PENGARUH PEMASANGAN ALAT IONISASI UDARA (*AIR IONIZER*) PADA UDARA MASUK TERHADAP DAYA & TORSI SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH

SKRIPSI

Diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan program S1
jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Oleh

AFDHAL ZIKRI
NIM. 1202115/2012

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2017

PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH PEMASANGAN ALAT IONISASI UDARA (*AIR IONIZER*) PADA UDARA MASUK TERHADAP DAYA & TORSI SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH

Oleh

Nama	: Afdhal Zikri
TM/ NIM	: 2012/ 1202115
Program Studi	: Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan	: Teknik Otomotif
Fakultas	: Teknik

Padang, 27 April 2017

Disetujui Oleh:

Pembimbing I

Drs. Martias, M. Pd
NIP. 19640801 199203 1 003

Pembimbing II

Toto Sugiarto, S.Pd, M.Si
NIP. 19730213 199903 1 005

Diketahui Oleh:
Ketua Jurusan Teknik Otomotif

Drs. Martias, M. Pd
NIP. 19640801 199203 1 003

PENGESAHAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Judul : **Pengaruh Pemasangan Alat Ionisasi Udara (*Air Ionizer*) pada Udara Masuk Terhadap Daya & Torsi Sepeda Motor 4 Langkah**

Nama	: Afdhal Zikri
NIM/BP	: 1202115/2012
Program Studi	: Pendidikan Teknik Otomotif
Jenjang Program	: Strata I
Jurusan	: Teknik Otomotif
Fakultas	: Teknik

Padang, 27 April 2017

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	**: Drs. Martias, M. Pd**	1.
Sekretaris	**: Toto Sugiarto, S. Pd, M. Si**	2.
Anggota	**: Drs. Erzeddin Alwi, M. Pd**	3.
	: Drs. Andrizal, M. Pd	4.
	: Dwi Sudarno Putra, ST, MT	5.

KEMENTRIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PERGURUAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
Jl. Prof Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang 25171
Telp. (0751) 7055922, FT: (0751) 705644, 445118, Fax (0751) 7055644
E-mail: info@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Afdhal Zikri**
Nim/TM : 12021152012
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul **"Pengaruh Pemasangan Alat Ionisasi Udara (Air Ionizer) pada Udara Masuk Terhadap Daya & Torsi Sepeda Motor 4 Langkah"** adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat saya terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 27 April 2017
Yang Menyatakan

Afdhal Zikri
NIM. 1202115

Management System ISO 9001:2008
TÜVRheinland CERTIFIED
www.tuv.com ID 9108632268

ABSTRAK

Afdhal Zikri: Pengaruh Pemasangan Alat Ionisasi Udara (*Air Ionizer*) pada Udara Masuk Terhadap Daya & Torsi Sepeda Motor 4 Langkah

Upaya meningkatkan daya sepeda motor pada sistem mesin ataupun sistem bahan bakar sudah banyak dilakukan, namun pengkondisian udara masuk tidak mengalami banyak perubahan setiap tahunnya. Sebuah perangkat *air ionizer* sudah banyak beredar di pasaran dapat menghasilkan ion negatif yang berfungsi mengionisasi udara, dapat digunakan untuk udara masuk mesin dengan tujuan meningkatkan kualitas campuran bahan bakar sehingga *output* mesin berupa daya & torsi akan meningkat.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen untuk mengungkapkan pengaruh pemasangan alat ionisasi udara (*air ionizer*) pada udara masuk terhadap daya & torsi sepeda motor Suzuki Shogun 125 RR 2010. Pengujian dilakukan menggunakan menggunakan *dynamometer* dengan membandingkan daya & torsi saat *air ionizer* aktif dan tidak aktif. Teknik analisis data menggunakan analisis deskriptif rumus t_{test} dengan taraf signifikan 5%.

Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa pemasangan *air ionizer* dapat meningkatkan daya & torsi maksimum sepeda motor 4 langkah. Hasil uji t menunjukkan peningkatan yang signifikan pada daya maksimum dengan kondisi *air ionizer* aktif (t_{hitung} 5,128 > t_{tabel} 4,303) dengan taraf signifikan 5%, dengan rincian naik 0,8 HP atau 11,7% dari *air ionizer* tidak aktif dengan nilai 7,2 HP menjadi 8,0 HP. Sedangkan, torsi maksimum menunjukkan peningkatan yang tidak signifikan (t_{hitung} = 0,929 < t_{tabel} = 4,303) dengan taraf signifikan 5%, dengan rincian naik 0,5 Nm atau 6,9% dari *air ionizer* tidak aktif dengan nilai 7,24 Nm menjadi 7,74 Nm.

Kata Kunci: Daya, Torsi, Alat Ionisasi Udara, Air Ionizer, Dynotest.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ***"Pengaruh Pemasangan Alat Ionisasi Udara (Air Ionizer) pada Udara Masuk Terhadap Daya & Torsi Sepeda Motor 4 Langkah"*** ini dengan baik. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan masukan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M.Pd, M.T, Selaku Dekan FT UNP.
2. Bapak Drs. Martias, M.Pd, Selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, sekaligus dosen pembimbing I.
3. Bapak Toto Sugiarto, S.Pd, M.Si, Selaku dosen Pembimbing II.
4. Bapak Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc, Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Otomotif FT UNP.
5. Bapak/ Ibu dosen dan semua staf pengajar di Jurusan Teknik Otomotif FT UNP.
6. Teristimewa untuk kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan semangat, dorongan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Rekan-rekan Jurusan Teknik Otomotif FT UNP yang ikut memberikan saran, masukan, dan semangat selama penyusunan skripsi ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah ikut memberikan petunjuk, saran, masukan, dukungan baik moral maupun moril dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas jasa baik Bapak dan Ibu serta rekan-rekan semua. Segala upaya telah penulis usahakan untuk menyajikan skripsi ini sebaik mungkin, namun tidak tertutup kemungkinan masih terdapat kesalahan-kesalahan di dalamnya. Penulis sangat mengharapkan saran serta kritik yang membangun.

Padang, 27 April 2017

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK i
KATA PENGANTAR ii
DAFTAR ISI iv
DAFTAR TABEL vi
DAFTAR GAMBAR vii
BAB I PENDAHULUAN
A. Latar Belakang Masalah 1
B. Identifikasi Masalah 5
C. Pembatasan Masalah 6
D. Rumusan Masalah 6
E. Tujuan Penelitian 6
F. Manfaat Penelitian 7
BAB II KERANGKA TEORI
A. Kajian Teori 8
B. Penelitian yang Relevan 31
C. Kerangka Konseptual 32
D. Hipotesis 32
BAB III METODE PENELITIAN
A. Desain Penelitian 33
B. Tempat Penelitian 34
C. Definisi Operasional 34
D. Variabel Penelitian 34
E. Objek Penelitian 36
F. Jenis dan Sumber Data 37
G. Instrumen Penelitian 37
H. Prosedur Penelitian 38
I. Teknik Pengambilan Data 39
J. Teknik Analisa Data 40
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN
A. Hasil Penelitian 44
B. Pembahasan 48

C. Keterbatasan Penelitian 55

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan 57
B. Saran 57

DAFTAR PUSTAKA 59
LAMPIRAN 62

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Peningkatan Daya Sepeda Motor 150 cc Indonesia	2
2.	Perbedaan *Engine Dynamometer dan Chassis Dynamometer*	15
3.	Spesifikasi dari Sepeda Motor yang Digunakan	36
4.	Spesifikasi Dinamometer yang Digunakan	38
5.	Data Pengujian Daya Maksimum Sepeda Motor	40
6.	Data Pengujian Torsi Maksimum Sepeda Motor	40
7.	Data Hasil Pengujian Daya Maksimum Sepeda Motor	44
8.	Data Hasil Pengujian Torsi Maksimum Sepeda Motor	46
9.	Perbandingan Data Spesifikasi Sepeda Motor	48
10.	Analisis Daya dengan Statistik Deskriptif	48
11.	Analisis Daya Maksimum dengan Uji-t	50
12.	Analisis Torsi dengan Statistik Deskriptif	51
13.	Analisis Torsi Maksimum dengan Uji-t	52

