



PENGARUH CELAH ELEKTRODE BUSI TERHADAP KINERJA MESIN HONDA GL 100

Budi Harjanto¹, Heri Wijanarko², Sukahar³

Teknik Mesin Pertahanan. Akademi Militer^{1,2,3}

budiharjanto@nikmesinhan.akmil.ac.id¹, heriwijanarko@nikmesinhan.akmil.ac.id²,
sukahar@nikmesinhan.akmil.ac.id³

Abstract

This study aims to analyze the effect of spark plug electrode gap variations on the performance of the Honda GL 100 105 cc engine at the PAL Akmil workshop. Combustion in a gasoline engine occurs in the combustion chamber due to the spark plug's electrical discharge, which is influenced by the voltage difference between the central electrode and the ground electrode, as well as the electrode gap. A gap that is too small can hinder flame kernel development, leading to suboptimal combustion and reduced engine performance. The experiment was conducted using an NGK DE8A spark plug with electrode gap variations of 0.6 mm, 0.7 mm, and 0.8 mm, and engine speed variations ranging from 3000 to 9000 rpm, increasing by 1000 rpm, using a dynamometer. The results showed that the highest torque was obtained at a 0.8 mm gap at 6000 rpm, measuring 7.19 Nm, while the lowest torque was recorded at a 0.6 mm gap at 9000 rpm, measuring 4.63 Nm. The highest power output was achieved at a 0.6 mm gap at 8000 rpm, reaching 6.81 HP, while the lowest power was observed at a 0.6 mm gap at 3000 rpm, at 2.75 HP. The highest brake mean effective pressure (BMEP) was recorded at a 0.8 mm gap at 6000 rpm, measuring 1.15 kPa, whereas the lowest BMEP was observed at a 0.6 mm gap at 9000 rpm, at 0.74 kPa. The study concludes that spark plug electrode gap variations significantly affect engine performance, with the optimal gap for torque and BMEP found to be 0.8 mm.

Keywords: Spark plug electrode gap, engine performance, torque, power, brake mean effective pressure (BMEP).

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi celah elektrode busi terhadap kinerja mesin Honda GL 100 105 cc di bengkel PAL Akmil. Proses pembakaran dalam mesin bensin terjadi di ruang bakar akibat loncatan bunga api dari busi, yang dipengaruhi oleh perbedaan tegangan antara pusat elektrode dan elektrode massa serta jarak celah elektrode busi. Celah elektrode yang terlalu kecil dapat menyebabkan inti api sulit berkembang, sehingga pembakaran menjadi kurang optimal dan menurunkan kinerja mesin. Percobaan dilakukan menggunakan busi NGK tipe DE8A dengan variasi celah elektrode 0,6 mm, 0,7 mm, dan 0,8 mm, serta variasi putaran mesin dari 3000 hingga 9000 rpm dengan kenaikan 1000 rpm menggunakan dinamometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa torsi terbesar diperoleh pada celah 0,8 mm pada 6000 rpm sebesar 7,19 Nm, sedangkan torsi terkecil terjadi pada celah 0,6 mm pada 9000 rpm sebesar 4,63 Nm. Daya terbesar dihasilkan pada celah 0,6 mm pada 8000 rpm sebesar 6,81 HP, sementara daya terkecil terjadi pada celah 0,6 mm pada 3000 rpm sebesar 2,75 HP. Tekanan efektif rata-rata (BMEP) tertinggi tercatat pada celah 0,8 mm pada 6000 rpm sebesar 1,15 kPa, sedangkan yang terendah pada celah 0,6 mm pada 9000 rpm sebesar 0,74 kPa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi celah elektrode busi berpengaruh signifikan terhadap performa mesin, dengan celah optimal untuk torsi dan tekanan efektif rata-rata berada pada 0,8 mm.

Kata Kunci: Celah elektrode busi, kinerja mesin, torsi, daya, tekanan efektif rata-rata (BMEP).

PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor merupakan salah satu alat transportasi yang memerlukan mesin sebagai penggerak awal, baik roda dua maupun roda empat. Motor bakar adalah salah satu jenis mesin yang digunakan untuk keperluan tersebut, yang berfungsi mengubah energi kalor menjadi energi mekanik. Dengan adanya energi kalor sebagai penghasil tenaga, dibutuhkan bahan bakar seperti bensin, solar, pertamax, atau gas agar proses pembakaran dapat berlangsung. Motor bensin merupakan salah satu jenis motor bakar torak yang bekerja dengan sistem pembakaran dalam, yaitu proses pembakaran terjadi di ruang bakar. Proses pembakaran ini dipengaruhi oleh suhu dan tekanan yang meningkat pada ruang bakar, sehingga campuran udara dan bahan bakar yang masuk melalui katup hisap dapat terbakar oleh percikan api dari busi di akhir langkah kompresi. Oleh karena itu, sistem pengapian yang baik sangat penting untuk menghasilkan tenaga dan kerja mesin yang optimal.

Percikan api dari busi bergantung pada perbedaan tegangan antara elektrode pusat dan elektrode massa. Hal ini menjadikan jarak celah elektrode pada busi sebagai faktor penting dalam menentukan efektivitas pembakaran. Celah ini menjadi tempat terjadinya loncatan bunga api, yang berperan sebagai pemicu pembakaran. Untuk menunjang kinerja pengapian yang maksimal, berbagai tipe dan merek busi kini tersedia di pasaran. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui ukuran celah elektrode yang tepat agar performa mesin dapat mencapai hasil optimal.

LANDASAN TEORI

Motor bakar.

Motor bakar adalah salah satu jenis mesin kalor, yaitu mesin yang mengubah energi termal untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Sebelum menjadi tenaga mekanis, energi



kimia bahan bakar diubah dulu menjadi energi termal atau panas melalui pembakaran bahan bakar dengan udara. Pembakaran ini ada yang dilakukan di dalam mesin kalor itu sendiri dan ada pula yang dilakukan di luar mesin kalor.

Klasifikasi Motor Bakar.

Motor bakar dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis:

1. Berdasarkan sistem pembakaran:

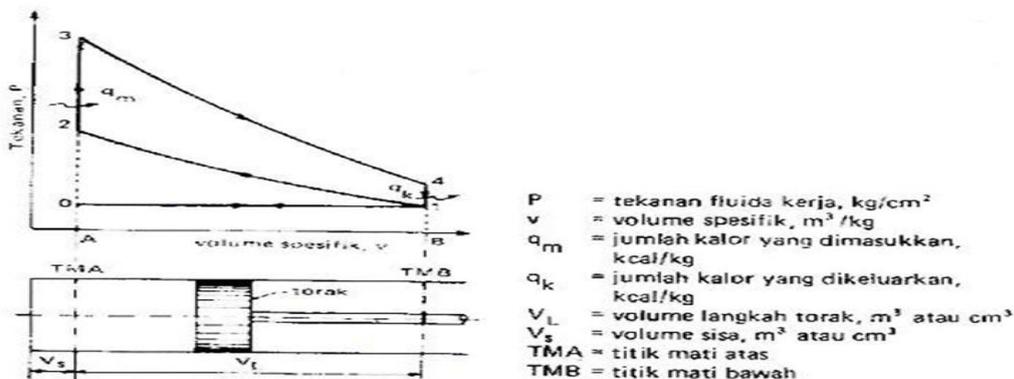
- Mesin pembakaran dalam (Internal Combustion Engine - ICE):** Proses pembakaran terjadi di dalam mesin, di mana gas hasil pembakaran juga berfungsi sebagai fluida kerja.
- Mesin pembakaran luar (External Combustion Engine - ECE):** Proses pembakaran berlangsung di luar mesin, dan energi termal dari gas hasil pembakaran dipindahkan ke fluida kerja.

Hal-hal yang perlu menjadi perhatian dan pertimbangan dalam menentukan mesin yang akan digunakan adalah :

- Mesin pembakaran dalam yaitu :
 - Pemakaian bahan bakar irit.
 - Berat tiap satuan tenaga mekanis lebih kecil.
 - Konstruksi lebih sederhana, karena tidak memerlukan ketel uap, kondensor dan sebagainya.
 - Mesin pembakaran luar yaitu :
 - Dapat memakai semua bentuk bahan bakar.
 - Dapat memakai bahan bakar yang bermutu rendah.
 - Cocok untuk melayani beban - beban besar dalam satu poros.
 - Lebih cocok dipakai untuk daya tinggi.
- #### 2. Berdasarkan sistem penyalaan:
- Motor bensin (motor Otto):** Dikenal sebagai spark ignition engine, dilengkapi busi dan karburator. Busi menghasilkan percikan api untuk membakar campuran bahan bakar dan udara, menghasilkan daya dalam siklus pembakaran volume konstan.
 - Motor diesel:** Tidak menggunakan percikan api. Bahan bakar disemprotkan ke ruang bakar saat torak hampir mencapai titik TMA, di mana udara dalam silinder sudah bertemperatur tinggi, dengan perbandingan kompresi sekitar 12-25.

