

PENGARUH PENGURANGAN DIAMETER *VALVESTEM* DAN PENAMBAHAN RADIUS *VALVENECK* TERHADAP PERFORMA MOTOR BAKAR HONDA SUPRA FIT 100 CC

Paul James Huang's¹⁾, Teng Sutrisno²⁾
Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2)}
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia^{1,2)}
Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658^{1,2)}
E-mail : m24412006@john.petra.ac.id¹⁾, tengsutrisno@petra.ac.id²⁾

ABSTRAK

Salah satu untuk meningkatkan performa dari sepeda motor adalah dengan melakukan penggantian katup standard ke katup racing. Katup racing ini bertujuan untuk memperlancar aliran udara yang masuk ke ruang bakar. Katup racing, biasanya, cara memodifikasinya adalah dengan melakukan pengurangan diameter pada batang katup. Pemilihan diameter katup pada penelitian ini adalah pengurangan sebesar 0,7 mm, 0,9 mm, dan 1,1 mm, dan membandingkan ketiga diameter dengan katup ukuran standard.

Metode pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan melakukan simulasi aliran dengan menggunakan program komputer ANSYS. Serta dengan melakukan uji dynotest untuk mengetahui peningkatan daya dan torsi, sebelum dan sesudah dilakukan penggantian pada masing-masing variasi pada katup.

Hasil yang didapatkan setelah melakukan simulasi adalah katup dengan diameter batang yang diperkecil menghasilkan *pressure drop* yang lebih kecil dan *velocity* yang besar. Hasil tersebut dicapai oleh katup dengan pengurangan sebesar 0,9 mm. Untuk hasil dynotest, daya tertinggi dicapai oleh katup dengan pengurangan sebesar 1,1 mm. yaitu 6,8 HP, mengalami peningkatan sebesar 17,24%. Sedangkan torsi maksimum dicapai oleh katup dengan pengurangan 0,9 mm, yaitu 7,39 N.m, meningkat sebesar 14,75% dari katup standard.

Kata kunci: Katup, intake, pressure drop, velocity, daya, torsi

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Penggunaan moda transportasi sepeda motor di Indonesia sangat populer dan sangat banyak digunakan. Sepeda motor sangat disukai masyarakat Indonesia digunakan karena harganya relatif murah, irit bahan bakar, serta lebih cepat sampai tujuan. Sehingga sepeda motor sangat efektif digunakan untuk perkotaan seperti Jakarta, Surabaya, atau kota besar lainnya. Selain sebagai jenis transportasi, sepeda motor sering juga digunakan untuk keperluan balap. Selain untuk balap, banyak orang yang kurang puas dengan performa motornya. Sehingga tidak jarang yang melakukan modifikasi *parts* untuk meningkatkan performa sepeda motornya. Banyak macam-macam *parts* yang dapat meningkatkan daya dan torsi pada sepeda motor. Misalnya penggantian karburator, knalpot *racing*, piston, *porting polish*, dan lain-lainnya. Salah satu bagian mesin yang dapat meningkatkan performa sepeda motor adalah bagian *intake* atau sistem masukan.

Sistem masukan atau *intake* pada kendaraan bermotor kondisi standard biasanya aliran udara yang mengalir mengalami hambatan. Banyak halangan dalam perjalanan udara ke ruang bakar yang menyebabkan kerugian energy. Misalnya, pada *intake manifold* mempunyai banyak belok-belokan yang tajam. Pada saluran *intake* kendaraan yang juga mempunyai

banyak lekukan. Karena lekukan atau belok-belokan yang tajam mengakibatkan terjadi *pressure drop* dan menghambat aliran udara yang masuk (Fox and McDonald's, 2011). Udara yang masuk melalui bagian *intake* harus dapat membuat campuran udara dan bahan bakar menjadi campuran yang homogen. Semakin homogen campuran udara dan bahan bakar, dapat meningkatkan efisiensi pembakaran (Kim, J.N., cs., 2008).

Untuk meningkatkan aliran pada sistem *intake* pada kendaraan bermotor dapat dilakukan dengan modifikasi pada bagian *throttle body*, derajat lekukan pada *intake manifold* (Hushim, M. F. & cs, 2012), serta dengan mengubah desain profil dari *valve intake*. Pada *valve intake* profil *valve* diubah dengan mengubah radius dari *valvestem* dan juga bentuk dari *valvneck area*. Menurut Kevin Cameron (1996), *intake port* mempunyai belokan dan hambatan seperti *valvestem*. Dengan mengubah profil dari bagian *valvneck* dan *valvestem* ini, performa dari kendaraan bermotor dapat meningkat akibat dari *intake* yang semakin lancar. Graham Bell (1981, p.21) juga menyatakan, dengan melakukan pengurangan diameter sebanyak 0,035 inci, dapat meningkatkan aliran sebanyak 10%. Sehingga dengan meningkatkan aliran udara pada saluran *intake* menghasilkan daya dan torsi yang lebih besar.

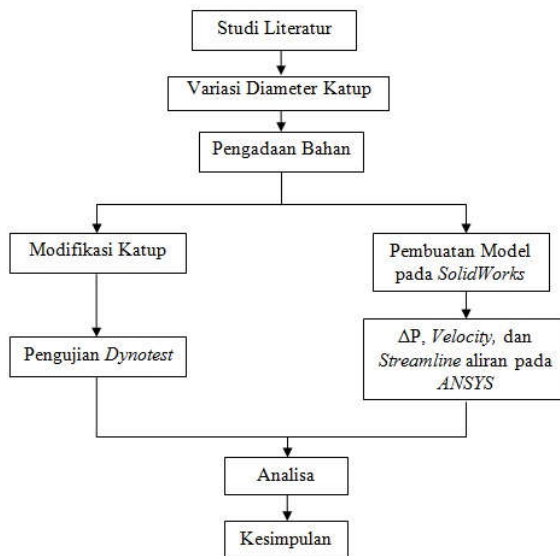
Dengan melakukan pengujian terhadap perubahan profil katup *intake* diharapkan desain dari katup tersebut dapat mengurangi penurunan tekanan pada katup masuk dan juga diharapkan dapat meningkatkan daya serta torsi yang lebih besar dibandingkan dengan kondisi standarnya.

