

# **MODIFIKASI SALURAN MASUK, BILAS DAN BUANG PADA SEPEDA MOTOR DUA LANGKAH UNTUK MENINGKATKAN DAYA PADA PUTARAN TINGGI**

## **PROYEK AKHIR**

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya  
Teknik



Oleh:  
**Tegar Faizal Arif**  
**NIM 15509134029**

**PROGAM STUDI TEKNIK OTOMOTIF  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

### Proyek Akhir

## MODIFIKASI SALURAN MASUK, BILAS DAN BUANG PADA SEPEDA MOTOR DUA LANGKAH UNTUK MENINGKATKAN DAYA PADA PUTARAN TINGGI

Disusun Oleh:

**Tegar Faizal Arif**

**NIM 15509134029**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Proyek Akhir Program

Studi Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri

Yogyakarta

Pada tanggal .....

**Nama/Jabatan**

**Tanda Tangan**

**Tanggal**

Moch. Solikin, M.Kes  
Ketua Penguji/Pembimbing



14 Februari 2019

Drs.Kir Haryana, M.Pd.  
Skretaris Penguji



14 Februari 2019

Dr.Zainal Arifin, M.T  
Penguji Utama



14 Februari 2019

**TIM PENGUJI**

Yogyakarta, .....

Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,



Dr. Widarto, M.Pd.

NIP. 19631230 198812 1 001

## LEMBAR PERSETUJUAN

Proyek Akhir dengan Judul:

**MODIFIKASI SALURAN MASUK, BILAS DAN BUANG PADA SEPEDA  
MOTOR DUA LANGKAH UNTUK MENINGKATKAN DAYA PADA  
PUTARAN TINGGI**

Disusun Oleh:

**Tegar Faizal Arif**

**NIM 15509134029**

Telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk  
Dilaksanakan Ujian Proyek Akhir bagi yang  
bersangkutan.

Yogyakarta, ... Januari 2019

Mengetahui,  
Ketua Program Studi

Disetujui,  
Dosen Pembimbing,



Moch. Solikin, M.Kes  
NIP. 19680404 199303 1 003



Moch. Solikin, M.Kes  
NIP. 19680404 199303 1 003

## **SURAT PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa Proyek Akhir dengan judul Modifikasi Saluran Masuk, Bilas Dan Buang Pada Sepeda Motor Dua Langkah Untuk Meningkatkan Daya Pada Putaran Tinggi, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Januari 2019

Yang menyatakan,



Tegar Faizal Arif

NIM. 15509134029

# **MODIFIKASI SALURAN MASUK, BILAS DAN BUANG PADA SEPEDA MOTOR DUA LANGKAH UNTUK MENINGKATKAN DAYA PADA PUTARAN TINGGI**

**Oleh:**

**Tegar Faizal Arif**

**15509134029**

## **ABSTRAK**

Tujuan proyek akhir modifikasi saluran masuk, bilas dan buang pada sepeda motor dua langkah untuk meningkatkan daya pada putaran tinggi yaitu merubah rentang *power* semula pada putaran menengah atau 6000-7500 RPM menjadi memiliki *power* pada rentang putaran menengah keatas atau 8000 sampai 9500 RPM pada sepeda motor dua langkah. Dapat mengetahui perbedaan kinerja sepeda motor sebelum dimodifikasi dan sesudah dimodifikasi pada bagian *port*.

Konsep perancangan diawali dengan melakukan analisis kebutuhan selanjutnya melakukan perancangan modifikasi untuk mendapat penggambaran *port* pada dinding silinder, durasi *port*, menghitung luas area *port*, perhitungan waktu-area *port* dan kombinasi waktu-area yang diperlukan agar motor dua langkah tersebut dapat meraih *power* pada rentang RPM menengah keatas atau pada 8000 sampai 9500 RPM, kemudian mengaplikasikan perhitungan pada pengerjaan *port* berupa memperbesar durasi buka port sesuai dengan perhitungan. Pengerjaan penghalusan dan memperbaiki arah aliran pada saluran *port* diawali dengan *mapping* arah aliran, pengerjaan dengan menggunakan bor tuner. Proses pengujian dilakukan dengan alat *Dynotest* dengan hasil berupa grafik naik turunya *power* dan torsi pada rentang RPM tertentu.

Hasil dari modifikasi *port* adalah berupa peningkatan rentang *power* pada putaran menengah keatas yaitu pada rentang 8000 sampai 9500 RPM rata-rata terjadi peningkatan power sebesar 3,6 HP, pada putaran tinggi atau pada 9500 RPM terjadi peningkatan power sebesar 3,8 HP atau 42,2%. Hasil dari penghalusan saluran adalah berupa peningkatan puncak *power* sebesar 3,1 HP atau sebesar 23,8%



**MODIFICATION OF INLET PORT, TRANSFER PORT AND EXHAUST PORT  
ON TWO STROKE MOTORCYCLE TO INCREASE POWER ON HIGH  
REVOLUTION ENGINE**

**By:**

**Tegar Faizal Arif**

**15509134029**

**ABSTRACT**

*The purpose of the final project is modification of the inlet, transfer and exhaust port on a two stroke motorbike to increase power at high speed which is to change the original power range in medium rotation or 6000-7500 RPM to have power in the middle to upper rotation range or 8000 to 9500 RPM on two stroke motorcycle. Can know the difference in motorcycle performance before being modified and after being modified on the port section.*

*The design concept begins with a needs analysis, then modifies to mapping port on the cylinder wall, port duration, calculates area of the port, calculating the time-area port and the required time-area combination so that the two stroke motorcycle can achieve power in the RPM range middle up or at 8000 to 9500 RPM, then apply the calculation to the port construction in the form of enlarging the open port duration according to the calculation. Work on refining and improving the direction of flow in the port channel begins with mapping the flow direction, workmanship using a tuner drill. The testing process is carried out with the Dynotest tool with the results in the form of graphs of rising power and torque up to a certain RPM range.*

*The results of the modification of the port are in the form of an increase in the power range in the middle to upper revolution, which is in the range of 8000 to 9500 RPM, on average there is an increase in power of 3.6 HP, at high speed or at 9500 RPM increase power of 3,8 HP or the increase of 42,2%. The results of channel smoothing are in the form of a peak power increase of 3.1 HP or 23.8%*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan judul MODIFIKASI SALURAN MASUK, BILAS DAN BUANG PADA SEPEDA MOTOR DUA LANGKAH UNTUK MENINGKATKAN DAYA PADA PUTARAN TINGGI dengan tepat waktu. Sehubungan dengan hal tersebut, terselesaikannya Proyek Akhir ini tidak lepas dari bantuan, dorongan, saran dan nasihat serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada semua pihak yang turut dalam membantu terselesaikannya Proyek Akhir dan laporan ini. Ucapan terimakasih sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada yang terhormat:

1. Bapak Moch. Solikin M.Kes. selaku Pembimbing Proyek Akhir sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Bapak Dr.Zainal Arifin M.T. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Dr.Widarto M.Pd. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Segenap Dosen dan Staff Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Kedua orang tua, beserta seluruh keluarga yang telah memberikan nasihat dan dukungan secara moril maupun materil untuk penulis dalam menuntut ilmu, sehingga penyusunan Proyek Akhir dan laporan ini dapat terselesaikan.
6. Teman-teman kelas B angkatan 2015 yang telah saling memotivasi dan membantu menyelesaikan Proyek Akhir ini.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan Proyek Akhir serta penyusunan laporan ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Meski demikian, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Proyek Akhir ini masih merasa jauh dari kata sempurna. Oleh sebab ini penulis memohon maaf sebesar-besarnya jika masih banyak terdapat kesalahan, penulis sangat terbuka menerima kritik dan saran yang membangun untuk dijadikan sebagai bahan evaluasi. Besar harapan penulis semoga laporan ini dapat berguna bagi pembaca dan semua pihak.

Yogyakarta, Desember 2019

Tegar Faizal Arif

NIM. 15509134029



## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
SURAT PERNYATAAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
 BAB I. PENDAHULUAN .....	 1
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	5
C. Batasan Masalah .....	6
D. Rumusan Masalah .....	6
E. Tujuan .....	7

F. Manfaat .....	7
G. Keaslian Gagasan .....	8
<b>BAB II. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH .....</b>	<b>10</b>
A. Motor Bensin Tipe Dua Langkah .....	10
B. Prinsip Kerja Motor Dua Langkah.....	11
1. Komponen Pada Motor Dua Langkah .....	11
2. Istilah Baku Pada Motor Dua Langkah .....	13
3. Fungsi Lubang/ <i>Port</i> Pada Motor Dua Langkah .....	14
4. Proses Kerja Motor Dua Langkah .....	17
C. <i>Port Timing</i> Motor Dua Langkah .....	20
1. Porting Dan Tuning Motor Dua Langkah .....	21
2. Kombinasi Port Timing Area .....	23
3. Rumus Dan Data Acuan Yang Digunakan .....	26
D. Menghaluskan Saluran Dan Memperbaiki Arah Aliran .....	33
1. Menghaluskan Saluran Dan Bibir Lubang .....	33
2. Memperbaiki Arah Aliran <i>Transfer Port</i> .....	35
3. Memperbaiki Arah Aaliran <i>Bost Port</i> .....	38
4. Memperbaiki Arah Aaliran <i>Inlet Port</i> .....	40
5. Memperbaiki Arah Aaliran <i>Exhaust Port</i> .....	41
<b>BAB III KONSEP PERANCANGAN DAN PENGUJIAN .....</b>	<b>42</b>
A. Analisis Kebutuhan .....	43
1. Reencana Kebutuhan Alat .....	44
2. Reencana Kebutuhan <i>Port</i> .....	45

B. Perancangan Modifikasi Port Dan Saluran.....	45
1. <i>Mapping Port</i> Silinder .....	45
2. Mencari Durasi <i>Port</i> .....	47
3. Menghitung Luas Area <i>Port</i> .....	50
4. Menghitung Waktu Area <i>Port</i> .....	50
5. Mencari Kombinasi Area-Waktu Yang Diperlukan .....	50
6. Menghaluskan Saluran Dan Memperbaiki Arah Aliran .....	50
C. Pengujian .....	58
<b>BAB IV PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>60</b>
A. Proses Pengerjaan .....	60
1. <i>Mapping Port</i> Silinder.....	60
2. Mencari Durasi <i>Port</i> Dengan Menggunakan Penggambaran .....	63
3. Mencari Durasi <i>Port</i> Dengan Menggunakan Rumus .....	66
4. Luas Area <i>Port</i> .....	68
5. Waktu-Area <i>Port</i> .....	73
6. Kombinasi Area-Waktu Yang Diperlukan .....	76
7. <i>Mapping</i> Arah Aliran .....	81
8. Pengerjaan Lubang Buang .....	83
9. Menghaluskan Dan Memperbaiki Arah Saluran Transfer .....	85
10. Pengerjaan Pada Saluran Masuk Dan Saluran Bantu .....	86
11. <i>Finishing</i> .....	87
B. Hasil Modifikasi .....	89
1. Saluran Masuk Dan Saluran Bantu.....	89

2. Saluran Transfer Yang Terhubung Dengan Ruang Engkol .....	89
3. <i>Dynotest</i> .....	90
C. Pembahasan .....	91
1. Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Dimodifikasi .....	91
2. Power Pada Putaran Menengah Keatas .....	93
3. Efek Samping Dari Modifikasi .....	95
<b>BAB V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>97</b>
A. Simpulan .....	97
B. Saran .....	98
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>99</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>100</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. <i>Exhaust port duration</i> Bell (1999: 34) .....	25
Tabel 2. Acuan <i>Time-Area</i> . Jennings (1983: 82) . ....	28
Tabel 4. Peningkatan Power Pada Putaran Menengah Keatas .....	94
Tabel 5. Penurunan Power Pada Putaran Bawah .....	96

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Hasil <i>Dynotest</i> Sebelum Dimodifikasi .....	4
Gambar 2. Komponen Pada Motor Dua Langkah .....	12
Gambar 3. Langkah Pembilasan Dan Pengisian .....	17
Gambar 4. Langkah Kompresi .....	18
Gambar 5. Langkah Ekspansi .....	19
Gambar 6. Langkah Buang .....	20
Gambar 7. Macam-Macam Bentuk <i>Port</i> /Lubang .....	22
Gambar 8. Rasio Kompresi ( <i>Compression Ratio</i> ) .....	32
Gambar 9. Mengurangi Sudut Lekukan Pada Saluran .....	34
Gambar 10. Membuat Sudut Pada Bibir Lubang .....	35
Gambar 11. Saluran Transfer Primer Dan Sekunder .....	37
Gambar 12. Grafik BHP ( <i>Brake Horse Power</i> ). Jennings (1975: 122) .....	37
Gambar 13. Arah Aliran Saluran Bantu .....	40
Gambar 14. Diagram Rencana Pengerjaan .....	43
Gambar 15. Menentukan Panjang Kertas .....	60
Gambar 16. Memasukan Kertas Kedalam Silinder Untuk Proses <i>Mapping</i> .....	61
Gambar 17. Proses <i>Mapping</i> Lubang Pada Dinding Silinder .....	61
Gambar 18. Proses <i>Mapping</i> Lubang Pada Dinding Silinder .....	62
Gambar 19. Proses Pemindahan Gambar .....	62
Gambar 20. Hasil Proses <i>Mapping</i> Pada Dinding Silinder .....	63
Gambar 21. Penggambaran Durasi Port .....	64

Gambar 22. Menentukan Panjang Jangka Tusuk .....	65
Gambar 23. Mencari Durasi <i>Port</i> .....	65
Gambar 24. Hasil Dari Mencari Durasi <i>Port</i> .....	66
Gambar 25. Luas Area Lubang Buang .....	69
Gambar 26. Luas Area <i>Inlet Port</i> .....	71
Gambar 27. Proses <i>Mapping</i> Arah Aliran Saluran Transfer .....	81
Gambar 28. Menentukan Arah Aliran Dengan Plat Siku .....	82
Gambar 29. Memberi Tanda Untuk Menentukan Arah Aliran .....	82
Gambar 30. Hasil <i>Mapping</i> Arah Aliran <i>Transfer Port</i> .....	83
Gambar 31. Proses Pembuatan Batas Pengerjaan Lubang Buang .....	83
Gambar 32. Proses Pengerjaan Lubang Buang .....	84
Gambar 33. Hasil Pengerjaan Lubang Buang .....	84
Gambar 34. Proses Pengerjaan Memperbaiki Arah Aliran .....	85
Gambar 35. Proses Membentuk Arah dan Merapikan Saluran .....	85
Gambar 36. Hasil Merapikan Dan Membentuk Arah Aliran .....	86
Gambar 37. Proses Merapikan Saluran Masuk Dan Memperlebar Saluran Bantu .....	86
Gambar 38. Hasil Merapikan Saluran Masuk Dan Memperlebar Saluran Bantu .....	87
Gambar 39. Proses <i>Finishing</i> .....	88
Gambar 40. Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Dimodifikasi Pada Saluran Masuk Dan Saluran Bantu .....	89
Gambar 41. Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Dimodifikasi Pada Saluran Transfer .....	89
Gambar 42. Hasil Dynotest Setelah Dimodifikasi .....	90
Gambar 43. Grafik Perbandingan Power .....	91



Gambar 44. Grafik Perbandingan Torsi .....	92
Gambar 45. Grafik Perbandingan Power Pada Rentang Putaran Menengah Keatas .....	93
Gambar 46. Grafik Perbandingan Power Pada Rentang Putaran Bawah .....	95

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Perkembangan teknologi yang terus berkembang pada dewasa ini semakin mempermudah manusia dalam melakukan pekerjaannya, begitu juga yang terjadi pada dunia otomotif dengan adanya teknologi-teknologi baru tersebut akan semakin mempermudah mekanik melakukan pekerjaannya karena tuntutan dari konsumen atau keinginan dari mekanik sendiri yang terus berkembang. Dari banyaknya tuntutan yang ada, salah satu yang paling sering dijumpai adalah ketidakpuasan akan performa kendaraan yang dimiliki, hal tersebut dapat disebabkan karena banyak hal, salah satu hal mendasar yang mengakibatkan hal tersebut adalah karena karakter kendaraan tersebut memang tidak diperuntukan untuk kendaraan *high performance* atau performa tinggi melainkan dari pabrikan dirancang untuk kendaraan sehari-hari yang memiliki power serta torsi pada putaran menengah. Dengan semakin banyaknya tuntutan yang ada dan dengan di dukung teknologi yang memadai mendorong mekanik untuk melakukan modifikasi komponen atau sistem agar dapat merubah performa kendaraan tersebut sesuai dengan karakter kendaraan yang diinginkan.

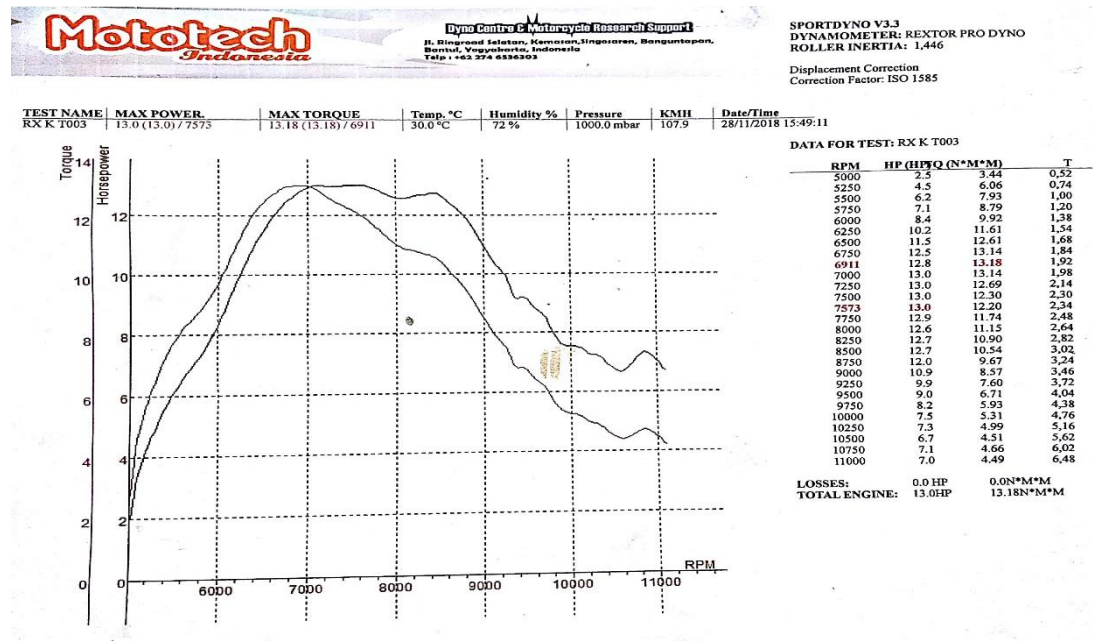
Modifikasi yang dilakukan tentunya mempunyai tujuan agar mendapatkan unjuk kerja yang lebih baik atau modifikasai yang dilakukan bertujuan untuk menyempurnakan modifikasi sebelumnya, inti dari modifikasi adalah merubah sistem atau komponen untuk menghasilkan perubahan sesuai dengan yang di inginkan modifikator. Modifikasi dapat dilakukan dengan merubah spesifikasi komponen atau memberi komponen tambahan agar di dapat performa maupun tampilan yang sesuai dengan yang di inginkan modifikatornya. Memodifikasi suatu komponen atau sistem pada bidang otomotif haruslah memiliki pengetahuan dasar dan pengetahuan yang mendalam tentang komponen ataupun sistem yang akan di modifikasi serta dibutuhkan daya kreatifitas yang tinggi.