DAFTAR GAMBAR

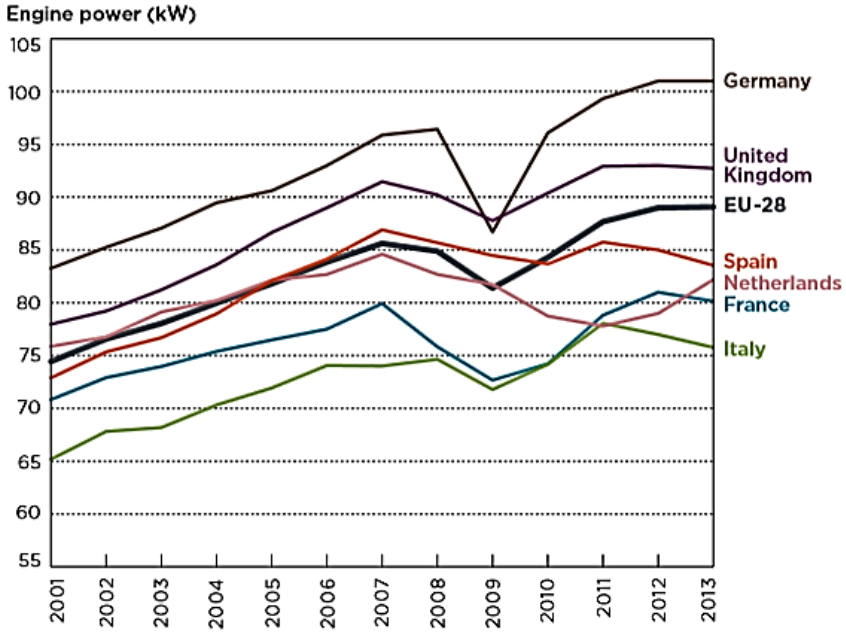
Gambar Halaman

1. Peningkatan Daya Mesin per Tahun 2001-2013 1
2. Aliran Energi dari Mesin Pembakaran Internal 2
3. Pengukuran *Output* Mesin Sebagai Torsi 9
4. Penghitungan 1 Daya Kuda 12
5. FHP Adalah Perbedaan Antara BHP dan IHP 14
6. Rangkaian *car air ionizer* Cockroft-Walton Ladder Network 19
7. Spesifikasi Ionkini JO-6271 20
8. *Air Ionizer* Ionkini JO-6271 20
9. Sirkuit *Air Ionizer* Ionkini JO-6271 21
10. Skema Pemasangan *Air Ionizer* pada Sepeda Motor 22
11. Kerangka Konseptual 32
12. Grafik Hasil Pengujian Daya Maksimum 44
13. Data Grafik *Dynotest* Pengujian Daya dengan *Air Ionizer* Tidak Aktif 45
14. Data Grafik *Dynotest* Pengujian Daya dengan *Air Ionizer* Aktif 45
15. Grafik Hasil Pengujian Torsi Maksimum 46
16. Data Grafik *Dynotest* Pengujian Torsi dengan *Air Ionizer* Tidak Aktif 47
17. Data Grafik *Dynotest* Pengujian Torsi dengan *Air Ionizer* Aktif 47
18. *Make Average* pada *Software* SportDyno 49
19. Perbandingan Data Grafik *Dynotest* Daya Rata-rata dengan *Air Ionizer* Aktif dan Tidak Aktif 49
20. Perbandingan Data Grafik *Dynotest* Daya Rata-rata dengan *Air Ionizer* Aktif dan Tidak Aktif 51

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Tujuan utama dalam pengembangan mesin adalah mengefisienkan kinerja mesin, efisien bukan hanya berarti hemat bahan bakar namun memaksimalkan *output* mesin dari bahan bakar yang digunakan. Meningkatkan daya merupakan aspek yang masih terus dikembangkan, terlihat dari tren kendaraan setiap tahunnya yang mengalami peningkatan daya seperti pada grafik berikut.



Gambar 1. Peningkatan Daya Mesin per Tahun 2001-2013
(Sumber: ICCT, 2014: 60)

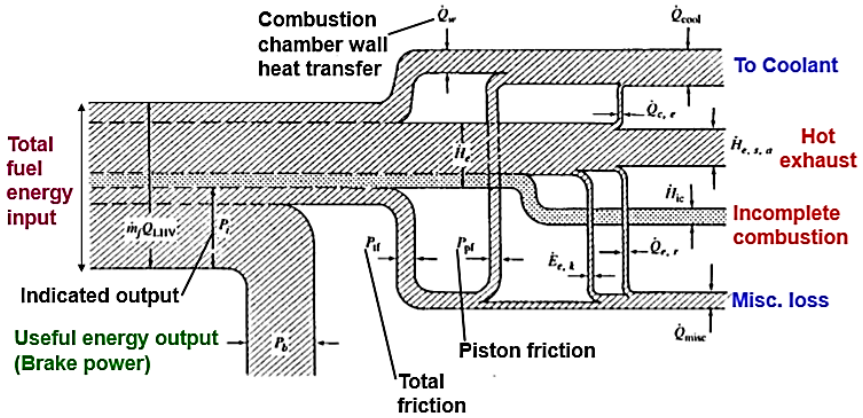
Meningkatkan daya dalam hal ini bukan berarti menambah volume silinder melainkan memaksimalkan potensi daya yang bisa dihasilkan dari mesin tersebut, seperti yang terlihat pada tabel peningkatan daya sepeda motor 150cc di Indonesia berikut:

Tabel 1. Peningkatan Daya Sepeda Motor 150 cc Indonesia

Tahun	Motor (Merk)	Daya Maksimal
2007	V-Ixion (Yamaha)	14,88 Ps
	Satria F150 (Suzuki)	16 Ps
2012	New V-Ixion (Yamaha)	16,59 Ps
	CB150 (Honda)	17,58 Ps
2016	Satria FI (Suzuki)	18,2 Ps
2017	GSX-R150 (Suzuki)	19,1 Ps

Tabel diatas menunjukkan peningkatan daya setiap tahunnya namun dengan kubikasi mesin yang sama (150cc). Upaya meningkatkan daya mesin yang sudah dilakukan diantaranya mengubah sistem pengabutan bahan bakar dari karburator menjadi sistem injeksi, serta penggunaan piranti elektronik untuk meningkatkan efisiensi mesin. Sementara itu pengkondisian udara masuk tidak mengalami banyak perubahan setiap tahunnya.

Peningkatan daya dapat terukur dari daya efektif yang dihasilkan. Daya efektif yang dapat digunakan seperti gambar di bawah ini hanya berkisar 30%, selebihnya terbuang karena kerugian gesekan, kerugian panas, dan proses pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna.



Gambar 2. Aliran Energi dari Mesin Pembakaran Internal
(Sumber: Heywood, 1988: 674)

Maksum (2012) menyatakan pada motor bakar, kerugian mekanis dapat terjadi adalah: Kerugian panas pada sistem pendingin 30%, kerugian akibat gas buang panas dan tekanan 30%, kerugian karena gesekan 10%, jadi tenaga yang dihasilkan sebagai output mesin berkisar 30-40%. Berdasarkan gambar di atas, salah satu energi yang hilang dari proses pembakaran motor bakar internal adalah *incomplete combustion* atau pembakaran yang tidak sempurna. Pembakaran sempurna senyawa hidrokarbon membentuk karbon dioksida dan uap air. Sedangkan pembakaran tak sempurna membentuk karbon monoksida dan uap air. Misalnya:

1. Pembakaran sempurna isooktana:

   C_8H_{18} (l) +12 ½ O_2 (g) –> 8 CO_2 (g) + 9 H_2O (g) ΔH = -5460 kJ

2. Pembakaran tak sempurna isooktana:

   C_8H_{18} (l) + 8 ½ O_2 (g) -> 8 CO (g) + 9 H_2O (g) ΔH = -2924,4 kJ

Dampak pembakaran tak sempurna sebagaimana terlihat pada contoh di atas, pembakaran tak sempurna menghasilkan lebih sedikit kalor. Jadi, pembakaran tak sempurna mengurangi efisiensi bahan bakar. Oleh karena itu, salah satu upaya dalam meningkatkan daya adalah menghilangkan/ meminimalisir kerugian energi dari pembakaran tidak sempurna sehingga daya efektif yang dihasilkan mesin meningkat.

Salah satu yang mempengaruhi daya & torsi suatu mesin, diantaranya sifat bahan bakar, perbandingan udara/ bahan bakar operasi, penggunaan aditif, sistem dan timing pengapian, geometri ruang bakar, besarnya turbulensi

campuran, dan komposisi campurannya (kondisi udara dan bahan bakar). Kondisi udara masuk (udara yang terhisap masuk ke dalam ruang bakar) memainkan peranan yang sangat penting dalam menghasilkan prestasi motor yang tinggi. Berdasarkan penjelasan pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa udara masuk merupakan aspek yang belum banyak dikembangkan untuk meningkatkan daya. Oleh sebab itu, kita bisa menjadikan udara masuk sebagai variabel penelitian dalam rangka ingin meningkatkan *output* mesin.

Menurut Lee, dkk (1991) dalam patennya yang berjudul *Air Ionization System for Internal Combustion Engine* menerangkan bahwa:

> *"The prior art is to replete with inventions designed to increase the efficiency of internal combustion engine. Many of these invention have focused on techniques designed to improve the mixing of air and fuel. An ionized mixture of air and fuel mixes more thoroughly, thereby improving the fuel's combustion. In addition, most electrostatic techniques produce some ozone as a byproduct of ionization process."*

Pendapat diatas menyatakan ionisasi udara masuk bertujuan untuk meningkatkan efisiensi mesin pembakaran internal dengan berfokus kepada teknik peningkatan kualitas campuran udara dan bahan bakar. Campuran udara dan bahan bakar yang terionisasi meningkatkan pembakaran bahan bakar, dan biasanya proses ionisasi ini menghasilkan *byproduct* berupa ozon. Sementara itu Nasser, dkk (1998) yang menginjeksikan ozon ke intake mesin menghasilkan *"…reduced ignition delay that led to an improvement in combustion process…".* Penambahan ozon ke udara masuk akan menyebabkan pengurangan delay pengapian yang meningkatkan proses pembakaran.

