

PENGARUH PENAMBAHAN KOMPONEN *SUPER CHARGER* PADA MOTOR BENJIN

Dwi Arnoldi¹⁾, Moch. Yunus²⁾, Soegeng Witjahjo³⁾, Eka Satria M⁴⁾

^{1,2,3,4)}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139
e-mail : info@polsri .ac.id

RINGKASAN

Super charger yang dimaksud pada penelitian ini adalah suatu perangkat keras yang berfungsi untuk menaikkan tekanan udara memasuki *intake manifold* motor bakar torak. Tujuan modifikasi ini adalah untuk meningkatkan prestasi mesin. Obyek penelitian adalah satu unit motor bensin 2 langkah dengan kapasitas mesin 25 cc. Kegiatan penelitian ini akan menghasilkan perangkat keras yang dapat dioperasikan oleh mahasiswa maupun staf pengajar sebagai kegiatan praktikum maupun alat bantu mengajar (*teaching aid*). Penelitian ini menghasilkan juga perangkat lunak, berupa panduan/prosedur pengoperasian *Super charger* serta spesifikasi teknik dari prototipe mesin. Data dan konsep yang dihasilkan dari penelitian diharapkan dapat dijadikan acuan (referensi) untuk kegiatan penelitian lanjutan untuk mahasiswa maupun staf yang berminat untuk mengembangkan topik penelitian yang sejenis. Dari eksperimen serta analisis data diperoleh beberapa kesimpulan, antara lain:

- Ada dampak signifikan berkaitan dengan penambahan komponen super charger terhadap perubahan performansi motor bensin.
- Kondisi optimum yang dihasilkan antara lain :
Daya maksimum mesin, $BHP_{max} = 792$ Watt
Tekanan udara optimum, $P_{opt} = 24$ mm.Hg
Putaran Optimum mesin, $N_{opt} = 8425$ rpm
- Peningkatan Daya mesin sebesar 9,69 %

Kata Kunci: Motor bensin, super charger

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi menuntut manusia untuk dapat melakukan aktivitasnya secara lebih efisien serta efektif dengan senantiasa mengutamakan aspek keselamatan, bagi pekerja, peralatan maupun mesin. Dalam kehidupan sehari-hari, baik di dunia industri maupun sarana transportasi diperlukan mesin sebagai penggerak mula (*Prime Mover*). Mesin-mesin penggerak

mula memiliki karakter yang berbeda-beda, sehingga pemilihan mesin harus sesuai dengan pemakaian atau jenis operasi daya yang akan dihasilkan. Tabel berikut memberikan ilustrasi dari beberapa jenis mesin penggerak mula yang umum dipakai (Kent's F, 1985, hal. 581) berikut karakter yang dimilikinya.

Tabel 1. Karakteristik mesin penggerak mula

Jenis Mesin	Efisiensi (%)	Daya Spesifik (Watt/kg)	Getaran	Ukuran	Harga/daya	Pemakaian
Sistem Energi uap	54 - 68	25 – 35	Rendah	Besar	Sedang	Stasioner
Sistem Turbin gas	22 - 31	1500 – 3600	Sedang	Kecil	Tinggi	Stasioner/bergerak
Motor bakar Disel	34 - 42	620 – 775	Tinggi	Sedang	Rendah	Stasioner/bergerak
Motor bakar Bensin	32 - 37	750 – 950	Sedang	Sedang	Rendah	Stasioner/bergerak
Motor Listrik	40 - 56	450 – 570	Rendah	Kecil	Rendah	Stasioner

Untuk mesin penggerak yang beroperasi secara stasioner (misalnya pembangkit listrik) maka sistem energi uap dan motor disel masih menjadi primadona. Untuk sarana transportasi / kendaraan bermotor, pemakaian motor bakar bensin dan disel masih menjadi andalan. Hal ini disebabkan oleh karakter yang dimiliki oleh kedua jenis mesin tersebut. Pemakaian penggerak mula jenis yang lain misalnya energi listrik, masih terbatas untuk keperluan khusus. Sedangkan pemakaian energi radiasi matahari dan energi angin masih terbatas pada aktifitas penelitian dan belum memasuki skala komersial.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk melihat respon motor bensin yang tambahkan komponen *Super charger*. Harapan utama dari penambahan ini adalah peningkatan daya mesin yang bermuara pada peningkatan efisiensi jika mesin dioperasikan sebagai penggerak mula.

