

ANALISA PENGARUH PEMBUKAAN *THROTTLE* TERHADAP PERFORMA *ENGINE DIESEL COMMONRAIL* DENGAN MENGGUNAKAN TURBO DAN TANPA MENGGUNAKAN TURBO PADA KENDARAAN DINAS TNI AD ¾ TON

Tulus¹, Jumiadi², Kusnadi³

Abstraksi

Motor bakar adalah salah satu jenis mesin konversi energi yang mengubah energi termal menjadi energi mekanik atau mengubah tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanis. *Turbo charge* pada motor diesel merupakan salah satu komponen yang memberikan pengaruh yang cukup besar pada performa motor diesel. Salah satu faktor yang mempengaruhi performa motor bakar yaitu bukaan katup gas. Fungsi dari katub gas (*throttle valve*) sebagai pengatur jumlah campuran udara dan bahan bakar yang akan masuk ke silinder. Semakin besar bukaan *throttle* maka semakin banyak campuran udara yang akan disuplai ke silinder motor bakar, sehingga menyebabkan perubahan daya dan torsi yang dihasilkan. Adapun dari hasil pengujian motor diesel dengan menggunakan turbo dan tanpa turbo menunjukkan bahwa torsi yang dihasilkan mesin tanpa turbo dan dengan turbo semakin meningkat seiring perubahan putaran dan percepatan dengan hasil maksimal terjadi pada putaran 1479 rpm. Daya yang dihasilkan juga semakin meningkat seiring perubahan putaran jadi semakin tinggi putaran semakin besar juga daya yang dihasilkan. Dalam penggunaan bahan bakar cenderung lebih hemat mesin dengan turbo dibandingkan tanpa turbo. Efisiensi yang terjadi juga meningkat seiring meningkatnya putaran dan percepatan yang digunakan.

Kata Kunci : *Throttle Valve*, *Turbo Charge*, Daya, Torsi

PENDAHULUAN

Salah satu faktor yang mempengaruhi performa motor bakar yaitu bukaan *throttle*. Dalam teori fungsi katub gas (*throttle valve*) sebagai pengatur jumlah udara yang akan masuk ke dalam ruang silinder, semakin besar bukaan katup gas maka semakin banyak udara yang akan disuplai ke dalam ruang bakar (Arismunandar. W, 1988). Dari hal tersebut bisa dilihat pada kondisi bukaan *throttle* berapa derajat motor bakar dapat mengeluarkan daya dan torsi maksimal serta dapat dilihat juga berapa nilai konsumsi bahan bakar pada setiap variasi bukaan *throttle* pada pengujian.

Penelitian ini tentang pengaruh bukaan *throttle* terhadap *performance* motor bakar diesel dengan dan tanpa menggunakan turbo. Pengamatan ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja mesin yang dilakukan dengan beberapa variasi bukaan *throttle*.

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Pengaruh bukaan *throttle* terhadap daya yang dihasilkan mesin dengan turbo dan tanpa turbo.
2. Pengaruh bukaan *throttle* terhadap torsi yang dihasilkan mesin dengan turbo dan tanpa turbo.

¹ Mahasiswa Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

² Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

³ Dosen Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Darat

3. Konsumsi bahan bakar yang diperlukan mesin dengan turbo dan tanpa turbo.

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini meliputi :

1. Penelitian ini dilakukan pada motor bakar 4 langkah DOHC dengan 16 katup dengan kapasitas 2477 cc dengan menggunakan mesin mitsubishi strada triton.
2. Pengukuran performa meliputi daya, torsi dan konsumsi bahan bakar yang diperlukan pada kendaraan dengan turbo dan tanpa turbo.
3. Penelitian ini hanya meneliti pembukaan *throttle* dengan variasi derajat 10° , 20° , 30° , 40° , 50° , 60° , 70° , 80° , 90° dengan menggunakan mesin tanpa turbo dan dengan turbo.
4. Penelitian ini juga memvariasikan percepatan transmisi yang digunakan pada gigi transmisi 1,2,3 dan 4.

