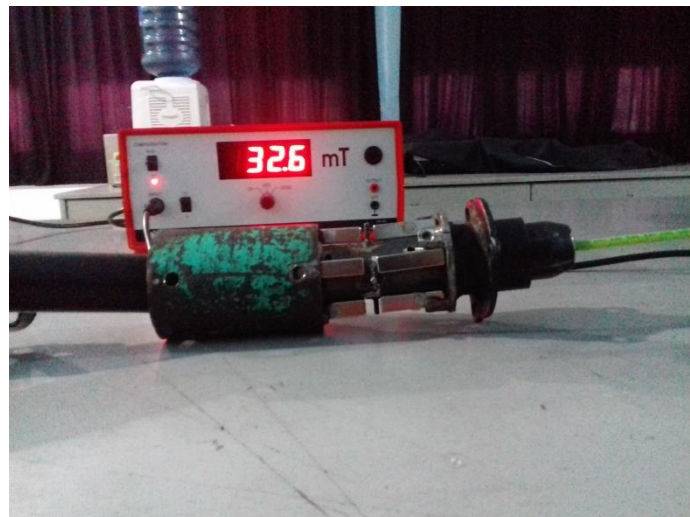
Gambar 4. 2 Pengambilan Data Magnet
(Sumber : Pribadi)

4.1.3 Data Kekuatan ditengah Muffler

Tabel 4. 3 Data Kekuatan ditengah Muffler

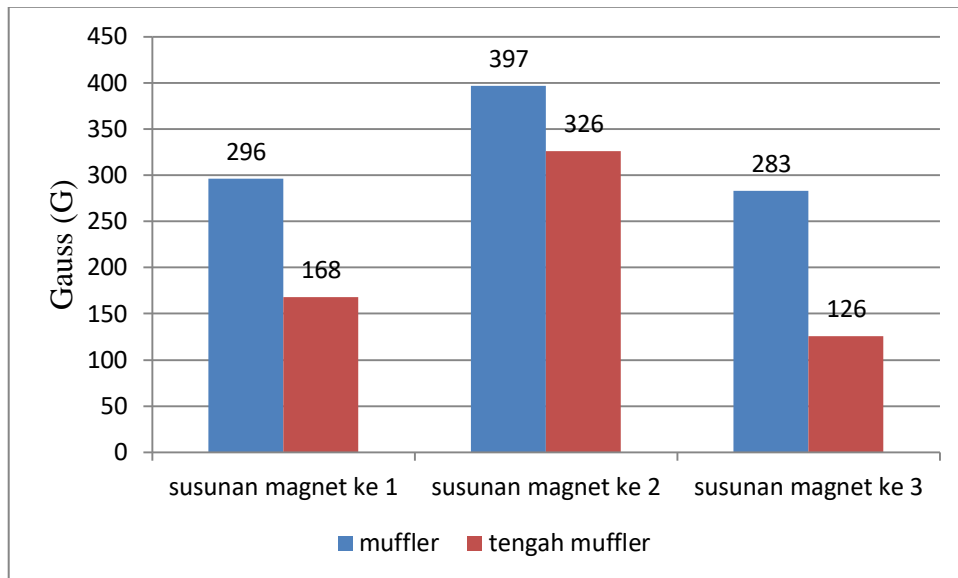
No	Konfigurasi susunan magnet	Kekuatan medan magnet	
		Militesla (mt)	Gauss (G)
1	Kutub depan (N,N,N,N) belakang (N,N,N,N)	16.8	168
2	Kutub depan (N,N,N,N) belakang (S,S,S,S)	32.6	326
3	Kutub depan (N,S,N,S) belakang (N,S,N,S)	12.6	126

Pengambilan data selanjutnya hampir sama dengan pengambilan data kekuatan medan magnet pada tabung muffler dengan cara menempelkan magnet ketabung muffler serta merubah posisi magnet dengan konfigurasi yang telah ditentukan. Setelah magnet sudah terpasang pengambilan data siap dilakukan dengan cara mendekatkan sensor probe teslameter/gaussmeter ketengah muffler, nilai kekuatan medan magnet akan muncul pada teslameter. Kekuatan medan magnet pada tengah muffler lebih kecil dari pengambilan data langsung pada magnet, dikarenakan medan magnet yang dihasilkan tidak langsung bersumber dari muffler tetapi dari magnet batang yang ditempelkan. Sehingga terjadi penyusutan kekuatan medan magnet pada tengah muffler.