Sebuah perangkat *ionizer* sudah banyak beredar di pasaran baik untuk ruangan ataupun untuk kabin mobil. Khusus untuk kabil mobil, biasanya berukuran kecil dan ditempatkan pada soket *lighter* yang memiliki fungsi membersihkan dan menyegarkan udara kabin. Dengan pertimbangan efek yang dihasilkan *ionizer* ke udara masuk mesin dan ukurannya yang kecil sehingga memungkinkan ditempatkan di box filter udara, maka penulis tertarik untuk meneliti pengaruh alat ionisasi udara (*air ionizer*) terhadap daya & torsi.

Penulis tertarik dengan penelitian diatas sebagai upaya untuk mengefisienkan hasil *output* mesin berupa meningkatkan daya & torsi mesin, dengan biaya yang murah dan terjangkau serta minim perawatan. Dengan penelitian pengembangan yang lebih lanjut, bukan tidak mungkin teknologi ini dapat digunakan sebagai salah satu sistem dari mesin bakar.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat diidentifikasikan masalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan daya mesin kendaraan masih menjadi kebutuhan banyak orang.
2. Udara masuk merupakan aspek yang belum banyak dikembangkan untuk meningkatkan daya.
3. Fungsi alat ionisasi udara (*air ionizer*) untuk menjernihkan/ memurnikan udara di dalam kabin mobil, kemungkinan dapat digunakan sebagai

treatment pada udara masuk untuk meningkatkan daya mesin masih perlu diteliti lebih lanjut pengaruhnya.

C. Pembatasan Masalah

Dari latar belakang dan identifikasi masalah yang telah dijabarkan, agar penelitian yang dilakukan dapat lebih terfokus dan terarah maka diadakan pembatasan masalah dengan pengaruh alat ionisasi udara (*air ionizer*) terhadap daya & torsi sepeda motor. Penulis menggunakan mesin sepeda motor 4 langkah untuk penelitian dengan mempertimbangkan belum adanya penelitian sejenis, sehingga dimulai dengan mesin yang konvensional untuk mempermudah memperoleh hasil penelitian.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah tersebut maka dapat dirumuskan masalah: “Bagaimanakah pengaruh pemasangan alat ionisasi udara (*air ionizer*) pada udara masuk terhadap daya & torsi sepeda motor 4 langkah?”

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mendeskripsikan pengaruh pemasangan alat ionisasi udara (*air ionizer*) pada udara masuk terhadap daya & torsi sepeda motor 4 langkah.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana Pendidikan Teknik Otomotif di Jurusan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Memberikan informasi mengenai peningkatan daya & torsi mesin dengan menggunakan alat ionisasi udara (*ionizer*) pada udara masuk.
3. Bahan pertimbangan bagi industri otomotif dalam pengembangan efisiensi mesin.
4. Sebagai bahan referensi bagi pembaca untuk dikembangkan dalam penelitian selanjutnya.

BAB II
KERANGKA TEORI

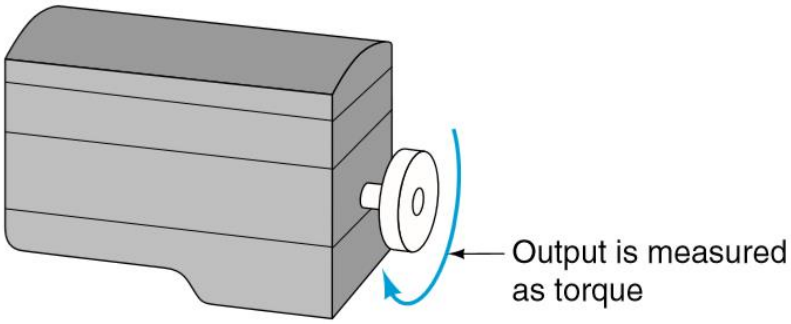
A. Kajian Teori

1. Torsi

Gilles (2011: 364) menerangkan *"Torque is the ability to make power… Torque in an engine is the amount of turning force exerted by the crankshaft"*. Torsi adalah kemampuan untuk menghasilkan tenaga. Torsi di mesin adalah jumlah gaya putar yang dari oleh crankshaft. Menurut Djuhana (2013: 1) menyatakan bahwa, "Torsi adalah gaya putar yang dihasilkan oleh poros engkol atau kemampuan motor untuk melakukan kerja, tetapi disini torsi merupakan jumlah gaya putar yang diberikan ke suatu mesin atau motor pembakaran terhadap panjang lengannya. Wiratmaja (2010:20) menyatakan

> "Torsi momen puntir adalah suatu ukuran kemampuan motor untuk menghasilkan kerja. Didalam prakteknya torsi motor berguna pada waktu kendaraan akan bergerak (start) atau sewaktu mempercepat laju kendaraan, dan tenaga berguna untuk memperoleh kecepatan tinggi. Besarnya torsi akan sama, berubah-ubah atau berlipat, torsi timbul akibat adanya gaya tangensial pada jarak dari sumbu putaran".

Menurut Jama, dkk (2008: 23) Torsi adalah "Gaya tekan putar pada bagian yang berputar disebut Torsi, sepeda motor digerakan oleh torsi dari crankshaft". Maksum (2012: 15) menerangkan "Momen putar (momen puntir) suatu motor adalah kekuatan poros engkol yang akhirnya menggerakkan kendaraan".



Gambar 3. Pengukuran *Output* Mesin Sebagai Torsi
(Sumber: Gilles, 2011: 365)

Menurut Reif (2014: 25) *"The output torque of the engine is, therefore, dependent on mean pressure Pe (mean piston or operating pressure). It is expressed by the equation:*

$$M = \frac{Pe \cdot VH}{4 \cdot \pi} \qquad \textit{...(Reif, 2014:25)}$$

Where VH is the cubic capacity of the engine and π = 3.14". Torsi output dari mesin tergantung dari tekanan rata-rata Pe seperti pada persamaan berikut:

$$M = \frac{Pe \cdot VH}{4 \cdot \pi} \qquad \textit{...(Reif, 2014:25)}$$

VH adalah kapasitas mesin (cc) dan π = 3.14. Djuhana (2013: 2) mengatakan bahwa hubungan torsi dan daya adalah: Daya(HP)= Torsi (ft.lb) x putaran (rpm) / 5252. Jika diketahui putaran dan tenaga kuda dari mesin yang di tes maka torsinya dapat dicari atau sebaliknya, sehingga rumus torsi menjadi:

$$T = \frac{P \times 5252}{n} \qquad \text{…(Djuhana, 2013: 2)}$$

T = Torsi (ft.lb) n = Putaran (rpm)

P = Daya (HP) 5252 = Konstanta

Gilles (2011: 365) menerangkan,

> "*The metric unit of measurement for torque is the newton-meter (Nm)…The English imperial system expresses torque as pounds-feet…To convert a torque reading to newton-meters: multiply ft.-lb × 1.356. To convert a torque reading to ft.-lb: multiply newton-meters by 0.737"*.
>
> Satuan metrik untuk torsi adalah newton-meter (Nm) sedangkan satuan imperial adalah pound-feet (lbf). Untuk mengkonversi torsi ke Nm, kalikan ft.lb dengan 1356. Untuk mengkonversi torsi ke ft.lb, kalikan Nm dengan 0.737.

1 ft.lb	= 1,36 Nm	= 0.14 kgf.m
1 Nm	= 0,74 ft.lb	= 0.102 kgf.m
1 kgf.m	= 9.8 Nm	= 7,23 ft.lb

Dari pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa torsi adalah pengukuran dari gaya puntir atau berotasi yang dihasilkan poros engkol dari gerakan dorong piston, dengan satuan newton meter (Nm). Hasil pengukuran torsi pada penelitian ini menggunakan satuan Nm, untuk membandingkan dengan spesifikasi standar pabrikan objek penelitian berupa kgf.m maka dapat digunakan konversi satuan seperti dijelaskan diatas.

2. Daya

Wiratmaja (2010: 21) menyatakan "Daya didefinisikan sebagai hasil dari kerja, atau dengan kata lain daya merupakan kerja atau energi yang dihasilkan mesin per satuan waktu mesin itu beroperasi". Menurut Reif (2014: 25) "*The power P (work per unit of time) generated by the engine*

depends on torque M and engine speed n. Engine power output increases with engine speed until it reaches its maximum level," Daya dihasilkan mesin dari torsi dan putaran mesin (rpm). Daya mesin terus meningkat seiring peningkatan putaran mesin sampai mencapai titik maksimum. Menurut Maksum (2012: 15) menyatakan "Daya adalah hasil kerja yang dilakukan dalam batas waktu tertentu (F.c/t). Pada motor, daya merupakan perkalian antara momen putar (Mp) dengan putaran mesin (n)".