KAJIAN PUSTAKA

Prinsip Kerja Motor Bakar Diesel 4 Langkah

Prinsip kerja dari motor diesel 4 langkah adalah setiap 1 siklus kerja memerlukan 4 kali langkah torak atau 2 kali putaran poros engkol.

a. Langkah Isap (*Suction Stroke*)

Pada langkah ini torak bergerak dari posisi TMA (titik mati atas) ke TMB (titik mati bawah), dimana KI (katup

isap) terbuka dan KB (katup buang) tertutup. Karena pergerakan torak tersebut terjadilah kevakuman didalam silinder sehingga udara akan terhisap masuk ke dalam silinder (ruang bakar) (Arismunandar. W, 1988).

b. Langkah Kompresi (*Compression Stroke*)

Pada langkah ini torak bergerak dari posisi TMB ke TMA dengan KI dan KB tertutup. Proses ini terjadi penurunan volume yang mengakibatkan tekanan dan temperatur di dalam silinder meningkat (Arismunandar. W, 1988).

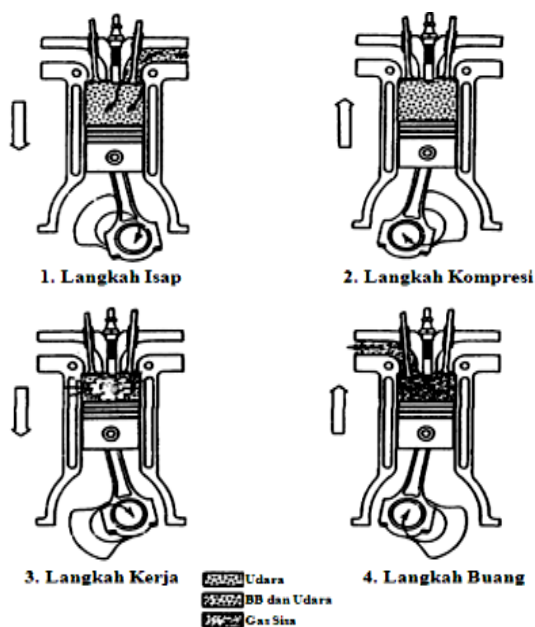
c. Langkah Ekspansi (*Expansion Stroke*) atau Kerja

Pada langkah ini, ketika posisi torak berada pada $\pm 10^{\circ}$ TMA, *injector* menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar sehingga terjadi proses pembakaran. Akibatnya tekanan dan temperatur di ruang bakar meningkat, torak mampu melakukan langkah kerja atau langkah ekspansi. Langkah kerja dimulai dari posisi torak pada TMA dan berakhir pada posisi TMB (Arismunandar. W, 1988).

d. Langkah Buang

Pada langkah ini torak bergerak dari posisi TMB ke TMA dengan KI tertutup dan KB terbuka. Sehingga gas sisa pembakaran terbuang ke atmosfer (Arismunandar. W, 1988).

Skema masing masing langkah gerakan torak di dalam silinder motor bakar diesel 4 langkah tersebut ditunjukkan dalam gambar 1.



Gambar 1. **Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Langkah** (Yunus A dan M. A. Boles, 1990)

Sistem Induksi Udara

Tujuan dari sistem induksi udara adalah untuk *filter meter*, dan mengukur asupan udara ke *intake manifold*. Udara mengalir ke mesin membuka *bypass throttle*. *Air valve* mengirimkan udara secukupnya ke *intake*. Udara disaring oleh saringan udara masuk ke dalam *intake manifold* dalam berbagai volume. Jumlah udara yang masuk ke mesin adalah fungsi dari pembukaan *throttle valve* sudut dan putaran mesin. Udara bersih dari saringan udara (*air cleaner*) masuk ke *mass air flow* (MAF) dengan membuka *measuring plate*, besarnya

pembukaan ini tergantung pada kecepatan aliran udara yang masuk ke *intake chamber*. Besarnya udara yang masuk ke *intake chamber* ditentukan oleh lebarnya katup *throttle* terbuka. Aliran udara masuk ke *intake manifold* kemudian keruang bakar (*combustion chamber*) bila mesin dalam keadaan dingin, *air valve* mengalirkan udara langsung ke *intake chamber* untuk menambah putaran sampai *fast idle*, tanpa memperhatikan apakah *throttle valve* dalam keadaan membuka atau tertutup. Jumlah udara yang masuk dideteksi oleh *mass air flow* (L-EFI) atau dengan tekanan udara (Syamsul Rizal, 2013).