Gambar 4. 3 Pengambilan Data Magnet
(Sumber : Pribadi)

4.1.4 Grafik Kekuatan Magnet pada Muffler dan Tengah Muffler



Gambar 4. 4 Grafik Kekuatan Magnet pada Muffler dan Tengah Muffler
(Sumber : Pribadi)

Hasil dari pengujian kekuatan medan magnet pada tabung muffler dan tengah muffler dengan konfigurasi 1 kutub depan (N,N,N,N) belakang (N,N,N,N), konfigurasi 2 kutub depan (N,N,N,N) belakang (S,S,S,S) dan konfigurasi 3 Kutub depan (N,S,N,S) belakang (N,S,N,S) ditampilkan pada grafik diatas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kekuatan magnet tabung muffler terkuat terdapat pada konfigurasi susunan magnet 2 dan kekuatan magnet terkuat pada tengah muffler terdapat pada konfigurasi susunan magnet ke 2.

4.2 Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang

Pengambilan data/ pengujian emisi gas buang kendaraan dilaksanakan dilaboratorium Mesin Otomotif Jurusan TEKNIK POLITEKNIK NEGERI JEMBER dengan menggunakan alat uji gas analyzer. Pengambilan data emisi gas buang dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali pada setiap perlakuan medan magnet yang hasil akhirnya akan dirata-rata. Data yang akan diperoleh dari pengujian ini adalah kandungan gas yang dihasilkan dari kendaraan uji berupa ppm kandungan HC, % vol kandungan CO, % vol kandungan CO₂, % vol kandungan O₂.



Gambar 4. 5 Foto Proses Pengambilan Data Emisi Gas Buang
(Sumber : Pribadi)

4.2.1 Data Emisi Tanpa Medan Magnet.

Tabel 4. 4 Data Emisi Tanpa Medan Magnet

No	Putaran mesin (rpm)	Kandungan emisi gas buang			
		O ₂ (% vol)	HC (ppm)	CO ₂ (% vol)	CO (% vol)
1		16.40	570	2.9	0.59
2	Idle	16.20	463	3.0	0.76
3		16.10	488	3.0	0.74
Rata-rata		16.23	507	2.96	0.69

Data pengujian emisi gas buang yang pertama dilakukan dengan tanpa magnet diknalpot/muffler pada kondisi putaran motor idle (1400 rpm). Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali dengan perlakuan yang sama dan hasil akhir akan dirata-rata.

4.2.2 Data Emisi Menggunakan Magnet Konfigurasi Pertama.

Tabel 4. 5 Data Emisi Menggunakan Magnet Konfigurasi Pertama.

No	Putaran mesin (rpm)	Kandungan emisi gas buang			
		O ₂ (% vol)	HC (ppm)	CO ₂ (% vol)	CO (% vol)
1	Idle	16.20	529	3.0	0.77
2		16.10	489	3.0	0.72
3		15.90	458	3.1	0.70
Rata-rata		16.06	492	3.03	0.72

Data pengujian emisi gas buang yang kedua dilakukan dengan magnet diknalpot/muffler susunan magnet depan dan belakang kutub utara semua pada kondisi putaran motor idle (1400 rpm). Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali dengan perlakuan yang sama dan hasil akhir akan dirata-rata.

4.2.3 Data Emisi Menggunakan Magnet Konfigurasi Kedua.

Tabel 4. 6 Data Emisi Menggunakan Magnet Konfigurasi Kedua.

No	Putaran mesin (rpm)	Kandungan emisi gas buang			
		O ₂ (% vol)	HC (ppm)	CO ₂ (% vol)	CO (% vol)
1	Idle	15.80	414	3.1	0.89
2		16.00	472	3.0	0.80
3		16.20	528	2.9	0.71
Rata-rata		16	471	3	0.8

Data pengujian emisi gas buang yang ketiga dilakukan dengan magnet diknalpot/muffler susunan magnet depan kutub utara dan belakang kutub selatan pada kondisi putaran motor idle (1400 rpm). Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali dengan perlakuan yang sama dan hasil akhir akan dirata-rata.