EPI Inc dari *epi-eng.com* (2011) menerangkan bahwa,

> "*Power is the measure of how much work can be done in a specified time… (1) Power (the rate of doing work) is dependent on torque and rpm, (2) Torque and rpm are the measured quantities of engine output. (3) Power is Calculated from torque and Rpm, by the following equation:*
>
> *HP = Torque x RPM ÷ 5252*
>
> *An engine produces power by providing a rotating shaft which can exert a given amount of torque on a load at a given rpm…"*

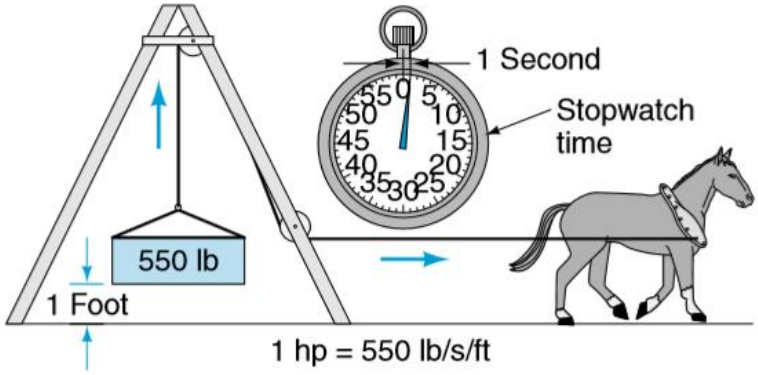
> "Daya adalah pengukuran dari berapa banyak kerja yang dapat dilakukan dalam waktu tertentu (1) Daya (tingkat melakukan kerja) tergantung pada torsi dan rpm, (2) Torsi dan rpm adalah pengukuran yang diukur dari output mesin. (3) Daya dihitung dari torsi dan rpm, dengan persamaan sebagai berikut:
>
> HP = Torsi x RPM ÷ 5252
>
> Sebuah mesin menghasilkan tenaga dengan berdasarkan poros berputar yang dapat memberikan suatu torsi tertentu torsi pada beban dan rpm tertentu…"

Gilles (2011: 365) menjelaskan,

> "*Horsepower is the measurement of an engine's ability to perform work. James Watt described 1 horsepower as 33,000 foot-pounds of work per minute or the amount of power described by a horse pulling a weight of 330 pounds across a distance of 100 feet in 1 minute. One horsepower is the amount of work required to lift 550 pounds 1 foot in 1 second"*

1 daya kuda = 33.000 lbs kerja per menit (kuda menarik 330 lb di jarak 100 f dalam 1 menit) = 550 lb/f/s.

1 HP	= 1.014 Ps	= 0.746 kW
1 Ps	= 0.986 HP	= 0.735 kW
1 kW	= 1.341 HP	= 1.359 Ps



Gambar 4. Penghitungan 1 Daya Kuda
(Sumber: Gilles, 2011: 365)

Berdasarkan kutipan diatas maka dapat disimpulkan bahwa daya adalah pengukuran suatu kerja mesin terhadap waktu yang tergantung kepada torsi dan putaran mesin, dengan satuan horsepower (HP), satuan Ps (pferdestarke) biasa digunakan pada daya sepeda motor. Hasil pengukuran daya pada penelitian ini menggunakan satuan HP, untuk membandingkan dengan spesifikasi standar pabrikan objek penelitian berupa Ps maka dapat digunakan konversi satuan seperti dijelaskan diatas.

Menurut Gilles (2011: 366) menyatakan bahwa beberapa pengukuran daya mesin adalah sebagai berikut:

a. *Brake horsepower (BHP)* adalah daya yang dapat digunakan di poros engkol.
b. *Indicated horsepower (IHP)* adalah jumlah tekanan yang dihasilkan pada ruang bakar.
c. *Frictional horsepower (FHP)* adalah daya yang hilang karena gesekan.
d. *Net horsepower* adalah daya maksimum dari mesin saat semua aksesoris aktif (*alternator, AC, cooling fan, power steering*).
e. *Gross horsepower (GHP)* adalah daya yang tersedia hanya untuk pompa air pendingin dan *alternator*.

Sementara itu, menurut Najamudin (2014: 3) "Ada 2 macam daya yang dihasilkan motor bakar yaitu daya Indikator dan daya efektif."

a. Daya indikator adalah daya yang dihasilkan dari pembakaran gas di dalam silinder. Daya Indikator dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$Ni = Pi \times VL \times n \times z \times a \times \frac{1}{60\times100\times75} \text{ (Ps)}$$ ⓘ 1Ps= 75 kg.m/s

$$\frac{Ni = (Pi \times VL \times n \times z \times a)}{450000} \text{ (Ps)}$$ …Najamudin (2014: 3)

Pi = Tekanan indikator rata-rata (kg/cm^2)
z = jumlah silinder
VL = Volume Langkah (cm3)
n = Putaran (rpm)
a = Siklus per putaran (Untuk 2 tak a = 1, untuk 4 tak a = 1/2)

b. Daya efektif adalah daya yang dihasilkan mesin untuk menggerakkan poros. Daya efektif poros tersebut dapat dihitung yaitu dengan rumus:

Daya efektif = Momen Torsi x Kecepatan sudut

Atau

$Ne = T \times \omega$ …Najamudin (2014: 3-4)

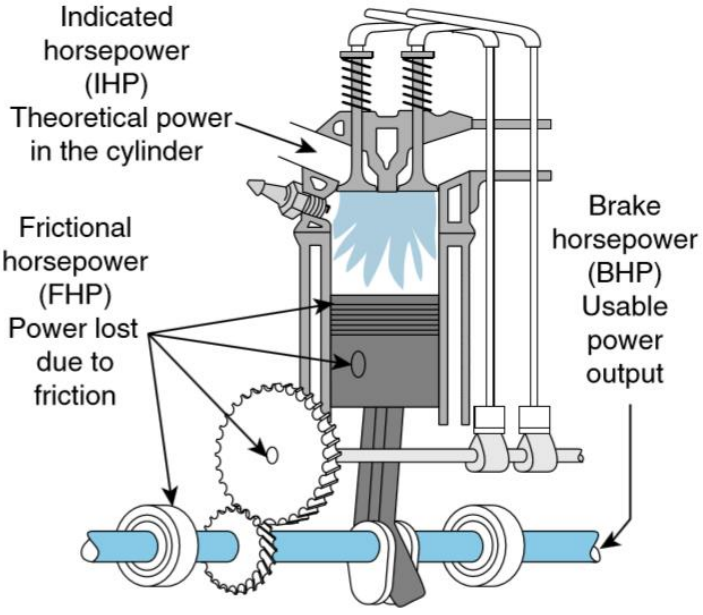
Ne = Daya efektif (Ps)

T = Momen Torsi (Kg.m)

ω = Kecepatan sudut

= 2n / 60

n = Putaran Poros (rpm)



Gambar 5. FHP Adalah Perbedaan Antara BHP dan IHP
(Sumber: Gilles, 2011: 366)

Berdasarkan beberapa uraian diatas dapat diketahui bahwa daya indikator atau *indicated horsepower* merupakan daya yang diukur pada ruang bakar sedangkan daya efektif atau *brake horsepower* merupakan daya yang diukur pada poros engkol. Pengukuran daya pada penelitian ini menggunakan dinamometer sasis sepeda motor. Berdasarkan Gilles (2011: 366-367) "*A chassis dynamometer measures horsepower available at the vehicle's drive wheels. This is called road horsepower. It is always less than brake horsepower because of friction losses through the driveline*". Pengukuran pada dynamometer sasis dilakukan melalui roda kendaraan, dengan hasil pengukuran selalu lebih kecil dari daya efektif karena daya yang hilang karena kerugian gesek. Hasil pengukuran daya penelitian ini berupa HP, untuk membandingkan dengan spesifikasi standar pabrikan objek penelitian berupa Ps maka dapat digunakan konversi satuan seperti dijelaskan diatas.

Tabel 2. Perbedaan *Engine Dynamometer dan Chassis Dynamometer*

Engine Dynamometer	*Chassis Dynamometer*
Membutuhkan pelepasan mesin dari kendaraan	Pengujian langsung pada kendaraan
Akurasi sangat baik	Akurasi bergantung berbagai variabel *driveline-loss*
Repeatibilitas sangat baik	Repeatibilitas bergantung pada variabel traksi
Kerugian tambahan tidak terukur	Kerugian tambahan terukur
Akses yang baik ke sebagian besar komponen mesin	Akses ke komponen mesin bervariasi menurut komponen dan kendaraan
Perangkat tambahan seperti elektrikal dan pompa harus dikondisikan	Perangkat tambahan telah tersedia
Simulasi beban di jalanan terbatas oleh kurangnya inersia	Simulasi beban di jalanan baik

Engine Dynamometer	*Chassis Dynamometer*
Relatif murah untuk tingkat presisi dan kapasitas daya	Relatif mahal untuk tingkat presisi dan kapasitas daya
Umumnya menggunakan ruang berventilasi dan kedap suara	Umumnya menggunakan tempat garasi standar
Umumnya membutuhkan tangki air dan pompa berkapasitas besar	Umumnya membutuhkan kipas besar
Membutuhkan *crane* mesin	Membutuhkan jalur naik
Cocok untuk program pengembangan mesin profesional	Cocok untuk pemetaan bahan bakar, penyetelan umum, dan membandingkan HP

(Sumber: www.dynomitedynamometer.com)

3. Alat Ionisasi Udara *(Air Ionizer)*

Menurut Kurniawan (2013: 1) menjelaskan bahwa

> "Ionizer adalah perangkat yang menghasilkan tegangan tinggi untuk mengionisasi molekul udara, sehingga terbentuk ion negatif. Ion negatif atau anion adalah partikel dengan satu atau lebih elektron, dan merupakan partikel bermuatan negatif murni. Efek tegangan tinggi pada ionizer juga dapat menghasilkan ozon (senyawa O_3 hasil reaksi O_2 dengan Oradikal) yang dalam konsentrasi tertentu dapat bermanfaat bagi kehidupan manusia, namun dalam konsentrasi yang relatif terlalu tinggi dapat berakibat sebaliknya".

