

## ANALISIS PERUBAHAN VOLUME PADA CYLINDER HEAD DAN TINGGI LUBANG EXHAUST TERHADAP KENAIKAN DAYA SEPEDA MOTOR 2 LANGKAH

Sударsono<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 11 April 2011, revisi masuk : 27 Juli 2011, diterima: 2 Agustus 2011

### ABSTRACT

*The aim of this research is to know the effect of the change of cylinder head and the height of exhaust port to obtain great and safe power. Cylinder has many ports which are used in scavenging process (proses pemasukan, pembilasan dan proses pembuangan) Exhaust port determines compression that is occurred in two stroke engine cycle and influences the engine characters. In standard condition, revolution 1500 produced 2 Nm torque. After modification, torque decreased to 1,5Nm. New torque increased in revolution 2000 rpm with 3,1Nm. Torque reached a peak from 10,8Nm in revolution 8500rpm to 13,6Nm in revolution 10.000rpm. Power produced in standard condition was 0,4Hp in revolution 1500rpm. After modification, it decreased to 0,3Hp. New power increased in revolution 3500rpm. Power reached a peak from 12,9Hp in revolution 8500 rpm to 19Hp in revolution 10.000rpm.*

**Key words:** Cylinder head, exhaust port

### INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan volume cylinder head dan tinggi lubang saluran buang untuk mendapat daya yang besar namun tetap aman. Cylinder memiliki banyak lubang (port) yang berfungsi pada proses *scavenging* (proses pemasukan, pembilasan, dan proses pembuangan). Exhaust port menentukan kompresi yang terjadi pada mesin siklus 2 langkah dan berpengaruh pada karakter mesin. Kondisi standar pada putaran 1500rpm torsi yang dihasilkan 2Nm, kemudian pada modifikasi mengalami penurunan menjadi 1,5Nm. Torsi baru mengalami kenaikan pada putaran 2000rpm dengan torsi 3,1Nm. Puncak torsi mengalami kenaikan dari 10,8Nm pada putaran 8500rpm menjadi 10000 rpm dengan torsi 13,6 Nm. Kondisi standar pada putaran 1500rpm daya yang dihasilkan 0,4 Hp, pada modifikasi mengalami penurunan menjadi 0,3Hp. Daya baru mengalami kenaikan pada putaran 3500 rpm. Puncak daya mengalami kenaikan dari 12,9Hp pada putaran 8500 rpm menjadi 19Hp pada putaran 10000rpm

**Kata kunci :** Cylinder head, exhaust port

### PENDAHULUAN

Untuk mendapatkan daya mesin yang besar, dapat digunakan beberapa cara, diantaranya adalah menaikkan kapasitas silinder dengan cara *stroke-up* dan *bore-up*, menaikkan kompresi efektif dengan memperbesar volume efektif, memodifikasi piston dari bentuk *low comp* menjadi *high comp*, yang kemudian diikuti oleh perubahan-perubahan yang mendukung, yaitu pengaturan debit bahan bakar yang masuk dan gas buang yang keluar ruang bakar oleh durasi dan

lift dari camshaft, merubah diameter inlet dan *exhaust port* yang mempengaruhi kelancaran dan debit gas yang masuk dan keluar silinder, perubahan diameter karburator yang sesuai dengan kapasitas mesin, dan desain dari knalpot yang mempengaruhi tekanan balik gas buang ke dalam ruang bakar.

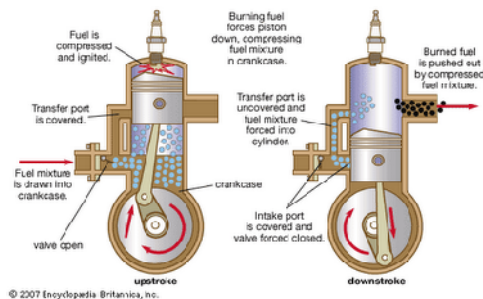
Mesin dua langkah yaitu motor bakar piston yang dalam menghasilkan satu usaha dengan 2 langkah piston atau satu putaran poros engkol (Grahambell, A, 1999). Pada proses langkah kompresi,

---

<sup>1</sup>sudarsono1574@akprind.ac.id

piston bergerak dari Titik Mati Bawah (TMB) menuju Titik Mati Atas (TMA), sehingga terjadi kenaikan kompresi pada ruang bakar. Karena piston bergerak dari TMB menuju TMA, maka terjadi kevakuman pada ruang karter. Kejadian ini berakibat tersedotnya campuran bahan bakar dengan udara kedalam ruang karter.

