

KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN ANALISIS THERMODINAMIKA PADA MOTOR BAKAR 6-LANGKAH DENGAN LANGKAH POWER EKSPANSI SAMPAI TITIK MATI BAWAH

Riswan Sepriyatno^{1*)}, Eko Siswanto¹⁾, Nurkholis Hamidi¹⁾

¹⁾ Teknik Mesin, Universitas Brawijaya Malang, Kota Malang

*Email Korespondensi : riswansepriyatno@ymail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengobsevasi *fuel consumption* dan menganalisis termodinamika dari motor bakar 6 langkah dengan langkah *power* ekspansi sampai titik mati bawah. Bahan bakar yang digunakan dalam observasi ini adalah pertalite dengan nilai RON 90. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental nyata, dengan variabel bebas yaitu bukaan *throttle* sebesar 35%, 40%, 45%, dan 50% dengan pembebanan pada *prony disk brake* sebesar 10kg, 20kg, 30kg, 40kg, 50kg. Pada bukaan *throttle* 50% dengan pembebanan 50 kg diperoleh hasil nilai konsumsi bahan bakar terendah sebesar 4,38 kg/jam dan efisiensi thermal pada motor bakar 6-langkah ini mengalami peningkatan sebesar 11.61% di bandingkan dengan efisiensi thermal pada motor bakar 4-langkah konvensional.

Kata kunci : termodinamika, ekspansi sampai tmb, efisiensi termal.

ABSTRACT

This study aims to observe the fuel consumption and analyze the thermodynamics of a 6-stroke combustion motor with a power expansion step to a lower dead center. The fuel used in this observation is pertalite with an RON 90 value. The method used is a real experimental method, with independent variables, namely openings throttle 35%, 40%, 45%, and 50% with loading on the prony disk brake of 10, 20kg, 30kg, 40kg, 50kg. At 50% throttle opening with a load of 50 kg, the lowest fuel consumption value is 4.38 kg / hour and the thermal efficiency of the 6-stroke engine has an increase of 11.61% compared to the thermal efficiency of a conventional 4-stroke engine.

Keywords: thermodynamics, expansion up to tmb, thermal efficiency.

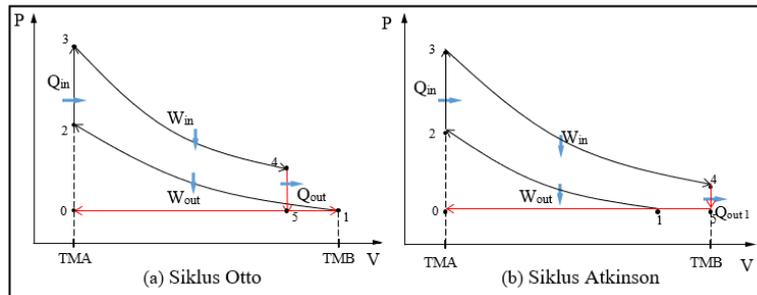
PENDAHULUAN

Pada era modern saat ini perkembangan teknologi transportasi kendaraan bermotor berdasarkan dari data survei Badan Pusat Statistik Indonesia yaitu jumlah kendaraan bermotor per tahun 2018 total semua mencapai 146.858.760 unit (Badan Pusat Statistik Indonesia 2018). Menurut Soedomo (1983) pencemaran udara dari kendaraan bermotor transportasi memiliki presentase tertinggi mencapai 70%, sektor industri memiliki persentase sebesar 25%, dan sampah memiliki pencemaran terendah sebesar 5%.

Saat ini jenis kendaraan bermotor yang banyak digunakan adalah jenis motor 2-langkah dan 4-langkah. Namun terdapat permasalahan pada kendaraan bermotor jenis 2-langkah yaitu menghasilkan konsumsi bahan bakar yang tinggi yang mengakibatkan emisi gas buang meningkat serta suara yang bising, sedangkan kendaraan bermotor jenis 4-langkah menghasilkan bahan bakar yang irit atau rendah emisi gas buang serta suara yang halus.