Siklus Termodinamika.

Siklus udara volume konstan (siklus otto), dapat digambarkan dengan grafik P dan V



Gambar 1 Diagram P Vs V Dari Siklus Volume Konstan

Penjelasan :

- Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan.
- Langkah hisap (0-1) merupakan proses tekanan konstan.
- Langkah kompresi (1-2) ialah proses isentropik.
- Proses pembakaran volume konstan (2-3) dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan.
- Langkah kerja (3-4) ialah proses isentropik.
- Proses pembuangan (4-1) dianggap sebagai proses pengeluaran kalor pada volume konstan.
- Langkah buang (1-0) ialah proses tekanan konstan.
- Siklus dianggap tertutup, artinya siklus ini berlangsung dengan fluida kerja yang sama, atau gas yang berada didalam silinder pada titik 1 dapat dikeluarkan dari dalam silinder pada waktu langkah buang, tetapi pada langkah hisap berikutnya akan masuk sejumlah fluida yang sama.

Prinsip Kerja Motor Bakar.

Prinsip kerja motor bakar dibedakan menjadi 2 yaitu motor 4 langkah dan 2 langkah.

- Motor Bensin 4 Langkah.** Motor bensin empat langkah adalah motor yang setiap satu kali pembakaran bahan bakar memerlukan 4 langkah dan 2 kali putaran poros engkol. Prinsip kerja motor 4 langkah dapat dijelaskan sebagai





berikut :

a. Langkah hisap : Pada saat langkah hisap torak bergerak dari titik mati atas ke titik mati bawah sehingga terjadi pembesaran volume ruangan yang menimbulkan kevakuman di dalam silinder maka campuran udara dan bahan bakar yang sudah menjadi kabut terhisap masuk ke dalam silinder karena pada saat ini katup hisap terbuka. Langkah hisap bertujuan untuk memasukkan udara dan bahan bakar ke dalam silinder. Sebagaimana tenaga mesin diproduksi tergantung dari jumlah bahan-bakar yang terbakar selama proses pembakaran. Pada proses hisap ini katup hisap dibuka sebelum titik mati atas dan ditutup sesudah titik mati bawah maksudnya untuk memperbesar efisiensi pemasukan. Prosesnya sebagai berikut :

- 1) Torak bergerak dari TMA ke TMB
- 2) Katup masuk terbuka, katup buang tertutup.
- 3) Poros engkol berputar 1800.
- 4) Poros nok berputar 900.
- 5) Campuran bahan bakar dengan udara yang telah tercampur di dalam karburator masuk ke dalam silinder melalui katup masuk.
- 6) Saat torak berada di TMB katup masuk akan tertutup.

b. Langkah kompresi : Langkah kompresi dimulai saat katup hisap menutup dan torak terdorong ke arah ruang bakar akibat momentum dari poros engkol dan flywheel. Pada saat langkah kompresi katup hisap tertutup dan torak bergerak dari titik mati bawah ke titik mati atas. Pada saat torak mulai bergerak dari titik mati bawah ke titik mati atas katup hisap tertutup sehingga campuran udara dan bahan bakar dikompresi. Dengan timbulnya tekanan dan temperatur tinggi maka campuran udara dan bahan bakar yang belum sempurna akan menguap menjadi lebih homogen. Tujuan dari langkah kompresi adalah untuk meningkatkan temperatur sehingga campuran udara-bahan bakar dapat bersenyawa. Rasio kompresi ini juga nantinya berhubungan erat dengan produksi tenaga. Prosesnya sebagai berikut :

- 1) Torak bergerak dari TMB ke TMA.
- 2) Katup masuk dan katup buang kedua - duanya tertutup sehingga gas yang telah diisap tidak keluar pada waktu ditekan oleh torak yang mengakibatkan tekanan gas akan naik.
- 3) Beberapa saat sebelum torak mencapai TMA busi mengeluarkan bunga api.
- 4) Gas bahan bakar yang telah mencapai tekanan tinggi terbakar.
- 5) Akibat pembakaran bahan bakar, tekanannya akan naik menjadi kira - kira tiga kali lipat.
- 6) Poros engkol berputar satu putaran penuh atau 3600.
- 7) Poros nok berputar 1800.

3) Langkah kerja atau ekspansi : Dimulai ketika campuran udara dan bahan bakar di dalam silinder terbakar oleh percikan bunga api listrik dari busi. Dengan cepat campuran yang terbakar ini merambat dan terjadilah ledakan yang tertahan oleh dinding kepala silinder sehingga menimbulkan tendangan balik bertekanan tinggi yang mendorong piston turun ke silinder bore. Gerakan linier dari piston ini dirubah menjadi gerak rotasi oleh poros engkol. Energi rotasi diteruskan sebagai momentum menuju flywheel yang bukan hanya menghasilkan tenaga, counter balance weight pada poros engkol membantu piston melakukan siklus berikutnya. Tekanan dan temperatur gas pembakaran menjadi naik dan pemuai terjadi dengan cepat. Tekanan pemuai ini mendorong torak bergerak ke bawah sehingga poros engkol berputar. Pada semua proses kerja motor hanya pada saat langkah kerjalah yang menghasilkan tenaga. Tanda - tanda langkah kerja :

- a) Saat ini kedua katup masih dalam keadaan tertutup.
- b) Gas terbakar dengan tekanan yang tinggi akan mengembang kemudian menekan torak turun ke bawah dari TMA ke TMB.
- c) Tenaga ini disalurkan melalui batang penggerak, selanjutnya oleh poros engkol diubah menjadi gerak berputar.
- d) Poros engkol berputar satu setengah putaran atau 5400.
- e) Poros nok berputar 2700.

4) Langkah pembuangan : Pada saat langkah buang katup buang sudah mulai terbuka sebelum torak berada di titik mati bawah dan selanjutnya gas bekas pembakaran keluar oleh dorongan torak melalui saluran buang. Langkah buang menjadi sangat penting untuk menghasilkan operasi kinerja mesin yang lembut dan efisien. Torak bergerak mendorong gas sisa pembakaran keluar dari silinder menuju pipa knalpot. Proses ini harus dilakukan dengan total, dikarenakan sedikit saja terdapat gas sisa pembakaran yang tercampur bersama pemasukkan gas baru akan mereduksi potensial tenaga yang dihasilkan. Tanda-tanda langkah buang :

- a) Katup buang terbuka, katup masuk tertutup.
- b) Torak bergerak dari TMB ke TMA.
- c) Gas sisa pembakaran terdorong oleh torak keluar melalui katup buang.
- d) Poros engkol berputar dua kali putaran atau 7200.
- e) Poros nok berputar satu putaran penuh atau 3600.

b. Motor Bensin 2 Langkah. Motor bensin 2 langkah adalah mesin yang proses pembakarannya dilaksanakan





dalam satu kali putaran poros engkol atau dalam dua kali gerakan piston. Jika piston bergerak naik dari titik mati bawah ke titik mati atas maka saluran bilas dan saluran buang akan tertutup. Dalam hal ini bahan bakar dan udara dalam ruang bakar dikompresikan. Sementara itu campuran bahan bakar dan udara masuk ruang engkol, beberapa derajat sebelum piston mencapai titik mati atas, busi akan meloncatkan api sehingga terjadi pembakaran bahan bakar.

Prinsip kerja dari motor 2 langkah :

- 1) Langkah hisap :
 - a) Torak bergerak dari TMA ke TMB.
 - b) Pada saat saluran bilas masih tertutup oleh torak, di dalam bak mesin terjadi kompresi terhadap campuran bensin dengan udara.
 - c) Di atas torak, gas sisa pembakaran dari hasil pembakaran sebelumnya sudah mulai terbuang keluar saluran buang.
 - d) Saat saluran bilas terbuka, campuran bensin dengan udara mengalir melalui saluran bilas terus masuk kedalam ruang bakar.
- 2) Langkah kompresi :
 - a) Torak bergerak dari TMB ke TMA.
 - b) Rongga bilas dan rongga buang tertutup, terjadi langkah kompresi dan setelah mencapai tekanan tinggi busi memercikkan bunga api listrik untuk membakar campuran bensin dengan udara tadi.
 - c) Pada saat yang bersamaan, di bawah (di dalam bak mesin) bahan bakar yang baru masuk kedalam bak mesin melalui saluran masuk.
- 3) Langkah kerja atau ekspansi :
 - a) Torak kembali dari TMA ke TMB akibat tekanan besar yang terjadi pada waktu pembakaran bahan bakar
 - b) Saat itu torak turun sambil mengkompresi bahan bakar baru di dalam bak mesin.
- 4) Langkah buang :
 - a) Menjelang torak mencapai TMB, saluran buang terbuka dan gas sisa pembakaran mengalir terbuang keluar.
 - b) Pada saat yang sama bahan bakar baru masuk ke dalam ruang bahan bakar melalui rongga bilas.
 - c) Setelah mencapai TMB kembali, torak mencapai TMB untuk mengadakan langkah sebagai pengulangan dari yang dijelaskan di atas.