Pada proses langkah kerja atau ekspansi, Piston akan bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB), hal ini terjadi karena udara yang terkompresi diruang bakar meledak, sehingga menghasilkan usaha. Karena piston bergerak dari TMA ke TMB maka pada ruang bakar terjadi kevakuman, sedangkan pada ruang karter terjadi kenaikan kompresi sehingga mendorong campuran bahan bakar kedalam ruang bakar melalui lubang transfer dan bilas. Dalam langkah ini sekaligus terjadi langkah buang.



Gambar 1 Bagian-bagian siklus kerja 2 langkah (Encyclopedia Britanica,2007)

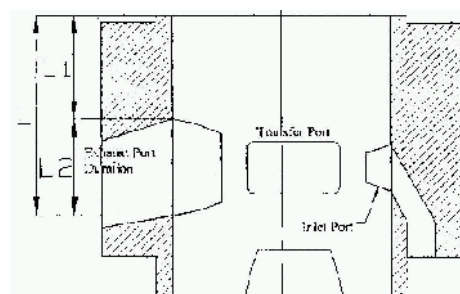
Silinder adalah tempat bergerak-nya piston naik dan turun. Untuk menghindari keausan gesekan antara dinding cylinder dengan piston maka dalam proses *reamer* harus halus, lurus, dan memiliki alur belah ketupat (Arismunandar, 1998). *Deck Clearance* yaitu jarak toleransi pada puncak bibir silinder, yang berfungsi untuk memberi jarak aman pada saat komponen mesin memuai akibat panas. *Exhaust port* adalah lubang pada silinder yang berguna untuk mengatur *timing* proses pembuangan atau mengeluarkan gas sisa hasil pembakaran. *Exhaust port* menentukan kompresi yang terjadi pada mesin siklus 2 langkah. Dengan merubah *exhaust port* kita dapat menentukan

*power band*. Semakin tinggi *exhaust port* (durasi semakin lama), maka putaran yang dihasilkan akan semakin tinggi, namun dengan perubahan tersebut, power pada rpm rendah berkurang.

Untuk mendapatkan tenaga pada semua variasi putaran mesin (rpm) perlu memadukan antara porting dan kompresi pada volume ruang bakar. Untuk mempermudah pengerjaan, maka durasi dikonversikan dari bentuk derajat ke dalam mm. Inlet (lubang masuk), terletak berhadapan dengan saluran buang, yang berguna untuk mendorong gas sisa hasil pembakaran, dan sebagai proses awal pemasukan. Dengan mengubah durasi *boost port*, maka akan mengubah proses pemasukan dan pembilasan yang terjadi. Untuk memudahkan pembuatan, maka dapat dibuat port dengan mengukur dari bibir silinder

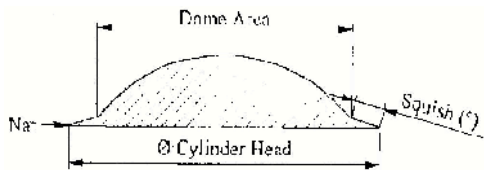
*Transfer Port*, berguna untuk mengusir gas hasil pembakaran menuju saluran buang yang berfungsi untuk memasukan gas baru ke ruang bakar dan juga berguna untuk mendinginkan piston serta sebagai pengarah membentuk sudut yang berbeda, yaitu: *Main transfer*, dimana mengarah 90° vertikal (mendatar) yang berguna untuk mendinginkan kepala piston dan *Axulary transfer*, yang mengarah ke dinding *cylinder liner* yang berguna untuk memasukkan bahan bakar.

Untuk menghitung durasi port pada silinder digunakan rumus sama dengan mencari durasi lubang masuk. *Cylinder head* atau kepala silinder adalah bagian dari mesin, dimana pada bagian ini terdapat *combustion chamber* (ruang bakar). Dengan perubahan desain *cylinder head*, sangat berpengaruh terhadap tenaga dan karakter dari mesin.

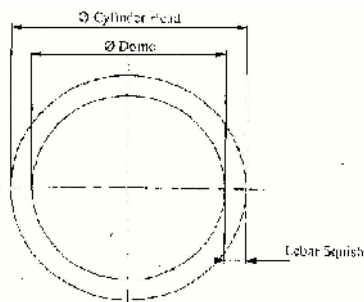


Gambar 2. Bagian utama silinder

*Squish* yaitu bidang datar pada sisi terluar ruang bakar pada *cylinder head* yang berfungsi mengatur arah ledakan (Obert dan Edward,1968). Perubahan pada *squish area* dengan merubah sudut dan luas *squish area*. Karakter mesin sangat dipengaruhi oleh *squish area* ini. Luas *squish area* kurang dari 50% dari *bore area*, *power band maximum* terdapat pada *high rpm*. *Squish area diatas 50% power band* terdapat pada *low to mid rpm*. Karakter sepeda motor salah satunya dapat dipengaruhi oleh lebar dan sudut *squish*.