Modifikasi yang dilakukan haruslah mempunyai tujuan yang jelas serta terkonsep dengan baik, jika tujuan modifikasi yang diinginkan adalah dari kendaraan berspesifikasi standar bawaan pabrik atau kendaraan yang diperuntukan untuk rutinitas perkotaan dan modifikator menginginkan kendaraan yang memungkinkan nyaman dikendarai untuk digunakan berpergian antar kota atau touring maka yang harus memperhatikan banyak faktor agar menunjang kendaraan tersebut dapat memiliki power pada putaran mesin yang lebih tinggi, karena kendaraan perkotaan memiliki karakter dengan *power* pada rentang RPM (*revolution per minute*) menengah untuk penggunaan perkotaan yang lebih sering berhenti dan lanjut berjalan lagi, dari hal tersebut diketahui bahwa kendaraan untuk rutinitas perkotaan tidak terlalu mementingkan *top speed* dan rentangan *power* pada RPM yang tinggi.

Salah satu bagian dari kendaraan tipe dua langkah yang paling mudah dan efektif untuk di modifikasi ketika mencari rentang *power* pada RPM tertentu agar sesuai dengan yang diinginkan pada motor dua langkah atau disebut juga motor 2 tak yaitu dengan cara memodifikasi pada sektor saluran bahan bakar dan udara serta pada lubang-lubang atau *port* yang berada di dinding silinder seperti lubang transfer, lubang bantu, lubang buang dan lubang masuk campuran bahan bakar dan udara serta pelumas. Untuk meningkatkan rentang *power* atau merubah karakter sepeda motor agar sesuai dengan yang diinginkan dapat dilakukan dengan merubah panjang durasi membuka dan menutupnya *port* serta memperbaiki arah masuknya campuran bahan bakar, udara serta pelumas pada saluran serta menghaluskan saluran yang dilewati bahan bakar, udara serta pelumas. Modifikasi yang dilakukan untuk mengoptimalkan seluruh unsur yang menunjang kinerja mesin dua langkah agar didapat hasil yang sesuai dengan yang diharapkan berupa kendaraan yang nyaman digunakan untuk berkendara antar kota atau turing yang membutuhkan *power* pada rentangan RPM menengah ke atas, karena ketika sepeda motor setandar yang berkarakter kendaraan perkotaan digunakan untuk berpergian antar kota akan sering kehilangan tenaga atau *power* pada kecepatan tinggi, sedangkan berpergian jarak jauh apalagi dengan medan jalan yang lurus dibutuhkan rentang *power* pada RPM tinggi.

Pentingnya merubah atau memodifikasi dari karakter kendaraan perkotaan menjadi kendaraan turing pada sektor *port* dan saluran bahan bakar, udara serta pelumas, setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan alat Dynotest terhadap

daya sepeda motor dua langkah dengan karakter sepeda motor penggunaan sehari-hari diketahui hasil sebagai berikut:



Gambar 1. Hasil *Dynotest* Sebelum Dimodifikasi

Dari data *Dynotest* di atas, diketahui power maksimal sepeda motor dua langkah tersebut sebesar 13,0 HP (*Horse Power*) berada pada 7573 RPM dan torsi maksimal 13,18 Nm (Newton Meter) pada 6911 RPM pengujian dilakukan di bengkel Mototech Indonesia yang berlatam di Jl. Ringroad selatan, Kec.Banguntapan, Kab.Bantul Yogyakarta. Hasil pengujian tersebut memberikan data bahwa *power band* atau rentang *power* motor dua langkah tersebut berada pada putaran menengah yaitu pada 7500 RPM sehingga ketika kendaraan tersebut dibawa berpergian keluar kota atau turing, akan kehilangan tenaga pada putaran atas saat kecepatan tinggi.

## B. Identifikasi Masalah

Spesifikasi motor standar atau rancangan pabrik yang penulis akan modifikasi adalah tipe kendaraan untuk rutinitas sehari-hari yang biasa dioperasikan di pedesaan maupun di perkotaan dimana karakter kendaraan tersebut memiliki rentang *power* pada RPM menengah, krena tidak terlalu membutuhkan *power* pada putaran tinggi istilahnya kendaraan dengan karakteristik *stop and go* dan bukan untuk mengejar *top speed* yang membutuhkan *power* pada RPM menengah keatas. Modifikasi yang diinginkan oleh penulis adalah kendaraan yang nyaman digunakan untuk berpergian antar kota atau turing yang mana tidak terlalu sering berhenti sehingga membutuhkan *power* pada putaran menengah keatas, maka untuk *power* sepeda motor standar dengan karakteristik kendaraan perkotaan sangat dirasa kurang untuk dikendarai turing antar kota atau provinsi. Dari masalah tersebut penulis mencoba membuat kinerja mesin dengan karakteristik kendaraan perkotaan dengan rentang *power* pada RPM menengah menjadi kendaraan dengan rentang *power*nya pada putaran mesin menengah keatas. Masalah yang perlu diperhatikan:

1. Pengereman harus memadai dan memungkinkan dapat memperlambat laju kendaraan pada saat kecepatan tinggi.
2. Roda harus memungkinkan untuk mendapat traksi lebih tinggi dari kendaraan.

3. Suspensi harus dapat bekerja dengan baik ketika berbelok atau ketika melewati jalan bergelombang maupun berlubang agar tetap stabil saat kecepatan tinggi.
4. Mesin dan komponennya harus mendukung agar dapat memiliki power pada putaran mesin yang lebih tinggi.
5. Kemudi dan posisi pengemudi saat mengendarai harus nyaman mungkin agar mempermudah mengendalikan kendaraan pada saat kecepatan tinggi.
6. Perlu dilakukan pengujian performa pada kendaraan dengan menggunakan alat *Dynotest* untuk mengetahui peningkatan performa mesin sebelum dan sesudah dimodifikasi.

### **C. Batasan Masalah**

Modifikasi pada sepeda motor dengan karakter kendaraan perkotaan yang akan diubah karakter menjadi sepeda motor yang nyaman untuk kebutuhan berpergian antar kota atau turing maka agar penulis dapat lebih terfokus pada judul Proyek Akhir yang dikerjakan dibuat batasan masalah untuk mempermudah dalam menganalisis masalah-masalah yang ada, yaitu modifikasi yang dilakukan pada *port*, saluran masuk bahan bakar, udara dan pelumas pada blok silinder saja.

### **D. Rumusan Masalah**

Permasalahan yang perlu diperhatikan dalam memodifikasi *port* atau lubang-lubang pada dinding silinder agar dapat meningkatkan *power* sepeda motor dua langkah pada rentangan RPM menengah keatas, yaitu:



1. Bagaimana cara modifikasi untuk meningkatkan daya sepeda motor dua langkah pada putaran yang lebih tinggi?
2. Bagaimana kinerja sepeda motor dua langkah sebelum dan sesudah dimodifikasi?

#### **E. Tujuan**

Tujuan dilakukanya perancangan modifikasi dan pengujian pada durasi lubang tranfer, lubang bantu, lubang buang dan saluran masuk adalah:

1. Dapat memodifikasi rentang *power* pada motor dua langkah dari rentang *power* menengah menjadi motor dua langkah dengan rentang *power* pada putaran yang lebih tinggi.
2. Dapat mengetahui perbedaan kinerja motor dua langkah sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi *port*.

#### **F. Manfaat**

Manfaat yang dapat diperoleh dari memodifikasi durasi membuka dan menutup setiap lubang, pengerjaan menghalusan saluran dan memperbaiki arah aliran yang ada pada dinding dan blok silinder terhadap unjuk kerja mesin dua langkah:

1. Dapat mengetahui panjang durasi yang dibutuhkan pada setiap lubang pada motor dua langkah sesuai dengan kebutuhan kendaraan.
2. Dapat mengetahui pengaruh dari menaikkan panjang durasi buka lubang buang, lubang transfer, lubang bantu, dan lubang masuk terhadap unjuk kerja motor dua langkah.

3. Dapat mengetahui batasan-batasan yang diperlukan dalam memodifikasi porting atau saluran bahan bakar, udara dan pelumas pada motor dua langkah.
4. Dapat mengetahui pengaruh dari memperbaiki arah aliran dan menghaluskan saluran yang di lewati campuran bahan bakar, udara dan pelumas ketika masuk ke ruang silinder maupun ketika masuk ke ruang engkol terhadap unjuk kerja mesin.
5. Mampu merubah karakter motor bensin tipe dua langkah sesuai dengan kebutuhan.

#### **G. Keaslian Gagasan**

Durasi membuka dan menutupnya lubang-lubang serta luas area lubang pada dinding silinder dan blok silinder motor dua langkah akan sangat mempengaruhi karakter kendaraan tersebut, pada motor setandar yang spesifikasinya untuk kendaraan perkotaan dirasa memiliki *power* yang kurang ketika kendaraan tersebut digunakan untuk berkendara jarak jauh keluar kota atau turing. Dengan adanya masalah tersebut dan kemampuan yang dimiliki penulis, maka muncul gagasan untuk melakukan modifikasi pada durasi membuka dan menutupnya lubang saluran masuk, lubang transfer, ruang bantu, maupun lubang buang, menghaluskan saluran, dan memperbaiki arah aliran bahan bakar, udara dan pelumas keruang silinder dan keruang engkol serta saluran keluarnya gas sisa pembakaran dari ruang silinder agar di dapat performa mesin berupa *power* pada rentang putaran menengah keatas. Alasan merubah karakter motor hanya dengan melakukan modifikasi durasi, bentuk dan ukuran dari

lubang-lubang yang ada pada dinding silinder adalah, ketika ingin merubah karakter motor dua langkah ke karakter lain sesuai dengan yang di inginkan atau sesuai kebutuhan maka hanya perlu melakukan penggantian blok silinder pada kendaraan tipe dua langkah tersebut, dan untuk substitusi atau penggantian blok silindernya banyak tersedia di toko-toko suku cadang sehingga blok-blok yang di modifikasi dapat tersedia dalam berbagai karakter sesuai keinginan pengandara, penggantian blok juga sangat mudah dan bisa dilakukan sendiri tanpa harus pergi ke bengkel sehingga lebih praktis.

## **BAB II**

### **PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH**

#### **A. Motor Bensin Tipe Dua Langkah**

Untuk memutar roda-roda suatu kendaraan memerlukan adanya tenaga luar yang memungkinkan kendaraan dapat bergerak serta dapat mengatasi keadaan jalan, udara, dan sebagainya. Sumber dari luar untuk menghasilkan tenaga itu disebut motor. Motor merupakan alat yang merubah sumber tenaga panas, listrik, angin, air, tenaga atom, atau sumber tenaga lainnya menjadi tenaga mekanik. Petrovsky, (1966: 192)

Motor bakar torak merupakan salah satu motor pembangkit tenaga yang mengubah energi panas (energi termal) menjadi energi mekanik melalui proses pembakaran yang terjadi dalam ruang bakar sehingga menghasilkan energi mekanik berupa gerakan translasi *piston* menjadi gerak rotasi poros engkol yang untuk selanjutnya diteruskan ke sistem transmisi roda gigi kemudian diteruskan ke roda penggerak sehingga kendaraan dapat berjalan. Arismunandar (1988)

Motor bensin (*Spark Ignition Engine*) atau motor Otto dari Nikolaus Otto adalah sebuah tipe motor pembakaran dalam yang menggunakan nyala busi untuk proses pembakaran (*Spark Ignition*), dirancang untuk menggunakan bahan bakar bensin. Bahan bakar yang bercampur udara mengalir kedalam ruang bakar dan dikompresikan dalam ruang bakar, kemudian dipercikan bunga api listrik

yang berasal dari busi. Ledakan yang terjadi dalam ruang bakar mendorong torak, kemudian mengerakan poros engkol.

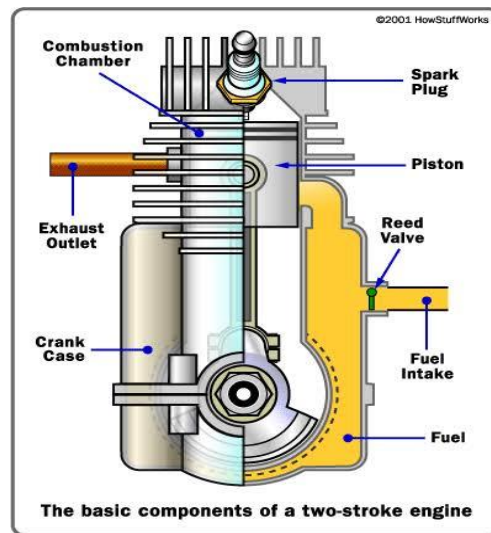
Motor dua langkah adalah motor yang siklus kerjanya cukup dengan satu putaran poros engkol ( $360^\circ$ ) untuk melakukan satu langkah usaha. Langkah pertama yaitu langkah pengisian di dalam ruang engkol, langkah pembilasan terjadi di ruang silinder, dan langkah kompresi ketika *piston* bergerak dari TMB menuju TMA, yang kedua adalah langkah tenaga dan langkah buang yang terjadi ketika *piston* bergerak dari TMA menuju TMB.

## **B. Prinsip Kerja Motor Dua Langkah**

Dari pengertian menurut para ahli di atas, prinsip kerja motor dua langkah sebenarnya sangat sederhana tetapi juga sangat kompleks, karena semua komponen saling berkaitan, sehingga jika terjadi sedikit kesalahan atau malfungsi pada satu komponen maka akan mempengaruhi keseluruhan dari kinerja sebuah motor dua langkah.

### **1. Komponen Pada Motor Dua Langkah**

Mengetahui segala yang berkaitan dengan motor dua langkah sangat penting sebelum memahami proses kerja yang terjadi pada motor tipe dua langkah atau yang di sebut juga 2 tak dalam satu siklus, berikut ini adalah komponen-komponen yang ada pada motor dua langkah:



Gambar 2. Komponen Pada Motor Dua Langkah

Keterangan Gambar:

- a. *Combustion Chamber*: Ruang bakar
- b. *Spark Plug*: Busi atau pematik api saat terjadi proses pembakaran
- c. *Exhaust Outlet*: Lubang keluarnya sisa pembakaran
- d. *Reed Valve*: Katup buluh
- e. *Fuel Intake*: Saluran masuknya campuran bahan bakar dan udara
- f. *Crank Case*: Rumah poros engkol
- g. *Crank shaft*: Poros engkol
- h. *Piston*: Penerus tenaga hasil dari pembakaran
- i. *Fuel*: Bahan Bakar

## 2. Istilah Baku Pada Motor Dua Langkah

Untuk memahami prinsip kerja motor dua langkah, perlu dimengerti istilah baku yang digunakan di motor dua langkah agar lebih mudah memahami prinsip kerja motor dua langkah:

- a. TMA (Titik Mati Atas) atau TDC ( *Top Dead Centre*), adalah ketika posisi *piston* berada pada titik paling atas dalam silinder motor atau *piston* berada pada titik paling atas dalam silinder motor atau *piston* berada pada titik paling jauh dari poros engkol.
- b. TMB (Titik Mati Bawah atau BDC ( *Bottom Dead Centre*), adalah ketika posisi *piston* berada pada titik paling bawah dalam silinder motor.
- c. Ruang engkol yaitu ruangan dibawah *piston* dimana terdapat poros engkol yang berfungsi untuk menghisap bahan bakar dari karburator melalui saluran masuk atau *inlet port* lalu mencampur bahan bakar, udara serta pelumas di dalam ruang engkol serta menekan atau mengompresi campuran tersebut ke ruang silinder.
- d. *Reed valve* atau katup buluh yaitu sebagai katup yang mengatur keluarnya bahan bakar, udara dan pelumas dari *intake manifold* ke ruang engkol yang berfungsi sebagai penghalang agar tidak terjadi pembakaran bahan bakar dan udara di luar silinder. Terbukanya katup buluh karena adanya kevakuman dari ruang engkol sehingga udara dan bahan bakar dari karburator terhisap masuk ke ruang



engkol melalui katup buluh, pada katup buluh terdapat *stoper* atau penahan untuk mengatur seberapa lebar katup buluh terbuka dan mengatur jumlah udara yang masuk ke poros engkol. Sedangkan menutupnya katup buluh karena desain dari katup buluh adalah terbuat dari plat baja tipis atau dari plastik mika yang lentur sehingga ketika sudah tidak terjadi kevakuman pada ruang engkol maka plat atau mika pada katup buluh akan menutup dengan sendirinya.

### 3. Fungsi Lubang/*Port* Pada Motor Dua Langkah

Pada sepeda motor dua langkah pada dinding silinder dan blok silinder terdapat beberapa lubang atau *port*, dimana setiap lubang memiliki fungsi dan peran masing masing ketika motor bekerja. Berikut fungsi masing-masing lubang pada silinder dan blok silinder motor dua langkah :

- a. Lubang transfer atau *transfer port* adalah saluran yang menghubungkan antara ruang silinder dengan ruang engkol yang berfungsi sebagai tempat mengalirnya campuran bahan bakar, udara serta pelumas menuju ruang silinder. Pada setiap jenis motor dua langkah dalam satu sisi dinding silinder bisa terdapat satu atau dua buah lubang transfer, lubang transfer yang ukurannya lebih besar biasa disebut main transfer atau lubang transfer primer, sedangkan yang ukurannya lebih kecil disebut *auxiliary transfer*

atau lubang transfer bantu atau lubang transfer sekunder. Membuka dan menutup lubang transfer melalui mekanisme katup dimana *piston* sebagai katupnya mengikuti gerakan poros engkol.

- b. Lubang buang atau *exhaust port* adalah saluran yang menghubungkan ruang silinder dengan pipa pembuangan atau knalpot yang berfungsi sebagai saluran keluarnya gas sisa pembakaran pada akhir langkah usaha. Mekanisme membuka dan menutupnya lubang buang dengan gerakan *piston* yang naik turun mengikuti gerakan poros engkol.
- c. *Bost port* atau lubang bantu tenaga adalah saluran yang menghubungkan saluran masuk dengan ruang silinder secara langsung tanpa melewati poros engkol, yang berfungsi untuk membantu mendorong gas sisa pembakaran keluar dari ruang silinder pada akhir proses langkah usaha beberapa derajat sebelum TMB dan dalam ruang silinder terjadi kevakuman maka udara dan bahan bakar segar dapat langsung terhisap masuk dari saluran masuk. Lubang bantu disebut juga *bost port*, karena pembukaan lubang bantu setelah lubang transfer terbuka ketika di dalam ruang silinder masih terjadi kevakuman maka bahan bakar yang terdapat pada *intake manifold* atau biasanya pada sepeda motor yamaha terdapat di tabung YEIS (*Yamaha Energy Induction System*) sebagai penampung dari campuran bahan bakar dan udara pada akhir

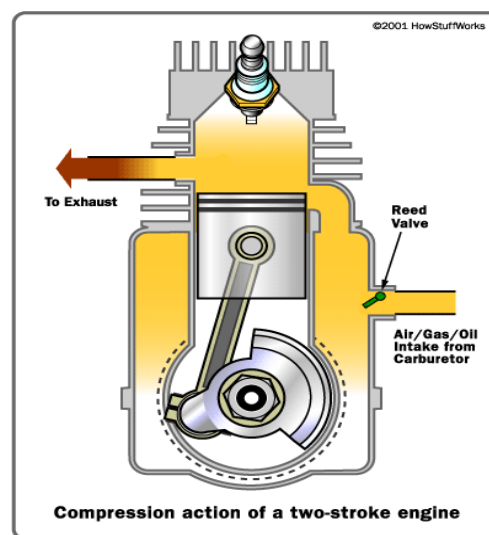
langkah hisap yang tidak masuk ke ruang engkol maka akan di simpan di tabung induksi yang nantinya akan digunakan sebagai cadangan tenaga pada akhir langkah usaha.