Busi.

Busi adalah komponen pada motor bensin yang berfungsi menghasilkan percikan api di dalam ruang bakar. Percikan ini terjadi di antara dua elektroda busi dan berguna untuk membakar campuran udara dan bahan bakar. Energi listrik untuk menghasilkan percikan api berasal dari baterai (accu) dan diubah menjadi tegangan tinggi oleh koil melalui prinsip induksi seperti pada transformator. Tegangan tinggi ini menyebabkan loncatan bunga api di antara elektroda busi. Setelah percikan terjadi, tegangan akan menurun, namun api tetap menyala selama proses pembakaran berlangsung. Waktu penyalan adalah lamanya percikan api bertahan, mulai dari tegangan puncak hingga menurun. Waktu ini harus cukup agar campuran udara dan bahan bakar terbakar secara optimal. Tegangan penyalan adalah tegangan minimum yang diperlukan agar percikan api bisa meloncat di antara elektroda. Tegangan ini menciptakan medan listrik kuat yang mengionisasi celah elektroda, sehingga percikan api bisa terjadi.

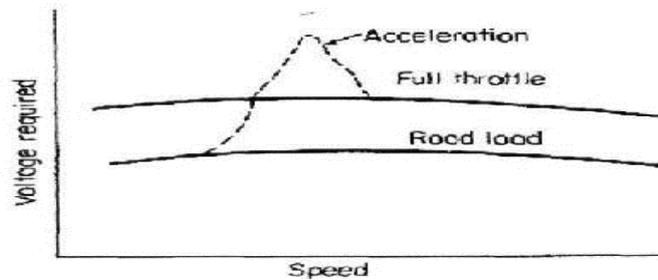
Karakteristik Busi.

Dalam motor bensin, busi mempunyai fungsi yang sangat vital yaitu untuk menghasilkan penyalan pada ruang bakar dan kemudian membakar campuran udara dan bahan bakar. Sifat-sifat atau karakteristik -karakteristik tertentu dari busi harus sesuai dengan kondisi kerjanya. Karakteristik-karakteristik tersebut antara lain :

- 1) Karakteristik Mekanik. Busi harus memiliki kekuatan tinggi untuk menahan tekanan gas di ruang bakar yang dapat mencapai lebih dari 50 bar. Oleh karena itu, material seperti tembaga, nikel, dan platina sering digunakan karena tahan terhadap tekanan dan tidak mudah bocor. Kebocoran gas dapat menurunkan performa mesin, menyebabkan panas berlebih, dan merusak busi. Selain itu, ketahanan terhadap deformasi akibat tekanan tinggi menjadi syarat utama dalam konstruksi busi. Desain elektroda juga harus tepat untuk mencegah penyalan awal yang dapat mengurangi tenaga mesin. Karena busi bekerja pada suhu tinggi, materialnya harus tahan terhadap karat dan korosi untuk menjaga keawetan dan kinerjanya.
- 2) Karakteristik Kelistrikan
Tegangan penyalan pada busi dipengaruhi oleh desain dan jarak antara elektroda. Oleh karena itu, elektroda harus dibuat dari material yang memiliki konduktivitas listrik yang baik. Sifat material juga memengaruhi kemampuan elektroda untuk memancarkan elektron saat panas, yang diperlukan untuk membentuk percikan api. Namun, dalam praktiknya, pemilihan material elektroda juga harus mempertimbangkan ketahanan terhadap erosi bunga api, korosi akibat pembakaran, dan konduktivitas panas. Nikel adalah material elektroda yang umum digunakan karena memiliki



keseimbangan sifat yang baik. Untuk keperluan yang membutuhkan daya tahan lebih lama, seperti pada busi premium, digunakan platinum yang tahan terhadap erosi dan korosi. Sementara itu, elektroda dari perak digunakan pada kondisi mesin yang sangat panas karena perak memiliki titik lebur tinggi, yaitu sekitar 960°C.



Gambar 2. Kurva Kecepatan Terhadap Tegangan

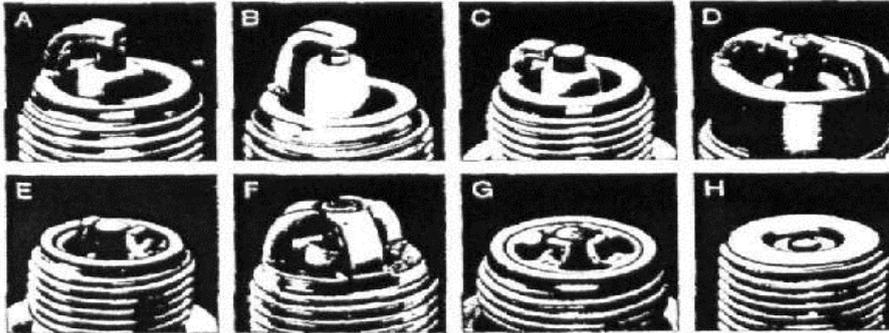
3) Karakteristik Temperatur

Pada kondisi kerjanya, busi menyerap panas dari gas hasil pembakaran yang memiliki temperatur yang sangat tinggi. Oleh karena itu maka material yang dipakai pada busi harus memiliki konduktivitas panas yang tinggi sehingga panas dari hasil pembakaran mudah ditransfer ke kepala silinder untuk diserap ke sistem pendinginan. Sebagai contohnya, perak memiliki titik lebur 9600C, tetapi karena perak memiliki konduktivitas panas yang tinggi maka temperatur kerja dari perak sebagai pusat adalah masih dibawah temperatur tersebut.

Konstruksi Busi.

Busi terdiri dari tiga material utama yaitu logam, keramik dan kaca. Material – material tersebut memiliki karakteristik yang berbeda – beda. Terminal stud, insulator, shell, ground electrode (elektrode negatif) dan centre electrode (elektrode pusat) merupakan bagian yang terpenting dari sebuah busi . Elektrode pusat dan terminal stud dihubungkan dengan konduktivitas khusus yaitu glass seal. Pada umumnya ukuran ulir busi adalah 14 mm, meskipun ada busi yang mempunyai ukuran ulir 18 mm yang digunakan pula pada motor yang besar dan biasanya motor 2 langkah. Busi dengan diameter 12 mm dan 10 mm digunakan pada beberapa motor dengan performa yang tinggi, karena dengan diameter yang lebih kecil panas yang dikeluarkan semakin besar.