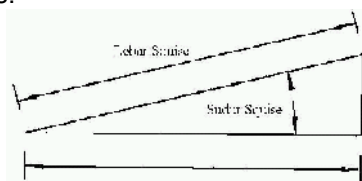


Gambar 3. Bagian utama *cylinder head*.



Gambar 4. Pandangan atas *cylinder head*

Untuk mencari luas *squish area*, kita harus mencari terlebih dahulu lebar *squish* yang kami gunakan mempunyai sudut yang hampir sama dengan sudut kemiringan permukaan piston, maka mencarinya dapat menggunakan metode grafis.



Gambar 5 Metode grafis luas *squish area*

Untuk *cylinder head* yang akan kita rencanakan dengan lebar *squish* L

(mm). ini dapat dibuktikan dengan data yang dihasilkan dari hasil bore area. Untuk mengetahui lebar *squish* pada bidang horizontal, yang dapat menggunakan metode grafis. Maka kita dapat mencari *dome area*:

Diameter dome = diameter combustion chamber – (2x lebar *squish*)

Atau dengan menggunakan rumus :

$$A_s = p \times S (r_B + r_b)$$

Keterangan :

$A_s$  = *squish area*

$S$  = panjang sisi miring *squish*

$r_B$  = jari-jari diameter bawah (jari-jari besar)

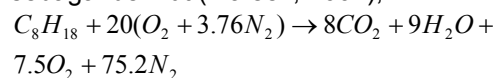
$r_b$  = jari-jari diameter atas (jari-jari kecil)

Dari hasil perhitungan, nilai persentase *squish area* akan diketahui karakter dari mesin sepeda motor. *Dome* (kubah) merupakan bagian pusat tempat terjadinya pembakaran. *Dome* ini memiliki radius, semakin kecil radius maka *power band* berada pada *low rpm* dan semakin besar *radius dome* maka *power band* bergeser ke arah *mid to high rpm*, maka desain *dome* yang digunakan adalah desain dengan radius standar. Diameter *cylinder head* merupakan salah satu faktor penting untuk menentukan daya tahan mesin. Pada *cylinder head* konvensional, diameter *cylinder head* sama atau lebih besar dari pada diameter silindernya,

*Nat* adalah celah (*clearance*) antara bibir *cylinder* dan *squish area*. *Nat* berfungsi sebagai bagian toleransi kerenggangan pada piston dan *cylinder head* pada saat pemuaihan yang terjadi karena panas. Pada prinsipnya *nat* dibuat seminimal mungkin dan piston dibuat sedekat mungkin dengan *squish*, tetapi untuk menghindari terjadinya benturan antara kedua bagian tersebut diperlukan *nat* atau *clearance*. Untuk mengukur karakter mesin, maka bagian-bagian di atas harus didesain ulang dengan merubah bagian tersebut, secara otomatis volume ruang bakar akan berubah yang menghasilkan perubahan tekanan (kompresi) pada *cylinder head*. Secara teoritis, kompresi tinggi akan mengakibatkan *power band* terdapat pada *low rpm*, sebaliknya pada kompresi rendah, *power band* terhadap pada *high*

rpm. Untuk mendapatkan tenaga yang merata pada semua tingkat rpm, maka dipadukan desain cylinder head, desain squish area, kompresi dan *scavenging port*.

Dalam sistem motor bakar, syarat terjadinya pembakaran adalah bahan bakar harus dapat tercampur dengan baik dengan udara sebelum masuk ke ruang bakar dalam bentuk campuran yang baik. Kondisi yang paling baik yaitu apabila terjadi pembakaran sempurna (stokiometrik) yaitu semua atom oksigen yang ada bereaksi dengan unsur-unsur pada bahan bakar. Pembakaran sempurna yang terjadi secara teratur pada waktu yang sesuai dengan siklus sehingga dapat menghasilkan unjuk kerja yang sebaik-baiknya tanpa menimbulkan kerusakan mesin. Reaksi kimia yang terjadi dalam pembakaran sebagai berikut (Maleev, 2007), :



