



**PENGARUH VARIASI *REED VALVE*
TERHADAP TORSI DAN DAYA PADA KENDARAAN
DUA LANGKAH KAWASAKI NINJA 150 RR**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif**

Oleh

Kiki Bagus Sudiroh

NIM.5202414032

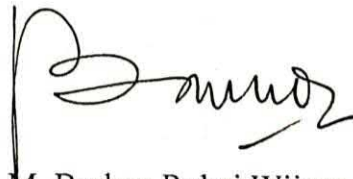
**PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Kiki Bagus Sudiroh
NIM : 5202414032
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Judul : PENGARUH VARIASI *REED VALVE* TERHADAP
TORSI DAN DAYA PADA KENDARAAN DUA
LANGKAH KAWASAKI NINJA 150 RR

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian
Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas
Negeri Semarang.

Semarang, 5 April 2019



Dr. M. Burhan Rubai Wijaya, M.Pd.
NIP. 196302131988031001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “PENGARUH VARIASI *REED VALVE* TERHADAP TORSI DAN DAYA PADA KENDARAAN DUA LANGKAH KAWASAKI NINJA 150 RR” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi/TA Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 25 April 2019.

Oleh

Nama : Kiki Bagus Sudiroh
NIM : 5202414032
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

Panitia Ujian:

Ketua



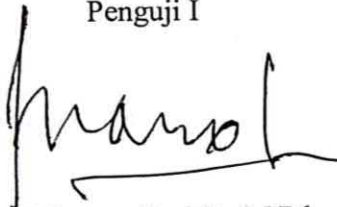
Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

Sekretaris



Dr. Dwi Widyanarko, S.Pd., S.T., M.T.
NIP. 196901061994031003

Penguji I



Drs. Winarno Dwi R., M.Pd.
NIP. 195210021981031001

Penguji II



A. Mustamil Khoiron, S.Pd., M.Pd.
NIP. 1988080820140511154

Penguji III/ Pembimbing I



Dr. M. Burhan Rubai W., M.Pd.
NIP. 196302131988031001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang



Nur Qudus, M.T., IPM.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 5 April 2019
Yang membuat pernyataan,



Kiki Bagus Sudiroh
NIM. 5202414032

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Tuhan menciptakan kaki untuk memulai dan meneruskan, walaupun tidak berlari tetapi ada langkah pasti dalam berjalan.
2. Menikmati proses terhadap semua hal yang telah dilalui dan bersyukur atas hasil yang didapatkan.
3. Sesukses apapun, akan selalu ingat rumah untuk pulang.

PERSEMBAHAN

1. Bapak Radin dan Ibu Sudiroh, yang senantiasa memberikan dukungan, nasihat, do'a, dan contoh dalam perjuangan.
2. Niken Fahili, saudara perempuan yang senantiasa memberikan do'a, semangat, dan tawa.
3. Keluarga Goblin yang telah memberikan motivasi, tenaga, dan ikatan persaudaraan.
4. Kekasih, sahabat, dan rekan-rekan yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penelitian.

RINGKASAN

Sudiroh, Kiki Bagus. 2019. Pengaruh Variasi *Reed Valve* terhadap Torsi dan Daya pada Kendaraan Dua Langkah Kawasaki Ninja 150 RR. Dr. M. Burhan Rubai Wijaya, M.Pd. Pendidikan Teknik Otomotif S1, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Optimalisasi pada proses sebelum pembakaran dapat meningkatkan performa mesin. *Reed valve* bekerja berdasarkan kevakuman ruang engkol, tidak memiliki mekanisme yang terhubung dengan putaran mesin. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan variasi *reed valve* terhadap torsi dan daya pada mesin dua langkah Kawasaki Ninja 150 RR.

Penelitian menggunakan desain *quasi experimental* dengan jenis *time series design*. Teknik analisis data menggunakan statistik deskriptif, dan pengujian hipotesis menggunakan *t-test sample related*. Variabel bebas penelitian ini yaitu variasi *reed valve* standar, tipe 1, tipe 2, dan tipe 3. Pengujian torsi dan daya diukur menggunakan alat *chassis dynamometer*, dilakukan sebanyak empat kali pada setiap variasi *reed valve*. Data penelitian diambil pada putaran mesin 4.000 sampai 10.000 rpm dengan interval 1.000 rpm.