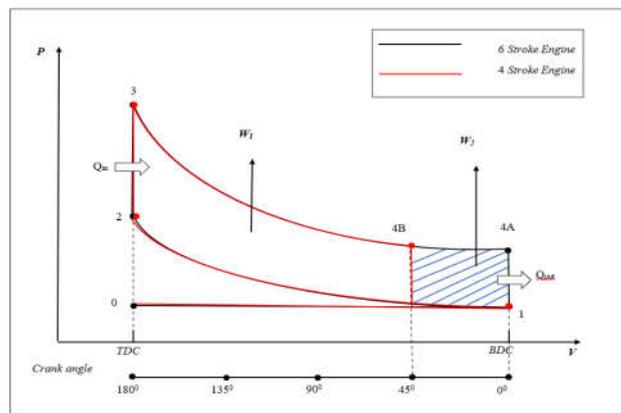
Agar performa motor bakar menjadi lebih efisien serta memiliki daya tinggi maka penelitian terus dilakukan. Penelitian pada motor bakar 4 langkah yang menggunakan siklus Otto memiliki kelemahan efisiensi dan daya yang di hasilkan terbatas. Salah satu penyebab terjadinya (*losses*) ialah terbukanya *exhaust valve* terlalu awal, sehingga tekanan *working-gas* yang masih tinggi dibuang sia-sia, yang sebenarnya masih dapat digunakan untuk memperpanjang langkah sampai TMB. Jadi dapat disimpulkan siklus Otto 4-langkah

aktual memiliki ekspansi rasio yang lebih rendah daripada kompresi rasionya, seperti pada gambar 1(a). Untuk meningkatkan efisiensi motor bakar 4-langkah tersebut, kemudian Atkinson mengusulkan sebuah siklus termodinamika yang memiliki ekspansi rasio yang lebih besar terhadap kompresi rasionya. Akan tetapi pada panjang stroke yang sama dengan Otto siklus Atkinson meskipun memiliki efisiensi yang tinggi tetapi memiliki *power output* yang rendah. Siklus Atkinson di tunjukan pada gambar 1(b).



Gambar 1. Siklus aktual (a) Siklus Otto 4-langkah, (b) Siklus Atkinson 4-langkah

Untuk itu penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan teknologi motor bakar 4-langkah ke 6-langkah dengan menggabungkan kedua siklus yaitu siklus Otto dan siklus Atkinson menjadi sebuah siklus yang akan di terapkan pada motor bakar 6-langkah tipe-5, yang kemudian disebut dengan siklus MUB-5. Siklus ini dapat meningkatkan *power* yang sama dengan siklus Otto dan efisiensinya sama dengan siklus Atkinson. Konsep terbaru yang dihadirkan dari penelitian ini yaitu dengan mengubah pergerakan piston hingga sampai TMB pada langkah buang sehingga menghasilkan *power* yang lebih maksimal. Perbandingan motor 4-langkah siklus Otto yang terbuka *exhaust-valve* nya sekitar 45° sebelum TMB dan motor bakar 6-langkah tipe-5 menggunakan siklus MUB-5 (*exhaust-valve* terbuka saat di TMB) dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan p-v diagram motor bakar 6-langkah tipe-5 dengan siklus MUB-5 (*exhaust-valve* terbuka di TMB) dan motor bakar 4-langkah dengan siklus Otto actual (*exhaust-valve* terbuka 45° sebelum TMB).

Motor bakar 6-langkah telah dikembangkan oleh *Bajulaz Engine*, dan *the M4+2 Engine*, *Bazmi Engine*. Masing-masing memiliki konstruksi dan mekanisme yang berbeda tetapi dengan tujuan yang sama yaitu untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi emisi gas buang.