4.2.4 Data Emisi Menggunakan Magnet Konfigurasi Ketiga.

Tabel 4. 7 Data Emisi Menggunakan Magnet Konfigurasi Ketiga.

No	Putaran mesin (rpm)	Kandungan emisi gas buang			
		O ₂ (% vol)	HC (ppm)	CO ₂ (% vol)	CO (% vol)
1	Idle	16.40	594	2.8	0.77
2		16.40	596	2.7	0.70
3		16.30	515	2.8	0.74
Rata-rata		16.3	568	2.76	0.73

Data pengujian emisi gas buang yang keempat dilakukan dengan magnet diknalpot/muffler susunan magnet depan dan belakang kutub kombinasi utara dan selatan (N,S,N,S dan N,S,N,S) pada kondisi putaran motor idle (1400 rpm). Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali dengan perlakuan yang sama dan hasil akhir akan dirata-rata.

4.2.5 Pengamatan Suhu pada Tabung Muffler.



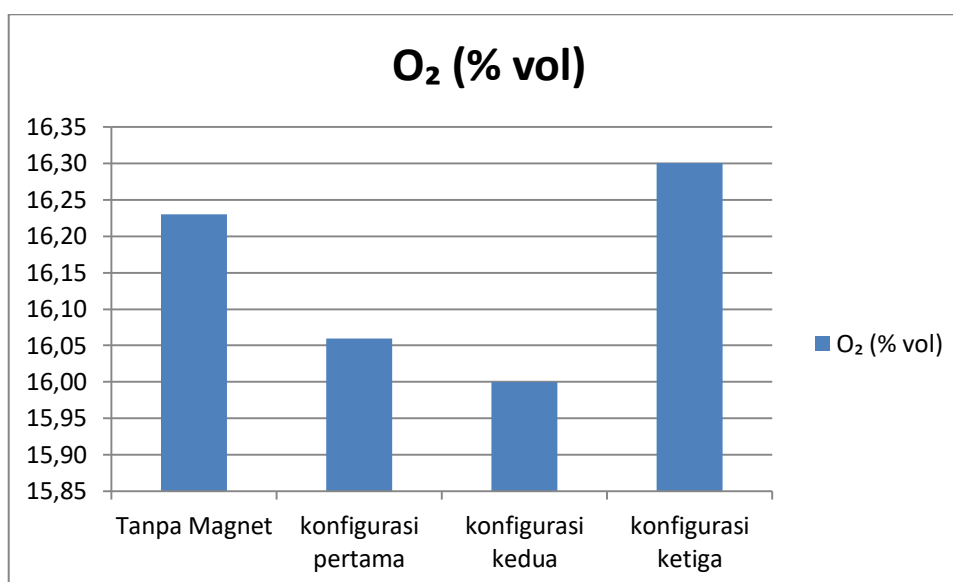
Gambar 4. 6 Pengambilan Suhu Tabung Magnet
(Sumber : Pribadi)

Suhu tabung magnet yang didapat dari termometer maksimal pada suhu 40°C dalam keadaan mesin motor hidup pada putaran RPM idle. Pada suhu tersebut magnet masih dapat bekerja pada range suhu kerja dan masih berada dibawah temperature operasi maximum magnet jenis neodmium.

4.2.6 Data Rata-Rata Hasil Pengujian dan Grafik Hasil Akhir.

Tabel 4. 8 Data Rata-Rata Hasil Pengujian dan Grafik Hasil Akhir.