Udara dari *air cleaner* masuk melalui *air flow meter* dan membuka *measuring plate* sebelum mengalir ke *air intake chamber*. Volume udara yang mengalir ke *air intake chamber* ditentukan oleh pembukaan katup *throttle*. Selanjutnya udara dari *intake chamber* didistribusikan ke setiap manifold dan mengalir ke dalam ruang bakar. Apabila mesin masih dingin, *air valve* akan terbuka dan udara mengalir melalui *air intake chamber*. Sekalipun *throttle valve* dalam keadaan menutup, udara akan mengalir ke *air intake chamber* untuk menambah putaran *idle* (*fast idle*) (Syamsul Rizal, 2013).

Throttle Body

Throttle body terdiri atas : *throttle valve*, yang mengatur volume udara masuk selama mesin bekerja normal dan saluran *bypass* yang mengalirkan udara selama mesin berputar *idle*. *Throttle position sensor* juga dipasang pada poros *throttle valve* untuk mendeteksi sudut pembukaan katup *throttle*. Beberapa *throttle* dilengkapi dengan *air valve tipe wax* atau *dash pot* yang memungkinkan *throttle valve* kembali secara bertahap bila *throttle valve* tertutup (Syamsul Rizal, 2013).



Gambar 2. **Throttle body** [6]

Selama putaran *idle*, *throttle valve* tertutup penuh. Udara yang masuk ke *air intake chamber* melalui saluran *by pass*. Putaran idel mesin dapat diatur dengan mengatur volume udara yang masuk melalui saluran *by pass*. Dengan memutar *idle adjusting screw* searah putaran jarum jam akan mengurangi volume udara yang masuk melalui saluran *by pass* dan putaran mesin akan turun. Sebaliknya apabila *idle adjusting screw* diputar ke kiri, putaran mesin akan naik. Mesin

yang dilengkapi dengan *idle speed control* (ISC), volume udara mengalir melalui saluran *by pass* terpisah diatur oleh ISC. Oleh karena itu *idle speed adjusting screw* diset pada posisi tertutup penuh oleh pabrik (Syamsul Rizal, 2013).

Cara Kerja Throttle

Throttle merupakan bagian dari suatu kendaraan yang berfungsi untuk mengatur keluar masuknya udara pada kendaraan mesin diesel. *Throttle* terdiri dari sebuah katup yang akan membuka apabila kendaraan dihidupkan. Banyak sedikit udara yang masuk dalam ruang bakar dipengaruhi oleh besar kecilnya pedal gas yang diinjak sehingga akan membuka katup *throttle* untuk menyuplai udara yang dibutuhkan dalam ruang bakar. Apabila suplai udara yang masuk dalam ruang bakar berkurang akan mengakibatkan susahnya kendaraan tersebut untuk hidup. Sehingga *throttle* sangat berpengaruh dalam kendaraan mesin diesel (Syamsul Rizal, 2013).

Rumus-rumus Yang Digunakan

- Untuk menghitung perbandingan putaran mesin dengan putaran propeler setelah transmisi.

$$N_{out} = \frac{1 \cdot n_{in}}{i} \text{ rpm}$$

- Untuk mengetahui debit udara yang masuk pada *intake manifold* (Arismunandar. W, 1986).

$$Q = V \times A$$

Dimana :

V : kecepatan udara masuk (m/s^2)

A : luas penampang (m^2)

$$A : \pi r^2 \left(1 - \cos \left(\frac{\alpha \cdot \pi}{180^\circ} \right) \right)$$

c. Laju aliran massa (Arismunandar. W, 1988).