- d. *Inlet port* atau saluran masuk adalah tempat masuknya campuran bahan bakar, udara dan pelumas dari karburator menuju ruang engkol. Pada saluran masuk atau *inlet port* terdapat *reed valve* atau katup buluh yang berfungsi untuk mengatur aliran bahan bakar udara dan pelumas yang masuk ke ruang engkol. Proses penghisapan campuran bahan bakar, udara dan pelumas pada setiap sepeda motor tipe dua langkah berbeda-beda tergantung bentuk dari poros engkol dan posisi lubang masuk, pada sepeda motor Yamaha umumnya mulai terbuka pada saat *piston* bergerak turun dari TMA menuju TMB, ketika *inlet port* mulai terbuka maka poros engkol akan menghisap bahan bakar, udara dan pelumas dari karburator melalui *inlet port*, setelah lubang masuk atau *inlet port* tertutup atau pada saat *piston* bergerak dari TMB ke TMA maka dalam ruang engkol terjadi penekanan atau kompresi pada campuran bahan bakar, udara dan pelumas untuk proses pembilasan di ruang silinder.

#### 4. Proses Kerja Motor Dua Langkah

Setelah mengetahui segala sesuatu yang berkaitan dengan motor dua langkah beserta komponen dan fungsinya, berikut adalah proses kerja yang terjadi dalam satu siklus motor dua langkah:

##### a. Langkah pembilasan dan pengisian

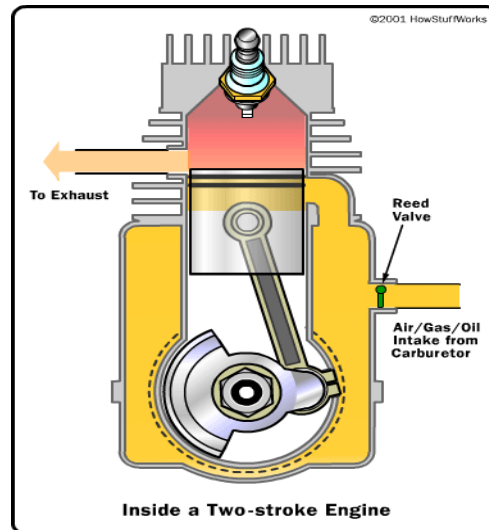


Gambar 3. Langkah Pembilasan Dan Pengisian

Pada saat *piston* bergerak dari TMA ke TMB dan *inlet port* terbuka pada ruang engkol terjadi pengisian bahan bakar, udara dan pelumas dari karburator melalui *inlet port*, beberapa derajat kemudian lubang tranfer dan luang bantu mulai terbuka dan proses pembilasan pada ruang silinder terjadi, udara segar dari ruang engkol terdorong masuk keruang silinder dan menekan gas sisa pembakaran keluar dari ruang silinder melewati lubang buang. Saat

itu juga lubang masuk terbuka dan campuran bahan bakar, udara dan pelumas dari karburator dihisap masuk keruang engkol

b. Langkah kompresi

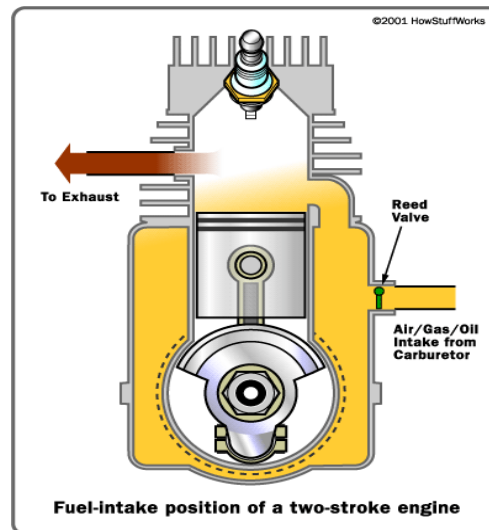


Gambar 4. Langkah Kompresi

Proses yang terjadi pada langkah kompresi ketika *piston* bergerak dari TMB ke TMA, lubang transfer, lubang bantu dan lubang buang tertutup maka terjadi pemadatan campuran bahan bakar, udara dan pelumas di dalam silinder dan beberapa drajat sebelum TMA busi memercikan bunga api listrik untuk membakar campuran bahan bakar, udara dan pelumas dan menghasilkan langkah usaha. Karena adanya lubang-lubang pada dinding silinder, maka untuk motor tipe dua langkah terdapat kompresi efektif, dimana terjadi ketika *piston* bergerak menuju TMA menekan campuran bahan bakar, udara serta pelumas saat seluruh lubang pada dinding silinder

tertutup. Dan saat *piston* bergerak keatas ketika semua lubang pada dinding silinder tertutup, maka dalam ruang engkol terjadi pemadatan atau kompresi pada campuran bahan bakar, udara dan pelumas yang bisa juga disebut dengan kompresi primer untuk proses kerja selanjutnya.

c. Langkah usaha (ekspansi)

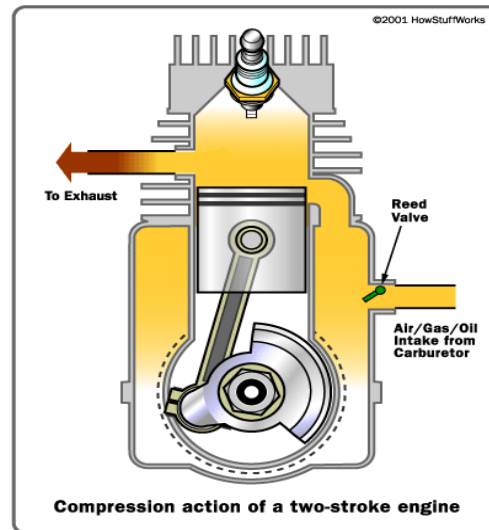


Gambar 5. Langkah Ekspansi

Proses yang terjadi pada langkah usaha (ekspansi), ketika *piston* kembali dari TMA ke TMB akibat tekanan besar yang terjadi pada saat pembakaran bahan bakar maka *piston* akan terdorong turun. Ketika *piston* turun, lubang buang mulai terbuka dan terjadi langkah buang, ketika lubang transfer terbuka akan terjadi pembilasan, ketika bost port mulai terbuka maka bahan bakar dan udara tambahan masuk ke ruang silinder dan di bawah *piston* atau

di ruang engkol, terjadi proses penghisapan bahan bakar dari karburator melalui *inlet port*.

d. Langkah buang



Gambar 6. Langkah Buang

Proses yang terjadi pada langkah buang, ketika torak bergerak dari TMA menuju TMB, saluran buang mulai terbuka dan gas sisa pembakaran keluar dari ruang silinder karena tekanan luar yang lebih rendah, beberapa drajat kemudian ketika lubang tranfer dan lubang bantu terbuka maka bahan bakar baru masuk kedalam ruang silinder dan mendorong gas sisa pembakaran keluar dari dalam ruang silinder menuju pipa pembuangan atau kenalpot.

### C. Port Timing Motor Dua Langkah

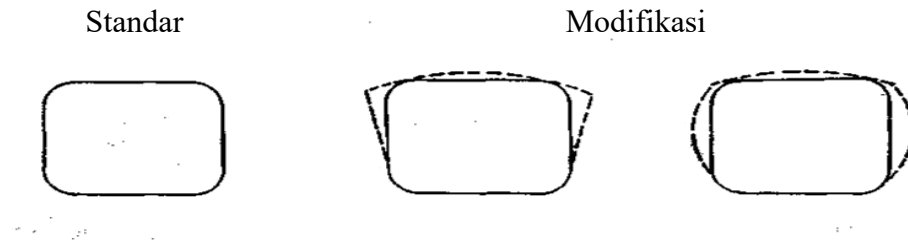
Pada setiap lubang pada dinding silinder motor dua langkah sudah dirancang khusus oleh pabrikan untuk menghasilkan rentang *power* atau torsi

sesuai dengan jenis kendaraan, misalkan untuk sepeda motor balap maka membutuhkan *power* maksimum pada RPM (*revolution per minute*) tinggi, dan untuk motocros di butuhkan *power* pada rentang RPM menengah dan untuk sepeda motor tipe enduro maka di butuhkan *power* pada RPM bawah. Tetapi sangat mungkin untuk dilakukan modifikasi agar sebuah *motocros* yang memiliki rentang *power* pada RPM menengah dapat digunakan untuk balap yang memiliki rentang *power* pada RPM tinggi, yaitu dengan merubah durasi, luas area-waktu agar diperoleh *power* pada rentang RPM yang di inginkan.

#### 1. *Porting Dan Tuning Motor Dua Langkah*

Dalam menentukan ukuran, bentuk serta durasi port atau lubang saluran pada motor dua langkah tidak bisa ditentukan sembarangan tanpa perhitungan yang matang, kesalahan kecil pada ukuran *port* maka akan mempengaruhi durasi *port* tersebut ketika mulai terbuka atau ketika tertutup, begitu juga jika salah dalam membuat bentuk *port*, jika terlalu luas maka akan mempegaruhi kevakuman pada ruang silinder atau jika bentuk *port* terlalu lebar maka dapat merusak atau menghambat gerakan *piston* dan ring *piston*. Dengan begitu, maka sebuah port tidak bisa di tentukan asal-asalan tanpa perhitungan yang matang karena semua unsur pada *port* tersebut saling berkaitan dan sangat mempengaruhi kinerja motor.





Gambar 7. Macam-Macam Bentuk *Port*/Lubang

*Porting* atau *tuning* adalah proses pemotoran logam yang dilakukan ke *port* silinder (knalpot & transfer) yang mengubah waktu, ukuran area, dan sudut dari port untuk menyesuaikan *power band* agar lebih sesuai dengan tuntutan pengendara. Jennings (1975: 83). Sebagai contoh jika penggunaan untuk daerah pegunungan yang curam maka harus memperhitungkan ketersediaan oksigen di dataran tinggi akan lebih tipis, karakter sepeda motor harus mempunyai torsi yang tinggi untuk mengatasi jalanan yang terjal serta harus memiliki *power* maksimal pada rentangan 3.000 RPM sampai 5.000 RPM, pada putaran pelan motor tidak terlalu banyak membutuhkan oksigen untuk proses kerja atau bisa dikatakan harus memiliki *power band* rendah. Begitu juga ketika karakter motor untuk balapan yang membutuhkan rentang *power* menengah keatas, hal tersebut dapat disesuaikan dengan kondisi lintasan yang akan digunakan, misalkan lintasan dengan banyak tikungan maka di butuhkan *power* pada rentangan menengah misalkan pada 7.500 RPM sampai 9.500 RPM, hal tersebut dibutuhkan untuk sepeda motor ketika mengatasi tikungan, baik itu saat masuk tikungan

atau saat keluar dari tikungan. Begitu juga jika lintasan yang akan digunakan berkarakter banyak trek lurus maka dibutuhkan *power band* yang tinggi misalkan pada 10000 RPM sampai 12000 RPM. Dengan begitu sangat diperlukan perhitungan yang matang dalam memodifikasi sebuah motor dua langkah agar mendapat karakter motor sesuai dengan yang diinginkan.

## 2. Kombinasi *Port Timing* Area

Menurut analisa pada paragraph sebelumnya maka akan timbul pertanyaan, mengapa sebuah kombinasi *port* dapat mempengaruhi karakteristik motor dua langkah? Maka analisa sederhana untuk menjawab pertanyaan tersebut adalah ketika kita membutuhkan motor dengan karakter torsi yang tinggi maka diperlukan rasio kompresi yang tinggi sedangkan pada motor tipe dua langkah pada dinding silindernya terdapat lubang-lubang atau *port*, untuk menghasilkan kompresi yang tinggi di butuhkan durasi *port* yang sedikit dan tinggi *port* atau ujung *port* bagian atas berada jauh dari bibir silinder. Dan untuk menyesuaikan *power band* atau rentang *power* motor dua langkah pada rentangan putaran motor tertentu sesuai dengan yang diinginkan dapat dilakukan dengan mengatur posisi lubang buang pada dinding silinder, semakin dekat lubang buang dengan bibir silinder maka *power* putaran motor akan tinggi bahkan sepeda motor dapat menjadi sangat susah

untuk di kendalikan ketika dikendarai, tetapi jika terlalu tinggi maka torsinya akan drop atau motor akan terasa ngempos pada putaran rendah, sebenarnya torsi yang drop bisa diatasi dengan memodifikasi bentuk *squish* atau bentuk kubah pada kepala silinder, tetapi pembahasan penulis terbatas hanya memaksimalkan pada *porting* atau rubahan lubang-lubang yang ada pada dinding silinder. Jika akan memaksimalkan lubang-lubang tanpa merubah bentuk *squish* atau kubah pada kepala silinder maka rubahan sebuah lubang buang harus diimbangi dengan rubahan lubang yang lain seperti lubang tranfer, lubang bantu dan juga lubang masuk, karena semua lubang pada dinding silinder saling berkaitan. Dengan adanya masalah tersebut maka dalam memodifikasi lubang buang harus di imbangi dengan durasi lubang tranfer dan lubang bantu secara tepat, dan akan erat kaitannya dengan kompresi primer yang tersedia pada ruang engkol sehingga dalam memodifikasi lubang tidak boleh sampai berlebihan, karena ketersediaan kompresi primer yang konstan atau tetap. Seperti pada tabel tentang durasi lubang buang terhadap putaran motor:

Tabel 1. *Exhaust port duration* Bell (1999: 34)

<i>Engine size (cc)</i>	<i>Application</i>	<i>Engine speed (rpm)</i>	<i>Exhaust duration (°)</i>
2x62	Road race	13500	206-208
1x80	MotoX	11000	196-198
1x80	Moto X	12000	202-204
1x80	Road race	13000	205-207
1x100	MotoX	11200	198-200
1x100	Go-kart	10800	176-178
1x125	MotoX	10000	190-192
1x125	Moto X	11000	196-198
1x125	Road race	12000	202-204
1x125	Road race	12500	203-205
2x125	Road race	12000	202-204
4x125	Road race	11500	200-202
1x175	Enduro	9000	184-186
1x175	Enduro	9500	186-188
2x175	Road race	11200	198-200
1x250	Enduro	8000	180-182
1x250	Moto X	8500	183-185
1x250	Road race	10500	194-196
1x400	Enduro	7000	175-177

Pada tabel di atas di sebutkan beserta peruntukan motor dua langkah tersebut di gunakan, dapat dilihat semakin besar durasi lubang buang maka *power* motor akan diraih pada putaran tinggi, begitu juga kebalikannya untuk meraih *power* pada putaran rendah maka diperlukan durasi *port* yang lebih kecil. Tetapi apakah dengan membesarkan atau mengecilkan durasi *ehxhaust port* atau lubang buang saja cukup untuk dapat merubah *power* pada RPM yang kita inginkan? Jawabannya tentu saja tidak, karena sebuah motor dua langkah dapat bekerja secara maksimal untuk menghasilkan rentang *power* yang

diinginkan maka dibutuhkan kombinasi dari berbagai komponen yang ada pada motor dua langkah tersebut. Karena penulis berfokus pada *port* atau lubang yang berada pada dinding silinder, maka kombinasi dari sebuah *port* berupa durasi, luas area, bentuk port serta kombinasi dari semua *port* yang ada pada dinding silinder serta saluran pada blok silinder yang akan dapat mempengaruhi kinerja sebuah motor dua langkah.

### 3. Rumus Dan Data Acuan Yang Digunakan

Untuk menghitung durasi *port* atau lubang pada motor dua langkah dapat menggunakan rumus: Bell (1999: 35)

$$D = \left( 180 - \arccos \frac{T^2 + R^2 - L^2}{2 \times R \times T} \right) \times 2$$

Dengan:

T:  $R + L + C - E$

D: Durasi

R: Langkah *piston* dibagi 2

L: Panjang *connecting rod* atau setang *piston* dari sumbu ke sumbu

C: Jarak *piston* dari bibir blok ketika posisi TOP

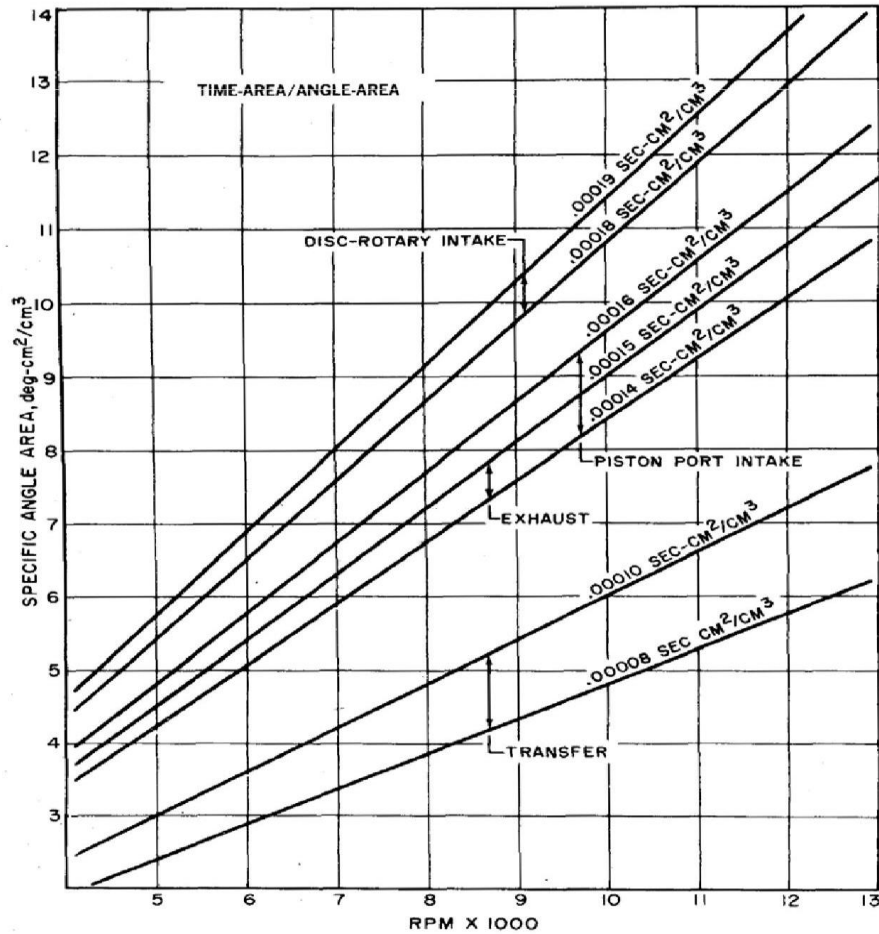
E: Jarak lubang yang akan di hitung durasinya dari bibir blok