Berawal dari permasalahan yang ada, maka dalam penelitian ini penulis akan melakukan penelitian dan analisa data hasil percobaan dengan mengubah bentuk dari *valvestem* dan *valveneck* pada bagian katup masuk pada mesin sepeda motor. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh dari perubahan profil serta mengoptimasikan profil pada bagian *valve neck* serta *valve stem* terhadap performa motor bakar pada sepeda motor Honda Supra Fit yang berkapasitas silinder 100 cc. Dengan target kenaikan tenaga dan torsi sebesar 10%.

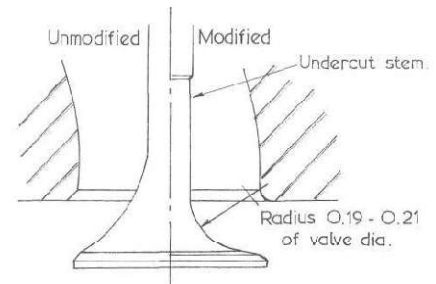
Penelitian ini mempunyai manfaat yaitu dapat mempelajari efek penggantian *valve* terhadap *pressure drop* dan *velocity* pada *intake* setelah *valve* dimodifikasi. Serta dengan melakukan penggantian *valve* dapat meningkatkan kinerja dari mesin kendaraan bermotor tersebut, yang berarti daya dan torsi motor dapat naik.

2. Metode Penelitian

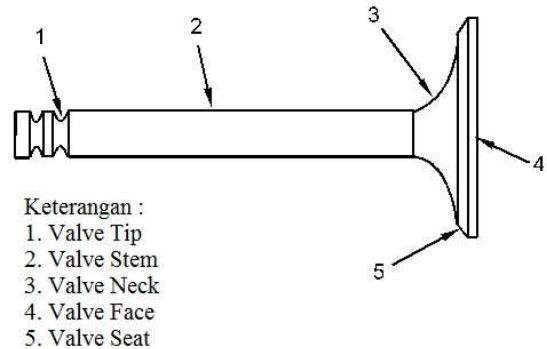
Gambar 1 merupakan bagan alur penelitian. Peneliti melakukan studi literatur terlebih dahulu. Kemudian menentukan diameter variasi katup. Setelah melakukan pengadaan bahan, modifikasi katup dilakukan dengan ukuran tertentu dan melakukan pengujian *dynotest*. Pembuatan model di program *Solidworks* juga dilakukan kemudian dilanjutkan dengan simulasi aliran menggunakan program *ANSYS*.



Gambar 1 Bagan Alur Penelitian



Gambar 2 Desain katup sebelum dan sesudah modifikasi



Gambar 3 Bagian-bagian katup

Mengacu pada buku Graham Bell tentang *Performance Tuning in Theory & Practice* (Gambar 2), modifikasi profil dari *stem* pada *valve* yaitu dengan mengurangi radius sebesar 0.035 inci (0,9 mm). Secara teori, dengan mengubah profil dari *stem* tersebut dapat memperlancar aliran sebesar 10% jika *valve* membuka sebesar 0.360 inci.

Untuk bagian *neck* pada *valve* (Gambar 3), pengubahan profilnya dilakukan dengan mengubah radius antara 0.19 sampai 0.21 dari diameter *valve* itu sendiri. Dengan mengubah bagian *neck*, otomatis mengubah profil dari *seat area* dari *valve* dengan mengubah kemiringan *seat* harus dipotong sebesar 45° dan *seat area* harus mempunyai lebar sebesar 0.065 inci. Namun, *seat area* juga dapat dipotong sebesar 25° - 35°, meskipun secara teori sudut kemiringan sebesar 45° merupakan sudut yang paling optimal.

Sesuai dengan topik penelitian yang tertera, pemilihan katup dan menentukan diameter batang katup merupakan langkah awal yang harus dilakukan. Yaitu untuk mengurangi *pressure drop* serta mempercepat kecepatan aliran yang melalui sistem. Rencana awal pengujian menggunakan empat parameter uji yaitu katup standar Supra Fit dengan ukuran diameter batang 4,98 mm, dengan pengurangan diameter sebanyak 3 kali yaitu pengurangan sebesar 0,7 mm, 0,9 mm, dan 1,1 mm. Jadi parameter yang digunakan adalah ukuran standar, 0,7 mm, 0,9 mm, dan 1,1 mm.

Pemilihan modifikasi diameter katup yang dikurangi atau ditambah sebanyak 0,2 mm, karena pengurangan sebesar 0,2 mm menghasilkan perbandingan yang cukup signifikan dibandingkan dengan

pengurangan sebesar 0,1 mm dan 0,3 mm. Contohnya yaitu katup dengan pengurangan 0,7 mm dan 0,8 mm, dengan patokan yaitu 0,9 mm. Dengan membandingkan volume batang katup, maka katup dengan pengurangan sebesar 0,7 mm mengalami perbedaan sebesar 10 % dibandingkan dengan 0,9 mm. Sedangkan untuk katup dengan pengurangan sebesar 0,8 mm, hanya mengalami perubahan volume sebesar 7% dibandingkan dengan 0,9 mm. Untuk katup dengan pengurangan sebesar 0,3 mm menghasilkan perbedaan yang terlalu jauh sehingga perbandingan menjadi sangat terlihat. Oleh karena itu, penulis mengambil pengurangan sebesar 0,2 mm sebagai perbandingan.