Sementara itu, menurut Wofford (1996) dalam Chandrasa (2000: 251) menerangkan bahwa:

> "Ion udara adalah molekul-molekul yang bermuatan energi fisika yang tinggi disebabkan ionisasi dari berbagai sumber-sumber ion. Sumber-sumber ion dapat berupa: radiasi nuklir, listrik tegangan tinggi, transmisi radio dan televisi, panas dari gas buang kendaraan, pencemaran gas-gas racun, suhu udara dan perubahan karakteristik meteorologi. Partikel-partikel yang sangat kecil yang bermuatan listrik di udara dikategorikan sebagai Ion. Ukuran dari ion udara bervariasi dari butiran-butiran kecil 3 -12 molekul dengan mobilitas 1.0 -2.0 cm/detik. Hingga Ukuran yang lebih besar merupakan kumpulan dari 10 juta molekul dan mobilitasnya 0.0005 0.01 cm/detik/v/cm."

Chandrasa (2000: 252) membagi ion menjadi 2 kategori:

a. Ion negatif, merupakan hasil dari proses pengisian sebuah partikel molekul secara alami dengan mentransfer elektron ke lapisan luar. Hal ini khususnya dapat ditemukan pada siang dan tengah malam, pada musim ding in dan panas, pada hari-hari yang kering dan hujan lebat (ion yang bermuatan elektron).

b. Ion positif, merupakan hasil dari proses teknologi, terjadi karena hasil sampingan dari peralatan listrik, pesawat ruang angkasa, kapal selam nuklir, dan lain-lain. (ion yang kehilangan elektron/ molekul carbondioxide)

Menurut Kurniawan (2013: 3) “Terjadinya ionisasi berawal dari loncatan muatan listrik pada ionizer”. Pada dasarnya ionizer yang digunakan pada penelitian ini bersifat statis, artinya ionizer akan terus bekerja selama masih ada supply tegangan yang melewatinya. Chandrasa (2000: 257) menjelaskan alat ionizer udara bekerja dengan prinsip efek "*corona*" sarna halnya dengan petir atau fenomena penghantaran listrik (Iistrik adalah aliran dari sekumpulan elektron) tegangan tinggi. Namun pada alat ini arus yang di timbulkan sangat kecil, dan tegangan dapat diatur-atur, sehingga tidak berbahaya. Prinsip alat ini adalah membangkitkan ion negatif. Elektron dibangkitkan oleh sirkuit elektronik dialirkan ke jarum-jarum yang berdekatan. Semakin dekat jarak antara jarum semakin kuat pengaruh daya tolak antar elektron ini sehingga menimbulkan suatu loncatan elektron ke molekul-molekul udara di sekitarnya berupa ion.

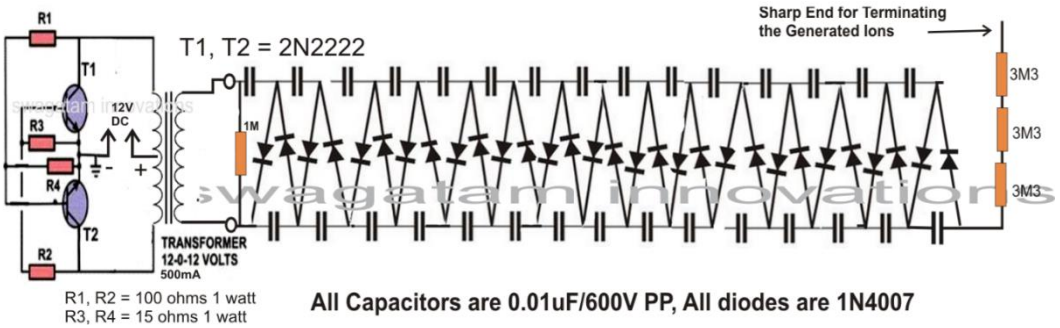
Menurut Majumdar (2011) dalam *brighthubengineering.com* menerangkan bahwa sirkuit *air ionizer* pada dasarnya adalah *Cockroft-Walton Ladder Network* standar. Tegangan sumber secara bertahap dingkatkan menjadi -10 kV, menggunakan rangkaian dioda dan kapasitor yang menyerupai "tangga". Selama setiap siklus input AC, muatannya bolak-balik di setiap baris kapasitor, tapi selalu menuju ke depan, karena efek dioda penyearah.

Fireproofing Corp. of America dalam *fireproofingcorp.com* menjelaskan tegangan negatif beberapa ribu volt diberikan pada elektroda. Jika tegangan yang diberikan cukup tinggi, pelepasan korona listrik mengionisasi udara di sekitar elektroda, yang kemudian mengionisasi partikel di aliran udara. Partikel terionisasi, karena gaya elektrostatik, akan tertarik ke pelat *ground*. Partikel akan terkumpul dan terpisah dari aliran udara.

Menurut Wang, dkk (2007) Pemurni *ionizer* menggunakan permukaan elektrik atau jarum untuk menghasilkan ion udara atau gas bermuatan listrik. Ion-ion ini menempel pada partikel udara yang kemudian secara elektrostatis tertarik ke *collector plate* yang bermuatan positif. Mekanisme ini menghasilkan ozon dan oksidan lainnya sebagai produk sampingan.

Beberapa ion bertabrakan dengan molekul O_2 dan memisahkannya menjadi dua atom tunggal oksigen (O). Atom tunggal oksigen ini akan terus bertabrakan dan bergabung dengan molekul O_2 lainnya menjadi O_3, itu

ozon, gas bermanfaat yang mampu membunuh bakteri dan virus di atmosfer. Oleh karena itu, rangkaian ini juga mampu menghasilkan ozon.



Gambar 6. Rangkaian *car air ionizer* Cockroft-Walton Ladder Network *(Sumber: www.homemade-circuits.com)*

Majumdar (2013) menerangkan dalam *homemade-circuits.com*, *"The same circuit can be converted to function as a car air ionizer circuit by adding a converter stage to the above circuit. The converter Stage is a simple square wave inverter which converts 12V DC into the required 220V AC for operating the ionizer circuit"*. Sirkuit yang sama dapat dikonversi untuk penggunaan pada kabin mobil dengan menambahkan tahap konverter. Tahap konverter adalah inverter sederhana yang mengubah 12V DC ke AC 220V yang dibutuhkan untuk sirkuit.

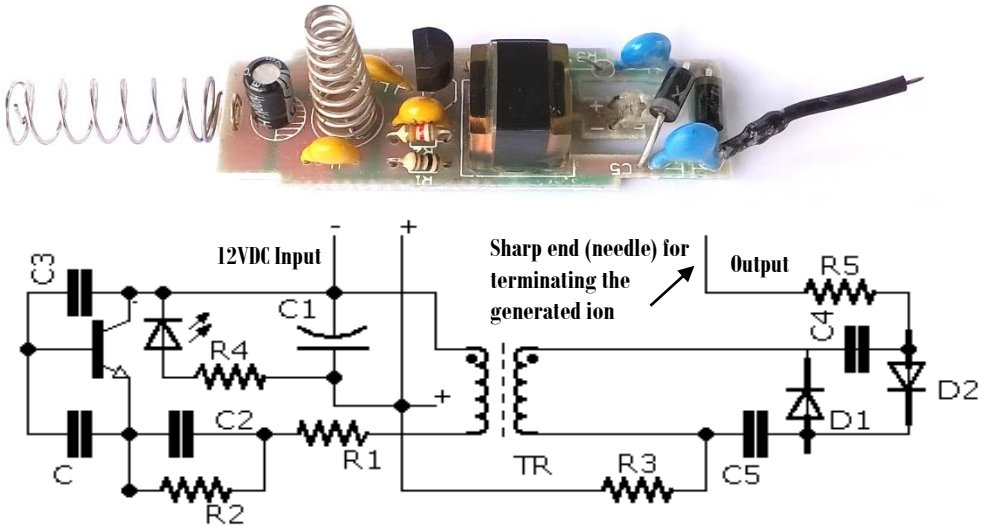
Air ionizer yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *mini car air ionizer* merk Ionkini model JO-6271, fungsi utamanya adalah menjernihkan/ memurnikan udara dalam kabin mobil. Berikut spesifikasi Ionkini JO-6271:

Model	JO-6271
Input	12V/DC; 110V-240V/AC
Power:	≤0.8 w
Exterior Size:	22 × 88 (mm)
Net weight:	30 g
Negative ion Concentration	3,800,000 pcs/cm3
Ozone Concentration	3mg/h
The range of using:	<15m3
Application area:	Car, Home, Office
Certificates	CE, FCC, RoHS, Patent
Packaging Type:	Plastic packaging Metal box packaging Gift box packaging

Gambar 7. Spesifikasi Ionkini JO-6271
(Sumber: ionkini.cn)

Menurut Ionkini dalam *ionkini.cn "by releasing tremendous amount of negative ions, JO-6271 can: (1) Remove smoke, dust and air pollutant, (2) Kill harmfull viruses & bacteria, (3) Dispel benzene and formaldehyde, (4) Remove unpleasant odors, (5) Increase concentration relieve carsickness"*. Dengan melepaskan banyak ion negatif JO-6271 dapat: menghilangkan asap, debu, dan polusi udara, membunuh virus dan bakteri berbahaya, menghilangkan benzena dan formaldehida, menghilangkan bau tidak menyenangkan, meredakan mabuk kendaraan.