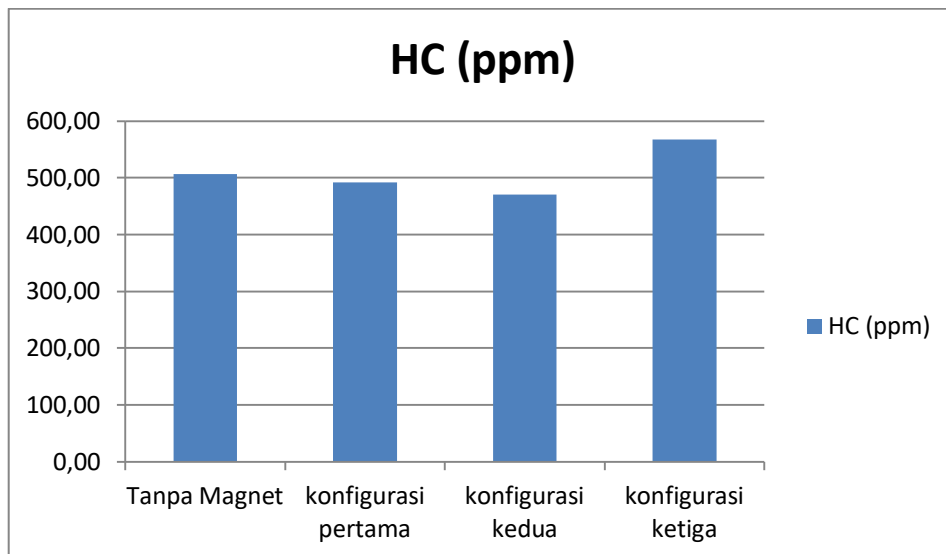
Konfigurasi	O ₂ (% vol)	HC (ppm)	CO ₂ (% vol)	CO (% vol)
Tanpa Magnet	16.23	507	2.96	0.69
Kutub depan (N,N,N,N) belakang (N,N,N,N)	16.06	492	3.03	0.72
Kutub depan (N,N,N,N) belakang (S,S,S,S)	16	471	3	0.8
Kutub depan (N,S,N,S) belakang (N,S,N,S)	16.3	568	2.76	0.73

1. Grafik hasil kandungan O₂.Gambar 4. 7 Grafik Hasil Kandungan O₂.

(Sumber : Pribadi)

Dari data hasil pengujian emisi gas buang didapatkan grafik kandungan O₂ seperti pada gambar diatas. Dari grafik diatas perlakuan medan magnet dapat mempengaruhi kandungan O₂ pada emisi gas buang kendaraan sebelum dipasang medan magnet dan sebelum dipasang medan magnet. Kandungan O₂ terendah terdapat pada konfigurasi magnet kedua dan kandungan tertinggi pada konfigurasi magnet ketiga.

2. Grafik hasil kandungan HC.

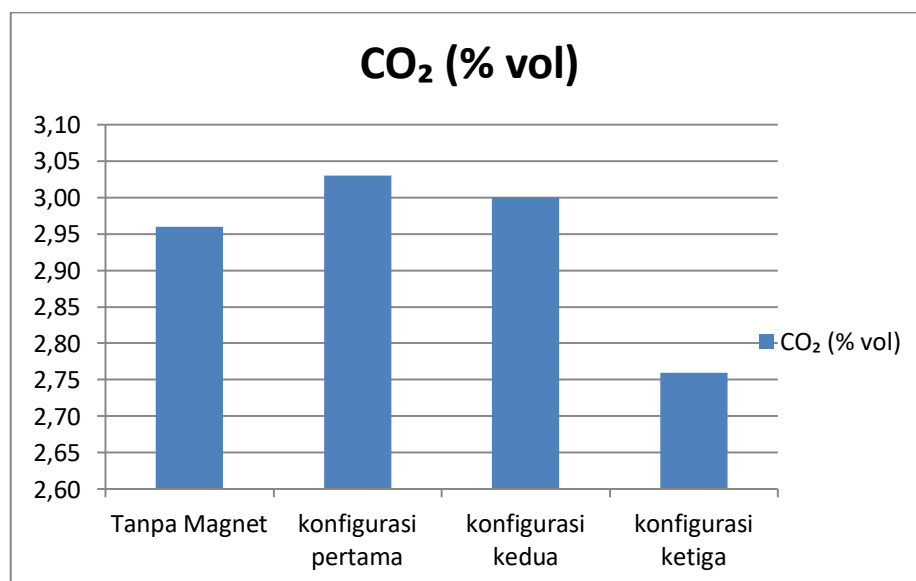


Gambar 4. 8 Grafik Hasil Kandungan HC

(Sumber : Pribadi)

Dari grafik diatas perlakuan medan magnet dapat mempengaruhi kandungan hidrokarbon pada emisi gas buang kendaraan sebelum dipasang medan magnet dan sebelum dipasang medan magnet. Kandungan hidrokarbon terendah terdapat pada konfigurasi magnet kedua dan kandungan tertinggi pada konfigurasi magnet ketiga.