Pembubutan ketinggian katup juga perlu diperhatikan. Ketinggian maksimum untuk pembubutan ± 15 mm dari bagian batas *seal* katup. Jika melebihi *seal* katup maka katup akan goyang sehingga katup tidak dapat menutup sempurna. Dapat terjadinya kebocoran kompresi yang membuat performa mesin menjadi turun.

Penggunaan katup standard pabrikan karena katup standard pabrikan mempunyai bahan yang kuat dan jelas jika dibandingkan dengan katup variasi. Dan katup standard pabrik mempunyai kepresisian yang tinggi. Katup standard pabrik juga mudah didapatkan dipasaran karena barang tergolong *fast moving* atau sering terjual. Harga dari katup tersebut juga relatif terjangkau untuk dapat dibeli oleh pengguna sepeda motor di Indonesia.

Dengan menggunakan rumus siklus Otto, peneliti dapat mencari tekanan yang dihasilkan oleh ruang bakar mesin. Tekanan yang didapatkan digunakan untuk mengukur kekuatan katup jika diberi tekanan sesuai dengan tekanan mesin. Dan dari hasil perhitungan didapatkan bahwa katup yang dikurangi diameternya sampai menjadi diameter 3,88 mm atau pengurangan sebesar 1,1 mm, masih kuat menahan tekanan yang dihasilkan oleh kerja mesin motor tersebut. Dengan Syp material sebesar 23 MPa dan tekanan tertinggi yang dicapai oleh katup adalah 20,28 MPa pada katup 1,1 mm. Maka katup dengan pengurangan sebesar 1,1 mm masih aman atau tidak akan patah menahan tekanan sebesar 20,28 MPa.

Untuk diameter pengurangan maksimum dari katup standard pabrikan, maksimal hanya sebesar 1,4 mm. Pengurangan diameter terkecil hanya mencapai 1,3 mm atau batang katup menjadi sekitar 3,68 mm. Tekanan yang dialami oleh batang katup sebesar 22,54 MPa, hampir mendekati SYP material. Namun, jika dikurangi sampai 1,4 mm, maka katup akan patah karena melebihi SYP material. Tekanan yang dialami oleh katup menjadi 23,81 MPa, melebihi SYP-nya.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dibahas tentang daya dan torsi yang dihasilkan oleh mesin sepeda motor pada saat standard, dan membandingkan hasil tersebut dengan hasil spesifikasi pabrik. Sebelum memulai simulasi, parameter masukan harus dicari terlebih dahulu. Setelah parameter ditentukan, barulah simulasi simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan menggunakan program *ANSYS Fluent* dimulai. Dari hasil simulasi tersebut, didapatkan data mengenai

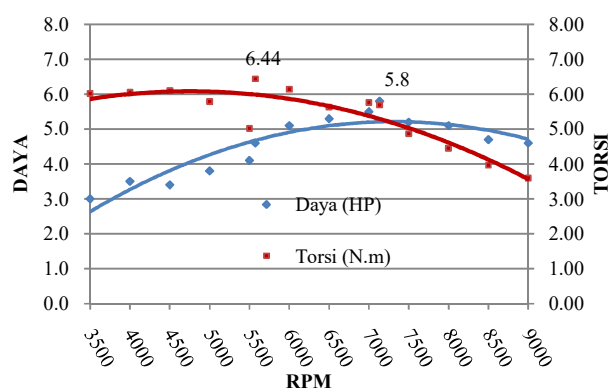
pressure dan *velocity* yang melalui *intake*. Setelah menemukan nilai dari *pressure* dan *velocity*, peneliti dapat menentukan *headloss* dan nilai K pada *intake* tersebut. Dan yang terakhir peneliti menganalisa hasil *dynotest* pada katup 0,7 mm, 0,9 mm, dan 1,1 mm. Penamaan katup digunakan untuk mempermudah penulisan. Katup dengan diameter 4,3 mm akan ditulis katup 0,7 mm, katup dengan diameter 4,1 mm akan ditulis katup 0,9 mm, dan katup dengan diameter 3,9 mm akan ditulis katup 1,1 mm.

3.1 Data dan Hasil *Dynotest* Kondisi Standard

Semua produsen sepeda motor pasti mengeluarkan spesifikasi dari sepeda motor buatan mereka. Terutama untuk urusan daya dan torsi. Semua produsen pasti mencantumkan karena salah satu faktor untuk membeli sepeda motor adalah daya dan torsi. Dalam penelitian ini, sepeda motor yang digunakan adalah Honda Supra Fit 100cc. Berikut ini adalah daya dan torsi yang dikeluarkan oleh produsen motor tersebut dan kemudian membandingkan data dari pabrik dengan data yang dihasilkan oleh pengujian *dynotest*.

Tabel 1 Daya & torsi dari pabrik

Daya	7,2 HP / 8000 RPM
Torsi	7,2 N.m / 6000 RPM



Gambar 4 Grafik daya dan torsi hasil *dynotest* katup standard

Hasil *dynotest* menggunakan katup standard dapat terlihat pada gambar 2, dimana motor tersebut menghasilkan daya puncak sebesar 5,8 HP pada 7138 rpm. Tenaga yang dihasilkan turun sebanyak 1,4 HP jika dibandingkan dengan data standard pabrik. Putaran untuk memperoleh puncak daya berubah dari 8000 RPM ke 7138 RPM. Hasil torsi juga mengalami penurunan dari data pabrikan. Hasil yang didapatkan sebesar 6,44 N.m, sedangkan data pabrikan sebesar 7,2 N.m. Putaran mesin untuk mencapai torsi maksimum berubah dari 6000 RPM ke 5573 rpm pada saat *dynotest*. Hal ini disebabkan oleh kondisi mesin yang sudah berumur. Kondisi mesin yang belum di *tuneup*, oli mesin yang belum diganti, perbedaan penggunaan bahan bakar, dan faktor-faktor lainnya yang dapat menyebabkan daya dan torsi yang dihasilkan oleh motor menjadi turun.