Pada semua pembakaran sempurna, nitrogen ( $N_2$ ) merupakan gas terbesar yang terbentuk karena tetap pasif dan tidak ikut terbakar, demikian pula dengan air ( $H_2O$ ). Sedangkan karbon monoksida (CO) terbentuk karena proses disosiasi karbondioksida ( $CO_2$ ), terbentuknya gas CO ini mengakibatkan polusi pada gas buang. Karbon monoksida (CO) akan timbul jika perbandingan antara bahan bakar dan udara yang terjadi lebih kecil dari bahan bakar stokiometrik. Apabila lebih besar dari perbandingan bahan bakar stokiometrik akan terdapat oksigen dalam akhir pembakaran. Kandungan karbondioksida, uap air, nitrogen, tertinggi diperoleh pada perbandingan bahan bakar dan udara yang stoikiometrik. Proses pembakaran yang terjadi tidak berlangsung sekaligus, tetapi memerlukan waktu. Berdasarkan kenaikan tekanan yang terjadi pada proses pembakaran, dapat dibedakan menjadi dua periode, yaitu : Periode penundaan penyalaan, ditandai dengan dimulainya percikan bunga api pada busi. Selain itu periode pembakaran intensif, ditandai dengan lajunya kenaikan tekanan yang tinggi.

Pada periode penundaan

penyalaan awal pembakaran dimulai sejak terjadinya loncatan bunga api pada busi yang merangsang molekul-molekul campuran bahan bakar udara di sekitarnya untuk memulai reaksi kimia yang menyebabkan terbentuknya perambatan nyala api. Kecepatan merambat nyala api pada periode ini masih rendah karena daerah reaksinya masih harus dibentuk dengan adanya kerugian kalor yang tinggi ke dinding ruang bakar, akibatnya kenaikan tekanan yang terjadi masih kecil. Periode ini tergantung pada tekanan awal, turbulensi campuran udara dan bahan bakar, besarnya perbandingan campuran bahan bakar – udara, dan jenis bahan bakar yang digunakan

Periode pembakaran intensif terjadi setelah akhir dari periode penundaan penyalaan yang ditandai dengan lajunya tekanan yang tinggi. Proses pembakaran terjadi jika bahan bakar tercampur dengan udara. Oleh karena itu, untuk memperoleh proses pembakaran yang hampir mendekati pembakaran sempurna, diperlukan adanya perbandingan bahan bakar yang baik. Konsumsi bahan bakar spesifik adalah perbandingan aliran bahan bakar terhadap daya dari mesin. Besarnya perbandingan ini pada mesin dapat ditentukan. Mesin dengan spesifik fuel consumption (SFC) rendah akan lebih ekonomis pada saat beroperasi.

Tekanan efektif rata-rata digunakan untuk mengetahui besarnya kerja per siklus yang dapat diperoleh dengan mengalihkan volume langkah piston, dengan kata lain tekanan efektif rata-rata (P rata-rata), Daya mesin (P) (modul prestasi mesin), Brake Mean Effective Pressure (BMEP) yang menyatakan tenaga output mesin setiap satuan volume silinder (modul prestasi mesin)

Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan mesin sepeda motor YAMAHA FIZR, pengujian ini difokuskan pada pengaruh perubahan volume cylinder head dan tinggi lubang buang, yang didapatkan melalui membandingkan antara kondisi standard dan modifikasi. Variabel-variabel yang diukur meliputi Daya poros, putaran mesin.

## METODE

Pada pengujian ini dilakukan dengan variasi putaran mesin dari 1500-6000 Rpm. Pengaturan dengan cara memutar bukaan gas untuk menaikkan putaran mesin, pada setiap rpm dilakukan 1 kali pengambilan data untuk setiap variabel tersebut diatas. Bahan yang digunakan adalah salah satu pendukung untuk terlaksannya proses penelitian, bahan dan peralatan yang digunakan adalah Mesin sepeda motor Yamaha F1ZR, Blok cylinder, dan Cylinder head. Sedangkan alat-alat yang digunakan Mesin bubut, Abrasive tool, Tachometer Pipet/suntikan, Jangka sorong Tool set dan Dynamometer

Mesin uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah mesin sepeda motor 2 tak dengan data mesin sepeda motor YAMAHA F1ZR tahun 2002, dengan spesifikasi sebagai berikut : jenis : 2 langkah, sistem pendingin : pendingin udara, jumlah silinder :1 (satu), daya : 10,8Hp/8500rpm, diameter Cylinder x langkah : 54mm x 52mm, kapasitas Silinder : 119,03cm<sup>3</sup>, perbandingan Kompresi : 7,4 : 1

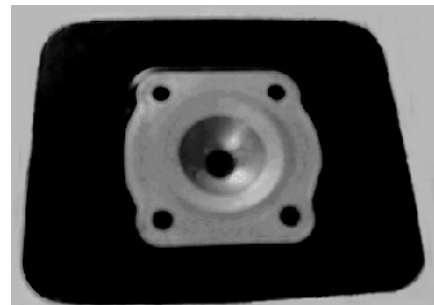
Blok cylinder merupakan bagian yang berfungsi sebagai tempat piston bergerak naik turun sebagai langkah hisap, tekan, ekspansi, buang. Cylinder head atau kepala silinder merupakan bagian mesin yang berfungsi sebagai ruang bakar dan juga sebagai penutup silinder. Pada cylinder head terdapat lubang busi sebagai tempat busi untuk memercikkan bunga api.