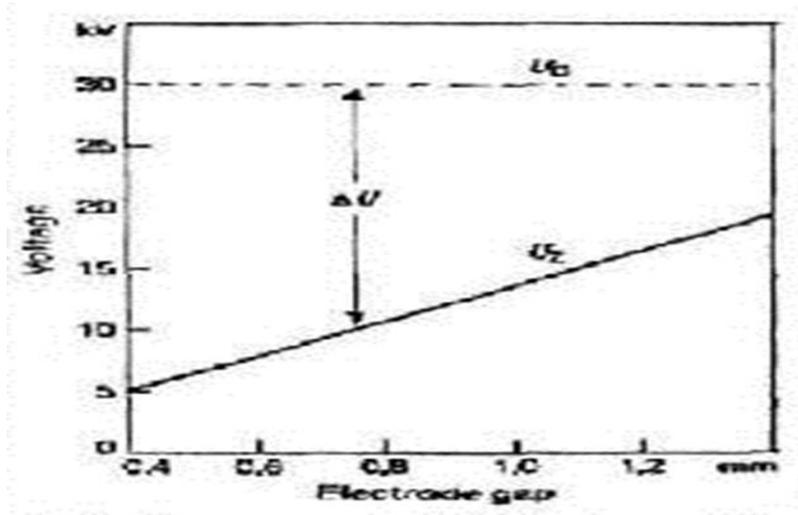
- 1) Terminal stud. Terminal stud terletak di dalam insulator. Terminal stud saat ini dihubungkan dengan sil kaca konduktif yang khusus dan terhubung juga dengan centre electrode secara listrik. Bagian ujung dari terminal stud yang keluar dari insulator memiliki ulir yang berfungsi untuk memasang kabel tegangan tinggi. Pada ulir dipasang sebuah terminal nut yang digunakan untuk memasang kabel busi.
- 2) Insulator. Insulator terbuat dari material keramik yang diproduksi dengan nama dagang berbahan dasar aluminium oksida yang dicampur dengan keramik. Insulator berfungsi untuk mengisolasi elektrode pusat (centre electrode) dan terminal stud dari shell, supaya tidak terjadi hubungan singkat. Insulator harus memiliki sifat kekuatan mekanik yang cukup, tahanan listrik yang tinggi, dan konduktivitas panas yang tinggi untuk memenuhi kondisi kerjanya.
- 3) Shell. Shell terbuat dari baja dan berfungsi untuk memasang busi pada kepala silinder dari motor. Bagian atas dari shell memiliki suatu sisi segi enam dan bagian yang bawah berulir. Pada bagian yang berulir dipasang cincin penahan yang berfungsi supaya tidak terjadi kebocoran campuran udara dan bahan bakar melalui lubangnya.
- 4) Ground Electrode. Ground electrode (elektrode negatif) dipasangkan pada shell yang mana shell melekat pada kepala silinder, sedangkan kepala silinder sendiri terhubung dengan kutub negatif pada sumber tegangan. Elektrode negatif harus dipilih dari bahan yang memiliki konduktivitas panas yang tinggi karena pada kondisi kerjanya elektrode ini langsung berhubungan dengan campuran udara dan bahan bakar yang terbakar.



Gambar 3. Posisi Pengaturan Elektrode

Keterangan gambar :
Gambar A, B : elektrode atas
Gambar C, D, E, F, G : elektrode samping
Gambar H : busi tanpa elektrode negatif

- 5) Elektrode Pusat. Elektrode pusat (centre electrode) terletak dalam insulator. Diameter dari elektrode pusat ini lebih kecil daripada diameter lubang insulator. Ujung dari elektrode ini sebagian keluar dari hidung insulator. Elektrode pusat terbuat dari logam khusus yang memiliki konduktivitas listrik yang tinggi. Selain itu elektrode ini juga harus dipilih dari bahan yang memiliki erosi listrik yang tinggi.
- 6) Celah Elektrode. Celah elektrode adalah jarak terpendek antara elektrode pusat dengan elektrode negatif yang merupakan suatu celah dimana busur api listrik dapat meloncat. Ada suatu hubungan antara tegangan penyalan yang dibutuhkan dengan panjangnya celah elektrode. Apabila celah elektrodenya kecil maka tegangan penyalan yang diperlukan supaya busur dapat meloncat juga kecil, sedangkan apabila celah elektrodenya lebar maka tegangan penyalan yang dibutuhkanpun juga semakin besar. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini. Celah elektrode yang paling umum digunakan adalah sekitar 0,6 sampai 0,8 mm. Celah elektrode yang optimal dari busi maksudnya adalah lentikan bunga api yang dihasilkan diusahakan masih mencapai elektrode negatif sehingga campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar habis, dan tegangan yang dihasilkanpun adalah maksimal.



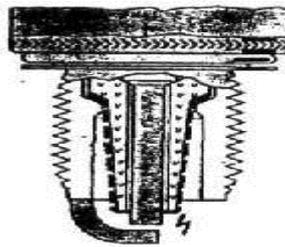
Gambar 4. Hubungan Antara Celah Elektrode Dengan Tegangan Penyalan Yang Dibutuhkan

- 7) Jangkauan Panas Busi. Jangkauan panas busi adalah suatu ukuran kapasitas pembebanan panas dari suatu busi. Jangkauan harus sesuai dengan karakteristik dari motor, hal tersebut berarti busi pada kondisi motor yang panas harus dapat semaksimal mungkin mengeluarkan panas yang dihasilkannya agar supaya busi berada pada jangkauan temperatur kerjanya. Demikian pula kondisi motor yang masih dingin busi harus dapat menyerap panas lebih supaya mencapai temperatur kerjanya. Hal ini bertujuan untuk menyeimbangkan antara panas yang diserap dan panas yang dikeluarkan. Penyeimbangan diatas dapat dipengaruhi oleh dua hal, yaitu bentuk dari rancangan hidung insulator dan material elektrode.
- a) Temperatur Kerja Busi. Suhu Kerja Busi dan Pengaruhnya terhadap Performa Pembakaran. Salah



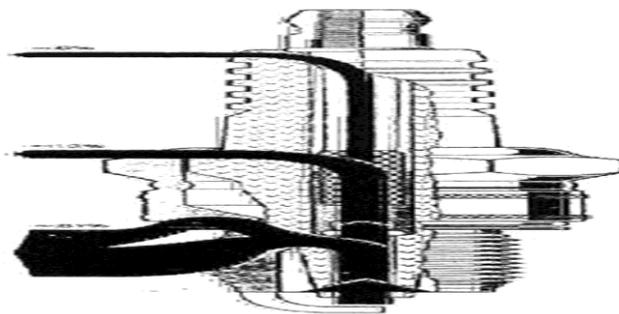


satu aspek penting dalam kinerja busi adalah kemampuan insulator bagian ujung (yang berada di dalam ruang bakar) untuk mempertahankan suhu kerja yang ideal. Suhu tersebut harus berada dalam rentang 400°C hingga 850°C. Bila suhu insulator lebih rendah dari 400°C, proses pembersihan sendiri (self-cleaning) tidak akan terjadi, sehingga deposit karbon dari hasil pembakaran akan menumpuk di sekitar insulator. Penumpukan ini dapat menciptakan jalur konduktif antara elektroda pusat dan bodi busi, menghasilkan arus shunt yang dapat mengganggu atau bahkan menghambat terbentuknya bunga api listrik. Sebaliknya, jika suhu kerja melebihi 850°C, ada risiko terjadinya penyalaan awal (pre-ignition) akibat campuran udara dan bahan bakar yang terbakar sebelum percikan busi. Kondisi ini sangat berbahaya karena dapat menyebabkan pembakaran tidak terkontrol yang berpotensi merusak komponen mesin seperti piston dan ring piston. Untuk itu, desain dan material busi harus mampu menjaga suhu kerjanya tetap stabil dalam batas ideal, agar busi dapat bekerja secara optimal, menjaga efisiensi pembakaran, dan memperpanjang usia pakai komponen mesin.



Gambar 5. Arus Shunt Pada Hidung Insulator

b) **Pembebanan Panas Pada Busi.** Selama motor beroperasi, busi menerima panas dari proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar. Dalam kondisi kerja yang ideal, suhu mesin berada dalam keadaan seimbang antara panas yang diserap dan panas yang dibuang. Pada busi, elektroda pusat dan insulator memiliki temperatur lebih tinggi dibandingkan shell, sedangkan temperatur shell umumnya setara dengan kepala silinder. Sebagian besar panas dari pembakaran diserap oleh elektroda pusat dan insulator, lalu dialirkan ke shell dan diteruskan ke kepala silinder. Pada langkah hisap, sebagian panas juga dibuang melalui aliran masuk campuran udara dan bahan bakar. Karakteristik pembebanan panas pada busi harus disesuaikan dengan desain mesin. Mesin berperforma tinggi memiliki temperatur ruang bakar yang lebih tinggi dibanding mesin berdaya rendah, sehingga memerlukan busi dengan kemampuan pelepasan panas yang berbeda. Oleh karena itu, satu jenis busi tidak dapat digunakan secara universal pada semua tipe mesin. Busi yang cocok untuk satu jenis motor dapat menjadi terlalu panas atau justru terlalu dingin pada jenis motor lainnya. Untuk mengatasi hal ini, industri otomotif telah mengembangkan berbagai jenis busi dengan nilai pembebanan panas yang berbeda-beda. Nilai ini biasanya dicantumkan pada setiap tipe busi untuk memudahkan pemilihan sesuai karakteristik mesin.