Gambar 8. *Air Ionizer* Ionkini JO-6271
(Sumber: ionkini.cn)



R1= 60 Ω | R2= 72 kΩ | R3= 10 kΩ | R4= 6,8 kΩ | C1= 16V 47uF

Gambar 9. Sirkuit *Air Ionizer* Ionkini JO-6271

Tegangan input 12VDC akan memasuki inverter untuk diubah menjadi 220VDC yang dibutuhkan untuk sirkuit *ionizer*. Inverter menggunakan trafo step-up 12V-220V dengan transistor jenis NPN D616A ditambah beberapa kapasitor (C, C2, C3) untuk *filter* naik turunnya arus input dan melindungi resistor dari panas berlebihan, serta resistor (R1, R2) sebagai pelindung arus ke transistor. Setelah melalui inverter dilanjutkan menuju sirkuit *Cockroft-Walton Ladder Network* dengan 2 kapasitor (C4, C5) dan 2 dioda (D1, D2). Tegangan keluaran trafo 220VAC akan mengisi semua kapasitor (C4, C5) diarahkan ke output menjadi tegangan DC menggunakan dioda. Setelah kapasitor penuh, jumlah nilai semua kapasitor menghasilkan tegangan tinggi yang dibutuhkan. Tegangan ini diteruskan ke ujung terminal dengan bentuk runcing (jarum), tempat tegangan tinggi sehingga akan mengeluarkan ion negatif dengan lepasnya electron ke udara. Ditambahkan pula lampu LED sebagai penanda alat bekerja.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat diketahui *air ionizer* adalah alat penghasil ion-ion negatif yang terhubung dengan sumber listrik sebagai sumber tenaganya, ion yang dihasilkan bermanfaat untuk membersihkan udara. Peneliti akan menempatkan sebuah *air ionizer* jenis *mini car ionizer* pada *box filter* dengan tujuan mengionisasi udara masuk ke karburator dan mesin.

4. Pengaruh *Air Ionizer* pada Udara Masuk Sepeda Motor

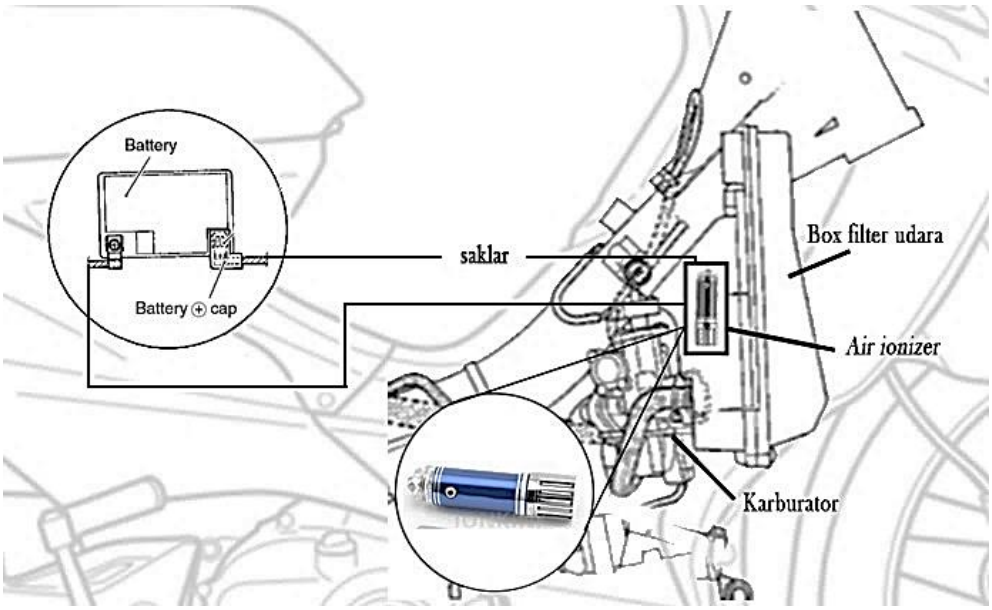
Pemanfaatan ion yang dihasilkan perangkat *ionizer* dapat digunakan pada udara masuk mesin bakar. *Ionizer* ditempatkan di dalam box filter udara mengarah ke venturi karburator. Saat aktif, *ionizer* akan memproduksi ion serta ozon. Proses hisap pada siklus motor bakar 4 langkah akan menimbulkan kevakuman pada ruang silinder sehingga udara yang telah diionisasi akan terhisap menuju karburator dan mesin.

AirOasis (2016) pada *www.airoasis.com* menjelaskan:

> *"Air ionizers create negative ions using electricity and then discharge them into the air. These negative ions attach to positively charged particles in the room, such as dust, bacteria, pollen, smoke, and other allergens. The positively charged particles and negative ions bond together to create dense dirt particles that cannot float in the air. These heavier dirt particles fall to the ground…."*

Air ionizer menghasilkan ion negatif menggunakan elektrisitas dan kemudian dilepas ke udara. Ion-ion negatif hinggap ke partikel bermuatan positif di dalam ruangan, seperti debu, bakteri, serbuk sari, asap, dan alergen lainnya. Partikel bermuatan positif dan ion negatif terikat bersama untuk

menciptakan partikel kotoran padat yang tidak dapat melayang di udara dan jatuh ke tanah. Pada penelitian ini dapat dikatakan *air ionizer* akan membersihkan udara dari partikel kotoran yang kemungkinan lolos dari saringan udara.



Gambar 10. Skema Pemasangan *Air Ionizer* pada Sepeda Motor

Proses ionisasi udara juga menghasilkan udara bermuatan ion negatif (seperti N_2^- atau O_2^-). Jika ditempatkan di box filter udara maka udara masuk ke karburator akan memiliki sifat elektrostatis. Sesuai dengan pernyataan *The Physics Classroom* (2016) pada *www.physicsclassroom.com* yang menjelaskan bahwa *"...in accordance with Newton's law of action-reaction, the neutral object attracts the charged object..."* Sesuai dengan hukum Newton tentang aksi-reaksi bahwa objek netral akan menarik objek bermuatan. *"...Any charged object, whether positively charged or negatively charged, will have an attractive interaction with a neutral object. Positively charged objects and neutral objects attract*

each other; and negatively charged objects and neutral objects attract each other…". Setiap objek bermuatan positif ataupun negatif, akan berinteraksi kuat dengan objek netral. Objek bermuatan positif dan netral akan menarik satu sama lain begitu juga dengan objek bermuatan negatif dan netral. Udara bermuatan negatif (O_2^-) pada udara masuk yang telah diionisasi akan berinteraksi dan mengikat bahan bakar yang netral. Interaksi tersebut membuat campuran udara dan bahan bakar akan mudah mencapai keadaan homogen yang diperlukan untuk pembakaran, sesuai dengan beberapa klaim berikut.

Menurut Lee, dkk (1991) dalam patennya yang berjudul *Air Ionization System for Internal Combustion Engine* menerangkan bahwa: *"The prior art is to replete with inventions designed to increase the efficiency of internal combustion engine. Many of these invention have focused on techniques designed to improve the mixing of air and fuel."* Pendapat diatas menyatakan ionisasi udara masuk bertujuan untuk meningkatkan efisiensi mesin pembakaran internal dengan berfokus kepada teknik peningkatan kualitas campuran udara dan bahan bakar.

Soenarto (1995) dalam Fendinar (2014: 14) menjelaskan kondisi udara pembakaran (udara yang terhisap masuk ke dalam ruang bakar) memainkan peranan yang sangat penting dalam menghasilkan prestasi motor yang tinggi. Kondisi udara pembakaran yang dimaksudkan disini, bisa merupakan temperatur dan tekanan udara masuknya. Pada proses pembakaran di dalam motor bensin dan diesel, oksigen adalah satu-satunya

unsur yang diperlukan untuk membakar unsur-unsur bahan bakar ini, yaitu molekul karbon dan hydrogen. Wardono (2004) dalam Fendinar (2014: 15) menambahkan bahwa pentingnya peran dari kondisi udara yang memasuki ruang bakar. Udara yang bersih (yang mengandung cukup oksigen) akan melepaskan panas lebih dari tiga kali panas yang dilepaskan oleh udara yang masih mengandung pengotor.

Sirim QAS International, sebuah produsen *air ionizer* berbentuk lembaran (non elektrik) melakukan pengetesan produknya Fenic Alpha Ionized Power Sheet terhadap udara masuk motor bensin menurut *test report* pada tahun 2014 dari *sirim-qas.com.my* memperoleh hasil sebagai berikut:

(1) Saat dipasang *air ionizer*, rata-rata peningkatan torsi sebesar 18,28 % dan daya sebesar 17,89 % saat 1000 – 3000 rpm.