Kegiatan penelitian ini akan menghasilkan:

- 1.1 Perangkat keras, berupa komponen *Super charger* yang dapat dipasang pada mesin sepeda motor, dilengkapi dengan sistem kendali serta keamanan yang memadai. Prototipe komponen *Super charger* dapat dioperasikan oleh mahasiswa maupun staf pengajar sebagai kegiatan praktikum maupun alat bantu mengajar (*teaching aid*).
- 1.2 Perangkat Lunak, berupa panduan/prosedur pengoperasian *Super charger* serta spesifikasi teknik dari prototipe mesin. Selain dari pada itu data dan konsep yang dihasilkan dari penelitian diharapkan dapat dijadikan acuan (referensi) untuk kegiatan penelitian lanjutan untuk mahasiswa maupun staf yang berminat untuk mengembangkan topik penelitian yang sejenis.

Seiring dengan semakin tingginya harga BBM (Bahan Bakar Minyak) maka para ilmuwan berlomba untuk melakukan modifikasi terhadap motor bakar torak dengan tujuan untuk meningkatkan daya dan efisiensi. Modifikasi yang dilakukan dapat bersifat permanen maupun temporal bergantung dari kondisi operasi mesin.

Bertitik tolak dari keadaan di atas maka permasalahan yang dipandang perlu untuk di selesaikan adalah masih rendahnya daya spesifik yang dihasilkan oleh mesin. Karakter ini dipandang penting mengingat tingginya daya spesifik akan berpengaruh pada rendahnya bobot mesin, sehingga akan berdampak pada kenaikan efisiensi jika mesin dioperasikan sebagai penggerak pada kendaraan transportasi.

Dari segi Pengembangan IPTEK (Ilmu Pengetahuan dan Teknologi), maka hasil penelitian akan dipublikasikan melalui jurnal dan majalah ilmiah serta diusulkan untuk memperoleh HAKI (Hak Kekayaan Intelektual) melalui lembaga yang kompeten.. Metode dan hasil penelitian juga dapat dijadikan referensi untuk kegiatan penelitian lanjutan yang sejenis.

Dari segi pembangunan sumber daya manusia, prototipe dan prosedur pengujian dapat dijadikan bahan praktikum yang berguna untuk meningkatkan kompetensi alumni sebagai bekal jika mereka sudah terjun di dunia kerja.

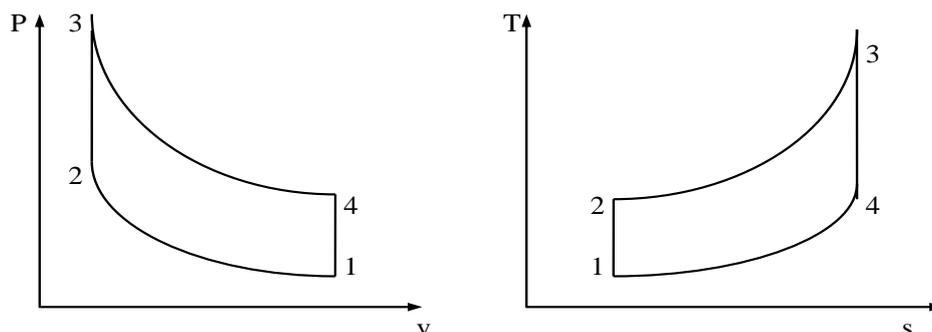
Dari segi Kewirausahaan, maka prototipe mesin dapat dijadikan sebagai sarana pendukung pada penjualan jasa bidang perawatan mesin industri.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Tentang Prestasi

Perkembangan teknologi di bidang motor bakar dari tahun ke tahun selalu meningkat, hal ini merupakan indikator dari keberhasilan para ilmuwan dalam melakukan penelitian yang berorientasi pada kepuasan konsumen. Prestasi motor bakar torak ditentukan oleh dua variabel, yaitu Daya dan Efisiensi.