Siswanto *et al* (2016) melakukan penelitian motor bakar 6-langkah dari mesin motor 4-langkah buatan Honda berkapasitas 125cc yang mana telah diubah konstruksinya sehingga menjadi motor bakar 6-langkah tipe-1 menggunakan siklus MUB-1. Penambahan

2-langkah pada motor bakar 6-langkah ini yaitu langkah ekspansi *mixing* dan langkah kompresi *mixing*. Penelitian ini dipengaruhi pada diameter venturi yaitu 18 (mm) dan 20 (mm) yang di aplikasikan untuk mesin 4-langkah dan 6-langkah. Pada motor bakar 6-langkah tipe 1 menggunakan siklus MUB-1, dengan alasan jika di dibandingkan dengan motor bakar 4-langkah, motor bakar 6-langkah menghasilkan bahan bakar yang lebih irit dan mengurangi emisi gas buang. *Engine* ini memiliki tambahan dua langkah *mixing* pada setiap siklus sebelum terjadi proses pembakaran/*ignition* untuk menjadikan campuran antara bahan bakar dan udara semakin homogen.

Kemudian pada tahun 2017 Siswanto *et al*, telah mengembangkan motor bakar 6-langkah tipe-2 menggunakan siklus MUB-2 dimana penelitian ini membandingkan ICE (*Internal Combustion Engine*) motor bakar 4-langkah dengan motor bakar 6-langkah tipe 2 menggunakan siklus MUB-2. Konsep motor bakar 6-langkah ini mempunyai penambahan langkah ekspansi dan langkah kompresi disertai proses pembakaran lanjut setelah proses pembakaran yang pertama. Kompresi kedua merekompresi kembali *combustible species* yang belum terbakar saat pembakaran pertama, kemudian membakar kembali sehingga didapatkan kalor tambahan (Q in). Kedua generasi tersebut menghasilkan tenaga yang lebih besar dan emisi gas buang yang sedikit. Dapat disimpulkan bahwa konsep motor bakar 6-langkah tersebut memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan sebagai suatu alternatif baru teknologi motor bakar dimasa depan yang ramah lingkungan.

Berdasarkan uraian di atas, dapat diambil hipotesis yaitu jika motor bakar 6-langkah tipe-5 menggunakan siklus MUB-5 (atau, awal kompresi sama dengan Otto tetapi langkah ekspansi-*power* sampai TMB), maka akan didapatkan *power* yang lebih tinggi daripada motor Atkinson dan efisiensi yang lebih tinggi dari motor Otto actual.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada april 2020 sampai selesai dan bertempat di Laboratorium Proses Produksi 1 Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan harganya dapat diubah-ubah dengan metode tertentu untuk mendapatkan nilai variabel terikat dari obyek penelitian, sehingga dapat diperoleh hubungan keduanya. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu:

1. Buka *an Throttle* sebesar 35%, 40%, 45%, dan 50%.
2. Pembebanan pada *Prony Disk Brake* sebesar 10kg, 20kg, 30kg, 40kg, dan 50kg.

Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu: konsumsi bahan bakar (FC).

Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya ditentukan oleh peneliti dan dijaga dalam kondisi konstan. Variabel terkontrol pada penelitian ini antara lain:

1. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar cair Peralite dengan nilai RON 90.
2. Pengujian menggunakan karburator jenis PE 28
 - a. Merek : KEIHIN
 - b. Type : PE 28
 - c. Diameter venturi : 28 mm
 - d. Diameter skep : 30 mm
 - e. Ukuran spuyer : pilot-jet: 45 (0,045mm)
: main-jet:120 (0,120mm)

3. Motor bakar 6-langkah tipe-5 dengan kapasitas mesin 125 cc yang diteliti pada kondisi modifikasi dari motor bakar 4-langkah.
4. Rasio kompresi mesin yaitu: 9 : 1.