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A$$

Dimana :

ρ : massa jenis udara (kg/m^3)

d. Torsi efektif (Te) (Arismunandar. W, 1986).

$$Te = P \cdot L$$

Dimana :

P = Beban (kg)

L = Panjang lengan (m)

e. Daya efektif (Ne) (Arismunandar. W, 1986).

$$Ne = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \times T \times \frac{1}{75} = \frac{T \cdot n}{716,2} \text{ (PS)}$$

Dimana :

N = Putaran poros (rpm)

T = Torsi (kg.m)

f. Pemakaian bahan bakar spesifik efektif (Be) (Arismunandar. W, 1986).

$$Be = \frac{Gf}{Ne} \left(\frac{kg / jam}{PS} \right)$$

Dimana :

Gf = Pemakaian bahan bakar (kg/jam)

Ne = Daya efektif (PS)

g. Pemakaian bahan bakar spesifik indikasi (Bi) (Arismunandar. W, 1986).

$$Bi = \frac{Gf}{Ni} \left(\frac{kg / jam}{PS} \right)$$

Dimana :

Gf = Pemakaian bahan bakar (kg/jam)

Ni = Daya indikasi (PS)

h. Efisiensi

- Efisiensi *thermal* indikasi (η_i) (Syamsul Rizal. 2013)

$$\eta_i = \frac{Ni}{Qm} \times \frac{3600 \cdot 75}{427} \times 100 \%$$

Dimana :

Ni = Daya indikasi (PS)

Qm = Panas hasil pembakaran (kcal/jam)

- Efisiensi *thermal* efektif (η_e) (Syamsul Rizal. 2013)

$$\eta_e = \frac{Ne}{Qm} \times \frac{3600 \cdot 75}{427} \times 100 \%$$

Dimana :

Ne = Daya efektif (PS)

Qm = Panas hasil pembakaran (kcal/jam)

METODOLOGI PENELITIAN

Variabel Yang Direncanakan

Variabel yang digunakan pada penelitian ini ada dua yaitu variabel bebas dan variabel terikat :

a. Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan yaitu putaran yang akan digunakan dalam pengujian.

b. Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Dalam perencanaan ini variabel terikatnya adalah :

- (1) Jumlah udara yang masuk (m^3/s).
- (2) Pembebanan (Kg).
- (3) Waktu pemakaian bahan bakar (s).

Alat-Alat Yang Digunakan

Adapun peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah kendaraan dinas TNI-AD $\frac{3}{4}$ ton dengan spesifikasi sebagai berikut :

Type mesin : 4D56

Siklus : 4 langkah

Kapasitas : 2477 cc

Diameter Silinder (*Bore*) : 91,1 mm

Panjang Langkah (*Stroke*) : 95 mm

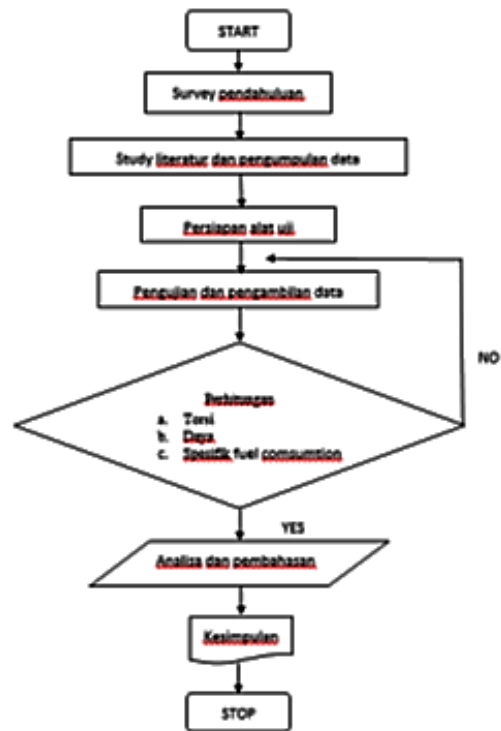
Jumlah Silinder : 4 buah



Gambar 3. Objek Penelitian

Serta alat ukur yang digunakan dalam proses pengambilan data antara lain *scan tool* atau *scanner*, *tachometer*, *torquemeter*, jangka sorong, gelas ukur, anemometer, *stopwatch*.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Perhitungan Perbandingan Putaran