Daya sering disebut sebagai BHP (*Brake Horse Power*) maupun Energi Mekanik adalah besaran kuantitatif yang dihasilkan oleh motor bakar dan merupakan keluaran utama yang diharapkan oleh manusia. Secara termodinamik, untuk motor bakar torak berbahan bakar bensin (baca: motor bensin) mengacu pada siklus Otto (Maleev JP, 1982) sebagai mana terlihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Diagram termodinamika Motor Bensin (Maleev, TJ, 1982)

Jika m (kg) adalah massa udara di dalam silinder, P (Pa) tekanan udara, v (m^3) volume udara, maka kerja teoritik netto yang dihasilkan untuk setiap satu siklus adalah:

$$W = \text{Kerja ekspansi} - \text{Kerja kompresi}$$

$$= m \left(\int_4^3 P \, dv - \int_1^2 P \, dv \right) \quad (1)$$

Jika mengacu pada perubahan energi kalor dengan T ($^{\circ}K$) adalah temperatur, s (j/kg.K) adalah entropi jenis, maka kerja kalor yang dihasilkan untuk satu siklus adalah:

$$W = \text{Energi kalor masuk} - \text{Energi kalor terbuang}$$

$$= m \left(\int_4^3 T \, ds - \int_1^2 T \, ds \right) \quad \dots\dots\dots(2)$$

untuk n (rpm) adalah putaran mesin, maka untuk motor bensin 4 langkah daya ideal (daya teoritik) yang dihasilkan adalah:

$$P_{id} = n/2 \cdot W \text{ (Watt)}$$

dan untuk motor bensin 2 langkah

$$P_{id} = n \cdot W \text{ (Watt)} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Daya poros (BHP) diperoleh dengan mengalikan daya teoritik dengan efisiensi

$$BHP = \eta_o \cdot P_{id} \quad \dots\dots\dots(4)$$

Daya poros juga dapat diukur menggunakan dinamometer (Halowenko, 1982) dengan formulasi:

$$BHP = T \cdot \omega \quad \dots\dots\dots(5)$$

dimana:

T : momen torsi yang dihasilkan poros (N.m)

ω : Kecepatan sudut dari poros (rad/det)

Efisiensi motor bensin (η_o) didefinisikan sebagai hasil bagi antara daya poros yang dihasilkan dengan daya kalor yang disuplai dari bahan bakar (Kent's F, 1985)

$$\eta_o = \frac{\text{Daya poros}}{\text{Daya kalor}} = \frac{BHP}{Q} = \frac{BHP}{m_f \cdot LCV} \quad \dots\dots\dots(6)$$

dimana:

m_f : laju aliran massa bahan bakar (kg/det)

LCV: *Lower Calorific Value* (Nilai kalor bahan bakar), (J/kg)

Karakteristik motor bakar lain yang juga sangat penting untuk pemakaian kendaraan bermotor adalah daya spesifik (Sularso, 1982) yang didefinisikan sebagai hasil bagi antara daya poros (BHP) dengan massa mesin (M_m).

$$P_{sp} = \frac{BHP}{M_m} \quad \dots\dots\dots(7)$$

2.2. Konsep Super Charger

Dalam operasinya, proses pemasukan udara motor bakar torak mengandalkan gerakan silinder dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB) dengan posisi katup isap terbuka dan katup buang tertutup. Massa udara yang dihasilkan dari langkah ini ditentukan oleh besar kecilnya volume silinder. Massa bahan bakar yang dapat disuplai disesuaikan dengan massa udara pembakaran berdasarkan AFR (*Air Fuel Ratio*) yang sudah ditetapkan. Jumlah massa bahan bakar akan berpengaruh pada besar kecilnya daya yang dihasilkan motor bakar. Untuk menambah massa bahan bakar agar diperoleh daya yang lebih besar, maka harus diimbangi dengan penambahan massa udara. Untuk mesin disel ukuran besar, penambahan massa udara dapat dilakukan dengan memasang komponen

Turbo Charger yang bekerja dengan memanfaatkan tekanan sisa dari pembuangan gas pembakaran. Cara lain untuk memperbesar massa udara pembakaran adalah penggunaan *Super Charger*, yaitu suatu alat berbentuk kompresor yang bekerja dengan mengambil sebagian daya dari mesin.

Dari gambar dapat ditunjukkan bahwa penambahan udara pembakaran yang diikuti dengan massa bahan bakar yang proporsional akan menambah luas diagram. Secara matematik dengan mengadopsi rumus persamaan (1) maka akan diperoleh kenaikan daya teoritik dari penambahan luas tersebut.