Pengukuran atau perhitungan rasio kompresi secara manual sebagai berikut:

Diketahui:

- a. menggugurkan alat ukur buret menunjukkan angka : 16,5 ml
- b. diameter busi : 1,1 mm
- c. cc spesifik mesin 6-langkah diketahui : 124,155 cc

Perhitungan:

$$\begin{aligned} 16,5 - 1,1 &= 15,4 \\ 15,4 + 124,155 &= 139,555 \\ 139,555 : 15,4 &= 9,06 \text{ rasio kompresi} \end{aligned}$$

Alat Dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. *Prototipe* motor bakar 6-langkah tipe-5
2. *Prony Disk Brake* dan Neraca Pegas
3. *Tachometer*
4. *Fan / blower*
5. Gelas Ukur
6. *Stopwatch*

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bahan bakar Peralite RON 90

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsumsi bahan bakar (FC)

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental nyata menggunakan bahan bakar Peralite dengan nilai RON 90, variasi bukaan *Throttle* yang digunakan sebesar 35%, 40%, 45%, 50% dan pembebanan pada *Prony Disk Brake* sebesar 10kg, 20kg, 30kg, 40kg, 50kg. proses pengambilan data di lakukan berdasarkan dari laju aliran per-10 ml seperti yang di tunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. laju aliran per-10 ml

Throttle	35 %	40 %	45 %	50%
Beban rem				
10 Kg	3,6 (s)	14,85 (s)	14,07 (s)	13,37 (s)
20 Kg	2,3 (s)	15,72 (s)	14,85 (s)	14,07 (s)
30 Kg	3 (s)	11,62 (s)	10,69 (s)	9,55 (s)
40 Kg	3,1 (s)	10,28 (s)	9,22 (s)	8,62 (s)
50 Kg	5,1 (s)	4,77 (s)	4,61 (s)	4,38 (s)

Konsumsi bahan bakar adalah jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin tiap satuan waktu. Hasil perhitungan waktu laju aliran bahan bakar dari pembebanan pada *Prony Disk Brake* sebesar 10kg dan bukaan *Throttle* sebesar 35% di peroleh hasil konsumsi bahan bakar (FC) sebesar 7,43 kg/jam.

$$FC = \left(\frac{b}{t}\right) \times \rho \times \left(\frac{3600}{1000}\right)$$

$$FC = \left(\frac{10}{3,6}\right) \times 0,743 \times \left(\frac{3600}{1000}\right)$$

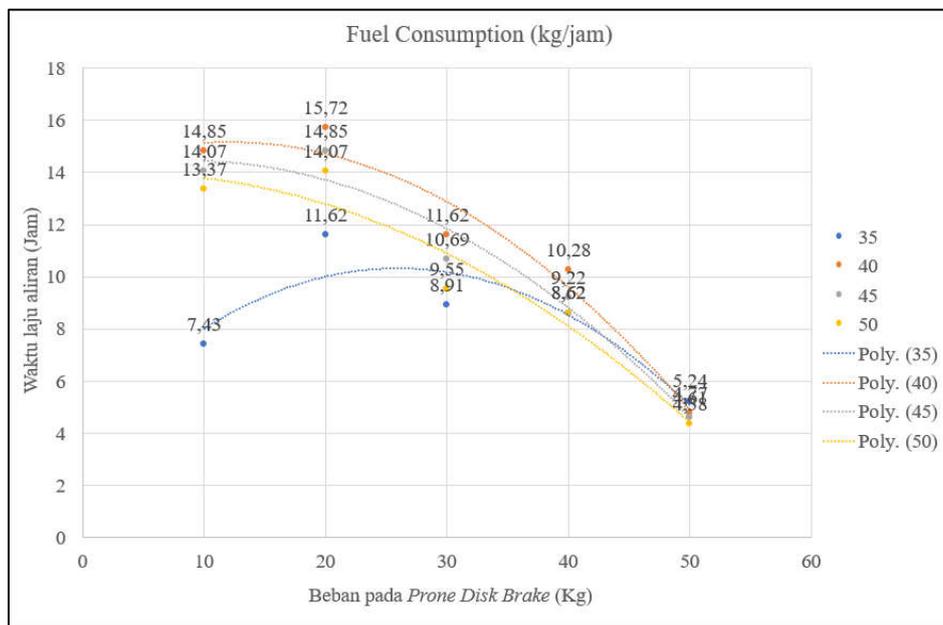
$$FC = (2,78) \times 0,743 \times \left(\frac{3600}{1000}\right)$$

$$FC = 7,43 \text{ kg/jam}$$

Perhitungan hasil konsumsi bahan bakar (FC) dilakukan dengan cara yang sama untuk beban 10kg dengan bukaan *throttle* 40%,45%, dan 50%. Perhitungan yang sama dilakukan pada pembebanan 20kg, 30kg, 40kg, dan 50kg. Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar (FC) seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Konsumsi bahan bakar (FC)