3. Grafik hasil kandungan CO₂.

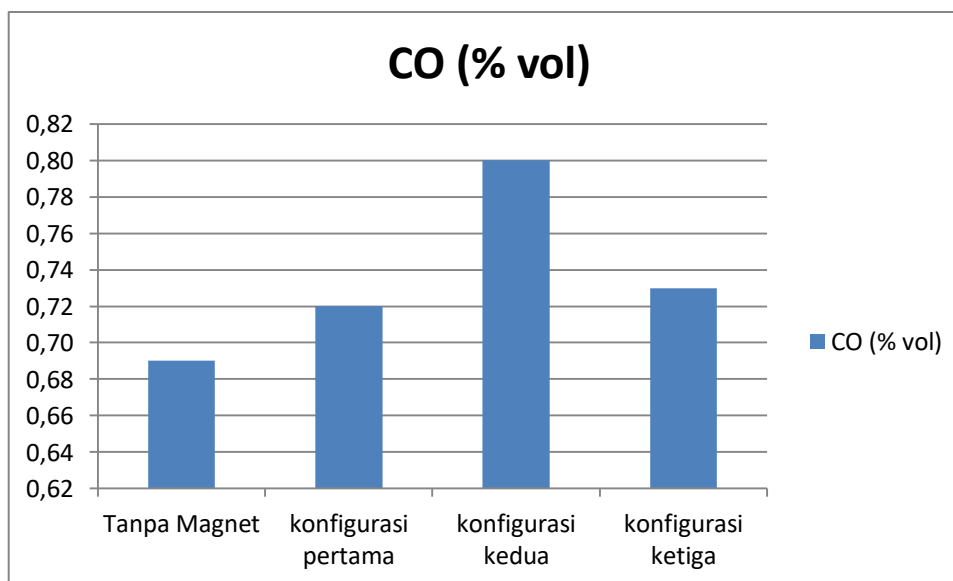


Gambar 4. 9 Grafik Hasil Kandungan CO₂.

(Sumber : Pribadi)

Dari grafik diatas perlakuan medan magnet dapat mempengaruhi kandungan CO₂ pada emisi gas buang kendaraan sebelum dipasang medan magnet dan sebelum dipasang medan magnet. Kandungan CO₂ terendah terdapat pada konfigurasi magnet ketiga dan kandungan tertinggi pada konfigurasi magnet pertama.

4. Grafik hasil kandungan CO.



Gambar 4. 10 Grafik Hasil Kandungan CO.

(Sumber : Pribadi)

Dari grafik diatas perlakuan medan magnet dapat mempengaruhi kandungan CO pada emisi gas buang kendaraan sebelum dipasang medan magnet dan sebelum dipasang medan magnet. Kandungan CO terendah terdapat pada perlakuan tanpa medan magnet dan kandungan tertinggi pada konfigurasi magnet kedua.

4.3 Pembahasan.

Dari beberapa pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwasanya yang pertama pada pengujian kekuatan medan magnet menggunakan alat uji teslameter/gaussmeter. Kekuatan medan magnet pada pipa muffler dan tengah muffler tidak sebesar kekuatan medan magnet permanen dikarenakan pipa merupakan magnet sementara dari magnet permanen yang ditempelkan pada pipa muffler. konfigurasi magnet yang menghasilkan kekuatan medan magnet tertinggi

terdapat pada konfigurasi kedua dengan posisi kutub depan (N,N,N,N) belakang (S,S,S,S). Kekuatan medan magnet utama untuk menginduksikan ke pipa knalpot sebesar 1452- 1984 gauss dan menghasilkan 326 gauss pada tengah pipa knalpot. Sedangkan pada penelitian sebelumnya dengan penggunaan elektromagnetik menghasilkan 87 gauss dengan perhitungan secara teori dari 200 lilitan dengan arus 7 ampere. Maka dapat disimpulkan kekuatan medan magnet pada penelitian ini lebih besar daripada penelitian sebelumnya.