Gambar 6 Blok cylinder

Bentuk ruang bakar tersebut didesain ulang untuk meningkatkan unjuk kerja mesin. Dynamometer ini biasanya digunakan untuk mengukur torsi sebuah

mesin. Adapun mesin yang akan diukur torsinya tersebut diletakan pada sebuah test bed dan poros keluaran mesin dihubungkan dengan rotor dynamometer. Gaya putar rotor ditransmisikan ke stator dengan media air, sehingga stator menerima gaya akibat gaya lontar air. Torsi yang dihasilkan oleh stator ketika rotor tersebut berputar diukur dengan cara menyeimbangkan stator dengan alat pemberat.



Gambar 7. Cylinder Head



Gambar 8. Dynamometer

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur putaran poros mesin adalah *Tachometer*. Pada pengujian ini *Tachometer* yang digunakan adalah *tacho-meter* digital (Digital Engine Tachometer Det-610 Sgp In Japan). Prinsip kerja dari alat ukur ini adalah menerjemahkan arus listrik pengapian pada kabel tegangan tinggi busi. Dari jumlah percikan bunga api pada busi dapat diketahui putaran yang dihasilkan oleh poros melalui tampilan LCD digital. Stopwatch yang dipakai untuk mengukur waktu konsumsi bahan bakar adalah tipe digital.

Pada pengujian ini buret ukur digunakan untuk mengukur volume bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin uji se-

lama pengujian. Skala yang terdapat pada alat ukur BURET ini adalah 0 – 16cc konsumsi bahan bakar, pada penelitian ini bahan bakar yang yang dikonsumsi dipakai skala per 4cc atau 4ml bahan bakar.

Proses langkah pertama yaitu prosedur pelaksanaan yaitu proses persiapan dengan mempersiapkan segala perlengkapan untuk tahap-tahap pelaksanaan harus sudah berada pada tempat pelaksanaan agar tidak memperlambat proses pelaksanaan, serta yang diutamakan adalah data perhitungan yang akan direncanakan untuk proses pengerjaan.

Langkah kedua yaitu proses pembongkaran blok cylinder dan cylinder head. Pada proses ini Blok cylinder dan cylinder head dilepas dari mesin sepeda motor untuk dilakukan pembersihan dengan tidak melukai semua bagian-bagian yang ada pada silinder. Setelah itu dilakukan proses pengukuran standar secara manual untuk memastikan bahwa data yang sudah ada dalam manual book adalah sesuai dengan kondisi alatnya.

Langkah ketiga yaitu pengukuran awal blok cylinder dan cylinder head. Pada langkah ini tinggi lubang buang dan masuk diukur dengan jangka sorong untuk dicatat sebagai patokan atau sebagai dasar perhitungan standar. Volume pada bagian cylinder head diukur dengan menggunakan peralatan kaca berlubang untuk menutup permukaan, kemudian suntikan yang tertera ukuran untuk memasukan fluida air sampai diketahui volume cylinder head. Untuk menyesuaikan data spesifikasi yang sudah ada yaitu : bore 54 mm, stroke 52 mm, tinggi lubang buang 34 mm, tinggi lubang inlet 42 mm, volume cylinder head 14cc, lebar squish 8 mm dengan sudut 14°, dan kompresi 7,4 :1.

Langkah keempat yaitu proses pengukuran untuk penandaan pemakaian. Setelah mendapat data awal, data perhitungan yang telah dipersiapkan kita dimasukkan ke dalam pengerjaan yaitu dengan mengukur kesemua lubang diukur dari bibir atas silinder dengan menandai batas menggunakan spidol. Pengukuran tinggi lubang buang (mm), lubang masuk (mm), untuk volume

cylinder head ditentukan dari tinggi lubang buang karena yang mempengaruhi volume silinder efektif, kemudian akan dibuat berapa kompresinya ditentukan dari volume cylinder headnya (cc), lebar squish (mm) dengan sudut (°) dan perbandingan kompresi.