Throttle Beban rem	35 %	40 %	45 %	50%
10 Kg	7,43 (kg/jam)	14,85 (kg/jam)	14,07 (kg/jam)	13,37 (kg/jam)
20 Kg	11,62 (kg/jam)	15,72 (kg/jam)	14,85 (kg/jam)	14,07 (kg/jam)
30 Kg	8,91 (kg/jam)	11,62 (kg/jam)	10,69 (kg/jam)	9,55 (kg/jam)
40 Kg	8,62 (kg/jam)	10,28 (kg/jam)	9,22 (kg/jam)	8,62 (kg/jam)
50 Kg	5,24 (kg/jam)	4,77 (kg/jam)	4,61 (kg/jam)	4,38 (kg/jam)

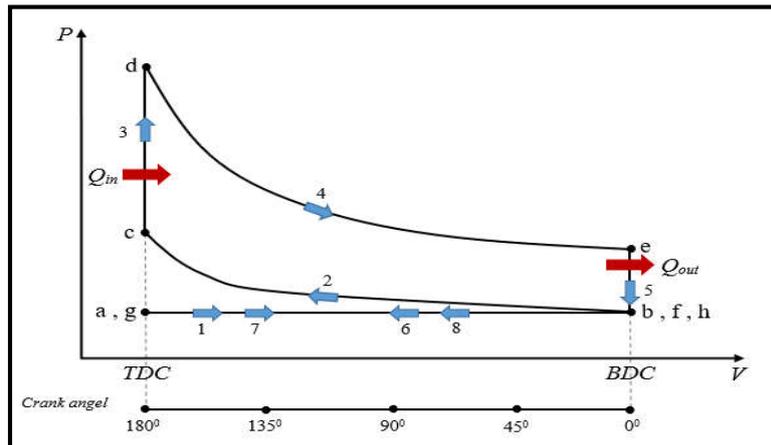


Gambar 3. Grafik konsumsi bahan bakar (FC)

Pada gambar 3, merupakan hasil grafik konsumsi bahan bakar (FC) berdasarkan perbandingan variasi bukaan *throttle* dengan nilai pembebanan dan waktu. pada bukaan *throttle* 40% dengan pembebanan 20 kg memiliki nilai konsumsi bahan bakar tertinggi sebesar 15,72 kg/jam, sedangkan bukaan *throttle* 50% dengan pembebanan 50 kg memiliki nilai konsumsi bahan bakar terendah sebesar 4,38 kg/jam.

Analisis termodinamika pada motor bakar 6-langkah tipe-5 menggunakan siklus MUB-5

Proses siklus motor bakar 6-langkah tipe-5 menggunakan siklus MUB-5 yaitu: Langkah pertama (a-b) *Intake – Isobaric*, langkah kedua (b-c) *Compression – Isentropic* dan (c-d) *Heat input – Isochoric*, langkah ketiga (d-e) *Expansion – Isentropic*, langkah keempat (e-f) *Exhaust – Isochoric* dan (f-g) Pengurangan Volume – *Isobaric*, langkah kelima (g-h) Penambahan Volume – *Isobaric*, dan langkah keenam (h-a) Pengurangan Volume – *Isobaric*. Siklus motor bakar 6-langkah tipe -5 menggunakan siklus MUB-5 dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Siklus motor bakar 6-langkah tipe -5 menggunakan siklus MUB-5

Hasil analisis perhitungan untuk luasan efisiensi thermal pada motor bakar 6-langkah tipe -5 menggunakan siklus MUB-5 sebagai berikut:

$$(\eta_t) = \frac{w}{Q_{in}} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{220,823 \text{ J}}{451,035 \text{ J}} = 0,5104 = 51,04 \%$$