Setelah pengujian kekuatan medan magnet selesai dilanjutkan dengan pengujian emisi gas buang kendaraan dengan komparasi antara muffler dengan beberapa konfigurasi medan magnet dan muffler tanpa medan magnet. Hasil dari pengujian ini berupa kandungan ppm kandungan HC, % vol kandungan CO, % vol kandungan CO₂, % vol kandungan O₂. Dari hasil pengujian dapat diketahui kandungan yang pertama berupa gas HC (hidrokarbon) dari hasil komparasi pada konfigurasi kedua dapat menurunkan kandungan HC sebesar 7,1% dari 507 ppm ke 471 ppm. Tetapi pada konfigurasi ketiga nilai HC meningkat sebesar 12% dari 507 ppm ke 568 ppm.

Kandungan hasil emisi gas buang yang kedua berupa CO dimana dari hasil komparasi antara muffler tanpa medan magnet dan beberapa konfigurasi medan magnet pada muffler, kandungan gas tersebut meningkat saat terpasang medan magnet. Peningkatan kandungan gas CO terbesar pada konfigurasi magnet kedua sebesar 15.9% dari tanpa magnet sebesar 0.69% vol ke konfigurasi magnet kedua sebesar 0.8% vol.

Kandungan hasil emisi gas buang yang ketiga berupa CO₂, medan magnet hanya dapat mempengaruhi sedikit kandungan gas CO₂ dimana dari hasil komparasi antara muffler tanpa medan magnet dan beberapa konfigurasi medan magnet pada muffler. Peningkatan kandungan gas CO₂ terbesar pada konfigurasi magnet pertama sebesar 2.36% dari tanpa magnet sebesar 2.96% vol ke konfigurasi magnet pertama sebesar 3.03% vol. sedangkan pada konfigurasi magnet ketiga menurun sebesar 6.76% dari muffler tanpa medan magnet.

Kandungan hasil emisi gas buang yang keempat berupa O_2 , medan magnet hanya dapat mempengaruhi sedikit kandungan gas O_2 dimana dari hasil komparasi antara muffler tanpa medan magnet dan beberapa konfigurasi medan magnet pada muffler. peningkatan gas O_2 terlihat pada konfigurasi magnet ketiga hanya sebesar 0.43% sedangkan pada konfigurasi magnet kedua gas O_2 terlihat menurun sebesar 1.42%.