3.2 Data dan Perhitungan Kecepatan Inlet

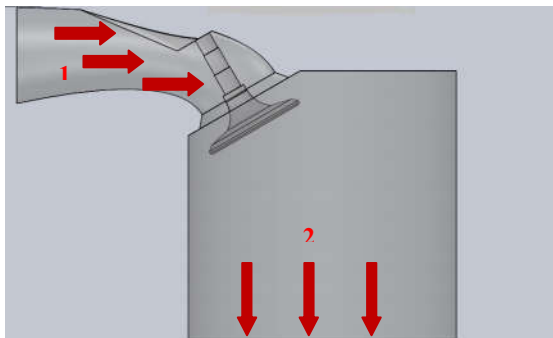
Sebelum memulai simulasi aliran dan mendapatkan data *pressure drop*, peneliti harus mengetahui dahulu kecepatan udara yang mengalir melalui lubang *port inlet*. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$V = \frac{\text{Stroke} \times \text{RPM}}{30000} \times \left(\frac{\text{Bore}}{\text{Diameter Port Inlet}} \right)^2 \text{ m/s} \quad (4.1)$$

Untuk data yang dimasukkan ke rumus di atas, harus menyesuaikan dengan spesifikasi mesin dari sepeda motor. Supra Fit 100 cc mempunyai panjang stroke sebesar 49,5 mm, diameter bore sebesar 50 mm, dan diameter port sebesar 18,64 mm. Untuk putaran mesin / RPM yang diujikan adalah pada 1000, 3000, 5000, 7000, dan 9000 RPM. Dan berikut ini adalah kecepatan udara yang masuk.

Tabel 2 Kecepatan udara yang masuk berdasarkan putaran mesin.

RPM	Kecepatan intake (m/s)
1000	11,87
3000	35,62
5000	59,36
7000	83,11
9000	106,85



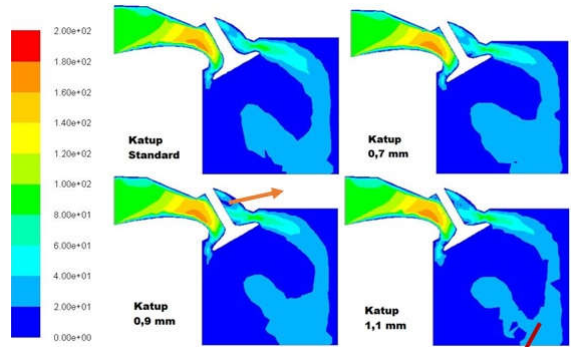
Gambar 5 Alur lintasan aliran udara pada motor

Gambar 3 merupakan arah aliran fluida, yaitu udara, yang digunakan untuk simulasi aliran pada program ANSYS. Dari kondisi 1 yaitu saluran *intake* dan berakhir pada kondisi 2 yaitu saat piston mencapai titik mati bawah (TMB). Untuk melakukan simulasi aliran, maka harus ada parameter masukan yaitu pada kondisi 1. Parameter tersebut adalah kecepatan udara yang masuk menurut putaran mesin (RPM). Kecepatan udara yang masuk berada pada Tabel 2 di atas.

3.3 Analisa *Pressure Drop & Velocity* Pada *Intake*

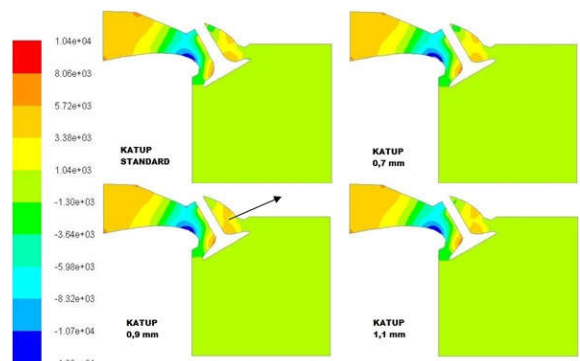
Analisa pertama setelah melakukan simulasi adalah analisa tentang *pressure drop & velocity* yang

melalui sistem. Cara mendapatkan *pressure drop & velocity* tiap-tiap RPM dan tiap-tiap katup adalah dengan mengurangi *pressure* atau *velocity* yang masuk yaitu pada kondisi 1 dengan *pressure* atau *velocity* yang keluar melalui kondisi 2. Berikut ini adalah contoh dari hasil simulasi yang memperlihatkan *contour* dari *pressure* dan *velocity* masing-masing katup pada 7000 RPM.



Gambar 6 Hasil simulasi *velocity* masing – masing katup pada putaran 7000 RPM.

Hasil simulasi *velocity* pada putaran 7000 RPM, terdapat perbedaan *contour velocity* pada masing – masing katup terutama pada katup 0,9 mm. Pada katup 0,9 mm, yang ditunjukkan tanda panah jingga, tidak terdapat aliran *velocity* (warna biru gelap). Hasil tersebut berbeda dengan variasi katup lainnya, yang masih terdapat aliran *velocity* pada daerah yang sama. Hal ini berarti, aliran *velocity* pada katup 0,9 mm lebih baik karena alirannya tidak menabrak bagian dinding *intake*, melainkan langsung mengarah ke ruang bakar. Katup 1,1 mm mempunyai pola aliran *velocity* yang cenderung tidak merata (panah warna merah). Jika dibandingkan dengan variasi katup lainnya, katup 1,1 mm cenderung lebih banyak kehilangan *velocity* pada daerah yang berwarna biru agak tua tersebut. Jadi katup 1,1 mm mempunyai hambatan yang paling besar yang mengakibatkan *velocity*-nya turun.