(2) Saat dipasang *air ionizer*, rata-rata peningkatan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 14,36 % saat 1000 – 3000 rpm.

(3) Saat dipasang *air ionizer*, rata-rata peningkatan efisiensi termal sebesar 17,68 % saat 1000 – 3000 rpm

(4) Saat dipasang *air ionizer*, rata-rata penurunan emisi NO_x sebesar 11,5% pada 1000 – 3000 rpm dan HC sebesar 6,42 % pada 1000 – 2500 rpm.

Menurut Sirim QAS pada *sirim-qas.com.my* mengatakan manfaat dari *air ionizer* pada kendaraan "*the strong ionized air generates more active oxygen and OH group for better accelerated combustion, maximizes engine*

combustion efficiency". Udara yang terionisasi kuat akan menghasilkan oksigen yang lebih aktif dan kelompok OH untuk pembakaran yang lebih baik dan memaksimalkan efisiensi pembakaran.

Sementara itu, Varasundharosoth, dkk (2006) dalam patennya *combustion-engine air-intake ozone and air ion generator* menjelaskan bahwa:

> "*Another advantage of the present invention is that a power boosting device is provided that is simple, inexpensive, and effective. A still further advantage of the present invention is that a power boosting device is provided that is quick and simple for a typical user to install. Another advantage of the present invention is an engine power booster is provided that requires no modifcations to the engine on which it is installed*."

Keuntungan dari penemuan generator ion dan ozon untuk udara masuk mesin bakar diatas adalah adanya perangkat penambah tenaga yang simple, murah, dan efektif, dengan kemudahan pemasangan serta tanpa modifikasi pada mesin.

Pembentukan ozon (O_3) pada ionizer dapat dijelaskan dengan reaksi berikut:

$$O_2 + e \rightarrow O_2^+ + 2e \qquad \text{(Nasser, 1998:4)}$$

Elektron utama di medan listrik mulai mengionisasi molekul oksigen (O_2) sesuai persamaan di atas. Elektron lainnya dari hasil ionisasi mengambil energi dari medan ionisasi dan mengionisasi molekul, atom, atau radikal lainya. Elektron tersebut menuju molekul O_2 dengan cukup energi untuk

membentuk O ion negatif, memisahkan molekul O_2 dan meninggalkan atom O, seperti dijelaskan reaksi berikut:

$O_2 + e \rightarrow O^+ + O + 2e$

$O_2 + e \rightarrow O + O + e$ (Nasser, 1998:4)

$O_2 + e \rightarrow O^- + O$

Kemudian, akan terbentuk ozon dari reaksi antara atom oksigen dan molekul oksigen:

$O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$ (Nasser, 1998:4)

($M = O_2$ atau N_2)

Ozon (O_3) yang juga dihasilkan dari proses *ionizing* dapat digunakan untuk reaksi pembakaran, ozon menghasilkan suhu pembakaran lebih tinggi daripada dioksigen (O_2). Sesuai dengan Topolovec (2012)

> "*If ozone is introduced into the intake manifold of an internal combustion engine, the fuel efficiency will increase and the emissions will decrease, because ozone is a denser form of oxygen and it improves combustion.... The more ozone that was inducted, the better the fuel efficiency and power was*".
>
> "Jika ozon dimasukkan ke dalam intake manifold dari mesin pembakaran internal, efisiensi bahan bakar akan meningkat dan emisi akan berkurang, karena ozon lebih padat dari oksigen dan meningkatkan pembakaran…. Lebih banyak ozon yang dilibatkan, leih baik efisiensi bahan bakar dan tenaga yang dihasilkan.
>
> Menurut Orliński (2016: 13) menjelaskan:
>
> "*Ozone is allotropic form of oxygen, consisting of three atoms molecules. Under normal conditions, ozone is a blue gas denser than air. It is non-flammable gas, and the ability to have, just as the oxygen – O2 sustain the combustion process…. The ozone has*

> *strong oxidizing properties and may thus be used in internal combustion engines due to the accelerating oxidation of fuels…. The addition of ozone to the air drawn in by the engine can shorten the delay of spontaneous combustion and raise the cetane number of diesel fuel*."
>
> "Ozon adalah bentuk allotropis oksigen, yang terdiri dari tiga molekul atom. Dalam kondisi normal, ozon adalah gas biru lebih padat dari udara. Merupakan gas tidak mudah terbakar, dan untuk memiliki kemampuan seperti oksigen, mempertahankan proses pembakaran.... ozon memiliki sifat oksidasi yang kuat dan dengan demikian dapat digunakan dalam mesin pembakaran internal karena mempercepat oksidasi bahan bakar.... Penambahan ozon ke udara dihisap oleh mesin dapat mempersingkat penundaan pembakaran spontan dan meningkatkan jumlah cetane solar."

Sementara itu Nasser, dkk (1998) dalam Mangus (2014: 2) yang menginjeksikan ozon ke intake mesin menghasilkan *"…reduced ignition delay that led to an improvement in combustion process…".* Penambahan ozon ke udara masuk akan menyebabkan pengurangan delay pengapian yang meningkatkan proses pembakaran. Audi (2000: 16) menjelaskan "*…the time available for the process (combustion) to occur is reduced as engine speed increased (the piston moving faster). For this reason, spark must be generated sooner".* "Waktu yang diperlukan dalam proses pembakaran akan berkurang seiring peningkatan kecepatan mesin, maka diperlukan pengapian yang lebih awal". Ozon menghilangkan efek pengapian yang terlambat saat putaran mesin semakin meninggi.

Gibboney Jr (1996: 5) dalam patennya *Air Intake System for an Internal Combustion Engine* menjelaskan,

> *"The efficiency of an internal combustion engine is limited by the following two factors: first, incoming air loses (1) velocity and (2) electrons as it strikes the moving vehicle itself, high pressure air cells and vortices formed around the radiator, fan blades and air*

> *filter intake ducts, and the continuously restrictive and disturbed air passages to the target cylinder. The loss of velocity of the air stream of the moving vehicle means less air will rammed into the cylinder, thereby limiting the burn of fuel/air mixture, which limits the cylinder pressure, which in tum limits the amount of torque and horsepower produced by the engine..."*

Efisiensi mesin pembakaran internal dibatasi oleh dua faktor berikut: udara masuk kehilangan (1) kecepatan dan (2) elektron karena kendaraan yang bergerak, udara bertekanan tinggi dan vortisitas terbentuk di sekitar radiator, *fan blade*, dan saluran *intake* filter udara membatasi dan mengganggu aliran udara ke silinder. Hilangnya kecepatan aliran udara pada kendaraan yang bergerak berarti lebih sedikit udara akan masuk silinder, sehingga membatasi campuran bahan bakar/ udara, membatasi tekanan silinder, yang pada akhirnya membatasi torsi dan daya mesin.

> *"Upon exiting the ion generator, the charged molecules are mixed with air or other combustion gas supplied to the engine. The charged molecules produce a denser, oxygen-enriched air charge, resulting in longer and hotter burns, creating more torque and horsepower for the same percentage of throttle… The molecule has a higher molecular weight than substantially all the gasses contained in atmospheric air, therefore the air charge is denser, so the engine produces more torque and horsepower for the same amount of fuel, resulting in a more efficient engine with greater fuel economy".* (Gibboney Jr, 1996: 5-6)

Molekul bermuatan bercampur dengan udara yang dipasok ke mesin. Molekul bermuatan menghasilkan udara yang kaya oksigen lebih padat, menghasilkan pembakaran yang lebih lama dan lebih panas, menghasilkan torsi & daya lebih besar untuk persentase *throttle* yang sama. Molekul (muatan negatif) memiliki berat molekul lebih tinggi dari dasarnya semua gas yang terkandung di udara atmosfir, oleh karena itu kandungan

udara lebih padat, sehingga torsi & daya lebih besar dengan jumlah bahan bakar yang sama, menghasilkan mesin yang lebih efisien dengan penghematan bahan bakar yang lebih besar.

> *"…These conditions increase the efficiency of the internal combustion process by correcting conditions in the engine that decrease efficiency. first, an air charge that has more negative ions is denser than an air charge with a higher positive-negative ion ratio. (The term "air charge" refers to the quantity of air supplied to the cylinder during a single cycle.) Second, an air charge that is rich in negative ions generates a greater forward velocity because the negative ions are attracted to the positive ionic charge that exists in a cylinder after the previousburn, thus increasing the amount of air that enters the cylinder, the burn time and temperature. Third. ozone (O_3) contains more oxygen than diatomic oxygen (O_2). combination of a denser air charge and more oxygen, coupled with increased burn time and temperature, increases the cylinder pressure, which increases the engine torque and horsepower output…"* (Gibboney Jr, 1996: 5)

Kondisi ini meningkatkan efisiensi proses pembakaran internal. Pertama, muatan udara yang memiliki ion negatif lebih rapat daripada muatan udara dengan rasio ion positif-negatif yang lebih tinggi (istilah "muatan udara" mengacu pada jumlah udara yang dipasok ke silinder selama satu siklus.). Kedua, muatan udara yang kaya akan ion negatif menghasilkan aliran (*velocity*) yang lebih besar karena ion negatif tertarik pada muatan ion positif pada silinder yang terbentuk akibat pembakaran sebelumnya, sehingga meningkatkan jumlah udara yang masuk silinder, waktu dan suhu pembakaran. Ketiga, ozon (O_3) mengandung lebih banyak oksigen daripada oksigen diatomik (O_2). Kombinasi muatan udara yang lebih padat dan lebih banyak oksigen, ditambah dengan bertambahnya

waktu dan suhu pembakaran, meningkatkan tekanan silinder, yang meningkatkan torsi & daya.