No	N_{in} (rpm)	transmisi	i	N_{out} (rpm)
1	900	1	4,33	207,85
2	1100	1	4,33	254,04
3	1300	1	4,33	300,23
4	1500	2	2,33	643,77
5	1700	2	2,33	729,61
6	1900	2	2,33	815,45
7	2100	3	1,42	1478,87
8	2300	3	1,42	1619,71
9	2500	4	1	2500

Perhitungan Debit Udara

Tabel 2. Perhitungan Debit Udara Tanpa Turbo

No	Alfa (°)	A (m ²)	V (m/s)	Q (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	ṁ (kg/s)
1	10	0,00488	4,8	0,02346	1,171	0,02747
2	20	0,01940	7,28	0,14124	1,171	0,16538
3	30	0,04309	9,45	0,40729	1,171	0,47693
4	40	0,07526	10,26	0,7722	1,171	0,90424
5	50	0,11491	12,6	1,44793	1,171	1,69552
6	60	0,16084	12,91	2,07657	1,171	2,43166
7	70	0,21167	14,05	2,97398	1,171	3,48253
8	80	0,26583	15,11	4,01679	1,171	4,70366
9	90	0,32169	16,1	5,17936	1,171	6,06502

Tabel 3. Perhitungan Debit Udara Dengan Turbo

No	Alfa (°)	A (m ²)	V (m/s)	Q (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	ṁ (kg/s)
1	10	0,00488	7,15	0,03494	1,171	0,04091
2	20	0,01940	10,125	0,19643	1,171	0,23002
3	30	0,04309	13,23	0,57021	1,171	0,66771
4	40	0,07526	13,2	0,99348	1,171	1,16335
5	50	0,11491	13,25	1,52262	1,171	1,78299
6	60	0,16084	15,31	2,46261	1,171	2,88371
7	70	0,21167	15,98	3,38251	1,171	3,96092
8	80	0,26583	17,31	4,60163	1,171	5,38851
9	90	0,32169	18,48	5,945	1,171	6,96159

Pengolahan Data Pengujian

Dari hasil pengujian unjuk kerja mesin diesel dengan dan tanpa menggunakan turbo didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Perhitungan Tanpa Turbo

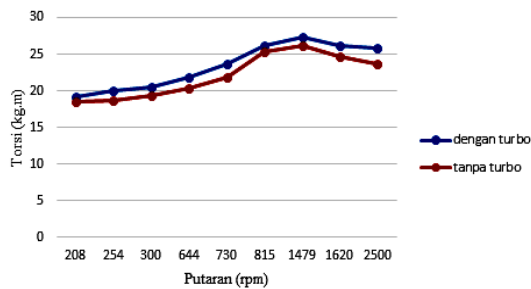
Alfa (°)	n (rpm)	torsi (kg.m)	Ne PS	Pe kg/cm ²	Ni PS	Pi kg/cm ²	Nm PS	Gf kg/jam	Be kg/jam/PS	Bi kg/jam/PS	Qm kcal/jam	efisiensi Ni(%)	Ne(%)
10	208	18,56	5,38	9,43	6,73	11,85	1,34	9,17	1,70	1,36	100803	4,22	3,37
20	254	18,67	6,62	3,36	8,28	11,87	1,65	9,39	1,41	1,13	103188	5,07	4,05
30	300	19,27	8,07	4,10	10,09	14,48	2,01	9,76	1,20	0,96	107216	5,95	4,76
40	644	20,32	18,27	9,29	22,83	32,76	4,56	9,94	0,54	0,43	109168	13,22	10,58
50	730	21,89	22,30	11,34	27,87	39,99	5,57	10,65	0,47	0,38	117011	15,06	12,05
60	815	25,31	28,81	14,65	36,02	51,66	7,20	11,11	0,38	0,30	122069	18,65	14,92
70	1479	26,17	54,05	27,48	67,56	96,91	13,51	12,37	0,22	0,18	135879	31,44	25,15
80	1620	24,71	55,88	28,41	69,85	100,19	13,97	13,19	0,23	0,18	144892	30,48	24,38
90	2500	23,67	82,64	42,02	103,30	148,18	20,66	14,31	0,17	0,13	157228	41,54	33,23