3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon sebuah motor bakar torak berbahan bakar premium ketika diberikan variasi tekanan udara masuk ke ruang pembakaran. Respon mesin ditunjukkan oleh perubahan parameter prestasi mesin, berupa daya poros, BHP (*Brake Horse Power*) serta efisiensi perubahan energi yang terjadi. Sistem pembebanan mesin dilakukan dengan cara pengereman menggunakan dynamometer hidrolik. Dengan mempertimbangkan segi keamanan, maka untuk pembukaan katup karburetor hanya akan dilakukan pada nilai 50 %.

3.2 Manfaat Penelitian

Data-data hasil penelitian bermanfaat bagi konsumen yang menggunakan sistem *super charger* pada sepeda motor. Hasil penelitian yang akan dipublikasikan akan memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan, yaitu yang berkaitan dengan penentuan karakteristik motor bensin. Perangkat keras serta SOP pengoperasian *super charger* akan dijadikan salah satu Job pada kegiatan praktikum mahasiswa, khususnya Jurusan Teknik Mesin untuk mata kuliah Mesin Konversi Energi.

4. METODE PENELITIAN

Untuk mendapatkan hasil yang optimal, maka pada kegiatan penelitian akan dilakukan beberapa tahapan antara lain:

4.1. Pemilihan Perangkat Pengujian

4.1.1 Mesin Uji.

Motor bensin yang akan dijadikan sebagai mesin uji adalah motor bensin 2 langkah dengan kapasitas mesin 25 cc dan daya poros (BHP) 1 Hp

4.1.2 Komponen *Super charger*.

Pada kegiatan ini akan dipilih komponen *Super charger* yang akan menghasilkan tekanan udara pada saluran masuk karburator

dengan 5 variasi tekanan. *Super charger*. Dengan alasan keamanan maka kompresor dipilih dari jenis *non positive*. Adapun motor penggerak dipilih dari jenis DC 12 volt dengan 5 variasi putaran.

4.1.3

Alat ukur dan pengatur tekanan.

Instrumen ini berfungsi untuk mengetahui tekanan udara yang masuk kedalam silinder. Alat ukur tekanan dipilih dari jenis tabung Bordon dengan pembacaan tekanan 0 mm.Hg hingga 60 mm.Hg, sedangkan pengatur tekanan (*pressurestat*) dipilih dari jenis *Piezoelectric* dengan ketepatan ± 2 mm. Hg.

4.1.4

Termometer.

Instrumen ini berfungsi untuk mengetahui temperatur mesin sebelum dan sesudah dipasang *super charger*. Untuk kemudahan dalam pembacaan, maka termometer yang akan dipakai dari jenis Termokopel digital menggunakan sensor tipe K dengan jangkauan pembacaan 0°C s/d 450°C dengan resolusi 0,1°C.

4.1.5

Pengukuran daya mesin.

Untuk pengukuran daya mesin maka pengujian akan dilakukan dengan menjalankan sepeda motor, selanjutnya data kecepatan akan dijadikan sebagai acuan dari daya yang dihasilkan oleh mesin sepeda motor tersebut.

4.2. Merangkai Komponen / Instrumen pengujian

Dalam kegiatan ini beberapa faktor yang menjadi pertimbangan antara lain:

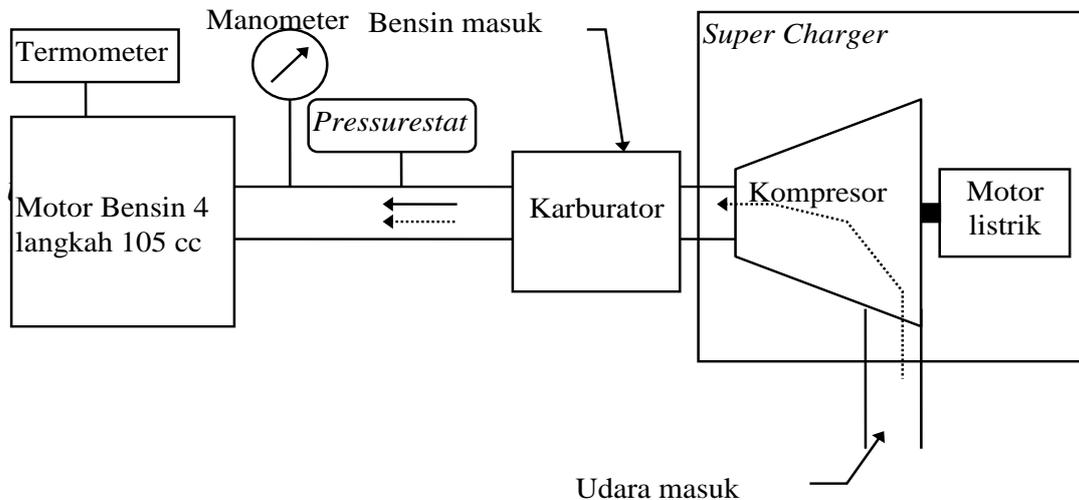
4.2.1 Aspek Ergonomis, dimana pemasangan komponen akan mempermudah dalam melakukan aktivitas pengujian.