Langkah kelima yaitu proses pemangkasan untuk pemangkasan bibir pada bagian atas lubang inlet dan outlet menggunakan alat abrasive tool ke semua lubang dihitung awal dari bibir atas cylinder, dengan ukuran yang sudah ditentukan perancang. Dalam pengerjaan diusahakan dengan perlahan-lahan, karena kesemua lubang terletak pada bagian dinding liner. Jika sampai mata abrasive tool mengenai dinding liner akan mengakibatkan kebocoran kompresi, dengan mengatasinya harus diremer kembali pada oversize yang lebih besar. Untuk mengerjakan semua port pada cylinder diperlukan keahlian khusus, dimana kita harus teliti dalam memilih kecepatan putaran mata bor dan jenis mata bor yang digunakan. Pada proses pengerjaan ini, kami menggunakan flexible grinding machine yang mempunyai kecepatan 17.000rpm. Untuk lubang buang, pada pengerjaan awal kita dapat menggunakan mata abrasive tool yang berprofil kasar, untuk menghaluskan menggunakan mata abrasive tool yang berprofil halus. Sementara untuk pengerjaan pemangkasan bagian cylinder head menggunakan mesin bubut, volume harus disesuaikan dengan volume silinder efektif untuk mendapat kompresi yang telah direncanakan.

Langkah keenam yaitu pengujian rpm dan daya. Pengujian dilakukan setelah mesin motor dirakit kembali dengan sempurna, untuk pengujian Rpm dengan menggunakan tachometer digital, yang inputnya diambil dari sensor pulsa induksi kabel busi. Sedangkan untuk pengujian daya menggunakan alat dynamometer, dimana inputnya diambil dari menghubungkan poros final gear box dengan poros dynamometer.

Langkah ketujuh yaitu proses pencatatan hasil pengujian. Pencatatan yang akan dilakukan adalah dengan menyetting putaran mesin pada rpm yang

sudah ditentukan, kemudian hasil torsi meter dicatat. Hasil pengukuran dan perhitungan dimasukkan ke dalam tabel, selanjutnya diuraikan dalam bentuk grafik untuk dianalisa.

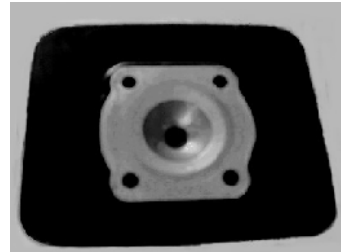
### PEMBAHASAN

Proses perhitungan Standart Cylinder Port meliputi Exhaust port (lubang buang) yaitu untuk menghitung dan merubah durasi (lamanya lubang buang terbuka oleh piston) dari satuan panjang (mm) ke bentuk satuan derajat/putaran ( $^{\circ}$ ), dengan stroke 52 mm, tinggi lubang buang 34 mm diukur dari bibir atas silinder, dengan deck clearance 0,3 mm, diameter silinder 54 mm. Kemudian Boost port/lubang masuk/lubang bilas (inlet). Dengan spesifikasi standar yang diketahui, tinggi lubang bilas 42 mm dan perubahan durasi bukaan yang diinginkan kita dapat menentukan durasi *boost port*. Langkah terakhir Transfer Port Dengan spesifikasi standar yang diketahui, tinggi lubang transfer 41 mm dan perubahan durasi bukaan yang diinginkan kita dapat menentukan durasi transfer port.

Perhitungan Modifikasi Cylinder Port meliputi *Exhaust port* (saluran buang). Berdasarkan range penggunaan mesin pada lintasan drag bike maka perancang memperbesar power dari low to mid menjadi mid to high, yaitu dengan cara menaikkan durasi buangan. Untuk menghitung dan merubah durasi dari bentuk panjang (mm) ke bentuk derajat/putaran ( $^{\circ}$ ), dengan stroke 52 mm, dengan deck clearance 0,2mm, diameter cylinder 54mm. Perhitungan *Boost port*/lubang masuk/lubang bilas (inlet). Dari hasil perhitungan durasi transport menjadi  $99,12^{\circ}$ . Kemudian *Transfer Port*. Dari hasil perhitungan durasi transport menjadi  $89,12^{\circ}$ .