Tabel 5. Hasil Perhitungan Dengan Turbo

Alfa	n	torsi	Ne	Pe	Ni	Pi	Nm	Gf	Be	Bi	Qm	efisiensi	
(°)	(rpm)	(kg.m)	PS	kg/cm ²	PS	kg/cm ²	PS	kg/jam	kg/jam/PS	kg/jam/PS	kcal/jam	Ni (%)	Ne (%)
10	208	19,17	5,56	9,74	6,95	12,24	1,39	9,27	1,66	1,33	101696	4,32	3,45
20	254	19,95	7,07	3,59	8,84	15,56	1,76	9,40	1,32	1,06	103085	5,42	4,34
30	300	20,54	8,61	4,37	10,76	18,94	2,15	9,94	1,15	0,92	109080	6,24	4,99
40	644	21,89	19,67	10,00	24,59	43,29	4,91	10,02	0,50	0,40	109886	14,15	11,32
50	730	23,60	24,04	12,22	30,06	52,91	6,01	10,62	0,44	0,35	116534	16,31	13,04
60	815	26,24	29,88	15,19	37,35	65,74	7,47	10,97	0,36	0,29	120301	19,63	15,70
70	1479	27,3	56,37	28,66	70,46	124,02	14,09	12,22	0,21	0,17	134029	33,24	26,59
80	1620	26,17	59,19	30,10	73,99	130,24	14,79	12,42	0,20	0,16	136260	34,33	27,47
90	2500	25,76	89,91	45,71	112,39	197,83	22,47	15,54	0,17	0,13	170463	41,69	33,35

Pembahasan

Grafik torsi vs putaran

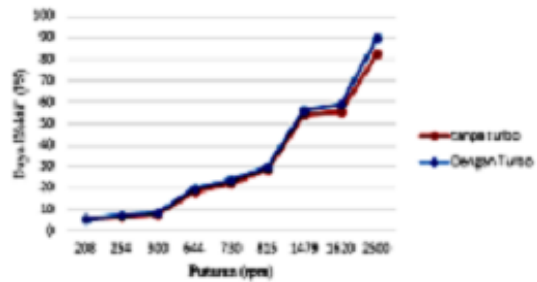


Gambar 5. Grafik Torsi Vs Putaran

Dari gambar 5 hubungan torsi vs putaran dapat dilihat pada putaran di bawah 1479 rpm, torsi yang dihasilkan mesin dengan menggunakan turbo cenderung lebih besar dibandingkan mesin yang tanpa turbo. Torsi tertinggi pada mesin dengan turbo terjadi pada pembukaan *throttle* 70° dengan putaran 1478 rpm pada transmisi gigi 3, sedangkan mesin tanpa turbo torsi tertinggi dicapai pada putaran 1479 rpm pada transmisi gigi 3 dengan pembukaan *throttle* 70°. Sehingga turbo pada kendaraan mesin diesel memberikan pengaruh pada torsi yang dihasilkan.

Percepatan atau perubahan transmisi juga mempengaruhi torsi yang dihasilkan pada setiap putaran.

Grafik daya vs putaran

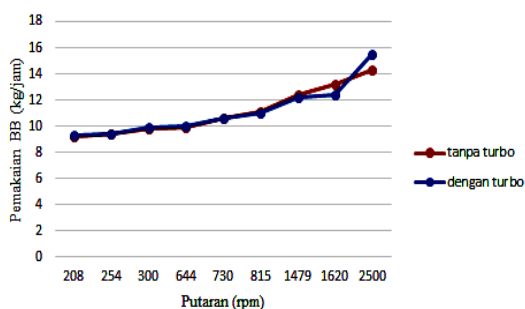


Gambar 6. Grafik Daya Vs Putaran

Dari gambar 6 hubungan daya vs putaran dapat dilihat pada putaran di bawah 2500 rpm, daya yang dihasilkan mesin dengan turbo maupun tanpa turbo cenderung semakin meningkat selama putaran dan pembukaan *throttle* juga meningkat. Hal ini disebabkan karena mesin menggunakan turbo pada putaran di bawah 1900 rpm torsi yang dihasilkan cenderung lebih besar dari pada mesin yang tanpa turbo. Sedangkan pada putaran di atas 1900 rpm mesin dengan menggunakan turbo torsi yang dihasilkan