Gambar 7 Hasil simulasi *pressure* masing – masing katup pada putaran 7000 RPM.

Hasil simulasi *pressure* pada putaran mesin 7000 RPM, terdapat perbedaan *contour* pada katup dengan pengurangan sebesar 0,9 mm. Pada bagian yang bertanda panah tersebut, katup 0,9 mm menghasilkan satu-satunya *pressure* yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan katup pengurangan diameter lainnya. Hasil ini juga terbukti dari simulasi kecepatan pada gambar 4.3 yang berpanah jingga. Pada gambar tersebut kecepatan pada panah rendah sehingga meningkatkan *pressure*. Hal ini membuat tekanan udara yang keluar melalui *port inlet* menjadi lebih cepat karena adanya tekanan yang tinggi. Tekanan yang kuat membuat *supply* udara ke ruang bakar menjadi lebih cepat.

Selain hasil *contour* aliran, akan ditampilkan tabel berupa *pressure*. Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan ΔP atau *pressure drop* tiap-tiap RPM pada masing-masing katup.

Tabel 3 Hasil ΔP pada masing-masing katup

STD (5 mm)		0,7 mm (4,3 mm)		0,9 mm (4,1 mm)		1,1 mm (3,9 mm)	
RPM	ΔP (Pa)	RPM	ΔP (Pa)	RPM	ΔP (Pa)	RPM	ΔP (Pa)
1000	137,07	1000	133,70	1000	132,53	1000	115,72
3000	1180,38	3000	1160,45	3000	1148,99	3000	1122,62
5000	3271,76	5000	3195,26	5000	3162,82	5000	3199,48
7000	6385,13	7000	6236,99	7000	6173,87	7000	6243,25
9000	10524,20	9000	10822,20	9000	10176,90	9000	10284,70

Dari tabel di atas, maka didapatkan hasil ΔP dari setiap katup di setiap RPM uji. ΔP disini adalah hasil pengurangan antara tekanan pada kondisi 1 yaitu masukan dengan kondisi 2 yaitu keluaran, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3. Pada RPM 1000 dan 3000, *pressure drop* terendah dihasilkan oleh katup 1,1 mm yaitu 115,72 Pa dan 1122,62 Pa. Sedangkan pada RPM 5000, 7000, dan 9000, *pressure drop* terendah dihasilkan oleh katup 0,9 mm yaitu sebesar 3162,82 Pa, 6173,87 Pa, dan 10176,90 Pa. Hasil ini menunjukkan teori modifikasi katup oleh Graham Bell sama dengan yang di simulasikan. Katup dengan pengurangan sebesar 0,9 mm merupakan katup dengan hasil paling optimal.

3.3 Analisa Headloss

Percobaan simulasi yang sudah dilakukan, akan mendapatkan data mengenai *pressure drop* dan *velocity* yang sudah dibahas di sub-bab sebelumnya. Dari *pressure drop* yang di dapatkan tersebut, peneliti dapat mengetahui *headloss* yang dialami oleh sistem. *Headloss* diartikan sebagai hasil kerja yang hilang akibat dari bentuk haluan yang mempunyai satuan meter (m). Berikut ini adalah rumus untuk mencari *headloss* dan tabel yang menampilkan *headloss* yang dihasilkan oleh masing-masing katup.

Rumus *Headloss* :

$$Headloss = \frac{\Delta P}{\rho \times g} \text{ (m)}$$

Keterangan :

ΔP = Tekanan (Pa)

P = massa jenis udara ($\frac{kg}{m^3}$)

g = percepatan gravitasi bumi ($\frac{m}{s^2}$)

Tabel 4 *Headloss* yang dialami tiap-tiap katup

RPM	Standard (5 mm)		0,7 mm (4,3 mm)		0,9 mm (4,1 mm)		1,1 mm (3,9 mm)	
	Pressure (Pa)	Headloss	Pressure (Pa)	Headloss	Pressure (Pa)	Headloss	Pressure (Pa)	Headloss
1000	137,07	11,41	133,70	11,13	132,53	11,03	115,72	9,63
3000	1180,38	98,22	1160,45	96,57	1148,99	95,61	1122,62	93,42
5000	3271,76	272,26	3195,26	265,89	3162,82	263,19	3199,48	266,24
7000	6385,13	531,33	6236,99	519,00	6173,87	513,75	6243,25	519,52
9000	10524,20	875,76	10822,20	900,56	10176,90	846,86	10284,70	855,83

Dari tabel diatas dapat terlihat bahwa pada RPM 1000 dan 3000, katup 1,1 mm menghasilkan *headloss* paling kecil. Sedangkan untuk katup yang lain cenderung menghasilkan *headloss* dengan angka yang hampir sama. Untuk RPM 5000, 7000, dan 9000 RPM, *headloss* terendah dihasilkan oleh katup 0,9 mm. Terutama bila dibandingkan dengan katup 1,1 mm pada RPM 9000. Margin antara kedua katup cukup besar. Jadi, katup dengan pengurangan 0,9 mm mempunyai rugi kerja paling kecil pada RPM 5000-9000. Sedangkan katup dengan pengurangan 1,1 mm mempunyai rugi kerja paling kecil pada RPM 1000-3000.