Rumus di atas dapat digunakan untuk menghitung durasi pada semua lubang pada dinding silinder, untuk mempermudah maka dapat di

lakukan *mapping* atau penggambaran posisi dan ukuran semua lubang yang ada pada dinding silinder sebelum melakukan penghitungan durasi *port*. Pada buku yang berjudul *Two Stroke Tunings Handbook* terdapat acuan dalam memodifikasi waktu-area *port* pada rentang RPM tertentu untuk menghasilkan *power* pada rentang RPM yang diinginkan. Acuan ini di berikan oleh mekanik Yamaha untuk *tuning* sepeda motor dua langkah dan dinilai sebagai acuan terbaik dan terakurat untuk *tuning* sepeda motor dua langkah, sebagai berikut: Jennings (1983: 76)

- a. Lubang masuk durasinya , 0,00014 hingga 0,00016 sec-cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>
- b. Lubang tranfer durasinya, 0,00008 hingga 0,00010 sec-cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>
- c. Lubang buang durasinya, 0,00014 hingga 0,00015sec-cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>

Untuk mepermudah dalam pembacaan sebagai acuan maka di buat tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Acuan *Time-Area*. Jennings (1983: 82)

Untuk mengetahui waktu-area pada lubang saat rentangan RPM tertentu yang nantinya dapat dicocokkan dengan tabel acuan diatas, waktu-area dapat dicari menggunakan rumus: Jennings (1983: 14)

$$T = \frac{60 \times \theta}{N \times 360}$$

Dengan:

T: waktu, dalam satuan detik

N: kecepatan motor, dalam rpm

$\theta$ : periode buka-port, dalam derajat

Setelah mengetahui berapa lama lubang tersebut bekerja pada putaran motor tertentu maka untuk selanjutnya mencari angka buka lubang tersebut pada luas area lubang yang akan di cari nilai waktunya saat motor meraih rentang *power* yang diinginkan, untuk menghitung waktu lubang tersebut bekerja pada saat *power* motor direntang RPM yang diinginkan, maka terlebih dahulu harus dapat menentukan luas area lubang yang akan di hitung waktu bekerjanya, yang dapat dicari dengan metode mapping sederhana pada lubang tersebut, serta harus juga mengetahui volume dari silinder yang akan dihitung. Untuk mencari volume dari silinder motor dua langkah dapat menggunakan rumus:

Bell (1999: 20)

$$V_s = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4000}$$

Dengan:

$$\pi : 3,1416$$



$V_s$  : Volume silinder ( $\text{cm}^3$ )

$D$  : Diameter silinder (mm)

$L$  : Panjang langkah (mm)

Dan untuk mengetahui luas area pada lubang yang akan dicari waktu bekerjanya pada target rentang RPM yang di inginkan, maka tidak menggunakan seluruh luas area yang terdapat pada lubang tersebut, tetapi menggunakan area efektif yang terdapat pada area lubang tersebut, yaitu: Jennings (1983: 77)

- a. Untuk lubang buang menggunakan 70%, dari tinggi port ke bawah
- b. Untuk lubang transfer menggunakan 75%, dari tinggi port ke bawah
- c. Untuk lubang masuk pada *piston* menggunakan 65%, dari bawah keatas

Setelah diketahui volume silinder dan luas area pada lubang atau port, selanjutnya untuk menghitung nilai waktu terbuka luas area sebuah port pada saat motor meraih *power* maksimal di rentang RPM yang di inginkan, dapat menggunakan rumus: Jennings (1983: 80)

$$M = F \times T$$

Dengan:

$$F = \frac{L}{V}$$

M: Nilai waktu *port* terbuka dengan satuan sec-cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>

T: Waktu *port* tersebut terbuka pada rpm tertentu

L: Luas *port*

V: Volume silinder

Ukuran tinggi lubang pada dinding silinder yang di modifikasi akan mempengaruhi rasio kompresi efektif pada ruang bakar karena pada dinding silinder terdapat banyak lubang maka semakin dekat jarak lubang dengan bibir silinder rasio kompresi pembakarannya akan semakin kecil, dengan catatan modifikasi yang dilakukan tetetap mempertahankan bentuk *squis head* atau kubah kepala silinder. Untuk menghitung rasio kompresi pembakaran dapat menggunakan rumus:

Bell (1999: 20)

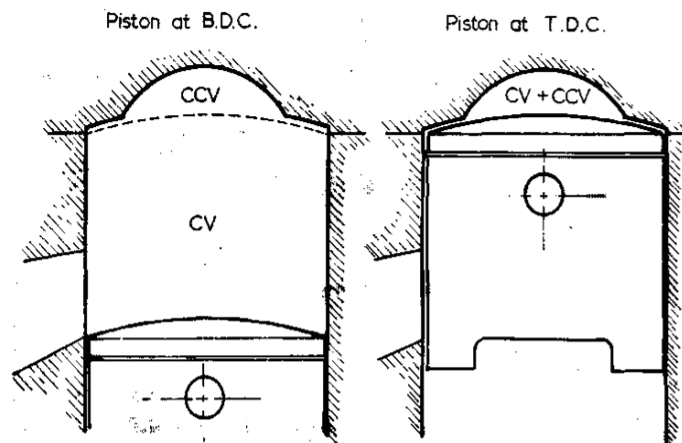
$$CR = \frac{CV + CCV}{CCV}$$

Dengan:

CR : Rasio Kompresi

CV : Volume Silinder

CCV : Volume Ruang Bakar



Gambar 8. Rasio Kompresi (*Compression Ratio*)

Pada rumus diatas untuk dapat menentukan *Combution Chamber Volume* atau volume ruang bakar dapat menggunakan buret ukur yang di isi bahan bakar lalu masukan bahan bakar tersebut ke ruang bakar melalui lubang busi pada kondisi *piston* berada di TMA. Tetapi karena penulis tidak memiliki buret ukur maka dapat menggunakan cara yang lebih hemat, tetapi cara ini harus didukung dengan data spesifikasi rasio kompresi pada kondisi sepeda motor setandar yang biasa terdapat pada brosur kendaraan tersebut. Untuk mengetahui *combustion chamber* volume atau volume ruang bakar dapat menggunakan rumus: Bell (1999: 21)

$$CCV = \frac{CV}{CR - 1}$$

Dengan:

CCV : Volume Ruang Bakar

CV : Volume Silinder

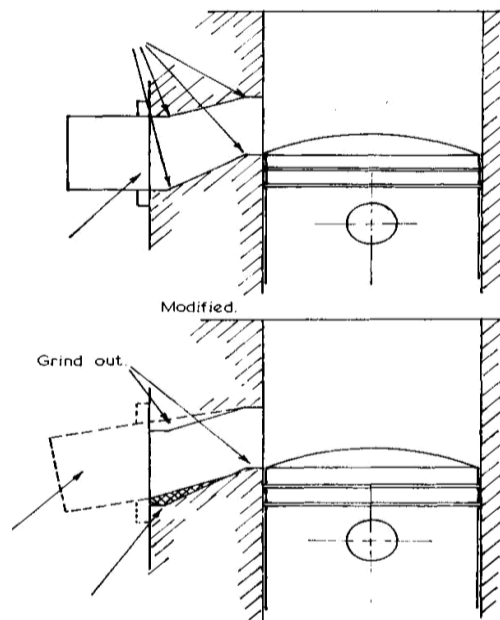
CR : Rasio Kompresi

#### **D. Menghaluskan Saluran Dan Memperbaiki Arah Aliran**

##### **1. Menghaluskan Saluran Dan Bibir Lubang**

Yang di maksud dengan menghaluskan saluran adalah pengerjaan pemolesan yang dilakukan pada saluran masuk, saluran transfer, saluran bantu dan saluran buang yang bertujuan agar bahan bakar, udara dan pelumas yang masuk atau keluar dari raung silinder dapat mengalir dengan lancar tanpa adanya hambatan, terutama pada saat terjadi langkah pembilasan dimana ketika lubang transfer mulai terbuka dan adanya gas sisa pembakaran yang harus didorong keluar dari ruang silinder, hal ini sangat penting untuk mengarahkan campuran bahan bakar dan udara segar yang masuk melalui lubang transfer dan lubang bantu agar dapat mendorong gas sisa pembakaran keluar menuju pipa buang dengan baik, sehingga dapat menyiapkan ruang silinder untuk proses kerja selanjutnya dengan maksimal. Mengurangi sudut yang

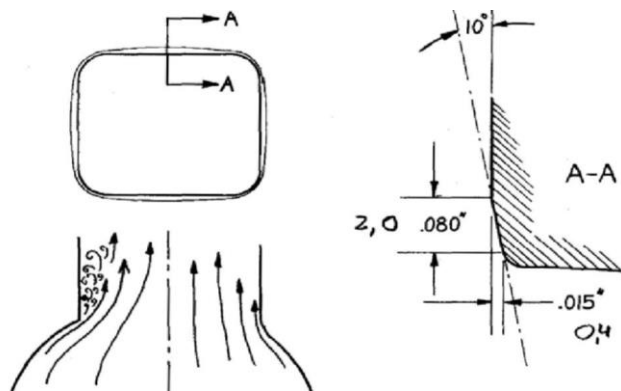
tajam dan membuat lekukan yang halus pada saluran masuk campuran bahan bakar udara dan pelumas serta membuat halus pada saluran buang gas sisa pembakaran maka akan memperlancar aliran tersebut sehingga mempermudah ketika campuran bahan bakar dan udara serta gas sisa pembakaran ketika akan masuk atau keluar dari ruang silinder.



Gambat 9. Mengurangi Sudut Lekukan Pada Saluran

Pengerjaan mengurangi sudut yang tajam dan memperbaiki arah aliran dapat menggunakan alat yang di sebut *Tuner Kit*, pengerjaan dilakukan pada semua lubang serta saluran dengan dipoles menggunakan mata tuner yang bertujuan untuk menghaluskan saluran tersebut dengan mengikis bagian yang kurang rata atau kurang halus serta mengikis sudut lekukan yang tajam agar ketika bahan bakar dan udara ataupun

gas sisa melewati saluran tersebut tidak terhambat atau tertahan sehingga dapat mengalir dengan lancar. Penghalusan pada tiap lubang yang perlu diperhatikan adalah bibir lubang harus dibuat tumpul agar tidak menghambat pergerakan dari piston dan ring piston pada saat piston bekerja naik dan turun, hal ini juga berpengaruh pada ketahanan dari ring piston akan tetap terjaga.



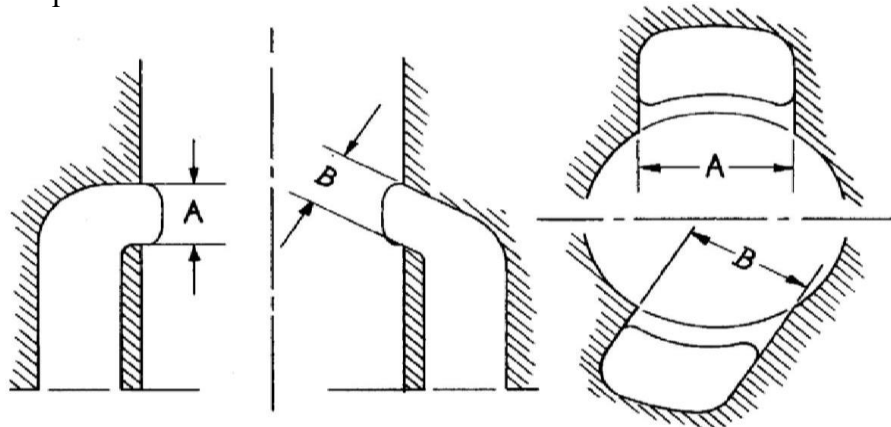
Gambar 10. Membuat Sudut Pada Bibir Lubang

## 2. Memperbaiki Arah Aliran *Transfer Port*

Memperbaiki arah aliran adalah pengerjaan sangat penting, terutama pada bagian bawah blok silinder yang berhubungan langsung dengan ruang engkol ketika bahan bakar, udara dan pelumas terdorong masuk melalui saluran transfer. Terdapat empat saluran tranfer yaitu pada sisi sebelah kiri dan kanan blok silinder, dan pada tiap sisi terdapat dua saluran tranfer, yaitu saluran tranfer primer atau *main tranfer* dan saluran tranfer sekunder atau *auxiliary transfer* atau dapat disebut juga saluran bantu. Saluran tranfer primer fungsi utamanya adalah sebagai

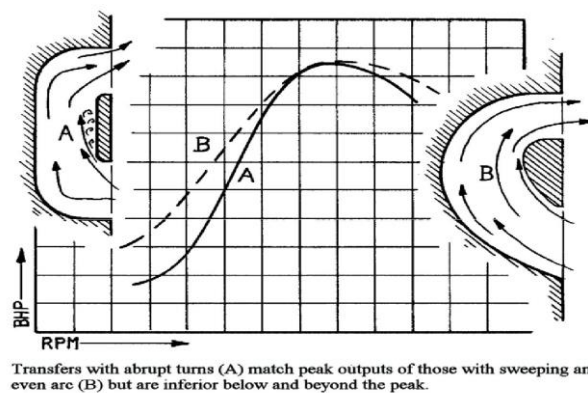
saluran masuknya bahan bakar, udara dan pelumas, sedangkan saluran sekunder berfungsi untuk membantu saluran primer. Di buat dua saluran berbeda karena setiap saluran memiliki peranan masing-masing, saluran tranfer primer selain berperan sebagai saluran utama masuknya bahan bakar, udara dan pelumas ke dalam ruang silinder juga berfungsi sebagai pendorong gas sisa pembakaran dari arah depan menuju belakang dinding silinder kemudian memantul dari dinding silinder dan mendorong sisa gas buang dari arah depan lubang buang sehingga gas sisa pembakaran akan terdorong secara sempurna. Sedangkan saluran tranfer sekunder atau *auxiliary tranfer* berperan mendorong gas sisa yang berada di samping dinding silinder yang tidak terkena oleh aliran bahan bakar dari saluran tranfer primer, sehingga tidak ada gas sisa pembakaran yang terjebak di dalam silinder. Ukuran lubang tranfer sekunder lebih kecil daripada ukuran lubang tranfer primer hal ini agar campuran bahan bakar dan udara yang terdorong masuk ke ruang silinder dapat terdorong dengan kuat untuk mendorong gas sisa pembakaran dan juga arah dari sudut saluran primer berbelok ke dalam ruang silinder, sehingga arah alirannya akan mendatar disekitar atas slinder, sedangkan arah dari saluran transfer primer lebih landai dan tidak menukik ke arah ruang silinder seperti saluran transfer sekunder, hal ini bertujuan agar arah alirannya dapat menjangkau

bagian atas dari ruang silinder agar pembilasan dapat terjadi dengan sempurna.



Gambar 11. Saluran Transfer Primer Dan Sekunder

Pada gambar di atas, saluran A adalah saluran bantu atau saluran sekunder sedangkan saluran B adalah saluran primer, selain ukuran yang membedakan keduanya adalah arah dari saluran tersebut yang dibuat sedemikian rupa agar terjadi pembilasan yang sempurna. Pada saluran transfer yang harus diperhatikan adalah saluran tersebut harus dibuat selandai mungkin, karena sangat mempengaruhi laju aliran.



Gambar 12. Grafik BHP (Brake Horse Power). Jennings (1975: 122)

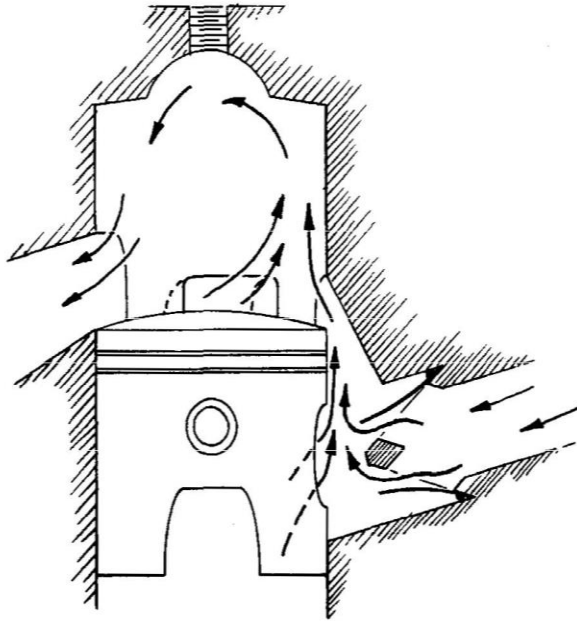


Pada grafik di atas dapat diketahui bahwa BHP (*break horse power*) lebih tinggi saat putaran awal pada model saluran dengan lekukan yang landai, tidak membuat lekukan yang tajam seperti pada grafik aliran pada saluran A akan membentuk turbulensi yang menghambat laju aliran, sedangkan saluran B tidak menghasilkan turbolensi sehingga saluran dapat mengalir dengan baik, dan efeknya adalah dapat meningkatkan akselerasi kecepatan putaran.

### 3. Memperbaiki Arah Aliran *Bost Port*

Pengerjaan saluran bantu atau *bost port*, sangat berkaitan dengan kemampuan vakum pada ruang silinder, karena *bost port* terhubung langsung dengan saluran masuk yang mana terdapat *reed valve* di dalamnya dan tidak melalui ruang engkol dimana campuran bahan bakar dan pelumas di tekan oleh poros engkol untuk dapat masuk ke dalam ruang silinder, maka penghalusan dan memperbaiki arah dari *bost port* harus di lakukan dengan sangat hati-hati. Motor dua langkah yang akan di modifikasi pada lubang bantu dapat dilakukan sedikit perubahan durasi karena *piston* yang diguankan sudah di rubah ke ukuran yang lebih besar serta ukuran silinder yang juga sudah diperbesar di sesuaikan dengan ukuran *piston* atau biasa di sebut *oversize*. Maka dengan adanya *overzise* kevakuman di dalam ruang silinder akan menjadi lebih besar dari ukuran standar, sehingga memperbesar lubang atau saluran bantu dapat dilakukan. Lubang bantu

juga bisa di katakan sebagai *bost port* karena lubang bantu memiliki fungsi lain selain membantu mendorong gas sisa pembakaran keluar dari ruang silinder yaitu sebagai saluran tenaga tambahan. Ketika lubang bantu terbuka maka bahan bakar dan udara akan terhisap langsung dari *intake manifold* atau karburator melalui *reed valve* ke ruang silinder dan mendorong sisa gas pembakaran, karena lubang bantu searah atau berhadapan dengan lubang buang maka akan banyak bahan bakar dan udara serta pelumas ikut keluar dari lubang buang hal ini justru menguntungkan, karena campuran bahan bakar dan udara tersebut nantinya memantul oleh efek dari resonansi kenalpot motor dua langkah dan kembali ke ruang silinder sebagai tenaga tambahan. Efek menguntungkan resonansi yang baik hanya di dapat dengan perancangan pipa buang atau kenalpot dengan hitungan yang baik dan akurat, karena jika resonansi gagal maka justru campuran bahan bakar dan udara akan terbang sia-sia dan tidak bisa kembali ke ruang silinder.