Untuk perhitungan luasan efisiensi thermal pada motor bakar 4 langkah sebagai berikut:

$$(\eta_t) = \frac{w}{Q_{in}} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{244,751 \text{ J}}{451,035 \text{ J}} = 0,4573 = 45,73 \%$$

Perhitungan hasil selisih luasan antara efisiensi thermal 6-langkah dan 4-langkah sebagai berikut:

$$\frac{\eta_{t(6 \text{ langkah})} - \eta_{t(4 \text{ langkah})}}{\eta_{t(4 \text{ langkah})}} \times 100\% = \frac{51,04 - 45,73}{45,73} \times 100\% = 11,61\%$$

Hasil selisih perbandingan antara luasan efisiensi thermal motor bakar 6-langkah tipe-5 menggunakan siklus MUB-5 dan 4-langkah terjadi kenaikan efisiensi thermal pada motor bakar 6-langkah tipe-5 menggunakan siklus MUB-5 sebesar 11,61%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengambilan data menggunakan metode eksperimental terdapat nilai konsumsi bahan bakar terendah pada variasi bukaan *throttle* 50% dengan pembebanan 50 kg, hasil nilai konsumsi bahan bakar tersebut di peroleh nilai sebesar 4,38 kg/jam, sehingga konsumsi bahan bakar yang di dihasilkan lebih irit di dibandingkan dengan variasi bukaan *throttle* dan pembebanan yang lainnya. Hasil analisis termodinamika pada motor bakar 6-langkah tipe-5 menggunakan siklus MUB-5 di dibandingkan dengan motor bakar 4-langkah mengalami kenaikan efisiensi thermal sebesar 11,61%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan banyak trimakasih kepada:

1. Dr. Eng. Eko Siswanto, ST., MT. yang telah membimbing penyusunan tesis saya serta meminjamkan alat penelitian hak patennya berupa *Prototipe* motor bakar 6-langkah tipe-5.
2. Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng. yang telah membimbing untuk penyusunan tesis saya.
3. Kepala Laboratorium Proses Produksi Jurusan Mesin Universitas Brawijaya beserta asistennya yang telah mengizinkan tempat untuk pengujian motor bakar 6-langkah.
4. Ayah dan Ibu saya yang telah menyuport serta merestui saya setiap apa yang saya lakukan.
5. Heri Isrotul Anwar selaku mekanik yang telah membantu saya merakit motor bakar 6-langkah.
6. Teman-teman yang sudah meluangkan waktunya untuk membantu saya pada saat pengambilan data.

REFERENSI

- [1] Badan Pusat Statistik. (2018). *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis*. Jakarta: BPS. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>. (diakses tanggal 21 Februari 2019).
- [2] Heywood, John. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Hill Book.
- [3] Siswanto, Eko, Nurkholis Hamidi, Mega Nur Sasongko, & Denny Widhiyanuriyawan. 2014. *A Gasoline Six-stroke Internal Combustion Engine*. Patent Invention, Malang: Unpublished.
- [4] Siswanto, Eko. 2016. *Metode Operasi Motor Pembakaran Dalam Siklus Enam Langkah*. IDP000040589.
- [5] Siswanto, Eko, D. Widhiyanuriyawan., A. S. Widodo., N. Hamidi, D. B. Darmadi & Sudjito (2016). *On The Performance Of Six Stroke Engine – Power Combustion Engine*. *Journal of Heat and Mass Transfer*. 14:201-218.
- [6] Siswanto, Eko, D. Widhiyanuriyawan, A. S. Widodo, N. Hamidi, D. B. Darmadi and Sudjito (2017). *On The Performance Of Six-Stroke Single-Power Combustion Engine*. 14:201-218.
- [7] Soedomo, M., Surihanto, I., Maxdoni & H. Tokkong. (1983). *Pengukuran Emisi Pencemaran Udara Bersumber dari Lalu Lintas Perkotaan, Inventarisasi dan Identifikasi*. Laporan Penelitian. Bandung: ITB.