Gambar 6. Penyerapan Dan Pembuangan Panas Busi

8) **Pengaruh Rancangan Hidung Insulator Dan Material Elektrode.** penyerapan panas pada busi sangat dipengaruhi oleh luas permukaan hidung insulator. Semakin besar luas permukaan, semakin banyak panas yang diserap, sehingga suhu insulator akan lebih tinggi. Sebaliknya, permukaan yang lebih kecil akan menyerap lebih sedikit panas, menjadikan suhu insulator lebih rendah. Panas yang diserap oleh insulator diteruskan melalui elektroda pusat menuju shell dan akhirnya ke kepala silinder. Jika panjang hidung insulator lebih besar, maka jarak perpindahan panas ke shell menjadi lebih jauh, sehingga proses pelepasan panas menjadi kurang efisien. Oleh karena itu, busi dengan insulator panjang menyerap lebih banyak panas dan melepaskan lebih sedikit panas dibandingkan busi dengan insulator pendek. Berdasarkan panjang hidung insulator, busi diklasifikasikan menjadi dua jenis: busi panas (insulator panjang) dan busi dingin (insulator pendek). Konduktivitas termal dari material elektroda juga turut mempengaruhi kinerja busi dan performa mesin secara keseluruhan. Pemilihan material elektroda yang tepat, dengan mempertimbangkan aspek konduktivitas panas dan efisiensi biaya, menjadi fokus utama dalam pengembangan busi



hingga saat ini.

9) Busi Elektrode Ganda. Pada busi elektrode ganda banyak elektrode negatif yang menempel pada shell adalah dua elektrode dengan posisi elektrode yang saling berhadapan. Dengan desain geometris tersebut merupakan kelebihan yang dimiliki bila dibandingkan dengan busi konvensional. Sehingga dengan adanya dua elektrode negatif pola busur api listrik yang terjadi tidak hanya satu arah saja, melainkan menjadi dua arah. Dengan demikian campuran bahan bakar dan udara akan lebih cepat terbakar dan akan mengurangi kemungkinan tidak terbakarnya bahan bakar dan udara.

10) Busi Multi Elektrode. Pada busi multi elektrode banyaknya elektrode negatif yang menempel pada shell adalah tiga elektrode dengan posisi elektrode yang membentuk sudut yang sama. Dengan desain geometris tersebut merupakan kelebihan yang dimiliki bila dibandingkan dengan busi konvensional. Sehingga dengan adanya tiga elektrode negatif pola busur api listrik yang terjadi tidak hanya satu arah saja, melainkan menjadi tiga arah. Dengan demikian campuran bahan bakar dan udara akan lebih cepat terbakar dan mengurangi kemungkinan tidak terbakarnya bahan bakar dan udara.

Prestasi Motor Bakar.

Volume Silinder. Volume silinder antara TMA dan TMB disebut volume langkah torak (V_1). Sedangkan volume TMA dan kepala silinder (tutup silinder) disebut volume sisa (V_s). Volume total (V_{t-t}) ialah isi ruang antara torak ketika berada di TMB sampai tutup silinder.¹⁰

$$V_t = V_1 + V_s \quad (\text{W. Aris Munandar, 1992 :19})$$

Volume langkah mempunyai satuan yang tergantung pada satuan diameter silinder (D) dan panjang langkah torak (L) biasanya mempunyai satuan centimetercubic (cc) atau cubicinch (cu.in).

$$V_1 = \text{luas lingkaran} \times \text{panjang langkah}$$

$$V_1 = \pi r^2 \times L$$

$$V_1 = \pi \times L$$

$$V_1 = \pi \left(\frac{1}{2} D \right)^2 \times L$$

Dengan demikian besaran dan ukuran motor bakar menurut volume silinder tergantung dari banyaknya silinder yang digunakan dan besarnya volume silinder.

Perbandingan kompresi

Hasil bagi volume total dengan volume sisa disebut sebagai perbandingan kompresi.¹¹

$$C = \frac{V_1 + V_s}{V_s} = 1 + \frac{V_1}{V_s} \quad (\text{W. Aris Munandar, 1992:21})$$

Dimana :

V_1 = volume langkah torak

V_s = volume sisa

Jadi, bila suatu motor mempunyai volume total 56 cu.in dan volume sisa 7 cu.in, maka perbandingan kompresinya adalah:

$$C = \frac{56}{7} = 8$$

Hal diatas menunjukkan bahwa selama langkah kompresi, muatan yang ada di atas torak dimampatkan 8 kali lipat dari volume terakhirnya. Makin tinggi perbandingan kompresi, maka makin tinggi tekanannya dan temperatur akhir kompresi.

Daya Mesin

Pada motor bakar, daya yang berguna adalah daya poros seperti telah dijelaskan. Daya poros ditimbulkan oleh bahan bakar yang dibakar dalam silinder dan selanjutnya menggerakkan semua mekanisme.

Unjuk kerja motor bakar pertama - tama tergantung dari daya yang ditimbulkan. Peralatan yang dipergunakan untuk mengukur nilai yang berhubungan dengan keluaran motor pembakaran yang seimbang dengan hambatan atau beban pada kecepatan putaran konstan (n), kalau n berubah, maka motor pembakaran menghasilkan daya untuk mempercepat atau memperlambat bagian yang berputar. Motor pembakaran ini dihubungkan dengan dinamometer dengan maksud mendapatkan keluaran dari motor pembakaran dengan cara menghubungkan poros motor yang akan mengaduk air yang ada didalamnya. Hambatan ini akan menimbulkan torsi (T), sehingga nilai daya (P) dapat ditentukan sebagai berikut :





$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{6000} \text{ (kW)} \quad (\text{W. Aris Munandar, 1992 :21})$$

Dimana :

n = putaran mesin (rpm)

T = torsi (N.m)

Torak yang didorong oleh gas membuat usaha. Baik tekanan maupun suhunya akan turun waktu gas berekspansi. Energi panas diubah menjadi usaha mekanis. Konsumsi energi panas ditunjukkan langsung oleh turunnya suhu. Kalau toraknya tidak mendapatkan hambatan dan tidak menghasilkan usaha gas tidak akan berubah meskipun tekanannya turun.

Tekanan Efektif rata-rata

Besar nilai Pi merupakan tekanan efektif rata - rata indikator (indikator mean Effective pressure : IMEP)¹². Nilai Pi, dapat ditemukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_i = \frac{W_i}{V_s} \quad (\text{W. Aris Munandar, 1992: 19})$$

Dengan menggunakan nilai Pi dapat memudahkan perhitungan besar usaha indikator Wi pada tekanan konstan selama torak pada langkah ekspansi. Pada mesin 4 langkah besar nilai Pi terjadi setiap 2 putaran, sehingga besar nilai Ni indikator dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Dengan satuan Si (m³,kPa dan rps)

$$N_i = V_i \cdot P_i \cdot n/2 \text{ (kW)} \quad (\text{W. Aris Munandar, 1992 :25})$$

Dimana ;

V1 = volume langkah (m³)

Pi = tekanan efektif rata - rata indikator (kPa)

n = putaran mesin (rpm)

Pada mesin 2 langkah besara nilai Pi dihasilkan pada tiap putaran, maka secara teoritis nilai Ni akan menjadi dua kali lebih besar jika dibandingkan dengan persamaan 4, tetapi pada umumnya besar nilai Pi pada mesin 2 langkah lebih kecil dibanding dengan mesin 4 langkah. Nilai Ni disebut sebagai keluaran indikator yang menyatakan keluaran, disebabkan adanya tekanan pada torak.

Daya yang dapat dimanfaatkan untuk memutar mesin disebut sebagai keluaran efektif (brake mean output), nilai Ne dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$N_e = V_1 \cdot N \cdot BMEP \cdot z \text{ (kW)} \quad (\text{W. Aris Munandar, 1992 :24})$$

Besar keluaran efektif dapat diukur menggunakan sebuah dinamometer. Nilai BMEP adalah merupakan tekanan efektif rata -rata (brake mean effective pressure)¹³. Besar nilai Ne yan ditentukan oleh produk dari volume langkah V1, kecepatan putaran dan BMEP yang berhubungan dengan tekanan gas rata - rata merupakan keluaran suatu pembakaran yang bermanfaat. BMEP adalah besar nilai yang menunjukkan daya mesin setiap satuan volume silinder pada putaran tertentu dan tidak tergantung dari ukuran motor bakar.

Besar nilai BMEP dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$BMEP = \frac{60 \cdot P \cdot z}{V_d \cdot n} \quad (\text{W. Aris Munandar, 1992 :28})$$

Dimana :

P = daya (kW)

n = putaran mesin (rpm)

Vd = volume langkah total silinder

z = 2 untuk mesin 4 langkah, 1 untuk mesin 2 langkah

METODE PENELITIAN

Alat Dan Bahan Yang Digunakan

1. Spesifikasi Mesin :

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| a) Jenis | : HONDA GL 100 |
| b) Kapasitas tangki bahan bakar | : 11,3 (cadangan 3,3 liter) |
| c) Tipe | : 4 Langkah, OHC, pendinginan udara |
| d) Diameter x langkah | : 52 x 49,5 mm |
| e) Volume langkah | : 105 cc |





- f) Perbandingan kompresi : 9,2 : 1
- g) Daya maksimal : 12,5 dtk/10.500 rpm
- h) Alternator : Flywheel AC Generator
- i) Sistem pengapian : CDI, tanpa platina
- j) Aki : 12V2,5Ah
- k) Busi : Busi standart yang digunakan adalah busi ND dengan tipe X24EP-U9.
- l) Bahan bakar : Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar jenis premium.