Gambar 13. Arah Aliran Saluran Bantu

#### 4. Memperbaiki Arah Aliran *Inlet Port*

Pada *inlet port* atau saluran masuk sangat berkaitan erat dengan kemampuan hisap atau kevakuman pada ruang engkol dan poros engkol. Maka hitungan dari pabrikan atau bisa di sebut dalam kondisi setandar adalah ukuran terbaik karena penulis tidak melakukan modifikasi pada ruang engkol dan rasio kompresi yang terjadi di ruang engkol. Maka dengan penjelasan tersebut baiknya adalah mempertahankan ukuran standar dari *inlet port* dan hanya di lakukan perbaikan arah aliran dan menghaluskan saluran agar campuran bahan bakar, udara dan pelumas dapat lebih optimal ketika masuk ke ruang engkol. Perbaikan saluran tidak hanya saluran masuk pada blok silinder tetapi juga harus dilakukan pada lubang masuk yang terdapat

pada *piston* karena membuka dan menutupnya saluran masuk dilakukan oleh lubang pada *piston*, maka penghalusan pada saluran masuk *piston* perlu dilakukan agar tidak terjadi hambatan ketika campuran bahan bakar, udara dan pelumas masuk ke ruang engkol.

##### 5. Memperbaiki Arah Aliran *Exhaust Port*

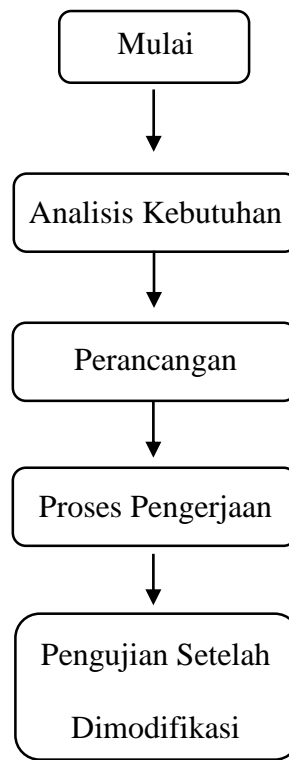
Pengerjaan lebar lubang buang atau *exhaust port* adalah tidak boleh lebih 70% dari *bore* atau diameter silinder karena akan sangat berbahaya ketika *piston* melewati lubang buang yang terlalu lebar maka ring *piston* dapat menabrak lubang buang dan mengakibatkan kerusakan pada *piston* maupun ring *piston*. Kondisi dari lubang dan saluran buang harus sangat rapih dan halus, karena sangat berhubungan dengan keberhasilan proses pembilasan dan proses resonansi bahan bakar yang ikut terbuang lalu memantul dari pipa kenalpot dan kembali masuk keruang silinder.

Pengerjaan dengan *Tuner Kit* harus dilakukan secara hati-hati, meskipun jika terjadi kesalahan bisa ditambal dengan lem khusus yang biasa disebut dengan lem porting, tetapi hal tersebut akan lebih memakan waktu dan tenaga. Maka perhitungan dan pengerjaan yang teliti dan berhati-hati akan menciptakan modifikasi yang sempurna sesuai dengan target modifikasi yang diinginkan.

### **BAB III**

#### **KONSEP PERANCANGAN DAN PENGUJIAN**

Modifikasi karakter sepeda motor dua langkah dengan karakter semula kendaraan untuk penggunaan perkotaan menjadi karakter untuk berpergian keluar kota atau turing terdiri dari beberapa bagian, yaitu modifikasi pada lubang atau *port* pada dinding silinder dan saluran pada blok silinder, serta pengerjaan perbaikan arah aliran dan penghalusan pada saluran masuk dan saluran buang pada blok dan dinding silinder. Pada bagian ini penulis akan membahas mengenai analisis kebutuhan dan cara serta alat yang digunakan dalam perancangan modifikasi, sehingga dalam memodifikasi lubang atau *port* serta saluran yang terdapat pada silinder dan blok silinder motor dua langkah dapat bekerja dengan baik, aman dan mampu memberikan hasil sesuai dengan yang diharapkan. Pengerjaan modifikasi pada *port* dan perbaikan arah serta menghaluskan saluran pada blok dan dinding silinder diharapkan dapat meningkatkan daya pada putaran tinggi, untuk mempermudah dalam mengimplementasikan perancangan maka dibuat diagram sebagai berikut:



Gambar 14. Diagram Rencana Pengerjaan

#### A. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dalam pengerjaan modifikasi lubang pada dinding silinder dan saluran pada blok silinder serta pengerjaan perbaikan arah aliran dan penghalusan saluran, hal yang perlu diperhatikan yaitu:

##### 1. Reencana Kebutuhan Alat

Peralatan yang akan digunakan dalam pengerjaan modifikasi port dan saluran, diperlukan alat sebagai berikut:

- a. *Tool box*
- b. Bor tuner set
- c. Gagang bor tuner lurus dan gagang bor tuner bengkok

- d. Mata bor tuner
  - e. Kertas HVS
  - f. Pensil
  - g. Selotip kertas
  - h. Gunting
  - i. Plat siku
  - j. Lem kertas
  - k. Penggaris siku
  - l. Penggaris mal lingkaran
  - m. Busur drajat
  - n. Jangka sorong
  - o. Jangka tusuk
  - p. Amplas nomor 150, 350, 800
  - q. Kompresor
  - r. Dynotest
2. Rencana Kebutuhan *Port*
- Yang dibutuhkan pada port dalam pengerjaan modifikasi, yaitu:
- a. Durasi port
  - b. Luas area port
  - c. Waktu-area port
  - d. Kombinasi waktu-area yang diperlukan

## B. Perancangan Modifikasi Port Dan Saluran

Dalam melakukan perancangan modifikasi saluran masuk, saluran bilas dan saluran buang sepeda motor dua langkah untuk meningkatkan daya pada putaran tinggi diperlukan tahapan-tahapan yang didalamnya terdapat alur proses perancangan sebagai berikut:

### 1. *Mapping Port* Silinder

Hal yang terpenting dan paling mendasar dalam pengerjaan *porting* adalah harus mengetahui ukuran serta posisi semua *port* yang ada pada dinding silinder. Maka perlu dilakukan mapping atau mencari penggambaran *port* yang ada pada dinding silinder yang dapat dilakukan dengan cara sederhana. Untuk mencari penggambaran atau *mapping* tinggi lubang dan posisi serta ukuran lubang didalam silinder maka yang perlu disiapkan:

- a. Kertas HVS
- b. Selotip kertas
- c. Pensil

Cara sederhana untuk mendapatkan penggambaran semua lubang pada dinding silinder:

- a. Untuk menentukan panjang kertas yang di dibutuhkan, harus mengukur keliling lingkaran pada silinder terlebih dahulu setelah diketahui hasilnya, potong kertas sesuai keliling lingkaran tersebut.
- b. Pertemuan sisi dan sisi kertas lainya lalu rekatkan dengan selotip kertas.



- c. Setelah kertas berbentuk silinder, lalu masukan kertas kedalam blok silinder.
- d. Setelah kertas berada didalam silinder, untuk mendapatkan gambaran dari posisi semua lubang dapat dilakukan dengan cara sederhana menggunakan debu di sekitar blok silinder, usapkan jari pada debu tersebut lalu jari yang berdebu ditekan pada lubang di dinding silinder sehingga akan meninggalkan bekas berupa bentuk dari lubang pada dinding silinder, lakukan penekanan pada semua lubang di dinding silinder agar semua lubang dapat diketahui dengan jelas posisi maupun ukurannya.
- e. Pindahkan penggambaran ke kertas lain agar lebih mudah dalam melakukan pengukuran dengan cara menaruh cahaya di bawah kertas rekatkan kertas lain diatasnya dengan menggunakan selotip kertas, lalu gambar pola lubang sesuai dengan hasil yang dicari tadi, hal tersebut akan mempermudah pengukuran jarak port dengan bibir blok serta ukuran pada tiap portnya.

## 2. Mencari Durasi *Port*

Setelah ukuran semua lubang pada blok dan dinding silinder diketahui maka tahap selanjutnya yaitu mencari durasi membuka dan menutupnya tiap lubang pada dinding silinder. Membuka dan menutupnya lubang dipengaruhi oleh putaran dari poros engkol, dan yang digunakan untuk membuka atau menutup

lubang tersebut adalah *piston* dari motor itu sendiri. Untuk mencari panjangnya durasi buka dan tutup pada tiap lubang di dinding silinder selain menggunakan rumus, juga dapat dilakukan dengan cara penggambaran logika sederhana.

a. Mencari Durasi Port Dengan Penggambaran Logika

peralatan yang perlu dipersiapkan yaitu:

- 1) Kertas HVS
- 2) Penggaris
- 3) Jangka sorong
- 4) Busur drajat
- 5) Jangka tusuk
- 6) Pensil

Dalam melakukan pengerjaan dengan cara ini harus terlebih dahulu mengetahui ukuran yang meliputi: panjang langkah, panjang *connecting rod* atau stang *piston* dari sumbu ke sembu, tinggi *piston* dari sumbu atau dari titik tengah pen *piston*, jarak semua lubang dari bibir blok. Alur proses untuk mencari durasi *port* yaitu:

- 1) Buat garis vertikal dengan panjang yang sama dengan ukuran panjang *connecting rod* atau setang *piston* yang di ukur dari sumbu ke sumbu ditambah dengan tinggi *piston* dari sumbu pen *piston*. Pada

ujung atas garis vertikal dibuat garis horisontal untuk menggambarkan sebagai bibir blok silinder.

- 2) Pada ujung bawah garis vertikal yang di buat tadi, buat lingkaran dengan diameter sebesar langkah *piston*.
- 3) Gambar semua lubang yang ada dinding silider, jarak ketinggian setiap lubang yang digambar samakan dengan jarak pada hasil mapping atau penggambaran, ketinggiannya pada gambar di ukur dari garis horisontal yang di ibaratkan sebagai bibir blok slinder pada gambar.
- 4) Di luar lingkaran poros engkol di buatkan lingkaran atau setengah lingkaran yang lebih besar dari lingkaran poros engkol disertai besarnya sudut agar mempermudah dalam menghitung sudut buka dan menutup yang menghasilkan durasi lamanya lubang tersebut ketika terbuka ataupun menutup pada tiap langkah *piston*.
- 5) Untuk menentukan panjang durasi buka dan tutup tiap lubang pada silinder dapat menggunakan jangka tusuk, dengan cara menentukan panjang jangka tusuk disesuaikan dengan panjang langkah *piston* di tambah tinggi *piston*, sesuaikan dengan penggaris terlebih dahulu.
- 6) Setelah menentukan panjang jangka tusuk, cari panjang durasi dengan menempatkan jangka tusuk pada lingkaran poros engkol dan ujung lainnya letakan pada ujung dari *piston*.

7) Baca dan catat durasi ketika lubang mulai terbuka dan menutup serta lamanya durasi lubang tersebut terbuka sampai lubang tersebut tertutup.

b. Mencari Durasi Port Dengan Menggunakan Rumus

Untuk mengetahui panjang durasi pada tiap *port* dapat dilakukan penghitungan dengan rumus yang dapat dilakukan lebih akurat, tetapi penggambaran secara manual dapat berfungsi untuk mencocokkan hasil dari perhitungan dengan rumus. Menurut penulis, pentingnya menggambar untuk mencari durasi secara manual akan lebih memberikan gambaran yang lebih jelas tentang cara kerja serta posisi *piston* pada saat poros engkol berputar pada tiap derajat durasinya. Untuk dapat menghitung panjang durasi port dengan menggunakan rumus, terlebih dahulu perlu mengetahui spesifikasi ukuran port dari hasil yang di dapat dari proses *mapping* port.

3. Menghitung Luas Area *Port*

Untuk menentukan waktu saat *port* bekerja pada RPM dimana motor tersebut mendapatkan maksimum power, maka harus terlebih dahulu menghitung luas area pada semua port atau lubang yang akan ditentukan nilai waktunya.

#### 4. Menghitung Waktu-Area Port

Setelah mengetahui luas area pada tiap port, langkah selanjutnya adalah menghitung waktu yang dibutuhkan pada area *port* ketika motor di pacu pada RPM target pada tiap port, yang meliputi

- a. Menghitung durasi pada target power pada RPM yang dibutuhkan
- b. Melakukan penghitungan volume silinder
- c. Menghitung waktu-area pada RPM target

#### 5. Mencari Kombinasi Area-Waktu Yang Diperlukan

Setelah mengetahui waktu-area pada RPM yang di tergetkan, maka untuk tahap selanjutnya yaitu mencocokkan hasil hitungan dengan tabel acuan, sehingga dapat diperoleh rubahan yang diperlukan pada *port*/lubang agar dapat meraih power maksimum pada RPM yang di inginkan.

#### 6. Menghaluskan Saluran Dan Memperbaiki Arah Aliran

Agar dapat mengetahui permasalahan pada saluran baiknya dilakukan penggambaran arah serta bentuk aliran, jika hanya sekedar tidak rata dapat dilihat ataupun diraba lalu dihaluskan dengan mata tuner sampai halus saja, tidak boleh melakukan penghalusan terlalu dalam karena dapat merubah bentuk dari saluran.

- a. *Mapping* arah aliran

Untuk *mapping* atau penggambaran arah aliran pada ruang silinder saat proses pembilasan alat yang perlu dipersiapkan:

- 1) Kertas HVS
- 2) Jangka tusuk
- 3) Penggaris
- 4) Pensil
- 5) Gunting
- 6) Lem kertas
- 7) Plat siku

Cara sederhana untuk *mapping* arah aliran agar dapat mengetahui arah aliran dari saluran tranfer primer dan saluran transfer sekunder:

- 1) Buat lingkaran dengan diameter sebesar bore silinder, atau diameter silinder.
- 2) Potong lingkaran tersebut lalu di beri lem kertas, letakan potongan di atas *piston*.
- 3) Masukkan *piston* kedalam silinder, tempatkan *piston* pada posisi TMB agar semua *port* terbuka.
- 4) Masukkan plat besi siku sebagai bantuan untuk menentukan arah aliran pada lubang transfer.
- 5) Beri tanda dengan menggunakan pensil pada semua posisi lubang transfer.

- 6) Setelah semua posisi diketahui, keluarkan *piston* lalu letakan lingkaran kertas padakertas HVS, kemudian gambar arahnya dengan mengikuti pola yang sudah di cari tadi.

Dengan adanya *mapping* arah aliran dapat diketahui permasalahan pada arah aliran yang harus diperbaiki, untuk mengatasi perbaikan arah aliran tersebut harus mnnggunakan alat khusus yaitu bor tuner dengan *hand piece* bengkok, karena posisinya di dalam silinder.

b. Pengerjaan Penghalusan Pada *Port* Dan Saluran *Port*

Tahap penghalusan pada tiap lubang harus dilakukan agar laju aliran tidak terhambat. Sebelum melakukan pengerjaan, perlu menyiapkan peralatan yang dibutuhkan sebagai berikut:

- 1) Bor tuner set
- 2) Bor tuner gagang bengkok
- 3) Bor tuner gagang lurus
- 4) Amplas nomor 150
- 5) Amplas nomor 350
- 6) Amplas nomor 800
- 7) Kompresor untuk membersihkan gram

Setelah peralatan siap, selanjutnya adalah melakukan langkah-langkah pengerjaan dengan hati-hati dan teliti, pengerjaan yang dilakukan meliputi:

### 1) Saluran buang

Bibir dari lubang buang harus tumpul, dengan kemiringan sudut  $10^\circ$  pada bibir lubang, karena lubang buang adalah lubang terlebar pada dinding silinder dan sangat riskan jika terjadi benturan dengan piston maupun ring piston dan juga berfungsi agar gas sisa pembakaran yang akan keluar dari ruang silinder dapat keluar dengan baik tanpa adanya turbolensi yang akan menghambat arah aliran. Saluran buang arah salurannya harus mengalir kebawah dari *piston* atau searah dengan bentuk kepala piston agar gas sisa pembakaran dapat keluar ataupun terdorong keluar dengan baik saat posisi lubang buang terbuka penuh, saluran harus dibuat selandai mungkin agar tidak terjadi turbolensi saat gas buang keluar. Untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan menghilangkan bagian yang tidak rata yang dapat mengganggu aliran dengan menggunakan mata bor tuner. Setelah proses selesai rapikan pekerjaan dengan menggunakan amplas halus nomor 800.

### 2) Saluran Transfer

Saluran transfer terhubung langsung dengan ruang engkol, maka kerataan saluran sangat penting agar campuran bahan bakar, udara dan pelumas yang dikompresikan oleh poros engkol dapat masuk ke ruang silinder dengan baik. Sudut lekukan pada saluran transfer



sangat mempengaruhi laju aliran, jadi saluran harus dibuat sedemikian rupa agar menghilangkan lekukan tajam dan membuat saluran selandai mungkin. Pada bagian bawah saluran transfer yang berhubungan langsung dengan ruang engkol dilakukan sedikit pelebaran (0,5mm) agar membentuk arah aliran yang landai, dan pada ujung saluran yang melengkung menuju lubang tranfer pada lengkungan dihaluskan kembali dan dibentuk arahnya agar aliran ketika masuk ke ruang silinder dapat memaksimalkan dorongan terhadap gas buang. Merapikan arah aliran saluran transfer menggunakan bor tuner gagang bengkok, jika ditemukan masalah pada arah aliran tidak simetris yang dapat disebabkan karena kesalahan saat mengganti liner silinder yang kurang presisi antara dinding blok dan dinding silinder, sehingga saluran dan lubang tidak sejajar. Untuk memperbaikinya perlu merapikan lubang bagian dalam yang dimiringkan sampai sejajar dengan arah saluran, setelah proses selesai rapikan dengan amplas nomor 350 pada bgaian saluran, dan amplas nomor 800 untuk merapikan pada bibir lubang. Arah saluraan pada *transfer port* yang berhubungan langsung dengan ruang engkol harus dilakukan pengerjaan secara hati-hati agar tidak terlalu banyak bagian yang terbuang, karena kondisi kompresi primer dari poros engkol adalah konstan jika terlalu

banyak melakukan pengikisan dikhawatirkan akan memperlemah kompresi primer yang menekan campuran bahan bakar masuk ke ruang silinder sehingga laju aliran dapat melambat. Yang perlu diperhatikan adalah arah dari saluran transfer primer dan arah saluran transfer sekunder berbeda sehingga perlu ketelitian saat melakukan pengikisan dengan bor tuner. Lakukan pengikisan pada sekat antara lubang transfer primer dan sekunder sebesar 0,5mm menggunakan gagang tuner lurus, perbaiki arah untuk masing-masing saluran, hilangkan sudut tumpul pada ujung sekat antara lubang transfer primer dan sekunder agar laju aliran tidak terhambat. Setelah proses selesai, rapikan dengan amplas nomor 350.

### 3) Saluran Bantu atau *bost port*

Saluran bantu terhubung langsung antara ruang silinder dengan *intake manifold*, pada saat akhir langkah usaha beberapa drajat sebelum TMB lubang bilas terbuka tanpa adanya tekanan atau dorongan melainkan adanya kevakuman di ruang silinder, dan pada saat lubang bilas bekerja, bersamaan dengan saat poros engkol sedang menghisap campuran udara, bahan bakar dan pelumas dari karburator, jika lubang bantu terlalu awal membuka dapat mempengaruhi kevakuman dalam silinder, lebih parahnya gas sisa pembakaran dapat keluar lewat lubang bantu karena proses

pembilasan gas buang dalam ruang silinder belum efektif. Karena pada silinder yang akan dimodifikasi sudah dilakukan *oversize piston* dan silinder, sehingga kevakumannya lebih besar di bandingkan kondisi standar maka dapat sedikit dilakukan pelebaran area pada saluran bantu sekitar 0,5mm agar tetap aman dan juga akan dilakukan pengerjaan penghalusan saluran dan menghilangkan lekukan tajam agar tidak terjadi turbolensi pada aliran.