Dari hasil yang didapatkan diketahui untuk penelitian pengaruh emisi gas buang kendaraan menggunakan medan magnet permanen tidak bisa menurunkan emisi gas buang secara signifikan dan belum menunjukkan hasil yang lebih baik dari penelitian sebelumnya yang menggunakan medan magnet elektromagnetik. Dari hasil analisa penulis bahwasanya dari perbedaan jenis magnet tersebut terdapat perbedaan yaitu timbulnya panas pada jenis elektromagnetik sehingga dari panas tersebut suhu pada knalpot juga akan naik dan menyebabkan pembakaran gas yang belum terbakar diruang bakar akan terbakar lagi didalam muffler. sehingga gas CO dan HC akan dibakar dengan O_2 , maka akan didapatkan gas CO_2 dan H_2O . O_2 sendiri didapat dari sisa hasil pembakaran yang kurang sempurna pada ruang bakar. Menurut Berlian (2013) dalam penelitiannya yang berjudul "Perancangan Knalpot Berbasis Sponge Steel Untuk Menurunkan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor" . dengan menambahkan sponge steel pada muffler dengan tujuan agar sponge steel dapat menyimpan panas dari gas buang untuk melakukan pembakaran kembali sisa gas buang yang tidak terbakar sempurna dibakar lagi pada knalpot. Dari hasil pengujian nya tersebut didapatkan hasil sponge steel dapat membara hingga bersuhu $545\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan emisi gas buang yang dihasilkan senyawa HC dapat menurun hingga 59.65 % dan CO menurun hingga 72.54 %.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil komparasi antara muffler tanpa medan magnet dengan muffler menggunakan medan magnet sebagai berikut: kandungan gas HC dapat berkurang sebesar 7.1%, CO meningkat sebesar sebesar 15.9%, CO₂ meningkat sebesar 2.36%, O₂ menurun sebesar 1.42%. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa penggunaan medan magnet permanen pada muffler kendaraan hanya dapat sedikit mempengaruhi emisi gas buang kendaraan dan hasil uji emisi gas buang masih menunjukkan lebih baik penelitian sebelumnya dengan menggunakan medan magnet elektromagnetik dengan hasil HC turun 22%, CO turun 39.65%, CO₂ naik 23.15%, O₂ turun 26.83% setelah terpasang elektromagnet pada knalpot.
2. Hasil dari variabel bebas perbedaan layout(tata letak) kutub magnet permanen pada muffler dapat mempengaruhi kekuatan medan magnet dan emisi gas buang yang dihasilkan. Hasil dari pengujian kekuatan medan magnet terkuat terdapat pada konfigurasi magnet kedua dengan susunan kutub depan (N,N,N,N) dan belakang belakang (S,S,S,S). perbedaan layout(tata letak) kutub magnet permanen pada muffler juga dapat mempengaruhi emisi gas buang kendaraan seperti pada grafik hasil.
3. Hasil dari pengujian didapatkan fakta bahwa medan magnet tidak secara signifikan mampu mereduksi emisi berbahaya (CO & CO₂). Walaupun pada pengujian CO₂ dengan konfigurasi 3 mampu menurunkan nilai CO₂ namun konfigurasi 3 tidak mampu untuk mereduksi gas CO yang merupakan emisi gas buang paling berbahaya.
4. Dari penelitian diketahui bahwa magnet mampu mempengaruhi gas yang memiliki ikatan kimia O₂ atau oksigen, dapat disimpulkan bahwa medan magnet mampu mempengaruhi pengikatan oksigen.

5.2 Saran

Setelah dilakukannya penelitian ini penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Melakukan pemeriksaan terhadap kebocoran muffler agar saat pengambilan data emisi gas buang murni terbaca oleh alat uji.
2. Dikarenakan magnet memiliki temperature operasi maximum maka sebaiknya perlu diaplikasikan media pendingin agar suhu stabil dibawah temperature operasi maximum saat memungkinkan memakai RPM tinggi.
3. Perlu ada penelitian lebih lanjut dengan menggunakan alat uji emisi yang bereaksi secara kimia tanpa menggunakan elektronik sebagai sensor untuk menunjang hasil dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, E. 2019. Inventarisasi Emisi Provinsi Dki Jakarta. Dalam Jurnal ICEL. [diakses pada tanggal 05 januari 2020]
- Anonim.2011. Magnet tetap/magnet permanen. Dalam Skripsi Universitas Sumatera Utara. [diakses pada tanggal 18 agustus 2019]
- Arismunandar, Wiranto dan Koichi, T. 2005.Motor Diesel Putaran Tinggi. Jakarta:Pradnya Paramita,Jakarta. [diakses pada tanggal 18 juni 2019]
- Asyerinmariaulfah. 2015. Listrik dan medan magnet. <http://asyerinmariaulfah.blogspot.com/2015/05/listrik-dan-medan-magnet.html>. [diakses pada tanggal 27 oktober 2019]
- Basuki, K.T dan Nurjaatmiko YA. 2006. “Penggunaan Knalpot (Muffler) Dengan Magnetic Scrubber Untuk Menurunkan Kadar Emisi Pb (Timbal) Pada Motor Scooter Vespa”. Dalam jurnal AKTAKIMINDO. [diakses pada tanggal 19 juni 2019]
- Berlian, 2013. Perancangan Knalpot Berbasis Sponge Steel Untuk Menurunkan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor. Dalam skripsi. Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang
- Faizin, Z. 2018. Pengaruh pemasangan elektromagnetik dengan variasi tegangan pada knalpot terhadap emisi gas buang motor bensin . Dalam Skripsi Politeknik Negeri Jember. [diakses pada tanggal 11 agustus 2019]
- Fajar. 2013. Materi Fisika. <https://fajarfisikaupi.wordpress.com/tag/magnet.html>. [diakses pada tanggal 27 oktober 2019]
- Gad, S.M. 2010. "Effect of Fuel Magnetism on Engine Performance and Emissions", Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Fayoum University. [diakses pada tanggal 19 september 2019]
- Gaikindo.2015.MengenalStandarEmisiEURO.File://www.gaikindo.or.id/wrcontent/uploads/2015/09/standar-emisi-negara.html. [diakses pada tanggal 19 juni 2019]