2. Alat Yang Digunakan

- a) Tachometer : Alat ini digunakan untuk mengukur putaran mesin.
- b) Filler Gauge : Alat ini untuk mengukur lebar celah elektrode busi.
- c) Stop Watch : Alat untuk mengukur waktu operasi mesin untuk setiap perlakuan jarak kerenggangan celah elektrode busi.
- d) Busi : berfungsi membuat loncatan bunga api ke ruang bakar sehingga terjadi pembakaran. Jenis busi yang digunakan dalam percobaan adalah busi tipe D8EA merk NGK yang berarti :
 - D : diameter ulir busi 12 mm.
 - 8 : menunjukkan angka tingkat kolerasi panas busi yang berarti tipe busi panas.
 - E : menunjukkan kode panjang ulirnya 19 mm.
 - A : menunjukkan bentuk lengkungan.

Tempat atau lokasi penelitian.

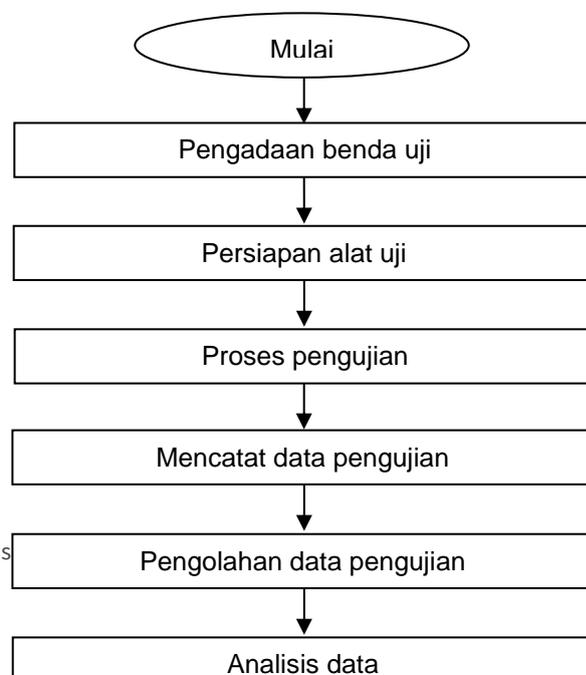
Tempat penelitian dilaksanakan di bengkel kendaraan peralatan Akademi Militer Magelang yang mempunyai tugas pokok untuk memperbaiki dan merawat kendaraan – kendaraan dinas di jajaran Akademi Militer. Dimana ditempat ini telah banyak kendaraan dinas yang masih lama dan baru, sehingga sangat mendukung sekali untuk menjadi tempat penelitian saya.

Bengkel kendaraan Pal Akmil di bawah langsung oleh Kapal Akmil. Bengkel kendaraan dipimpin oleh seorang Kapten dan membawahi Subbengran A dan Subbengran B. Subbengran A mempunyai tugas memperbaiki kendaraan kecil seperti sepeda motor, sedan, kijang, jeep dan sebagainya. Subbengran B mempunyai tugas memperbaiki kendaraan besar seperti truk dan bus. Semuanya mulai dari penyetulan sampai turun mesin.

Urutan Penelitian.

1. Pelaksanaan penelitian diawali dengan pengadaan benda uji yaitu sepeda motor Honda GL 100 dari bengkel Pal Akmil dan juga busi merk NGK tipe D8EA.
2. Memeriksa sistim bahan bakar, sistem penyalaan pada motor dan memasang busi yang akan digunakan untuk penelitian.
3. Mengatur kerenggangan celah elektrode busi 0,6 mm dengan menggunakan alat ukur.
4. Dilakukan uji coba, menggunakan transmisi 4 (gigi 4) dengan variasi putaran mesin 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, 7000 rpm, 8000 rpm, 9000 rpm.
5. Setelah diperoleh data torsi dan daya untuk kerenggangan celah elektrode busi 0,6 mm.
6. Kemudian dilakukan lagi uji tersebut dengan celah busi 0,7 dengan transmisi 4 (gigi 4) dengan variasi putaran mesin yang sama yaitu 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, 7000 rpm, 8000 rpm, serta 9000 rpm.
7. Kemudian diperoleh hasil data torsi dan daya pada ukuran celah busi tersebut.
8. Terakhir dengan pengujian celah elektrode busi 0,8 mm dengan proses yang sama yaitu pada transmisi 4 (gigi 4) dengan variasi putaran mesin 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, 7000 rpm, 8000 rpm, serta 9000 rpm.
9. Diperoleh hasil data torsi dan daya pada ukuran celah busi 0,8 mm.

Diagram alir penelitian.





HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Percobaan

Perhitungan Torsi.

$$T = (m \cdot g \cdot l) \text{ (Nm)}$$

Dimana :

$$T = \text{Torsi (Nm)}$$

$$m = \text{Masa yang terukur pada dinamometer (kg)}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi (9,81 m/s}^2\text{)}$$

$$l = \text{Panjang lengan pada dinamometer (m)}$$

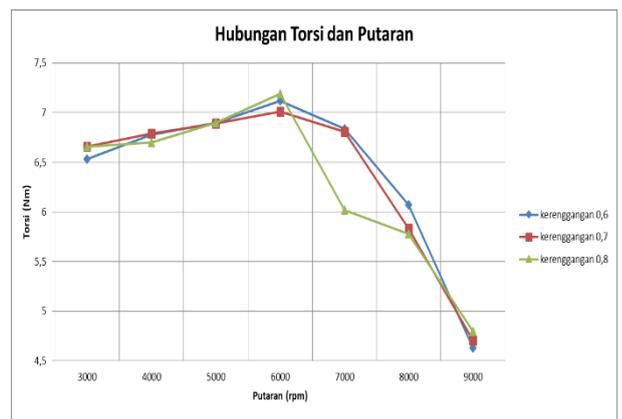
- a. Kerenggangan busi 0,6 mm
- 1) Pada 3000 rpm
 $T = 2,66 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 $= 6,53 \text{ Nm}$
 - 2) Pada 4000 rpm
 $T = 2,76 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 $= 6,78 \text{ Nm}$
 - 3) Pada 5000 rpm
 $T = 2,8 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 $= 6,90 \text{ Nm}$
 - 4) Pada 6000 rpm
 $T = 2,90 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 $= 7,12 \text{ Nm}$
 - 5) Pada 7000 rpm
 $T = 2,89 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 $= 6,84 \text{ Nm}$
 - 6) Pada 8000 rpm
 $T = 2,48 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 $= 6,07 \text{ Nm}$
 - 7) Pada 9000 rpm
 $T = 1,89 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 $= 4,63 \text{ Nm}$
- b. Kerenggangan busi 0,7 mm
- 1) Pada 3000 rpm
 $T = 2,72 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 $= 6,66 \text{ Nm}$
 - 2) Pada 4000 rpm
 $T = 2,77 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 $= 6,79 \text{ Nm}$
 - 3) Pada 5000 rpm
 $T = 2,81 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 $= 6,89 \text{ Nm}$
 - 4) Pada 6000 rpm
 $T = 2,86 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 $= 7,01 \text{ Nm}$
 - 5) Pada 7000 rpm
 $T = 2,78 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$



- = 6,81 Nm
- 6) Pada 8000 rpm
 $T = 2,38 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 = 5,83 Nm
- 7) Pada 9000 rpm
 $T = 1,92 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 = 4,71 Nm
- c. Kerenggangan busi 0,8 mm
 - 1) Pada 3000 rpm
 $T = 2,72 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 = 6,66 Nm
 - 2) Pada 4000 rpm
 $T = 2,73 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 = 6,70 Nm
 - 3) Pada 5000 rpm
 $T = 2,81 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 = 6,90 Nm
 - 4) Pada 6000 rpm
 $T = 2,93 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 = 7,19 Nm
 - 5) Pada 7000 rpm
 $T = 2,45 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 = 6,02 Nm
 - 6) Pada 8000 rpm
 $T = 2,36 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 = 5,78 Nm
 - 7) Pada 9000 rpm
 $T = 1,96 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,25 \text{ m}$
 = 4,80 Nm