#### 4) Saluran masuk atau *inlet port*

Saluran masuk atau *inlet port* menghubungkan antara karburator dan ruang engkol, di dalam saluran masuk terdapat *reed valve* atau katup buluh yang juga terhubung langsung dengan saluran bantu atau *bost port* dan ruang silinder. Membuka dan menutupnya saluran masuk dilakukan oleh lubang yang ada pada *piston*, saluran masuk terbuka ketika lubang pada *piston* dan lubang masuk pada blok silinder sejajar. Pengerjaan penghalusan dan memperbaiki arah aliran dilakukan pada saluran masuk yang berada di *piston*, lubang pada dinding silinder, serta saluran masuk pada blok silinder. Pengerjaan dapat dilakukan dengan mengurangi sudut lekukan yang tajam dan menghaluskan saluran yang kasar, dibuat serapi mungkin agar campuran bahan bakar, udara dan pelumas yang melewati

saluran masuk tidak terhambat serta tidak terjadi turbolensi. Pada pengerjaan saluran *inlet* perlu menggunakan gagang tuner lurus, setelah selesai proses penghalusan rapikan dengan amplas nomor 350.

c. *Finishing*

Pengerjaan terakhir dari pengehalusan dan merapikan arah saluran pada blok dan silinder setelah semua proses selesai pada tahap akhir yaitu merapikan saluran. Pada saluran buang, umumnya banyak terdapat kerak gas buang maka perlu menggunakan amplas kasar nomor 150, lalu setelah kerak hilang haluskan dengan amplas 350. Pada saluran transfer haluskan saluran dengan amplas nomor 350 sampai bekas mata bor tuner hilang dan halus. Pada saluran masuk dan juga saluran bantu, gunakan amplas nomor 350 sampai halus sehingga bekas mata tuner dan juga konsisi saluran standar yang kasar menjadi halus, pengerjaan pada dinding silinder dan piston dihaluskan dengan amplas halus nomor 800. Untuk membersihkan sisa gram rendam blok silinder dalam baskom berisi bensin bersihkan sisa gram dengan menggunakan kuas, lalu semprot dengan menggunakan kompresor.

### **C. Pengujian.**

Pengujian dilakukan dengan alat yang dinamakan *Dynotest*, yang berguna untuk mengukur power sebelum dan sesudah dilakukan rubahan pada area-waktu *port* serta pengerjaan penghalusan saluran dan memperbaiki arah aliran. Hasil dari *Dynotest* adalah berupa grafik naik turunnya power serta torsi sepeda motor dua langkah, maka untuk mengetahui keberhasilan dari modifikasi, harus dilakukan pengujian menggunakan alat *Dynotest* sebanyak dua kali, yaitu pada saat sebelum dimodifikasi dan sesudah dimodifikasi.

## BAB IV

### PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Proses Pengerjaan

Proses pengerjaan harus dilakukan secara hati-hati dan harus sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan sebelumnya. Proses sangat menentukan hasil dari kinerja motor dua langkah yang dimodifikasi. Perancangan dilakukan dengan logika dan perhitungan sedangkan proses dibutuhkan *skill* dan ketelitian.

##### 1. *Mapping Port* Silinder

Mencari penggambaran atau *mapping* tinggi lubang, posisi dan ukuran lubang didalam silinder:

- a. Menentukan panjang kertas yang dibutuhkan, dengan mengukur keliling lingkaran pada silinder, potong kertas sesuai keliling lingkaran tersebut. Tinggi kertas sesuaikan dengan tinggi silinder lalu pertemukan ujung kertas dan diberi selotip kertas.



Gambar 15. Menentukan Panjang Kertas

- b. Memasukan kertas ke dalam blok silinder.



Gambar 16. Memasukan Kertas Kedalam Silinder Untuk Proses  
*Mapping*

- c. Mengusapkan jari pada debu di sekitar silinder, lalu jari yang berdebu ditekan pada lubang di dinding silinder.



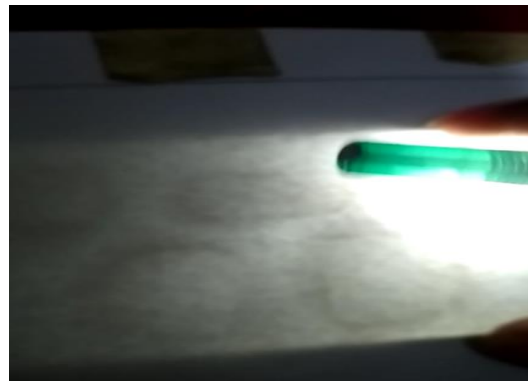
Gambar 17. Proses *Mapping* Lubang Pada Dinding Silinder

- d. Proses penggambaran yang terlihat seperti kondisi lubang yang sebenarnya pada dinding silinder.



Gambar 18. Hasil Proses *Mapping* Lubang Pada Dinding Silinder

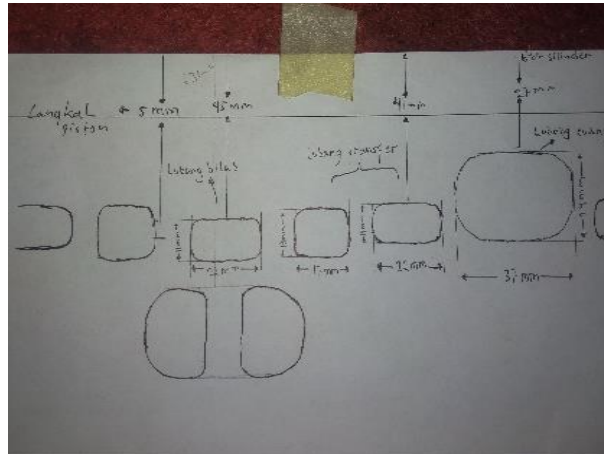
- e. Memindah penggambaran ke kertas lain, rekatkan kertas kosong di atas kertas hasil *mapping* lalu di beri cahaya dari bawah.



Gambar 19. Proses Pemindahan Gambar



f. Hasil dari proses *mapping port*



Gambar 20. Hasil Proses *Mapping* Pada Dinding Silinder

g. Hasil *mapping* dan pengukuran pada *port*:

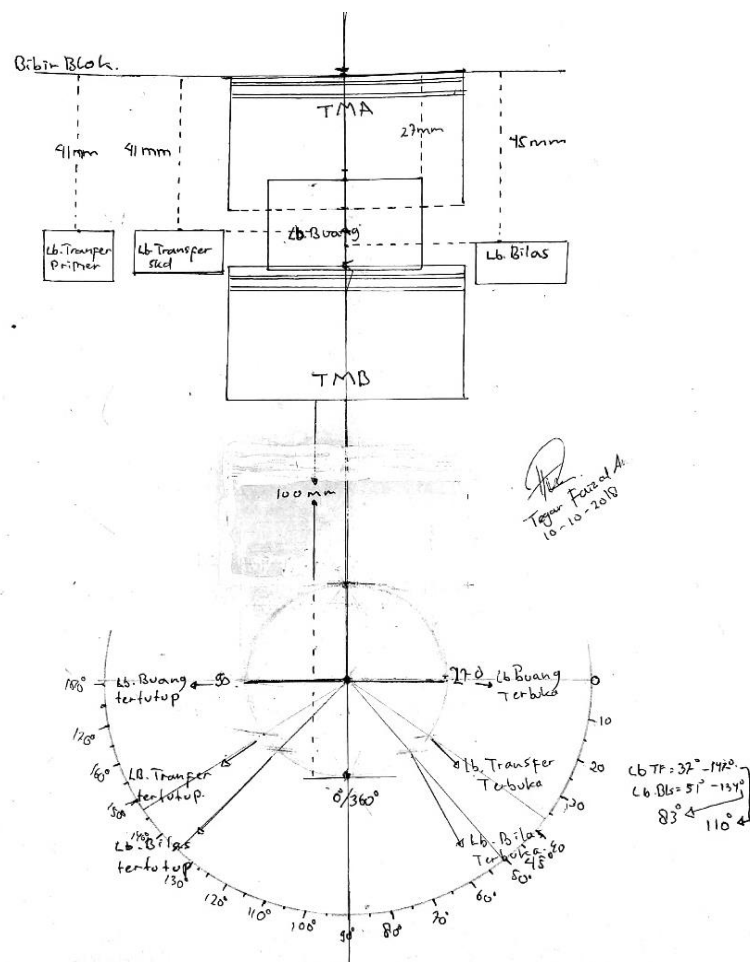
- 1) Jarak lubang buang dari bibir blok: 27mm
- 2) Jarak lubang transfer dari bibir blok: 41mm
- 3) Jarak lubang bantu dari bibir blok 45mm
- 4) Jarak lubang masuk di dinding silinder dari bibir blok: 63mm
- 5) Jarak lubang masuk pada *piston* saat posisi TMB: 82mm

## 2. Mencari Durasi *Port* Dengan Menggunakan Penggambaran

Tahap selanjutnya melakukan penggambaran untuk mencari durasi pada *port*:

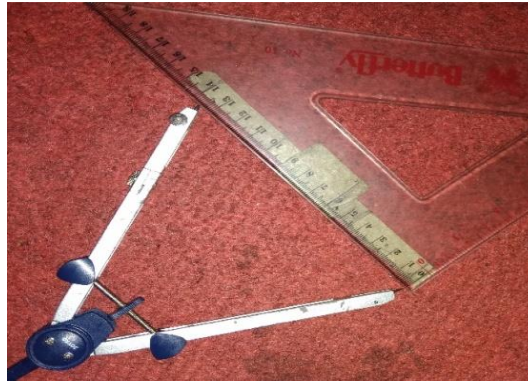
- a. Membuat garis vertikal dengan panjang 99mm. Pada ujung atas garis vertikal dibuat garis horisontal sebagai bibir blok.
- b. Membuat lingkaran dengan diameter sebesar 50mm pada bagian bawah garis vertikal sebagai poros engkol.

- c. Menggambar semua lubang yang ada dinding silinder.
- d. Membuat lingkaran atau setengah lingkaran yang lebih besar dari lingkaran poros engkol disertai besarnya sudut untuk menghitung sudut buka dan menutup durasi lamanya lubang bekerja pada tiap langkah piston.



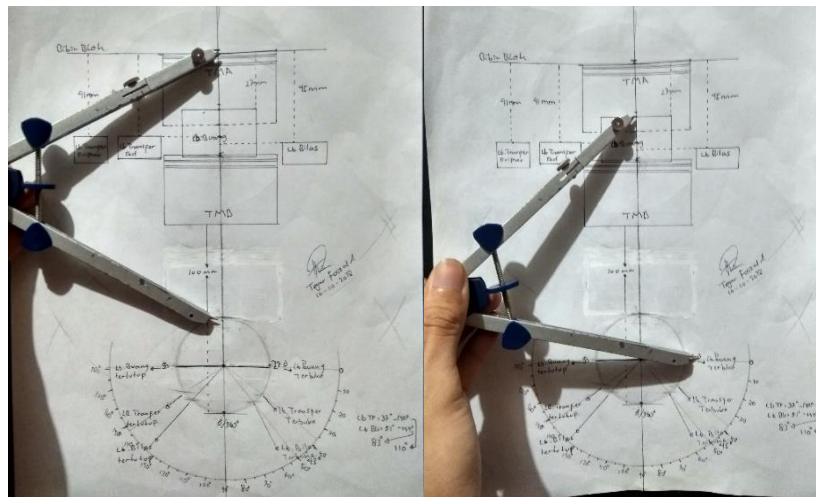
Gambar 21. Penggambaran Durasi Port

- e. Menentukan panjang jangka tusuk untuk disesuaikan dengan panjang langkah *piston* di tambah tinggi *piston* yaitu 135mm, di sesuaikan dengan penggaris.



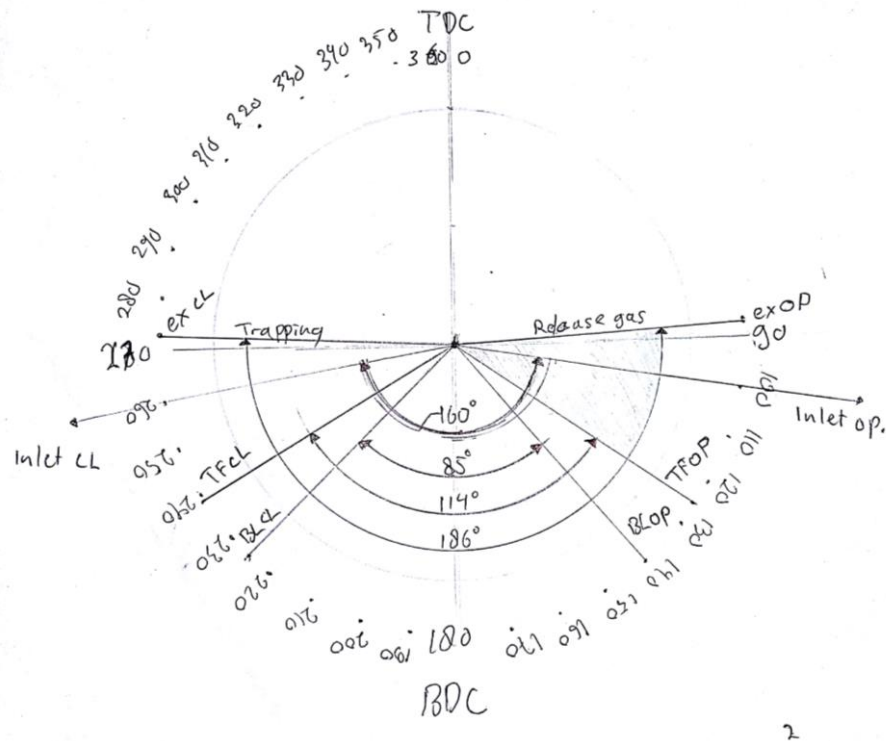
Gambar 22. Menentukan Panjang Jangka Tusuk

- f. Mencari panjang durasi dengan menempatkan jangka tusuk pada lingkaran poros engkol.



Gambar 23. Mencari Durasi *Port*.

g. Hasil dari mencari durasi, diketahui:



Gambar 24. Hasil Dari Mencari Durasi *Port*

Keterangan:

- 1) Durasi lubang buang:  $186^\circ$
- 2) Durasi lubang transfer:  $114^\circ$
- 3) Durasi lubang bantu:  $86^\circ$
- 4) Durasi lubang masuk:  $160^\circ$

### 3. Mencari Durasi Dengan Menggunakan Rumus

Agar lebih akurat dilakukan juga perhitungan durasi pada tiap lubang pada dinding silinder dengan menggunakan rumus:

a. Lubang Buang

$$D = \left( 180 - \arccos \frac{T^2 + R^2 - L^2}{2 \times R \times T} \right) \times 2$$

$$T = R + L + C - E$$

$$= 25 + 99 + 0 - 27$$

$$= 97 \text{ mm}$$

$$D = \left( 180 - \arccos \frac{97^2 + 25^2 - 99^2}{2 \times 25 \times 97} \right) \times 2$$

$$= (189 - 87) \times 2$$

$$= 186^\circ$$

b. Lubang Transfer

$$T = 25 + 99 + 0 + 41$$

$$= 83 \text{ mm}$$

$$D = \left( 180 - \arccos \frac{83^2 + 25^2 - 99^2}{2 \times 25 \times 83} \right) \times 2$$

$$= (180 - 123) \times 2$$

$$= 114^\circ$$

c. Lubang Bantu atau *Bost Port*

$$T = 25 + 99 + 0 - 45 = 79 \text{ mm}$$

$$D = \left( 180 - \arccos \frac{79^2 + 25^2 - 99^2}{2 \times 25 \times 79} \right) \times 2$$

$$= (180 - 137) \times 2$$

$$= 86^\circ$$

d. Lubang Masuk atau *Inlet Port*

Durasi pada *inlet port* ternyata tidak bisa menggunakan rumus tersebut, sehingga untuk mencari durasinya dapat menggunakan cara manual. Diperoleh hasil *inlet port* mulai membuka pada  $100^\circ$  setelah *piston* bergerak dari TMA dan menutup pada  $260^\circ$  setelahnya, sehingga dapat disimpulkan durasi *inlet port* selama  $160^\circ$ .

4. Luas Area *Port*

Untuk menentukan waktu saat *port* bekerja pada RPM dimana motor tersebut mendapatkan maksimum *power*, maka harus terlebih dahulu menemukan luas area pada port atau lubang yang akan ditentukan nilai waktunya. Berikut luas area dari tiap lubang:

a. Luas Area Lubang Buang:

Tinggi: 24mm

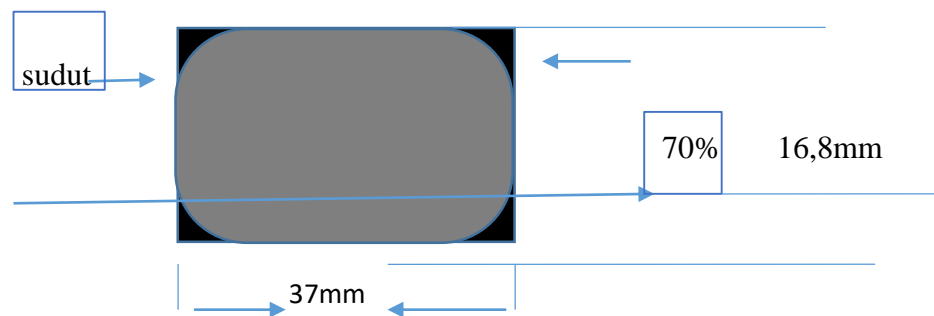
Lebar: 37mm

(penulis menggunakan lebar dan tinggi karena posisi lubang adalah di nyatakan berdiri sejajar dengan silinder)

Luas area yang digunakan adalah 70% dari atas ke bawah pada lubang buang, maka:  $24 \times 70\% = 16,8\text{mm}$ .