Desain volume cylinder head dengan berpedoman berpengaruh pada volume cylinder efektif. Setelah melakukan modifikasi pada lubang buang, otomatis perbandingan kompresi akan turun, maka dilakukan modifikasi pada *cylinder head* agar kompresi kembali seperti semula, seperti tampak pada Gambar 9. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan

proses modifikasi, yaitu lebar squish untuk menentukan power band dan volume cylinder untuk perbandingan kompresi. Untuk motor yang telah dimodifikasi ini direncanakan bekerja pada putaran tinggi ( $>6000$  rpm), maka tidak bisa mengembalikan perbandingan kompresi seperti semula mengingat keterbatasan material komponen terhadap kompresi kecepatan tinggi. Oleh sebab itu perbandingan kompresi sudah ditetapkan, yaitu 6,7 : 1



Gambar 9 Cylinder head modifikasi

Pada pengujian kinerja mesin ini dilakukan perbandingan antara kondisi penggunaan cylinder standar dengan Modifikasi. Pada saat pengujian data yang akan diambil adalah torsi pada setiap kenaikan putaran mesin. Data-data hasil pengujian yang telah dilakukan di laboratorium Konversi Energi diperoleh data pengujian seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1. hasil pengujian perbandingan kondisi penggunaan cylinder standar dengan modifikasi.

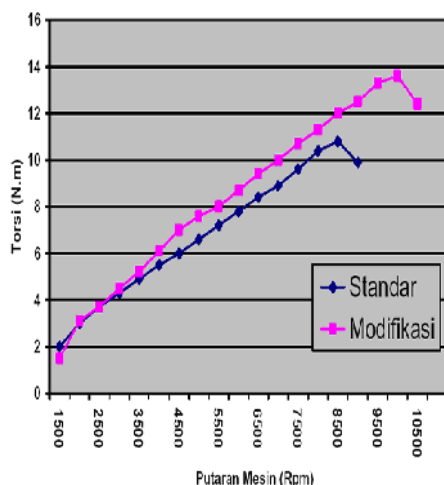
No	Standart		Modifikasi	
	Putaran (rpm)	Torsi (Nm)	Putaran (rpm)	Torsi (Nm)
1	1500	2	1500	1.5
2	2000	3	2000	3.1
3	2500	3.7	2500	3.7
4	3000	4.3	3000	4.5
5	3500	4.9	3500	5.2
6	4000	5.5	4000	6.1
7	4500	6	4500	7
8	5000	6.6	5000	7.6
9	5500	7.2	5500	8
10	6000	7.8	6000	8.7
11	6500	8.4	6500	9.4
12	7000	8.9	7000	10
13	7500	9.6	7500	10.7
14	8000	10.4	8000	11.3
15	8500	10.8	8500	12
16	9000	9.9	9000	12.5
17			9500	13.3
18			10000	13.6
19			10500	12.4

Dari hasil pengujian digunakan untuk mencari daya, dan selanjutnya untuk mengetahui korelasi antara torsi dan daya. Hasil perhitungan daya berdasarkan teori hubungan torsi, daya dan rpm didapat data seperti dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan torsi dan daya

No	Putaran (rpm)	Torsi		Daya	
		S	M	S	M
1	1500	2	1.5	0.4	0.3
2	2000	3	3.1	0.8	0.8
3	2500	3.7	3.7	1.3	1.3
4	3000	4.3	4.5	1.8	1.8
5	3500	4.9	5.2	2.4	2.5
6	4000	5.5	6.1	3	3.4
7	4500	6	7	3.8	4.4
8	5000	6.6	7.6	4.6	5.2
9	5500	7.2	8	5.5	6.1
10	6000	7.8	8.7	6.6	7.3
11	6500	8.4	9.4	7.6	8.5
12	7000	8.9	10	8.7	9.7
13	7500	9.6	10.7	10	11.2
14	8000	10.4	11.3	11.6	12.6
15	8500	10.8	12	12.9	14.3
16	9000	9.9	12.5	12.5	15.7
17	9500		13.3		17.7
18	10000		13.6		19
19	10500		12.4		18.3

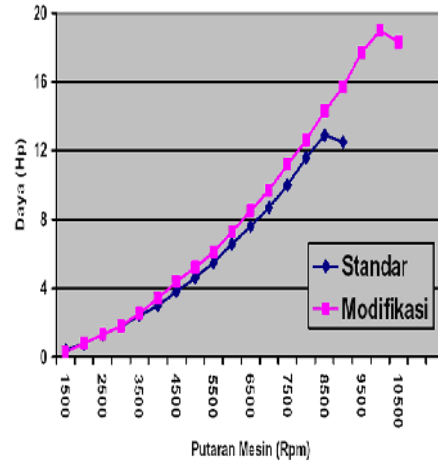
S = Standart, M = Modifikasi



Gambar 10. Grafik hubungan torsi vs rpm

Pada Gambar 10 menunjukkan Torsi mesin akan naik seiring dengan kenaikan putaran mesin. Torsi dengan perubahan porting port dan perubahan *cylinder head* lebih besar dari kondisi standar, Torsi maksimumnya adalah 13,6 N.m pada putaran 10000 rpm sedangkan untuk kondisi standar adalah 10,8 N.m. Dalam hal ini tekanan yang besar

terhadap piston akan menghasilkan daya lantar maksimal yang nantinya akan diteruskan menjadi momen puntir (Torsi).