Tabel 1 Data Torsi

No	Putaran (rpm)	Torsi (Nm)		
		Kerenggangan busi 0,6 (mm)	Kerenggangan busi 0,7 (mm)	Kerenggangan busi 0,8 (mm)
1	3000	6,53	6,66	6,66
2	4000	6,78	6,79	6,70
3	5000	6,90	6,89	6,90
4	6000	7,12	7,01	7,19
5	7000	6,84	6,81	6,02
6	8000	6,07	5,83	5,78
7	9000	4,63	4,71	4,80
Nilai Rata – Rata		6,41	6,38	6,30



Gambar 7 Grafik Hubungan Torsi Dan Putaran

Berdasarkan data pada tabel dan gambar, nilai rata-rata torsi cenderung mengalami kenaikan seiring bertambahnya kerenggangan celah elektroda busi. Torsi tertinggi tercatat pada celah 0,8 mm sebesar 7,19 Nm, sedangkan torsi terendah sebesar 4,63 Nm juga terjadi pada celah yang sama, menunjukkan adanya variasi pengukuran. Meskipun terdapat kenaikan nilai torsi, perbedaannya tidak signifikan antar variasi celah elektroda. Hal ini disebabkan oleh banyaknya faktor lain yang mempengaruhi performa mesin, seperti sistem pengapian, waktu pengapian, volume silinder, dan konsumsi bahan bakar. Namun demikian, pengaturan celah elektroda busi tetap dapat dijadikan salah satu cara sederhana untuk meningkatkan torsi, khususnya pada sepeda motor Honda GL-100. Torsi maksimum dari ketiga variasi celah terjadi pada 6000 rpm,



dengan celah 0,8 mm menunjukkan performa tertinggi. Penurunan torsi setelah 6000 rpm terjadi karena campuran udara dan bahan bakar telah mencapai batas maksimum, dan sebagian energi digunakan untuk peningkatan putaran mesin, sehingga torsi tidak lagi bertambah.

Perhitungan Daya.

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60 \times 1000} \text{ (kW)}$$

Dimana :

P = Daya (kW)

n = Putaran mesin (rpm)

T = Torsi (Nm)

a. Kerenggangan Busi 0,6 mm

1) Pada 3000 rpm

$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3000 \text{ rpm} \cdot 6,53 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 2,05 kW
= 2050 W
= 2,75 HP

2) Pada 4000 rpm

$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4000 \text{ rpm} \cdot 6,78 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 2,839 kW
= 2838 W
= 3,81 HP

3) Pada 5000 rpm

$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 5000 \text{ rpm} \cdot 6,90 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 3,611 kW
= 3611 W
= 4,84 HP

4) Pada 6000 rpm

$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6000 \text{ rpm} \cdot 7,12 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 4,471 kW
= 2471 W
= 5,99 HP

5) Pada 7000 rpm

$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 7000 \text{ rpm} \cdot 6,84 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 5,011 kW
= 5011 W
= 6,72 HP

6) Pada 8000 rpm

$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 8000 \text{ rpm} \cdot 6,07 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 5,082 kW
= 5082 W
= 6,81 HP

7) Pada 9000 rpm

$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9000 \text{ rpm} \cdot 4,63 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 4,361 kW
= 4361 W
= 5,85 HP

b. Kerenggangan Busi 0,7 mm

1) Pada 3000 rpm

$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3000 \text{ rpm} \cdot 6,66 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 2,091 kW
= 2091 W





- = 2,80 HP
- 2) Pada 4000 rpm
$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4000 \text{ rpm} \cdot 6,79 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 2,843 kW
= 2843 W
= 3,81 HP
- 3) Pada 5000 rpm
$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 5000 \text{ rpm} \cdot 6,89 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 3,605 kW
= 3605 W
= 4,83 HP
- 4) Pada 6000 rpm
$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6000 \text{ rpm} \cdot 7,01 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 4,402 kW
= 4402 W
= 5,9 HP
- 5) Pada 7000 rpm
$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 7000 \text{ rpm} \cdot 6,81 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 4,989 kW
= 4989 W
= 6,69 HP
- 6) Pada 8000 rpm
$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 8000 \text{ rpm} \cdot 5,83 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 4,882 kW
= 4882 W
= 6,54 HP
- 7) Pada 9000 rpm
$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9000 \text{ rpm} \cdot 4,71 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 4,436 kW
= 4,436 W
= 5,94 HP

c. Kerenggangan Busi 0,8 mm

- 1) Pada 3000 rpm
$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3000 \text{ rpm} \cdot 6,66 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 2,091 kW
= 2091 W
= 2,8 HP
- 2) Pada 4000 rpm
$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4000 \text{ rpm} \cdot 6,70 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 2,805 kW
= 2805 W
= 3,76 HP
- 3) Pada 5000 rpm
$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 5000 \text{ rpm} \cdot 6,90 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 3,611 kW
= 3611 W
= 4,84 HP
- 4) Pada 6000 rpm
$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6000 \text{ rpm} \cdot 7,19 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

= 4,515 kW



- = 4515 W
 = 6,05 HP
- 5) Pada 7000 rpm

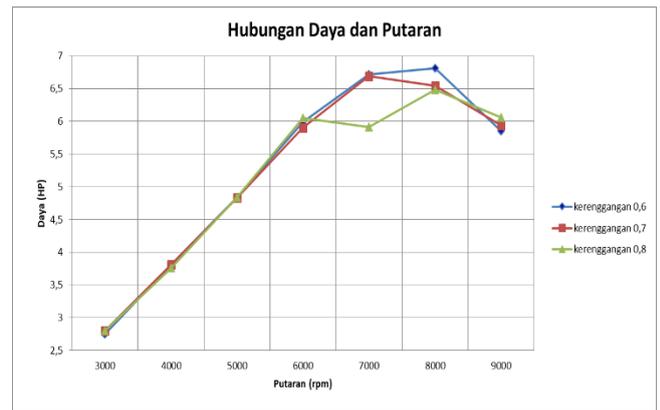
$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 7000 \text{ rpm} \cdot 6,02 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$
 = 4,411 kW
 = 4411 W
 = 5,91 HP
- 6) Pada 8000 rpm

$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 8000 \text{ rpm} \cdot 5,78 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$
 = 4,839 kW
 = 4839 W
 = 6,48 HP
- 7) Pada 9000 rpm

$$P = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9000 \text{ rpm} \cdot 4,80 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$
 = 4,522 kW
 = 4522 W
 = 6,06 HP

Tabel 2 Data Daya

No	Putaran (rpm)	Daya (HP)		
		Kerengangan busi 0,6 (mm)	Kerengangan busi 0,7 (mm)	Kerengangan busi 0,8 (mm)
1	3000	2,75	2,80	2,80
2	4000	3,81	3,81	3,76
3	5000	4,84	4,83	4,84
4	6000	5,99	5,90	6,05
5	7000	6,72	6,69	5,91
6	8000	6,81	6,54	6,48
7	9000	5,85	5,94	6,06
Nilai Rata – Rata		5,25	5,22	5,13



Gambar 8. Grafik Hubungan Daya Dan Putaran

Berdasarkan data pada tabel, perbedaan nilai rata-rata daya efektif dari berbagai kerengangan celah elektroda busi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Peningkatan daya tertinggi tercatat pada celah 0,6 mm dengan daya maksimum sebesar 6,72 HP. Sementara itu, daya terendah juga terjadi pada celah yang sama pada putaran awal, yaitu sebesar 2,75 HP. Secara umum, daya efektif meningkat seiring bertambahnya putaran mesin. Hal ini sejalan dengan hubungan antara daya dan torsi yang bersifat sebanding, di mana kenaikan torsi pada putaran tertentu akan diikuti oleh kenaikan daya. Bahkan saat torsi konstan, peningkatan putaran mesin tetap menghasilkan kenaikan daya. Namun, pada putaran di atas 9000 rpm, daya efektif mulai menurun untuk semua variasi kerengangan celah elektroda yang diuji. Penurunan ini diduga disebabkan oleh waktu pembakaran yang kurang optimal pada putaran tinggi serta pengaruh dari overlap katup.