Luas Area =  $16,8 \times 37 = 621,6\text{mm}^2$  ( $6,22\text{cm}^2$ )

Tetapi pada tiap lubang tidak berbentuk persegi melainkan terdapat sudut tumpul pada tiap ujungnya,



Gambar 25. Luas Area Lubang Buang

Maka, luas area lubang buang luas lubang dalam bentuk persegi dikurangi luas bidang yang diarsir:

$$L = \text{Sisi} \times \text{Sisi}$$

$$= 9 \times 9$$

$$= 81 \text{ mm}^2$$

### Luas Seperempat Lingkaran

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{\pi r^2}{4} \\
 &= \frac{3,14 \times 9^2}{4} \\
 &= 63,585\text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas bidang yang diarsir:  $81 - 63,583 = 17,4\text{mm}^2$

Jadi luas lubang buang:  $621,6 - (2 \times 17,4) = 586,8\text{mm}^2 (5,87\text{cm}^2)$

#### b. Luas Area Lubang Transfer

##### 1) Lubang Transfer Primer

Tinggi (75% dari atas ke bawah):  $11 \times 75\% = 8,25\text{mm}$

Lebar:  $22\text{mm}$

Luas bidang diarsir:  $1,93\text{mm}^2$

Luas lubang tranfer primer:  $181,5 - (2 \times 1,93) = 177,6\text{mm}^2$

Karena terdapat dua lubang transfer primer (total keseluruhan terdapat 4 lubang tranfer, termasuk tranfer sekunder) maka untuk perhitungan luas area lubang tranfer primer:

$$177,6 \times 2 = 355,2\text{mm}^2 (3,55\text{cm}^2)$$



2) Lubang transfer sekunder

Tinggi (75% dari atas ke bawah):  $13 \times 75\% = 9,75\text{mm}$

Lebar: 17mm

Luas bidang diarsir:  $1,93\text{mm}^2$

Luas lubang transfer sekunder:  $165,7 - (2 \times 1,93) = 161,1\text{mm}^2$

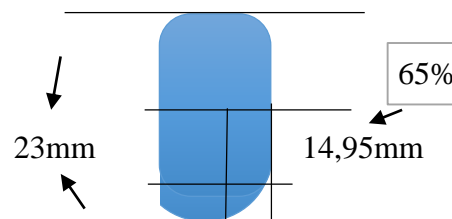
Pada lubang tranfer sekunder juga terdapat dua lubang di sisi kiri dan kanan silinder maka:

$$161,1 \times 2 = 322 \text{ mm}^2 (3,22\text{cm}^2)$$

c. Luas Area *Inlet Port* Pada *Piston*

Tinggi (65% dari bawah ke atas):  $23 \times 65\% = 14,95\text{mm}$

Karena bentuk dari inlet port adalah terdiri dari beberapa bangun datar yang digabungkan, di gambarkan seperti berikut:



Gambar 26. Luas Area *Inlet Port*

Terdapat satu buah setengah lingkaran, satu buah seperempat lingkaran dan satu buah persegi panjang seperti pada contoh gambar di atas pada dinding silinder maka luasnya,

Luas persegi panjang:

$$P \times L = 15 \times 9 = 135\text{mm}^2$$

Luas setengah lingkaran:

$$\begin{aligned} L &= \frac{\Pi \left(\frac{1}{2}D\right)^2}{2} \\ &= \frac{3,14 \times \left(\frac{1}{2}D\right)^2}{2} \\ &= 176,6\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luas seperempat lingkaran:

$$\begin{aligned} L &= \frac{\Pi r^2}{4} \\ &= \frac{3,14 \times 9^2}{4} \\ &= 63,58\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Total luas dari inlet port pada *piston*

$$\begin{aligned} LT &= 135 + 176,6 + 63,6 \\ &= 375,2\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Karena terdapat dua buah lubang masuk pada *piston* maka:

$$L = 375,2 \times 2 = 750,4\text{mm}^2 \text{ (7,5cm}^2\text{)}$$

## 5. Waktu-Area Port

Setelah mengetahui luas area pada tiap port, langkah selanjutnya adalah mencari waktu yang dibutuhkan pada area *port* ketika motor di pacu pada RPM target. Karena penulis menginginkan sepeda motor untuk kebutuhan turing, maka membutuhkan rentang *power* pada RPM menengah keatas, yaitu pada 8000 RPM sampai 10000 RPM.

### a. Target RPM Yang Ingin Dicapai

Target *power* yang ingin dicapai adalah pada 9500 RPM, maka masukan target RPM kedalam rumus:

#### 1) Lubang Buang

$$T = \frac{\cancel{60} \times 186^\circ}{9500 \times \cancel{360}}$$

$$T = \frac{186^\circ}{9500 \times 6}$$

$$T = \frac{186^\circ}{57000}$$

$$T = 0,0032\text{sec}$$

2) Lubang transfer

$$T = \frac{114^\circ}{9500 \times 6}$$

$$= 0,002\text{sec}$$

3) Lubang masuk atau *inlet port* pada *piston*

$$T = \frac{160^\circ}{9500 \times 6}$$

$$= 0,0028\text{sec}$$

b. Menghitung Volume Silinder

Sebelum menghitung waktu-luas area pada saat motor meraih *power* pada 9500 RPM, maka harus terlebih dahulu mengetahui volume silinder pada motor, perhitungan volume silinder:

$$V_s = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4000}$$

$$= \frac{3,1416 \times 59,5^2 \times 50}{4000}$$

$$= 139\text{cc}$$

c. Menghitung Waktu-Area

Perhitungan waktu yang bekerja pada luas area *port* ketika berada di 9500 RPM:

1) Lubang Buang

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{L}{V} \\
 &= \frac{5,87 \text{ cm}^2}{139 \text{ cm}^3} \\
 &= 0,042 \text{ cm}^2/\text{cm}^3
 \end{aligned}$$

Waktu port terbuka pada 9500 RPM

$$\begin{aligned}
 M &= F \times T \\
 &= 0,042 \times 0,0032 \\
 &= 0,00013 \text{ sec-cm}^2/\text{cm}^3
 \end{aligned}$$

2) Lubang Transfer

Menghitung waktu lubang transfer dengan menjumlahkan keseluruhan luas dari lubang transfer, yaitu lubang transfer primer dan sekunder yang berjumlah 4 (empat) buah pada dinding silinder.

Luas keseluruhan = L.T. primer + L.T. sekunder

$$L = 3,55 \text{ cm}^2 + 3,22 \text{ cm}^2 = 6,77 \text{ cm}^2$$

$$F = \frac{6,77 \text{ cm}^2}{139 \text{ cm}^3}$$

$$= 0,049 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$$

Waktu port terbuka pada 9500 RPM

$$M = 0,049 \times 0,002$$

$$= 0,000098 \text{ sec-cm}^2/\text{cm}^3$$

3) Lubang masuk atau inlet port pada *piston*

$$F = \frac{7,5 \text{ cm}^2}{139 \text{ cm}^3}$$

$$= 0,054 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$$

Waktu port terbuka pada lubang inlet *piston* di 9500 RPM

$$M = 0,054 \times 0,0028$$

$$= 0,00015 \text{ sec-cm}^2/\text{cm}^3$$

#### 6. Kombinasi Area-Waktu Yang Diperlukan

Setelah mengetahui waktu-area pada RPM yang di tergetkan, maka untuk tahap selanjutnya yaitu mencocokkan hasil hitungan dengan tabel acuan, sehingga dapat diperoleh rubahan yang diperlukan pada *port*/lubang agar dapat meraih *power* maksimum pada RPM yang di inginkan.

a. Kombinasi Area-Waktu Pada Lubang Buang

Pada tabel acuan tertera waktu terbaik untuk lubang buang adalah  $0,00014\text{sec-cm}^2/\text{cm}^3$  sampai  $0,00015\text{sec-cm}^2/\text{cm}^3$ , sedangkan pada 9500 RPM dengan kondisi lubang sebelum dimodifikasi diketahui waktu bekerja lubang buang pada  $0,00013\text{sec-cm}^2/\text{cm}^3$ . Dalam hal ini perlu dilakukan percobaan dengan angka, apakah akan menaikkan durasi atau akan melebarkan area, atau kombinasi dari keduanya agar dapat sesuai dengan tabel acuan. Jika penulis mencoba menaikkan lubang buang 1mm, maka:

1) Durasinya menjadi:

$$T = 25 + 99 + 0 - 26 = 98 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} D &= \left( 180 - \arccos \frac{98^2 + 25^2 - 99^2}{2 \times 25 \times 98} \right) \times 2 \\ &= (180 - 85) \times 2 \\ &= 190^\circ \end{aligned}$$

2) Luas areanya menjadi:

$$25 \times 70\% = 17,5\text{mm}$$

$$\begin{aligned} L &= 17,5 \times 37 \\ &= 647,5\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luas total = luas bidang – luas sudut

$$\begin{aligned} L &= 647,5 - 34,8 \\ &= 612,7\text{mm}^2 (6,13\text{cm}^2) \end{aligned}$$

3) Waktu-area

$$T = \frac{190^\circ}{\text{_____}}$$

$$\begin{aligned} &57000 \\ &= 0,0033\text{sec} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{6,13\text{cm}^2}{139\text{cm}^3} \\ &= 0,044\text{cm}^2/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= 0,0033 \times 0,044 \\ &= 0,00014\text{sec-cm}^2/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

Pada bab sebelumnya dijelaskan bahwa lebar lubang buang tidak boleh lebih dari 70% *bore* atau diameter *piston*, karena penulis tidak merubah lebar dari lubang buang dan hanya meninggikan saja maka dapat dipastikan kondisi lubang buang yang dimodifikasi masih aman untuk *piston*. Jadi menaikkan tinggi lubang buang sebesar 1mm adalah keputusan yang tepat, karena dari perhitungan diperoleh angka yang sesuai dengan tabel acuan bahkan nilai nya sangat aman



karena berada di tengah rentangan spesifikasi acuan yaitu 0,000145 sec-cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>, tetapi karena meninggikan lubang buang berarti mengurangi rasio kompresi efektif. Untuk berjaga-jaga dapat melakukan perhitungan rasio kompresi efektif, karena penulis tidak memiliki buret ukur maka dapat dicari dengan:

$$CCV = \frac{CV}{CR - 1}$$

(untuk mencari CR atau rasio kompresi, dapat di lihat pada brosur kendaraan tersebut), pada kendaraan yang penulis akan modifikasi tertera pada brosur perbandingan kompresinya adalah 6,9 : 1 maka:

$$\begin{aligned} CCV &= \frac{132}{6,9 - 1} \\ &= 23,5cc \end{aligned}$$

Berarti volume ruang bakar atau kubah pada kepala silinder adalah 23,5cc. selanjutnya mencari rasio kompresi efektif ruang bakar yang terjadi setelah lubang buang tertutup:

$$\begin{aligned} CR &= \frac{72,2 + 23,5}{23,5} \\ &= 4,07 \end{aligned}$$

Jadi dapat dikatakan bahwa rasio kompresi efektifnya 4,07:1 masih dapat dikatakan baik untuk motor dua langkah dengan penggunaan sehari-hari, tidak memerlukan kompresi yang terlalu tinggi. Untuk melakukan modifikasi pada lubang buang, perlu diperhatikan adalah membuat mal atau batas dengan menggunakan selotip kertas yang terlebih dahulu diukur panjangnya, jarak antara lubang buang dan bibir silinder sebelumnya adalah 27mm, di tinggikan 1mm berarti jarak lubang dari bibir silinder menjadi 26mm. Siapkan selotip kertas pada kertas sampul majalah yang licin agar ketika dicopot tidak ikut mengelupas, buat ukuran beserta sudutnya, untuk membuat sudut dapat menggunakan garisan mal yang di sesuaikan terlebih dahulu sudutnya dengan sudut lubang buang sebelumnya. Pasang kertas mal pada blok silinder lalu tinggikan lubang buang pada bagian yang tidak terkena selotip mal dengan menggunakan tuner bengkok. Lakukan dengan hati-hati jangan sampai bergelombang atau melebihi batas dari selotip atau mal.

b. Kombinasi Area-Waktu Pada Lubang Transfer

Untuk lubang transfer waktu-area pada tabel acuan adalah pada 0,00008 sampai 0,00010  $\text{sec-cm}^2/\text{cm}^3$ . Dan perhitungan lubang transfer pada putaran 9500 RPM, *port* bekerja selama 0,000098  $\text{sec-cm}^2/\text{cm}^3$ . Sehingga dapat disimpulkan luas area maupun durasi pada lubang transfer sudah

baik, sehingga tidak perlu dilakukan modifikasi pada ukuran lubang transfer.

c. Kombinasi Area-Waktu Lubang Masuk Pada *Piston*

Durasi waktu terbaik untuk inlet port seperti yang tertera pada tabel acuan adalah 0,00014 sampai 0,00016  $\text{sec-cm}^2/\text{cm}^3$ . Perhitungan yang dilakukan pada lubang masuk hasilnya 0,00015  $\text{sec-cm}^2/\text{cm}^3$ , berarti lubang masuk atau *inlet port* sudah baik dan masih mampu untuk menghasilkan *power* maksimal pada 9500 RPM, sehingga tidak perlu dilakukan modifikasi pada *inlet port*.

7. *Mapping* Arah Aliran

Proses penggambaran atau *mapping* pada arah aliran dilakukan pada saat semua lubang pada dinding silinder terbuka:

- a. Membuat lingkaran pada kertas dengan diameter sebesar diameter silinder.
- b. Potong kertas lingkaran lalu beri lem, letakan potongan di atas *piston*.



Gambar 27. Proses *Mapping* Arah Aliran Saluran Transfer

- c. Masukkan piston pada silinder, lalu gunakan plat besi siku untuk menentukan arah aliran pada lubang transfer.



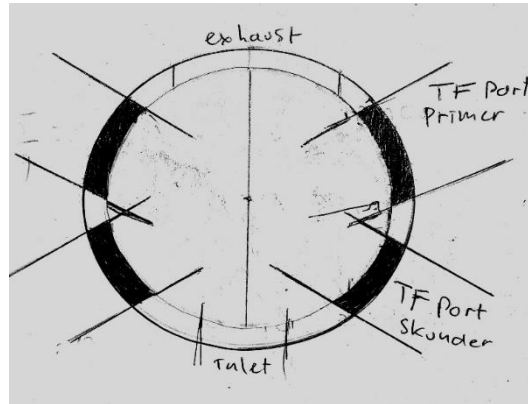
Gambar 28. Menentukan Arah Aliran Dengan Plat Siku

- d. Beri tanda dengan menggunakan pensil pada semua posisi lubang transfer.



Gambar 29. Memberi Tanda Untuk Menentukan Arah Aliran

- e. Letakan lingkaran kertas pada kertas HVS, kemudian menggambar arahnya dengan mengikuti pola yang sudah di cari.



Gambar 30. Hasil *Mapping* Arah Aliran *Transfer Port*

Dari hasil gambar di atas diketahui ternyata arah aliran tidak simetris, dapat dikarenakan penggantian liner sebelumnya yang kurang presisi ketika memasukan liner baru kedalam blok mesin.

8. Pengerjaan Lubang Buang
- a. Menyiapkan selotip kertas pada kertas sampul majalah yang licin dengan tinggi 25mm dan lebar 37mm, jari-jari sudut 7mm.



Gambar 31. Proses Pembuatan Batas Pengerjaan Lubang Buang

- b. Pasang selotip kertas pada blok silinder, lalu meninggikan lubang buang pada bagian yang tidak terkena selotip dengan menggunakan bor tuner gagang bengkok.



Gambar 32. Proses Pengerjaan Lubang Buang

- c. Hasil dari meninggikan lubang buang



Gambar 33. Hasil Pengerjaan Lubang Buang.

9. Menghaluskan Dan Memperbaiki Arah Saluran Transfer

- a. Memperbaiki arah aliran saluran transfer menggunakan bor tuner gagang bengkok. Pada saluran transfer bagian dalam yang tidak sejajar dengan lubang transfer pada silinder, dimiringkan sampai sejajar dengan arah saluran.



Gambar 34. Proses Pengerjaan Memperbaiki Arah Aliran

- b. Merapikan dan membentuk arah aliran pada saluran transfer yang berhubungan langsung dengan ruang engkol dengan menggunakan bor tuner gagang lurus.



Gambar 35. Proses Membentuk Arah dan Merapikan Saluran

- c. Hasil dari memperbaiki dan membentuk arah aliran pada saluran transfer yang berhubungan langsung dengan ruang engkol



Gambar 36. Hasil Merapikan Dan Membentuk Arah Aliran

#### 10. Pengerjaan Pada Saluran Masuk Dan Saluran Bantu

- a. Merapiakan saluran masuk dan memperlebar saluran bantu sebesar 0,5mm dengan menggunakan bor tuner gagang lurus.



Gambar 37. Proses Merapikan Saluran Masuk Dan Memperlebar Saluran Bantu.



- b. Hasil dari merapikan saluran masuk dan memperlebar saluran bantu



Gambar 38. Hasil Merapikan Saluran Masuk Dan Memperlebar Saluran Bantu.

#### 11. *Finishing*

Proses ini adalah proses terakhir dari pengerjaan lubang dan saluran selanjutnya adalah proses merapikan dan menghaluskan bekas bor tuner dengan menggunakan kertas amplas.

- a. Pada saluran buang banyak terdapat kerak karbon menggunakan amplas kasar nomor 150, lalu setelah kerak hilang haluskan dengan amplas 350. Bibir lubang buang pada silinder haluskan dengan amplas 800.



Gambar 39. Proses *Finishing*

- b. Pada saluran transfer yang berhubungan langsung dengan ruang engkol haluskan saluran dengan amplas nomor 350 sampai bekas mata bor tuner hilang dan halus. Pada saluran yang berhubungan dengan lubang transfer haluskan dengan amplas nomor 350.
- c. Pada saluran masuk dan juga saluran bantu, gunakan amplas nomor 350 sampai halus sehingga bekas mata tuner dan juga kondisi saluran standar yang kasar menjadi halus.
- d. Setelah proses pengamplasan selesai, rendam blok pada nampan yang berisi bensin, bersihkan dengan kuas agar sisa gram hanyut oleh bensin. Bersihkan pada celah-celah samapi bersih, lalu semprot dengan kompresor agar sisa gram benar-benar hilang dan bersih.

## B. Hasil Modifikasi

Untuk memperjelas hasil dari modifikasi, berikut perbedaan sebelum dan sesudah dimodifikasi:

### 1. Saluran Masuk Dan Saluran Bantu



Gambar 40. Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Dimodifikasi Pada Saluran Masuk Dan Saluran Bantu.

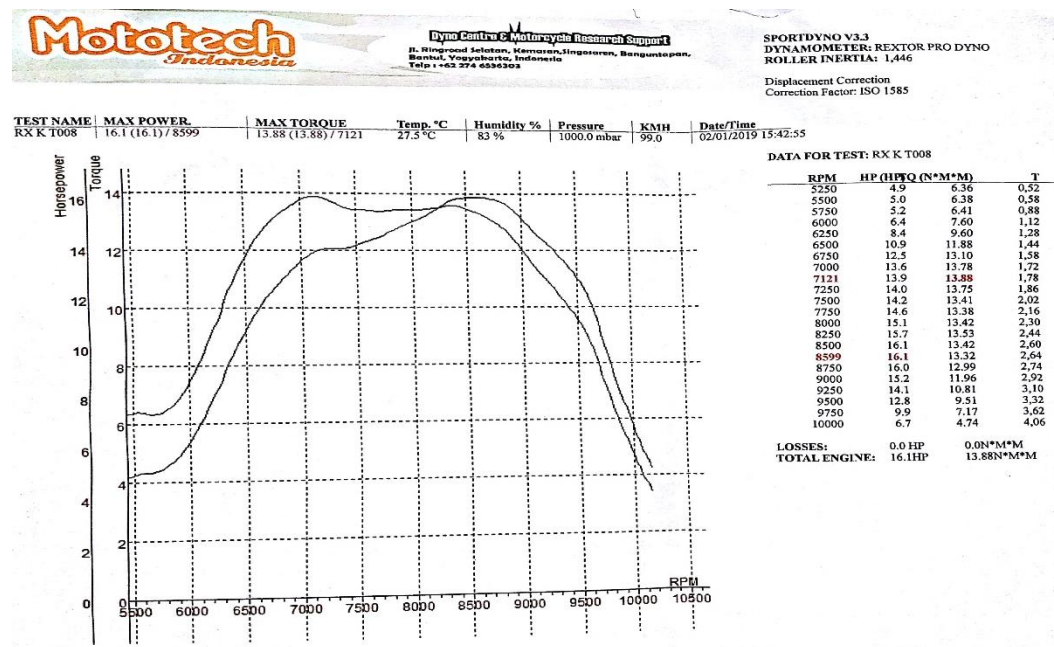
### 2. Saluran Transfer Yang Terhubung Dengan Ruang Engkol



Gambar 41. Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Dimodifikasi Pada Saluran Transfer.