3.4 Analisa Nilai K

Analisa berikutnya yaitu analisa mengenai nilai K terhadap putaran mesin (RPM) & bilangan Reynolds untuk setiap katup yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Bilangan Reynolds berbanding lurus dengan putaran mesin, karena bilangan Reynolds dipengaruhi oleh kecepatan aliran yang melalui sistem. Nilai K adalah koefisien *losses minor*. Berikut adalah rumus mencari bilangan Reynolds dan nilai K :

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

Keterangan :

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

μ = viskositas fluida ($kg/m.s$)

V = kecepatan rata-rata fluida (m/s)

D = diameter pipa (m)

$$\text{Nilai K} = \frac{Headloss \times 2g}{V^2}$$

Keterangan :

g = percepatan gravitasi bumi ($\frac{m}{s^2}$)

V = kecepatan udara yang masuk melalui *inlet* ($\frac{m}{s}$)

Tabel 5 Nilai K terhadap RPM & Reynold Number

RPM	K (STD)	K (0,7 mm)	K (0,9 mm)	K (1,1 mm)	Reynold Number
1000	1,59	1,55	1,54	1,34	14753,22
3000	1,52	1,49	1,48	1,45	44259,66
5000	1,52	1,48	1,47	1,48	73766,09
7000	1,51	1,47	1,46	1,48	103272,53
9000	1,51	1,55	1,46	1,47	132778,97

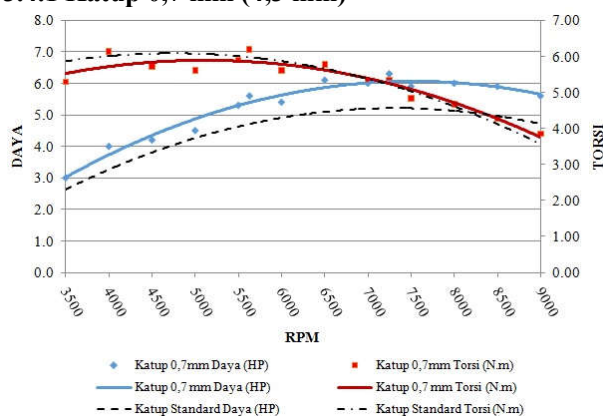
Dari tabel diatas, semua katup modifikasi menghasilkan aliran turbulenta karena Re diatas 2300.

Nilai K semua katup modifikasi juga lebih rendah daripada katup standard kecuali katup 0,7 mm pada 9000 RPM. Untuk RPM 1000 dan 3000, nilai K terendah dihasilkan oleh katup 1,1 mm. Sedangkan untuk RPM 5000, 7000, dan 9000, nilai K terendah dihasilkan oleh katup 0,9 mm. yang berarti katup 0,9 mm mempunyai *losses minor* paling kecil.

3.4 Analisa Hasil *Dynotest* Katup Modifikasi

Dari hasil dynamometer ini dapat kita peroleh berbagai macam grafik dan tabel tentang *Horsepower* (HP) fungsi RPM, Torsi fungsi RPM, HP fungsi waktu, dan Torsi fungsi waktu. Namun dalam analisa percobaan ini, fungsi waktu tidak digunakan, hanya menggunakan fungsi RPM saja. Maka dari itu dapat kita simak bahwa setelah katup dilakukan perubahan profil dapat membuat performa mesin meningkat cukup signifikan.

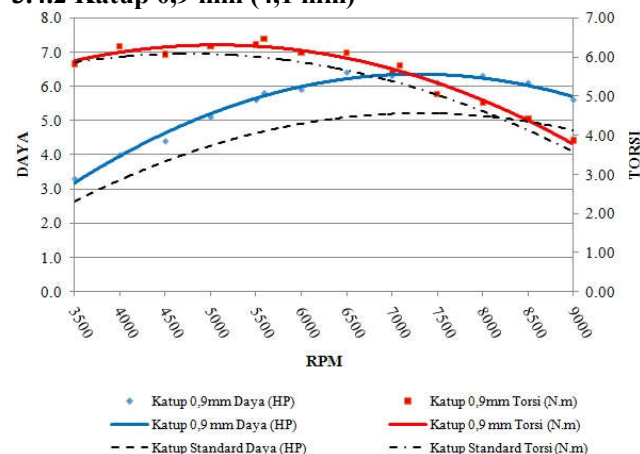
3.4.1 Katup 0,7 mm (4,3 mm)



Gambar 8 Grafik daya dan torsi hasil *dynotest* katup 0,7 mm

Pada penggantian katup yang sudah dikurangi diameternya sebesar 0,7mm, daya dari mesin motor meningkat menjadi 6,3 HP dari 5,8 HP. Daya motor mengalami peningkatan sebesar 8,62% dibandingkan dengan katup standard pada 7248 rpm. Grafik daya menunjukkan semakin tinggi RPM, semakin jauh jarak antara katup standard dengan katup 0,7 mm. Yang artinya perbedaan daya yang dihasilkan semakin besar seiring dengan bertambahnya putaran mesin. Sedangkan torsi maksimum yang dihasilkan sebesar 7,07 N.m dari 6,44 N.m pada katup standard. Torsi mesin mengalami peningkatan sebesar 9,78% dibandingkan standard pada 5629 rpm. Pada grafik antara torsi standard dengan 0,7 mm terlihat penurunan torsi sampai RPM 9000. Di RPM 3500 torsi katup 0,7 mm masih diatas katup standard. Namun seiring dengan meningkatnya putaran mesin, torsi katup 0,7 mm semakin menurun. Terlihat pada RPM 9000, torsi katup 0,7 mm lebih rendah daripada katup standard.