- Headline.2017.Indonesia_siap_beralih_ke_EURO4.File://www.motormobile.net/more.php?id=20676. [diakses pada tanggal 19 agustus 2019]
- Ismiyati. 2014. “Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor”. Dalam Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta. [diakses pada tanggal 05 januari 2020]
- KimintekHijau.2018.“Bahaya emisi gas buang terhadap pencemaran udara”. File://infostudikimia.blogspot.com/2018/02/bahaya-emisi-gas-buang.html [diakses pada tanggal 6 juni 2019]
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). 2006. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta. [diakses pada tanggal 8 oktober 2019]
- Kurniawan, A.2018. Sekarang Standar Emisi Euro IV. File ://otomotif.kompas.com/read/2018/10/31/072200215/.html [diakses pada tanggal 19 agustus 2019]
- Lewis, L.H.2015. “Fundamentals of Magnetism & Magnetic Materials”. Dalam Jurnal Northeastern University, Boston MA [diakses pada tanggal 18 agustus 2019]
- Mitra.2014. Knalpot Cut Honda. File ://blognyamitra.wordpress.com/2014/01/16/luncurkan-new-honda.html. [diakses pada tanggal 10 september 2019]
- Moran, M.J. and Shapiro, N.H. 2003. Termodinamika Teknik I. Edisi 4. Jakarta:Erlangga. [diakses pada tanggal 18 juni 2019]
- Ningsih, E.S. 2018. “Magnet Jenis Magnet dan Peruntukannya dalam Pembelajaran”. Dalam Jurnal Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. [diakses pada tanggal 18 juni 2019]
- Perdana, A. 2014. Kemagnetan Elektromagnetik. File ://elektromagnetik-fisika.blogspot.com/2014/03/kemagnetan.html [diakses pada tanggal 19 juni 2019]

- Silberberg, M.S. 2009. Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change . 5th edition. New York: McGraw Hill) [diakses pada tanggal 10 september 2019]
- Sipahutar, W.S. 2015. Efek waktu *wet milling* dan suhu *annealing* terhadap sifat fisis, mikrostruktur, dan magnet dari flakes NdFeB. Dalam Skripsi Universitas Sumatera Utara. [diakses pada tanggal 10 september 2019]
- Sudarmanata, B. 2017. “Pengaruh Pemberian Induksi Medan Magnet Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Penyerapan Radiasi Infra Merah Molekul Hidrokarbon dan Unjuk Kerja Mesin SINJAI 650 CC 2 Silinder”. Dalam Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember. . [diakses pada tanggal 22 juni 2019]
- Suriansyah. 2011. “Pengaruh Medan Elektromagnet Terhadap Emisi Gas Buang Pada Motor Bensin 4 Tak 1 Silinder”. Dalam Jurnal Proton. [diakses pada tanggal 19 september 2019]
- Wahyudi, I. 2018. Suseptibilitas Magnetik Dan Temperatur *Curie* Material *Alloy* Feromagnetik $Co_{1-x}Ni_x$ Model *Nanocube* Dan *Nanosphere*. Dalam Skripsi Universitas Negeri Jember. [diakses pada tanggal 10 september 2019]
- Yosaphat, S. dkk.2018. KONSEP DASAR IPA Jakarta : Universitas Terbuka. [diakses pada tanggal 18 juni 2019]
- Yuan, I.N. 2017. Pengaruh Medan Magnet 2500 Gauss Terhadap Performa Mesin Mobil Toyota All New Yaris Berbahan Bakar Pertamina. Dalam Skripsi Universitas Sumatera Utara. [diakses pada tanggal 18 juni 2019]