### 3. Dynotest

Untuk mengetahui hasil rentang *power* setelah di modifikasi, maka dilakukan pengujian dengan menggunakan alat *Dynotest*. Pengujian dilakukan di bengkel Mototech Indonesia yang beralamat di Jl. Ringroad selatan, Kec.Banguntapan, Kab.Bantul Yogyakarta. Pengujian dilakukan dengan rentang 5500 RPM sampai 9500 RPM, di peroleh hasil sebagai berikut:



Gambar 42. Hasil *Dynotest* Setelah Dimodifikasi

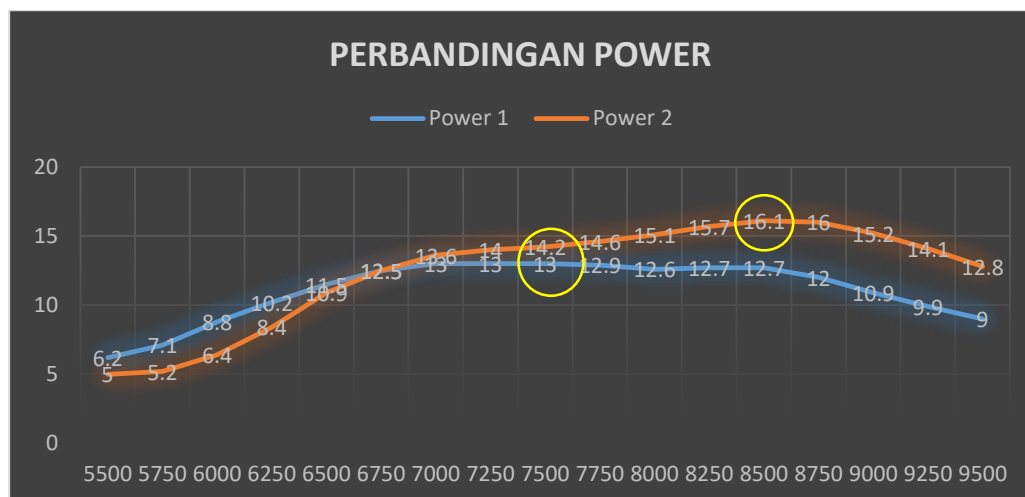
Dari data *Dynotest* di atas, diketahui bahwa sesudah dilakukan modifikasi *power* maksimal menjadi 16,1 HP (*Horse Power*) berada pada 8599 RPM dan torsi menjadi 13,88 Nm pada 7121 RPM.

### C. Pembahasan

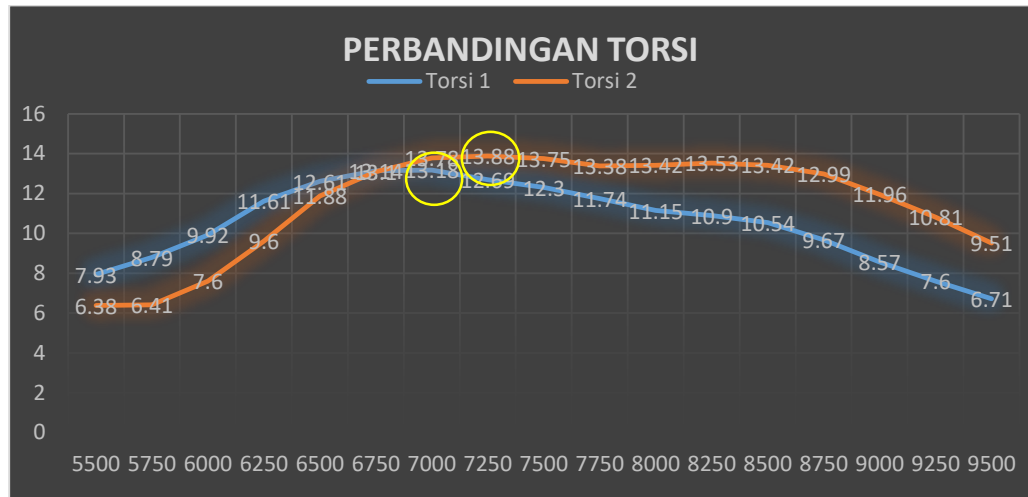
Setelah melakukan pengujian pada sebelum dan sesudah di modifikasi serta sudah melakukan proses perhitungan dan pengerjaan maka untuk dapat meninjau hasil dari modifikasi, dilakukan pembahasan sebagai berikut:

#### 1. Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Dimodifikasi

Terdapat peningkatan yaitu pada *power* maksimal terjadi peningkatan sebesar 3,1 HP dan peningkatan torsi maksimal sebesar 0,7 Nm. Untuk lebih jelasnya maka dibuat grafik perbandingan sebelum dan sesudah di modifikasi. *Power* 1 dan torsi 1 untuk hasil *power* dan torsi pada pengujian sebelum dimodifikasi dan *power* 2 serta torsi 2 untuk hasil *power* dan torsi pada pengujian sesudah dimodifikasi, grafiknya sebagai berikut:



Gambar 43. Grafik Perbandingan *Power*

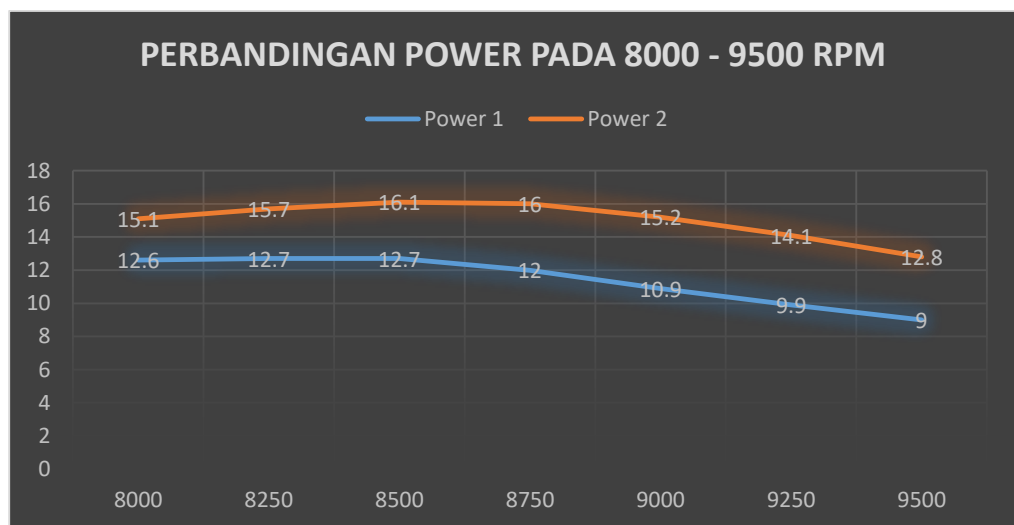


Gambar 44. Grafik Perbandingan Torsi

Pada grafik di atas diketahui pada 6750 RPM kedua grafik menunjukkan kesamaan yaitu sama-sama memiliki *power* sebesar 12,5 HP, sebelum dimodifikasi dari 6750 RPM sampai 7000 RPM terjadi peningkatan menjadi 13 HP, atau peningkatan hanya sebesar 0,5 HP. Sedangkan setelah di modifikasi dari 6750 RPM sampai 7000 RPM terjadi peningkatan menjadi 13,6 HP atau peningkatannya sebesar 1,1 HP. Dari 7000 RPM ke RPM selanjutnya setelah dimodifikasi terjadi peningkatan yang drastis dan puncaknya pada 8500 RPM yaitu *power* sebesar 16,1 HP. Peningkatan *power* puncak sebelum dan sesudah dimodifikasi dari 13 HP menjadi 16,1 HP terjadi peningkatan sebesar 3,1 HP atau 23,8%. Peningkatan puncak torsi tidak terlalu signifikan yaitu hanya 0,7 NM, tetapi rentang torsi meningkat drastis.

## 2. *Power* Pada Putaran Menengah Keatas

Tujuan utama dari dilakukannya modifikasi ini adalah untuk meraih *power* maksimum pada putaran menengah keatas, yaitu pada 8000 sampai 9500 RPM, maka agar lebih jelas di buat grafik perbandingan sebelum dan sesudah dimodifikasi pada *port* di putaran menengah keatas sebagai berikut:



Gambar 45. Grafik Perbandingan *Power* Pada Rentang Putaran Menengah Keatas.

Tabel 4. Peningkatan *Power* Pada Putaran Menengah Keatas

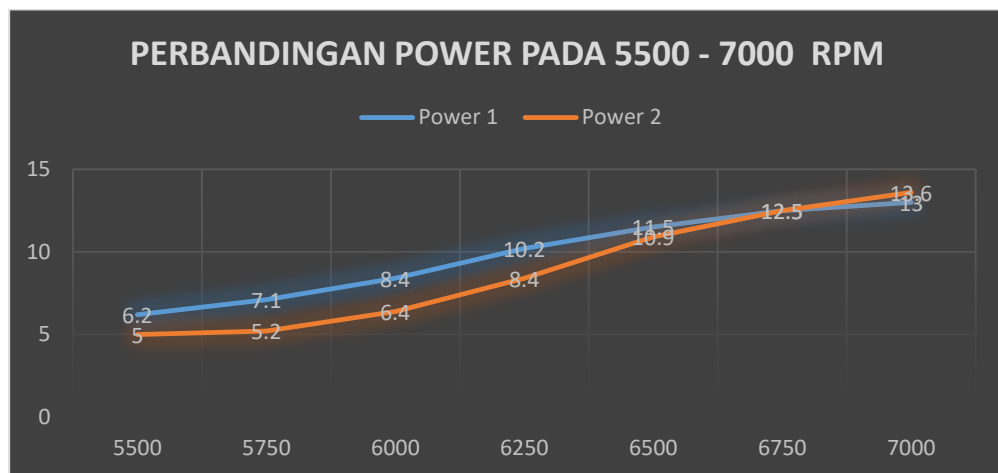
RPM	<i>POWER</i> 1 (HP)	<i>POWER</i> 2 (HP)	PENINGKATAN (HP)
8000	12.6	15.1	2,5
8250	12.7	15.7	3
8500	12.7	16.1	3,4
8750	12	16	4
9000	10.9	15.2	4,3
9250	9.9	14.1	4,2
9500	9	12.8	3,8
RATA-RATA PENINGKATAN (HP)			3,6

Dari grafik dan tabel di atas diketahui saat 8000 sampai 9500 RPM pada tiap 250 RPM rata-rata terjadi peningkatan sebesar 3,6 HP. Puncak *power* pada 9500 RPM terjadi peningkatan sebesar 3,8 HP atau sebesar 42,2%. Sehingga sepeda motor ketika dikendarai pada putaran atas sudah tidak lagi terasa kehilangan *power*, dan sepeda motor sudah cocok digunakan untuk kebutuhan turing atau perjalanan lintas kota yang tidak terlalu sering berhenti dan cocok untuk rata-rata perjalanan dengan kecepatan 80km/jam karena *power* band atau rentang *powernya* menjadi lebih lebar.



### 3. Efek Samping Dari Modifikasi

Dari data hasil *dynotest* pada sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi terdapat efek samping dari modifikasi tanpa merubah aspek penunjang lainnya yaitu pada putaran bawah atau pada 5500 sampai 7000 RPM terjadi penurunan *power* setelah di lakukan modifikasi, untuk lebih jelasnya perhatikan grafik berikut:



Gambar 46. Grafik Perbandingan *Power* Pada Rentang Putaran Bawah

Pada grafik di atas dapat diketahui efek samping dari modifikasi tanpa melakukan rubahan aspek penunjang *power* lainnya seperti rubahan pada *squish* (bentuk kubah). Untuk mempermudah menghitung *power drop*, atau penurunan *power* dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 5. Penurunan *Power* Pada Putaran Bawah

RPM	<i>POWER</i> 1 (HP)	<i>POWER</i> 2 (HP)	PENURUNAN
5500	6,2	5	1,2
5750	7,1	5,2	1,9
6000	8,4	6,4	2
6250	10,2	8,4	1,8
6500	11,5	10,9	0,6
6750	12,5	12,5	0
RATA-RATA PENURUNAN (HP)			1,25

Dari tabel di atas diketahui terjadi penurunan rata-rata sebesar 1,2 HP pada putaran bawah. Karena dilakukan perubahan pada tinggi lubang buang maka akan terjadi penurunan rasio kompresi efektif dan seharusnya dilakukan juga pemadatan pada kompresi untuk mengimbangi putaran bawah dengan cara merubah bentuk *squish* atau kubah agar rasio kompresi naik, sehingga *power* pada putaran bawah lebih cepat untuk di raih.

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### A. Simpulan

Setelah melakukan proses perhitungan dan pengerjaan modifikasi serta melakukan pengujian unjuk kerja setelah dimodifikasi pada *port* serta saluran yang ada pada blok silinder sepeda motor dua langkah, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sepeda motor dua langkah spesifikasi semula dari kendaraan dengan penggunaan sehari-hari yang memiliki rentang *power* pada putaran menengah atau pada 7000 sampai 8000 RPM dirubah menjadi kendaraan yang memiliki rentang *power* pada 8000 sampai 9500 RPM untuk penggunaan berpergian keluar kota atau turing dengan cara melakukan *mapping port* silinder, penghitungan durasi kerja pada *port*, waktu kerja dan luas area pada *port* lalu menentukan target *power* pada RPM yang diinginkan serta melakukan penghitungan kombinasi durasi-waktu-area yang diperlukan lalu mencocokkan dengan tabel acuan. Setelah proses perhitungan selesai maka selanjutnya dilakukan proses pengerjaan dengan menggunakan bor tuner sesuai dengan hasil perhitungan.

2. Untuk meningkatkan *power* guna menunjang modifikasi pada durasi *port* untuk meraih *power* pada putaran yang lebih tinggi, dilakukan penghalusan pada sudut lekukan yang tajam dan tidak rata serta membuat saluran selandai mungkin. Perbaikan arah aliran dilakukan dengan cara mapping pada lubang transfer lalu perbaiki arah aliran yang tidak sejajar saluran transfer dengan menggunakan bor tuner gagang bengkok. Pengerjaan dilakukan pada semua lubang dan saluran pada blok dan dinding silinder.

## **B. Saran**

Saran yang diberikan agar modifikasi port dan menghaluskan serta memperbaiki arah aliran dapat menjadi lebih baik lagi:

1. Dalam mencari durasi pada port tetap gunakan dua metode, yaitu metode penggambaran secara logika dan mencari durasi dengan menggunakan rumus. Karena penggambaran durasi dengan logika sangat berguna untuk memberikan gambaran cara kerja dan durasi kerja pada port. Sedangkan pencarian dengan menggunakan rumus dapat memberikan angka yang lebih teliti juga sangat berguna untuk mengoreksi hasil pencarian durasi dengan menggunakan penggambaran logika kerja motor dua langkah.
2. Untuk melakukan pencarian volume ruang bakar baiknya gunakan burret ukur agar memberikan ketepatan angka secara jelas dengan kondisi volume ruang bakar yang sebenarnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Blair, G.P. (1996). *Design and Simulation of Two-Stroke Engines*. Warrendale: SAE International.
- Jennings, G. (1975). *Two-stroke Tuner's Handbook*. United Kingdom: Penguin Group USA.
- Bell, A.G. (1999). *Two-Stroke Performance Tuning*. Newbury Park: Haynes Manuals INC.
- Petrovsky, N. (1966). *Marine Internal Combustion Engine*. Moscow: Central Book Ltd.
- Arismunandar, W. (2005). *Motor Bakar Torak*. Bandung: ITB Bandung.
- Anonim, (2018). *Calculating Port Timing*. Diakses pada 15 November, dari [www.mopedarmy.com](http://www.mopedarmy.com)



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Alamat : Kampus Karangmalang, Yogyakarta, 55281  
Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 (0274) 586734 Fax. (0274) 586734  
website : <http://ft.uny.ac.id> e-mail: [ft@uny.ac.id](mailto:ft@uny.ac.id) ; [teknik@uny.ac.id](mailto:teknik@uny.ac.id)

**FORMULIR BIMBINGAN PENYUSUNAN PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : Tegar Faizal Arif

Dosen Pembimbing : Moch. Solikin M.Kes.

NIM : 15509134029

Ptogram Studi : Teknik Otomotif D3

Judul TA : Modifikasi Saluran Masuk, Bilas Dan Buang Pada Sepeda Motor Dua

Langkah Untuk Meningkatkan Daya Pada Putran Tinggi

NO	HARI/ TANGGAL BIMBINGAN	MATERI BIMBINGAN	HASIL/SARAN PEMBIMBING	PARAF DOSEN PEMBIMBING
1	Rabu, 28 Nov 2018	AB Judul & BAB I	Perbaiki Judul	
2	Selasa, 4 Des 2018	BAB I	Perbaiki Rumusan masalah	
3	Jumat, 17 Des 2018	BAB I	Acc BAB I	
4	Senin, 17 Des 2018	BAB II	Acc BAB II	
5	Rabu 19 Des 2018	BAB III	Revisi BAB III	
6	Kamis 17 Jan 2019	BAB IV & V	Revisi BAB IV & V	
7	Selasa, 22 Jan 2019	BAB III, IV & V	Acc BAB III, IV & V	
8	Kamis 24 Jan 2019	Naskah lengkap	Siap Ujian	

Mengetahui,

Yogyakarta, .....

Ketua Prodi

Mahasiswa

Moch. Solikin M. Kes.

Tegar Faizal A.

NIP. 19680404 199303 1 003

NIM. 15509134029




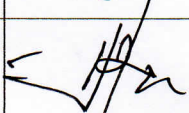

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Alamat : Kampus Karangmalang, Yogyakarta, 55281  
Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 (0274) 586734 Fax. (0274) 586734  
website : <http://ft.uny.ac.id> e-mail: [ft@uny.ac.id](mailto:ft@uny.ac.id) ; [teknik@uny.ac.id](mailto:teknik@uny.ac.id)

**BUKTI SELESAI REVISI PROYEK AKHIR D3**

Nama Mahasiswa : Tegar Faizal Arif  
NIM : 15509134020  
Judul PA : Modifikasi Saluran Masuk, Bilas Dan Buang Pada Sepeda Motor Dua  
Langkah Untuk Meningkatkan Daya Pada Putaran Tinggi.  
Dosen Pembimbing : Moch. Solikin, M.Kes

Dengan ini saya menyatakan Mahasiswa tersebut telah selesai revisi.

No.	Nama	Jabatan	Paraf	Tanggal
1	Moch. Solikin. M. Kes	Ketua Penguji / Pembimbing		
2	Drs. Kir Haryana. M. Pd	sekertaris Penguji		
3	Dr. Zainal Arifin. M. T	Penguji Utama		

Keterangan :

1. Arsip Jurusan
2. Kartu wajib dilampirkan dalam Proyek Akhir D3