4.2.2 Aspek Ketelitian, dimana pembacaan alat ukur akan memberikan data yang seakurat mungkin.

4.2.3 Aspek keamanan, untuk menjamin keamanan baik bagi komponen

mesin dan instrumen maupun operator pada saat pengujian.

Gambar berikut memberikan ilustrasi dari instalasi pengujian yang diusulkan pada penelitian ini.



Gambar 4. Skema pengujian mesin melibatkan *Super Charger* yang diusulkan

4.3. Prosedur Pengujian Mesin

Besaran-besaran yang akan diperlakukan sebagai variabel pengujian adalah :

- 4.3.1 Tekanan udara memasuki silinder. Variabel ini akan diatur oleh *Super charger* dengan cara mengatur kecepatan motor listrik penggerak kompresor yang dikombinasikan dengan *pressure stat*. Respon tekanan *gage* dibaca menggunakan manometer dengan satuan mm.Hg. Variasi tekanan udara pada pengujian ini ditetapkan sebanyak 4 jenis yaitu . 0 mm.Hg, 20 mm.Hg, 40 mm.Hg dan 60 mm.Hg
- 4.3.2 Pembukaan gas ditetapkan sebesar 50%.

Adapun prosedur pengujian mesin direncanakan adalah sebagai berikut.

- Mesin dihidupkan pada kondisi stasioner dengan pembukaan gas sekitar 10 %. Mesin dibiarkan hidup sekitar 10 menit hingga mesin mencapai temperatur operasi.
- Pembukaan gas dinaikan hingga 50 %.
- Prosedur a dan b diperlakukan pada sepeda motor untuk pembukaan gas dan tekanan udara yang berbeda.

4.4. Analisa Data Pengujian

Data pengujian untuk setiap perlakuan sejenis (dari populasi yang sama), dalam hal ini pada pembukaan gas yang sama akan diperiksa secara statistik menyangkut perbedaannya

menggunakan uji variansi *Chi test* pada tingkat kepercayaan 95 %, selanjutnya akan dibuat kurva kecenderungan *trend line* untuk mendapatkan fungsi matematik yang paling mendekati.

Di dalam pengujian ini juga akan dilihat respon lain dari mesin yang secara subyektif akan mengindikasikan baik atau buruknya pemakaian *Super charger*.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Penelitian dimulai dengan rancang bangun perangkat keras, berupa pembuatan rangka pendukung, dilanjutkan pemasangan instrument serta sistem kendali. Pengujian awal dilaksanakan untuk mengetahui kondisi perangkat uji. Beberapa kekurangan yang dijumpai diperbaiki. Beberapa aspek yang dipertimbangkan pada perangkaian antara lain aspek kelurusan antar poros, kekuatan sambungan las serta kekncangan pemasangan baut, mur dan skrup. Setelah dinyatakan siap uji maka pengambilan data dilaksanakan dengan dibantu oleh beberapa mahasiswa. Setiap perlakuan diambil data sebanyak 5 sampel, untuk selanjutnya kelima data diuji secara statistic menyangku homogenitasnya. Dengan pertimbangan faktor keselamatan dan kemampuan mesin, maka pada penelitian ini ditetapkan pembukaan katup karburator sebesar 50% dan putaran poros mesin bervariasi antara 4000 rpm hingga 10.000 rpm. Variasi tekanan udara masuk karburetor ditetapkan sebesar 0 mm.Hg, 20 mm.Hg, 40 mm.Hg dan 60 mm.Hg.