cenderung lebih besar dari pada mesin tanpa turbo. Dengan demikian berarti nilai torsi berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan.

Grafik konsumsi BB vs putaran



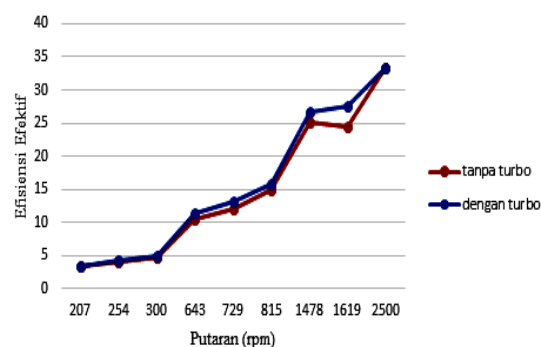
Gambar 7. Grafik Konsumsi BB Vs Putaran

Dari gambar 7 hubungan pemakaian bahan bakar vs putaran dapat dilihat pada putaran di bawah 1479 rpm dengan pembukaan *throttle* dibawah 60° pada transmisi gigi 3 pemakaian bahan bakar cenderung lebih besar atau boros dengan menggunakan mesin tanpa turbo dari pada dengan turbo. Sedangkan pada putaran diatas 1479 rpm, pemakaian bahan bakar mesin dengan turbo semakin meningkat seiring dengan bertambahnya pembukaan *throttle* daripada mesin tanpa turbo.

Grafik efisiensi vs putaran

Dari gambar 8 hubungan efisiensi vs putaran dapat dari putaran 207 pada pembukaan *throttle* 10° pada transmisi gigi 1 dimana efisiensi mesin dengan turbo atau tanpa turbo sudah berbeda dimana efisiensi yang terjadi lebih besar

mesin dengan turbo daripada tanpa turbo. Jadi semakin tinggi putaran yang digunakan dan perubahan percepatan yang digunakan juga dapat mempengaruhi efisiensi yang terjadi pada mesin tersebut.



Gambar 8. Grafik efisiensi vs putaran

SIMPULAN

Dari hasil pengolahan data diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Torsi yang dihasilkan mesin tanpa turbo dan dengan turbo semakin meningkat seiring perubahan putaran yang digunakan dan percepatan gigi transmisi.
2. Daya yang dihasilkan semakin meningkat seiring perubahan transmisi dan percepatan.
3. Pemakaian bahan bakar mesin dengan turbo cenderung lebih hemat dibanding dengan mesin tanpa turbo.
4. Efisiensi maksimal yang dihasilkan semakin meningkat bersamaan dengan meningkatnya putaran dan perubahan percepatan yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldi Nata, 2014, **Analisa Pengaruh Buka-an Katup Gas (*Throttle*) Terhadap Performa Motor Bakar 4 Langkah Studi Kasus Honda Gx-160**, Universitas Bengkulu.
- Arismunandar. W, 1986, **Motor Diesel Putaran Tinggi**, ITB, Bandung.
- Arismunandar. W, 1988, **Penggerak Mula Motor Bakar Torak**, ITB, Bandung.
- Yunus A dan M. A. Boles, 1990, ***Introductory Mechanics Experimental Laboratory***.
- Syamsul Rizal, 2013, **Sistem Induksi Udara (*Air Induction System*) Dan *Troubleshooting* Pada Mesin Toyota Vios 1nz-Fe**, Universitas Negeri Semarang
- Hus, 2006, **Ototronik**, Malang, PPPPTK VEDC Malang.
- Anonimus, **Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia**.