Perhitungan Tekanan Efektif Rata-rata (BMEP).

$$BMEP = \frac{60 \cdot P \cdot z}{V_d \cdot N} \text{ (kPa)}$$

Dimana :

BMEP = Tekanan efektif rata-rata (kPa)

z = Jumlah putaran engkol untuk setiap langkah kerja (2 siklus untuk langkah, 1 siklus untuk 2 langkah)

V = Volume langkah (cm³)

n = Putaran (rpm)

a. Kerengangan Busi 0,6 mm

1)
$$BMEP = \frac{60 \cdot 2,75 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 3000 \text{ rpm}}$$
 = 1047,62 Pa
 = 1,05 kPa





$$\begin{aligned}
 2) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 3,81 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 4000 \text{ rpm}} \\
 &= 1088,57 \text{ Pa} \\
 &= 1,09 \text{ kPa} \\
 3) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 4,84 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 5000 \text{ rpm}} \\
 &= 1106,29 \text{ Pa} \\
 &= 1,11 \text{ kPa} \\
 4) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 5,99 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 6000 \text{ rpm}} \\
 &= 1140,95 \text{ Pa} \\
 &= 1,14 \text{ kPa} \\
 5) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 6,72 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 7000 \text{ rpm}} \\
 &= 1097,14 \text{ Pa} \\
 &= 1,09 \text{ kPa} \\
 6) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 6,81 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 8000 \text{ rpm}} \\
 &= 977,14 \text{ Pa} \\
 &= 0,98 \text{ kPa} \\
 7) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 5,85 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 9000 \text{ rpm}} \\
 &= 742,86 \text{ Pa} \\
 &= 0,74 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

b. Kerenggangan Busi 0,7 mm

$$\begin{aligned}
 1) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 2,80 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 3000 \text{ rpm}} \\
 &= 1066,67 \text{ Pa} \\
 &= 1,07 \text{ kPa} \\
 2) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 3,81 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 4000 \text{ rpm}} \\
 &= 1088,57 \text{ Pa} \\
 &= 1,09 \text{ kPa} \\
 3) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 4,83 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 5000 \text{ rpm}} \\
 &= 1104 \text{ Pa} \\
 &= 1,10 \text{ kPa} \\
 4) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 5,9 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 6000 \text{ rpm}} \\
 &= 1123,81 \text{ Pa} \\
 &= 1,12 \text{ kPa} \\
 5) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 6,69 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 7000 \text{ rpm}} \\
 &= 1077,55 \text{ Pa} \\
 &= 1,08 \text{ kPa} \\
 6) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 6,54 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 8000 \text{ rpm}} \\
 &= 934,29 \text{ Pa} \\
 &= 0,93 \text{ kPa} \\
 7) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 5,94 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 9000 \text{ rpm}} \\
 &= 754,29 \text{ Pa} \\
 &= 0,75 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

c. Kerenggangan Busi 0,8 mm

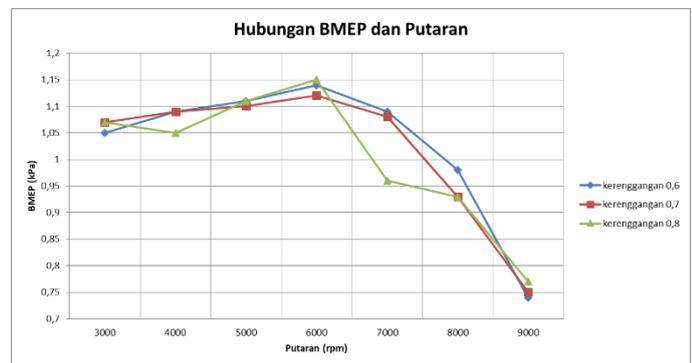
$$\begin{aligned}
 1) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 2,80 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 3000 \text{ rpm}} \\
 &= 1066,67 \text{ Pa} \\
 &= 1,07 \text{ kPa} \\
 2) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 3,67 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 4000 \text{ rpm}} \\
 &= 1048,5 \text{ Pa} \\
 &= 1,05 \text{ kPa} \\
 3) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 4,84 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 5000 \text{ rpm}} \\
 &= 1106,29 \text{ Pa} \\
 &= 1,11 \text{ kPa} \\
 4) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 6,05 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \cdot 6000 \text{ rpm}} \\
 &= 1152,3 \text{ Pa} \\
 &= 1,15 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 5) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 5,91 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6})^3 \cdot 7000 \text{ rpm}} \\
 &= 964,89 \text{ Pa} \\
 &= 0,96 \text{ kPa} \\
 6) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 6,48 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6})^3 \cdot 8000 \text{ rpm}} \\
 &= 925,71 \text{ Pa} \\
 &= 0,93 \text{ kPa} \\
 7) \quad \text{BMEP} &= \frac{60 \cdot 6,06 \text{ HP} \cdot 2}{(105 \cdot 10^{-6})^3 \cdot 9000 \text{ rpm}} \\
 &= 769,52 \text{ Pa} \\
 &= 0,77 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

Tabel 3 Data Tekanan Efektif Rata-Rata (BMEP)

No	Putaran (rpm)	Tekanan Efektif Rata-Rata (kPa)		
		Kerenggan busi 0,6 (mm)	Kerenggan busi 0,7 (mm)	Kerenggan busi 0,8 (mm)
1	3000	1,05	1,07	1,07
2	4000	1,09	1,09	1,05
3	5000	1,11	1,10	1,11
4	6000	1,14	1,12	1,15
5	7000	1,09	1,08	0,96
6	8000	0,98	0,93	0,93
7	9000	0,74	0,75	0,77
Nilai Rata – Rata		1,03	1,02	1,01



Gambar 9. Grafik hubungan BMEP dan putaran

Berdasarkan data pada tabel dan grafik, nilai Brake Mean Effective Pressure (BMEP) cenderung mengalami peningkatan pada rentang putaran 5000–6000 rpm untuk setiap variasi kerenggan celah elektroda busi. Hal ini menunjukkan bahwa pembakaran dalam ruang bakar berlangsung lebih sempurna, sehingga tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan meningkat. Tabel juga menunjukkan bahwa perbedaan nilai BMEP cukup terlihat pada putaran rendah dan tinggi, sedangkan pada putaran menengah nilai BMEP dari masing-masing kerenggan cenderung mendekati atau mengalami sedikit perbedaan. Nilai BMEP tertinggi tercatat pada putaran 6000 rpm dengan celah elektroda 0,8 mm, yaitu sebesar 1,15 kPa. Namun, setelah melewati putaran tersebut, BMEP mulai menurun untuk semua variasi celah yang diuji. Hal ini menunjukkan bahwa BMEP sebanding dengan daya, di mana peningkatan daya akan diikuti oleh peningkatan BMEP, dan sebaliknya.

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan.

Berdasarkan hasil penelitian celah elektrode busi yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Setiap ukuran celah elektrode busi dan variasi putaran menghasilkan kinerja mesin yang berbeda dilihat dari hasil nilai torsi, daya dan juga tekanan efektif rata – ratanya yang berbeda pada setiap putaran dan ukuran celah busi.
- Jarak celah elektrode busi yang menghasilkan kinerja mesin yang baik terdapat pada celah elektrode busi berukuran 0,6 mm, karena memiliki nilai rata – rata tertinggi dari pada pada celah 0,7 mm dan 0,8 mm, yaitu 6, 41 Nm pada torsi, 5,25 HP pada daya dan juga 1,03 kPa pada tekanan efektif rata-rata.
- Dilihat dari grafik, setiap ukuran celah elektrode busi mengalami kenaikan nilai torsi, daya dan juga tekanan efektif rata – ratanya pada putaran 3000 rpm sampai dengan 6000 rpm, namun setelah melewati putaran 6000 rpm sampai 9000 rpm nilai tersebut mengalami penurunan.

Saran

Berdasarkan uraian diatas maka adapun saran dari penulis dalam penelitian ini adalah :

- Pastikan pengukuran celah elektrode busi secara teliti menggunakan alat ukur yaitu Filler Gauge, untuk memaksimalkan hasil kerja busi.
- Menggunakan celah elektrode busi 0,6 mm karena memiliki nilai rata-rata tertinggi pada nilai torsi, daya dan juga tekanan efektif rata –ratanya, sebagaimana hasil dari penelitian penulis .
- Untuk efisiensi dan kinerja yang baik sebaiknya dipertahankan sampai pada putaran 6000 rpm karena pada putaran berikutnya kinerja mesin mengalami penurunan.



Daftar Pustaka

W. Aris Munandar. 1992. Motor Bakar. Bandung: ITB.

Honda. 1992. Buku Pedoman Pemilik Dan Petunjuk Servis. Jakarta: CV. Unggul Utama.

Book UGM. 2011. Pratikum Motor Bakar. Jogjakarta: FT. UGM.

Hanjar. 2011. Motor Bakar. Akmil.

(<http://bennythegreat.wordpress.com/2010/03/30/cara-membaca-kode-busi-ngk/>,