Gambar 11. Grafik hubungan daya vs rpm

Tabel 3. Perbandingan spesifikasi

No	Bagian	Standart	Modifikasi
1	Diameter <i>cylinder</i>	54 mm	54 mm
2	Sudut <i>squish</i>	14°	14°
3	Lebar <i>squish</i>	7 mm	8 mm
4	Persentase <i>squish area</i>	45%	50.5%
5	Volume <i>cylinder head</i>	12 cc	10.04 cc
6	Durasi <i>exhaust</i>	126.64°	188.24°
7	Durasi <i>boost port</i>	71.28°	99.12°
8	Durasi <i>transfer port</i>	78.20°	89.12°

Pada Gambar 11 menunjukkan daya poros yang dihasilkan semakin meningkat seiring dengan kenaikan putaran mesin. Tinggi rendahnya nilai Daya poros yang dihasilkan tergantung besar kecilnya nilai torsi yang dihasilkan. Pada pengujian ini Daya poros maksimum didapat setelah perubahan porting port dan perubahan *cylinder head* yaitu 19 Hp pada putaran 10000 rpm Dalam hal ini tekanan yang besar terhadap piston akan menghasilkan daya lantar maksimal yang nantinya akan diteruskan menjadi momen puntir. Torsi dalam langkah usaha atau ekspansi yang



lebih besar akan menghasilkan daya yang besar. Perubahan/modifikasi mesin motor Yamaha F-1ZR yang dilakukan pada bagian cylinder dan cylinder head telah diperoleh hasil yang nyata, yaitu kenaikan rpm dan daya. Dengan data perbandingan spesifikasinya seperti dalam Tabel 3.

#### **KESIMPULAN**

Dari perubahan spesifikasi tersebut setelah diuji didapatkan torsi dan daya yang berbeda dari standarnya. Dilihat dari grafiknya dapat disimpulkan, yaitu : pada putaran mesin rpm, setelah dilakukan perubahan pada mesin dan diuji dengan beban dynamometer, mesin tersebut menghasilkan peningkatan putaran mesin rpm sebesar 1500rpm dari standar sebesar 8500rpm menjadi 10000 rpm. Pada Torsi, standar Torsi yang dihasilkan pada putaran 1500Rpm adalah 2Nm kemudian torsi tertingginya 10,8Nm pada putaran 8500rpm, setelah itu mengalami penurunan torsi menjadi 9,9Nm pada putaran 9000rpm.

Pada modifikasi, pada mesin modifikasi mengalami perubahan pada putaran bawah yaitu, pada putaran 1500 rpm mengalami penurun-an dari standarnya yaitu 1,5Nm, kemudian mulai mengalami kenaikan pada putaran 2000 rpm pada torsi 3,1Nm. Untuk puncak torsi terletak di putaran 10000 rpm pada torsi 13,6Nm, kemudian mengalami

penurunan diputaran 10500rpm sebesar 12,4Nm.

Pada Daya Standar , daya yang dihasilkan pada putaran 1500 rpm adalah 0,4Hp kemudian daya tertingginya 12,9 Hp pada putaran 8500rpm, setelah itu mengalami penurunan daya menjadi 12,5 Hp pada putaran 9000rpm. Sedangkan pada daya mesin modifikasi mengalami perubahan pada putaran bawah yaitu, pada putaran 1500rpm mengalami penurunan dari standarnya yaitu 0,3 Hp, kemudian mulai mengalami kenaikan pada putaran 3500rpm pada daya 2,5 Hp. Untuk puncak daya terletak di putaran 10000rpm pada daya 19Hp, kemudian mengalami penurunan pada putaran 10500rpm sebesar 18,3Hp.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Arismunandar. W, 1998, *Penggerak mula motor bakar torak*, ITB, Bandung.
- Maleev. V.L, 1945, *Internal-Combustion Engines*, McGraw-Hill Book Company, Japan.
- Obert, Edward F, 1968, *Internal Combustion Engines-Analysis and practice*, International Textbook Company, Scranton Pennsylvania.
- Grahambell, A, 1999, *Two Stroke Performance Tuning*, Second Edition, Haynes Publishing.