Dari beberapa pendapat di atas maka dapat diketahui bahwa penggunaan alat ionisasi udara (*air ionizer*) pada udara masuk mesin pembakaran internal memberikan pengaruh diantaranya pembentukan campuran bahan bakar dan udara yang lebih baik. Peningkatan kualitas campuran akan berpengaruh pada peningkatan performa dan emisi mesin. Ozon yang merupakan hasil sampingan dari proses *ionizing* udara juga memberikan pengaruh pada konsentrasi tertentu memajukan pengapian, karena sifat oksidasinya yang kuat dan memberikan temperatur pembakaran yang lebih tinggi.

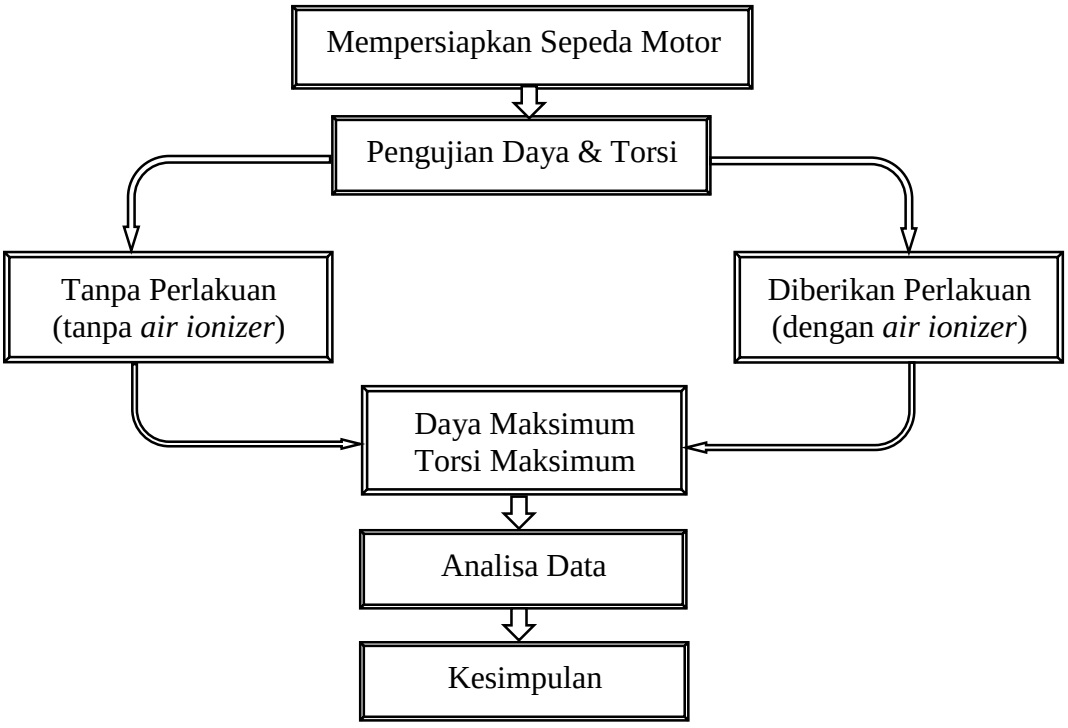
B. Penelitian yang Relevan

Penelitian yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan ini untuk mempertegas teori-teori yang telah dikemukakan dalam kajian teoritis adalah:

1. Nasser, S dkk (1998) *A Novel Fuel Efficient and Emission Abatement Technique for Internal Combustion Engines*, menyatakan bahwa ionisasi udara pra pembakaran adalah teknik yang menggunakan *corona discharge* untuk mengubah udara masuk dengan ionisasi untuk memproduksi atom oksigen dan ozon (O_3). Hasil produksi ini diketahui meningkatkan keseluruhan proses pembakaran dan meningkatkan reaksi dari bahan bakar hidrokarbon.

2. Mangus, Michael dan Depcik, Christopher (2015) *Ozone-Assisted Combustion: Experimental Assessment of the Influence of Ozone in a Single Cylinder Diesel Engine*, menyatakan bahwa hasil terbaik didapat pada konsentrasi 20 ppm ozon untuk penambahan ozon pada udara masuk mesin diesel 1 silinder. Waktu pembakaran mengalami kemajuan dan efisiensi panas lebih baik karena pengurangan *ignition delay* pada putaran tinggi.

C. Kerangka Konseptual



Gambar 11. Kerangka Konseptual

D. Hipotesis

Sesuai dengan kajian teori dan penelitian relevan, maka hipotesis dalam penelitian ini adalah, terdapat peningkatan daya & torsi terhadap pemasangan alat ionisasi udara (*air ionizer*) pada sepeda motor 4 langkah.

BAB V
PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data penelitian pada bagian sebelumnya, dapat dibuat beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Adanya peningkatan daya maksimum yang dihasilkan sepeda motor empat langkah dari 7,2 HP menjadi 8,0 HP (meningkat 0,8 HP atau 11,7%) terhadap penggunaan *air ionizer* pada udara masuk, dengan peningkatan yang signifikan ($t_{hitung} = 5{,}128 > t_{tabel} = 4{,}303$) dengan taraf signifikan 5%.
2. Adanya peningkatan torsi maksimum yang dihasilkan sepeda motor empat langkah dari 7,24 Nm menjadi 7,74 Nm (meningkat 0,5 Nm atau 6,9%) terhadap penggunaan *air ionizer* pada udara masuk, dengan peningkatan yang tidak signifikan ($t_{hitung} = 0{,}929 < t_{tabel} = 4{,}303$) dengan taraf signifikan 5%.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat disampaikan yaitu:

1. Bagi pembaca, diharapkan dapat menggunakan penelitian ini sebagai dasar/ referensi untuk penelitian lanjutan mengenai pengaruh *air ionizer* terhadap daya & torsi mesin.

2. Bagi industri otomotif, diharapkan dapat sebagai bahan pertimbangan dalam mengembangkan peningkatan daya berupa *air ionizer* yang terintegrasi dengan sistem induksi udara.
3. Bagi mahasiswa perlu lebih giat dan ditingkatkan lagi kemauan dan kemampuan yang dapat mendukung ilmu yang ditekuni, mengingat perkembangan teknologi yang makin pesat, terutama di bidang Otomotif.
4. Penggunaan *air ionizer* pada udara masuk sebagai upaya meningkatkan daya kendaraan masih perlu diteliti lebih lanjut mengenai aspek lain seperti gas buang dan ketahanan mesin.

DAFTAR PUSTAKA

Arikunto, Suharismi. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik.* Jakarta: Rineka Cipta.

AirOasis. 2016. *"What is an Air Ionizer?".* www.airoasis.com, Diakses 2 Februari 2017

Audi. 2000. *Engine Management System*. USA: Audi of America, Inc.

Chandrasa, Ganesha Tri. 2000. "Penelitian Dampak Ion-ion Udara Terhadap Penyimpangan Perilaku Sosial Manusia". *LSDE-BPPT*. Tanggerang: PUSPIPTEK

Djuhana. 2013. "*Hand Out*: Pengukuran Teknik." *Universitas Mercubuana.* Hlm. 1-30.

Dynomite Dynamometer. 2017. *"About Dynamometer".* www.dynomitedynamometer.com, Diakses 8 Mei 2017.

Epi. Inc. 2016. "*Power and Torque - Essential Concepts*". www.epi-eng.com, Diakses 25 November 2016.

Fendinar, Jasendo. 2014. "Pengaruh Variasi Bentuk dan Posisi Penempatan Filter Zeolit Kimia-Fisik Eksternal Terhadap Prestasi Mesin dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Karburator 4 Langkah." Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Fireproofing Corp. of America. "*Precipitator Cleaning & Maintenance*." www.fireproofingcorp.com, Diakses 26 Juli 2017.

Gibboney Jr, James W. 1996. *"Air Intake System for an Internal Combustion Engine."* USA: U.S. Patent Document.

Gilles, Tim. 2011. *Automotive Engines Diagnosis, Repair and Rebuilding 6th Edition.* USA: Delmar.

Heywood, John B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Hill,

ICCT. 2014. *European Vehicle Market Statistics Pocketbook 2014*. Berlin: ICCT Europe

Ionkini. 2016. "*Car Air Purifier JO-6271-Ionkini Technology."* www.ionkini.cn, Diakses 25 November 2016.

Jama, Jalius dan Wagino. 2008. *Teknologi Sepeda Motor Jilid 1*. Jakarta: Direktur Pembinaan SMK.