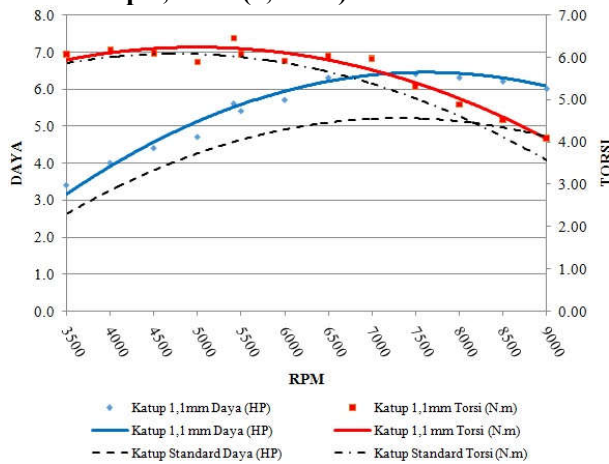
3.4.2 Katup 0,9 mm (4,1 mm)



Gambar 9 Grafik daya dan torsi hasil *dynotest* katup 0,9 mm

Pada penggantian katup yang sudah dikurangi diameternya sebesar 0,9 mm dapat dilihat bahwa daya motor meningkat menjadi 6,6 HP. Meningkat 0,3 HP dibandingkan dengan katup 0,7 mm dan meningkat 0,8 HP jika dibandingkan dengan katup standard. Daya motor mengalami peningkatan sebesar 13,79% dibandingkan dengan katup motor standard pada 7088 rpm. Seperti katup 0,7 mm, katup 0,9 mm mengalami peningkatan daya seiring dengan meningkatnya putaran mesin. Torsi juga mengalami peningkatan menjadi 7,39 N.m. Naik 0,32 N.m dibandingkan dengan katup 0,7 mm dan naik sebesar 1,45 N.m jika dibandingkan dengan katup standard. Katup 0,9 mm mengalami peningkatan torsi sebesar 14,75% dibandingkan dengan standard pada 5590 rpm. Berbeda dengan katup 0,7 mm yang mengalami penurunan torsi seiring dengan meningkatnya putaran mesin. Saat RPM 3500, torsi yang dihasilkan sama dengan torsi standard. Seiring dengan meningkatnya putaran mesin, torsi semakin meningkat, meskipun di RPM 7500 mulai sedikit menurun, namun masih lebih tinggi daripada katup standard.

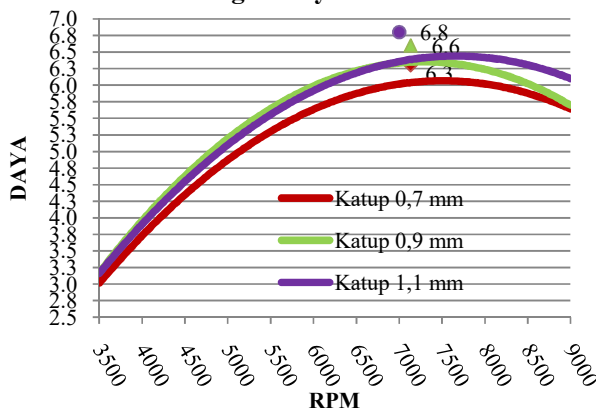
3.4.3 Katup 1,1 mm (3,9 mm)



Gambar 10 Grafik daya dan torsi hasil *dynotest* katup 1,1 mm

Pada penggantian katup yang diameternya dikurangi 1,1 mm, dapat dilihat bahwa tenaga puncak motor sebesar 6,8 HP. Naik 1 HP jika dibandingkan dengan katup standard, naik 0,2 HP dibandingkan dengan katup 0,9 mm, dan naik 0,5 HP dibandingkan katup 0,7 mm. Daya motor mengalami peningkatan sebesar 17,24% dibandingkan katup standard pada 7000 rpm. Pada grafik dapat terlihat daya motor semakin meningkat seiring naiknya putaran mesin. Semakin putaran mesin naik, semakin besar *gap* antara katup standard dengan katup 1,1 mm. Yang berarti daya motor semakin naik RPM, semakin tinggi peningkatannya. Torsi mesin yang didapat cenderung sama dengan pengurangan katup sebesar 0,9 mm yaitu sebesar 7,38 N.m pada 5416 rpm. Pada grafik dapat terlihat torsi pada RPM 3500 hampir sama dengan katup standard. Seiring dengan meningkatnya putaran mesin, torsi yang dihasilkan semakin besar. Dan *gap* antara katup 1,1 mm dengan katup standard semakin besar.

3.4.4 Grafik Gabungan Daya dan Torsi

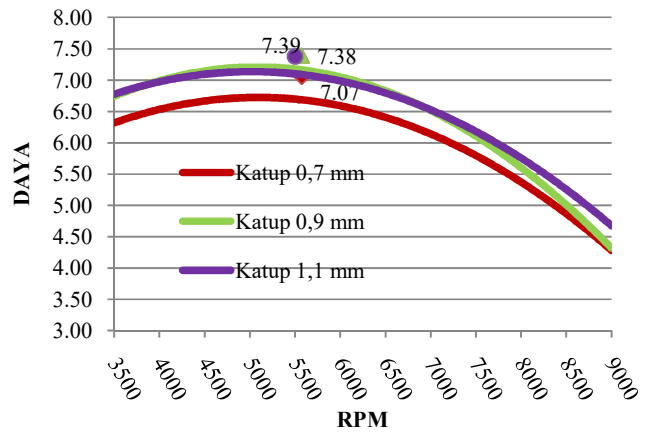


Gambar 11 Grafik daya gabungan

Pada grafik gabungan daya ini, dapat dilihat bahwa daya tertinggi dihasilkan oleh katup dengan

pengurangan sebesar 1,1 mm yaitu sebesar 6,8 HP pada 6997 rpm. Katup 1,1 mm juga mempunyai daya yang tinggi pada RPM antara 7500 – 9000. Untuk putaran mesin menengah yaitu antara 4000 – 6500 rpm, daya tertinggi dihasilkan oleh katup dengan pengurangan diameter sebesar 0,9mm. Namun katup 0,9 mm memiliki *drop* tenaga yang cukup banyak pada RPM antara 7500 – 9000 rpm seperti yang terlihat pada grafik, dan pada 9000 rpm hampir menyamai capaian daya dari katup 0,7 mm.