Daya mesin (BHP: *Brake Horse Power*) dihitung dengan formulasi :

$$BHP = T \times \omega = F \times R \times \frac{\pi N}{30}$$

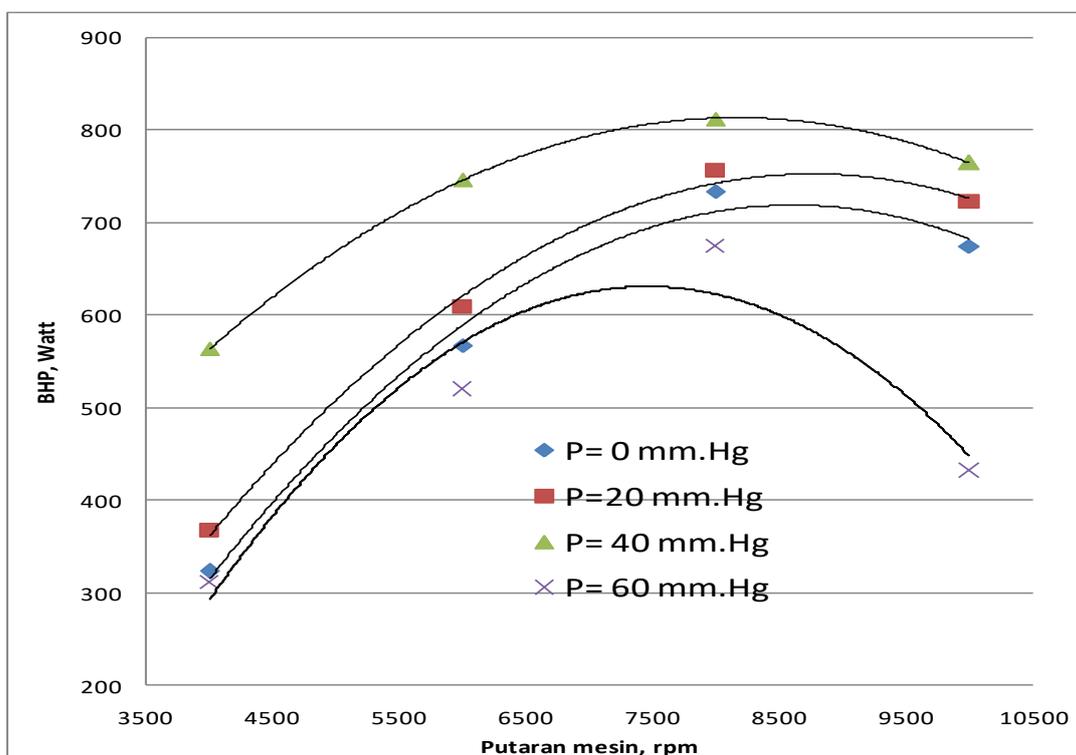
N : putaran poros mesin, rpm

Berikut ditampilkan matrik data pengujian yang sudah dirata-ratakan.

Dimana, F : Gaya peneraman, N
 R Jejari pengerman = 0,135 m

Tabel 2. Rekapitulasi Data pengujian mesin

Putaran mesin, rpm	Daya mesin (BHP). Wat			
	P= 0 mm.Hg	P= 20 mm.Hg	P= 40 mm.Hg	P= 60 mm.Hg
4000	323	367	564	311
6000	567	609	797	520
8000	734	756	789	675
10000	745	751	561	432



Gambar 5. Kurva Karakteristik Pengujian mesin

5.2

Pembahasan

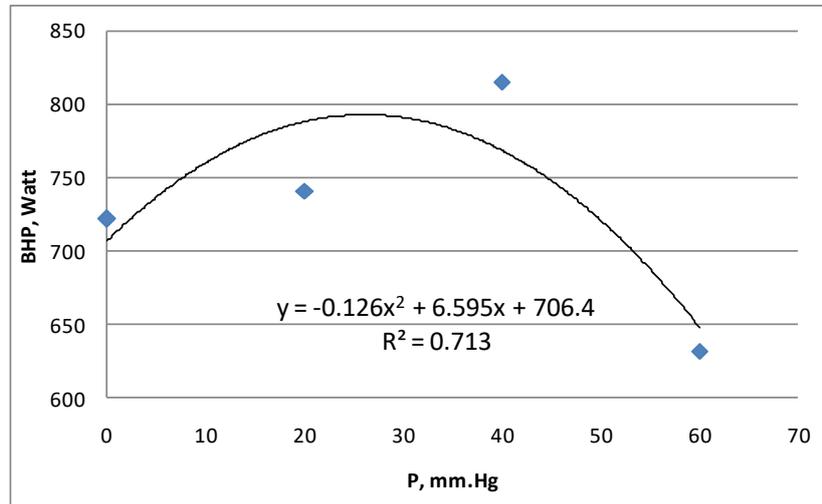
Perubahan tekanan udara memasuki karburetor memiliki dampak signifikan terhadap performansi mesin. Dengan analisis turunan pertama serta metode *curve fitting*, diperoleh kinerja mesin pada berbagai putaran, yaitu:

- Pada tekanan udara memasuki karburetor, P= 0 mm.Hg
 Daya mesin maksimum, $BHP_{max} = 722$ Watt
 Putaran Optimum, $N_{opt} = 8240$ rpm
- Pada tekanan udara memasuki karburetor, P= 20 mm.Hg

- Pada tekanan udara memasuki karburetor, P= 40 mm.Hg
 Daya mesin maksimum, $BHP_{max} = 815$ Watt
 Putaran Optimum, $N_{opt} = 8150$ rpm
- Pada tekanan udara memasuki karburetor, P= 60 mm.Hg
 Daya mesin maksimum, $BHP_{max} = 635$ Watt
 Putaran Optimum, $N_{opt} = 7050$ rpm

Tabel 7. Daya mesin maksimum mesin

Tekanan udara masuk karburetor, P (mm.Hg)	Daya mesin, BHP (Watt)
0	722
20	741
40	815
60	632



Gambar 6. Kurva optimalisasi mesin

Dengan pendekatan polynomial ordo 2 diperoleh fungsi kecenderungan (*trend function*):

$$Y = -0,126 X^2 + 6,595 X + 706,4$$

Menggunakan metode turunan pertama dihasilkan:

Daya maksimum mesin, $BHP_{\max} = 792$ Watt

Tekanan udara optimum, $P_{\text{opt}} = 24$ mm.Hg

Putaran Optimum mesin, $N_{\text{opt}} = 8425$ rpm

Kenaikan daya mesin dihitung dengan rumus :

$$\frac{BHP_{P=24 \text{ mm.Hg}} - BHP_{P=0 \text{ mmHg}}}{BHP_{P=24 \text{ mmHg}}} \times 100\%$$

$$= \frac{792-722}{722} \times 100\% = 9,69\%$$

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari data pengujian dilanjutkan dengan analisis statistic serta pembuatan kurva karakteristik diperoleh kesimpulan, antara lain:

- 6.1.1 Ada dampak signifikan berkaitan dengan penambahan komponen super charger terhadap perubahan perfomansi motor bensin.
- 6.1.2 Kondisi optimum yang dihasilkan antara lain: Daya maksimum mesin, $BHP_{\max} = 792$ Watt, Tekanan udara optimum, $P_{\text{opt}} = 24$ mm.Hg, Putaran Optimum mesin, $N_{\text{opt}} = 8425$ rpm
- 6.1.3 Peningkatan Daya mesin sebesar 9,69 %

6.2 Saran

Kepada pembaca hasil penelitian ini, penulis menyarankan

- 6.2.1 Jika berminat melakukan pengujian mesin ini hendaklah mengikuti SOP (*Standar Operation Procedure*) yang sudah dibuat penulis.
- 6.2.2 Dari paket pengujian dapat dikembangkan beberapa topic penelitian, terutama yang berkaitan dengan efisiensi mesin.

DAFTAR PUSTAKA

1. Beckwith T G and Buck N L., 1982, *MECHANICAL MEASUREMENT.*, 3th edition, Addison Wesley, Inc.

2. Beer F P and Jhonstone, E.R., 1982, *MECHANICAL ENGINEERING, DYNAMICS*, Pradt & Whitney Publisher
3. Hald F and Teddy B., 1987, *STATISTICS FOR ENGINEER*, 3th edition, McGraw-Hill, Inc.
4. Holowenko, A.R., 1985, *DYNAMICS OF MACHINERY*, 2nd edition, John Willey & Sons, Inc.
5. Kent's F, 1985, *HANDBOOK OF MECHANICAL ENGINEERING, Power Volume*, McGraw-Hill Book Company.
6. Maleev, TJ, 1982, *INTERNAL COMBUSTION ENGINES*, 4TH Edition, John Willey & Son's Publisher.
7. Sigley J and Mitchell L D., 1982, *MECHANICAL ENGINEERING DESIGN*, International Edition, McGraw-Hill, Inc