Dibandingkan dengan katup standard, semua modifikasi pengurangan diameter katup menghasilkan tenaga yang lebih tinggi dibandingkan dengan katup standard. Katup 0,7 mm menghasilkan daya sebesar 6,3 HP. 0,5 HP lebih besar daripada katup standard. Katup 0,9 mm menghasilkan tenaga yang lebih tinggi daripada katup 0,7 mm, yaitu 6,6 HP, namun grafik tenaganya sedikit bergeser di RPM yang lebih rendah. Maka dari itu, katup 0,9 mm mempunyai figur yang baik untuk digunakan pada penggunaan sehari-hari atau di perkotaan karena pada RPM 4000 – 6500 menghasilkan tenaga yang tinggi. Otomatis, penggunaan bahan bakar akan menjadi lebih irit karena tidak perlu memutar gas secara penuh untuk mendapatkan akselerasi yang cepat. Sedangkan katup 1,1 mm yang menghasilkan tenaga paling besar, yaitu 6,8 HP, lebih cocok digunakan untuk keperluan balap, seperti *trail* dan balapan di sirkuit, karena pada RPM atas menghasilkan tenaga yang tinggi.



Gambar 12 Grafik torsi gabungan

Pada grafik gabungan torsi, dapat dilihat bahwa torsi tertinggi terdapat pada katup 0,9 mm yaitu sebesar 7,39 N.m pada 5590 rpm dan torsi katup 1,1 mm hampir sama dengan katup 0,9 mm yaitu 7,38 N.m namun dicapai pada putaran mesin lebih rendah yaitu 5416 rpm. Seperti yang terlihat pada grafik daya, katup 0,9 mm sangat cocok untuk dipakai kondisi *stop & go* perkotaan karena mempunyai torsi yang besar pada putaran mesin lebih rendah. Konsumsi bahan bakar dapat menurun karena torsi pada putaran bawah yang baik. Namun, grafik torsi katup 0,9 mm mengalami

drop yang cukup banyak pada RPM antara 7000 – 9000 rpm dibandingkan dengan katup 1,1 mm.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian mencakup beberapa hal yaitu :

1. Katup yang digunakan untuk modifikasi cukup menggunakan katup standard pabrikan karena mempunyai bahan yang kuat dan kepresisian tinggi. Serta ukuran batang katup yang diujikan dalam penelitian ini adalah ukuran standard (4,98 mm), 4,28 mm (pengurangan 0,7 mm), 4,08 mm (pengurangan 0,9 mm), dan 3,88 mm (pengurangan 1,1 mm).
2. Diameter pengurangan maksimal katup yaitu 1,3 mm. Jika pengurangan melebihi 1,3 mm maka katup akan patah karena tidak mampu menahan tekanan.
3. Dari hasil simulasi yang sudah dilakukan didapatkan hasil bahwa semua katup yang mempunyai diameter lebih kecil dari standard menghasilkan *pressure* yang rendah pada 7000 RPM. Dan katup 0,9 mm menghasilkan *pressure* yang paling kecil diantara katup lainnya. *Pressure* yang kecil mengakibatkan *Headloss* yang kecil dan Nilai K (rugi minor) yang kecil. katup 0,9 mm menghasilkan *Headloss* dan Nilai K yang paling kecil. Hal ini membuat katup 0,9 mm merupakan katup paling efisien dan sesuai dengan teori modifikasi katup oleh Graham Bell.
4. Selain melakukan simulasi, percobaan *dynotest* juga dilakukan untuk mengukur seberapa besar daya dan torsi yang meningkat hanya dengan melakukan penggantian katup. Dari hasil *dynotest* tersebut, katup hasil modifikasi menghasilkan daya dan torsi yang lebih besar daripada katup standard. Katup standard menghasilkan daya dan torsi sebesar 5,8 HP dan 6,44 N.m. Sedangkan katup 0,7 mm menghasilkan 6,3 HP dan 7,07 N.m. Katup 0,9 mm menghasilkan 6,6 HP & 7,39 N.m. Dan katup 1,1 mm menghasilkan daya yang paling tinggi yaitu 6,8 HP sedangkan torsinya cenderung sama dengan katup 0,9 mm yaitu 7,38 N.m.
5. Dari kesimpulan nomor 4, tujuan dari penelitian yaitu target kenaikan daya dan torsi sebesar 10% telah tercapai. Dengan kenaikan daya sebesar 8,62% untuk katup 0,7 mm, kenaikan 13,79% untuk katup 0,9 mm, dan katup 1,1 mm sebesar 17,24%. Untuk kenaikan torsi, katup 0,7 mm mengalami peningkatan sebesar 9,78%, katup 0,9 mm mengalami peningkatan sebesar 14,75%, dan katup 1,1 mm menghasilkan torsi yang sama dengan katup 0,9 mm.

5. Daftar Pustaka

1. Baechtel, John. (2013). *Improving Airflow Around the Valve*. Retrieved June 06, 2016, from <http://www.stangtv.com/tech-stories/engine/ferrea-helps-explains-valve-flow-dynamics/>
2. Bell, A. G. (1981). *Performance Tuning in Theory & Practice*. England :Haynes Publishing Group.
3. Cameron, Kevin. (1996). Intake flow 101. *Cycle World*, 16. Retrieved June 10, 2016, from ProQuest.
4. Kristanto, P. (2015). *Motor Bakar Torak (Teori & Aplikasinya)*. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
5. Pritchard, P. J. (2011). *Fox and McDonald's Introduction To Fluid Mechanics* (8th ed.). USA : John Wiley & Sons, Inc.