Torsi dan daya tertinggi yaitu 22,42 N.m dan 28,48 HP pada putaran mesin 9000 rpm, menggunakan variasi *reed valve* tipe 3 dengan persentase kenaikan sebesar 14,9% dan 14,8%. Penurunan torsi dan daya pada putaran mesin 9000 rpm menggunakan variasi *reed valve* tipe 2 dengan persentase 7% dan 7,1% dibandingkan dengan variasi *reed valve* standar. Perubahan bentuk dan ukuran *reed valve* mempengaruhi nilai torsi dan daya mesin yang dihasilkan. Kenaikkan torsi dan daya dapat dicapai menggunakan variasi *reed valve* tipe 3, tetapi perbandingan umur masa pakai belum diketahui.

Kata kunci: *reed valve*, torsi, daya, mesin dua langkah.

ABSTRACT

Sudiroh, Kiki Bagus. 2019. *The Effect of Reed Valve Variation on Torque and Power in Two-Stroke Vehicles Kawasaki Ninja 150 RR.* Dr. M. Burhan Rubai Wijaya, M.Pd. *Automotive Engineering Education S1, Faculty of Engineering, Semarang State University*

Optimization of the process before combustion can improve engine performance. Reed valve works based on the vacuum of the crank chamber, it has not mechanism that connects with engine speed. This study was aimed to determine the use influence of reed valve variations against torque and power on two-strokes engine Kawasaki Ninja 150 RR.

This study used a quasi-experimental design with a type of time-series design. Data analysis techniques were used descriptive statistics, and hypothesis testing were used t-test sample related. The independent variable of this study is the variation of standard reed valve, type 1, type 2, and type 3. Torque and power research measured using a chassis dynamometer, it was done four repetition on each reed valve variation. The research data was taken at engine speed 4,000 to 10,000 revolution per minutes with intervals of 1,000 revolution per minutes.

The highest torque and power are 22.42 N.m and 28.48 HP at engine speed 9000 revolution per minutes, used reed valves variation from type 3 with a percentage increased of 14.9% and 14.8%. Decreased in torque and power at engine speed 9000 revolution per minutes, used reed valves variation from type 2 with a percentage of 7% and 7.1% compared with a variation of the standard reed valves. Changed in the design and size of the reed valves affect the value of torque and engine power generated. Increased torque and power can be achieved using reed valves variation on type 3, but the comparison of the age of use is unknown.

Keywords: reed valve, torque, power, two-stroke engine.

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi *Reed Valve* terhadap Torsi dan Daya pada Kendaraan Dua Langkah Kawasaki Ninja 150 RR”. Shalawat serta salam tak lupa kita panjatkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, yang kita nantikan syafa’atnya kelak di yaumul qiyamah. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, S1 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Penyelesain karya tulis ini tidak lepas dari bantuan dan kerjasama berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Dr. Nur Qudus, M.T., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik UNNES.
2. Rusiyanto, S.Pd., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin UNNES.
3. Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, S1 UNNES.
4. Dr. M. Burhan Rubai Wijaya, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing skripsi yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.
5. Drs. Winarno Dwi Rahardjo, M.Pd. dan A. Mustamil Khoiron, S. Pd., M.Pd. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan yang sangat berharga

berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.

6. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin FT UNNES yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
7. Kedua orang tua yang telah membantu secara materiil dan rohani.
8. Rekan-rekan Pendidikan Teknik Otomotif angkatan 2014 dengan seluruh kebersamaan dan semangatnya.
9. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pendidikan dan penelitian selanjutnya. Saran dan kritik yang membangun penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Sekian dan terimakasih semoga Allah selalu meridhoi dan memudahkan segala urusan kita. Aamiin.

Semarang, 5 April 2019

Penulis



Kiki Bagus Sudiroh

NIM. 5202414032

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
RINGKASAN	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Rumusan Masalah	6
1.5 Tujuan Penelitian	6
1.6 Manfaat Penelitian	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	8
2.1 Kajian Pustaka	8
2.2 Landasan Teori	21
2.2.1 Motor Bensin Dua Langkah	21
2.2.2 <i>Reed Valve</i>	24
2.2.3 Efisiensi Volumetrik	30
2.2.4 Prestasi Mesin	32
2.2.5 <i>Chassis Dynamometer</i>	37
2.3 Kerangka Pikir Penelitian	38

BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	40
3.1.1 Waktu Penelitian	40
3.1.2 Tempat Penelitian.....	40
3.2 Desain Penelitian	40
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	41
3.3.1 Alat Penelitian.....	41
3.3.2 Skema peralatan penelitian.....	42
3.3.3 Bahan Penelitian.....	42
3.4 Variabel Penelitian	46
3.4.1 Variabel Bebas	46
3.4.2 Variabel Terikat.....	46
3.4.3 Variabel Kontrol.....	47
3.5 Teknik Pengumpulan Data	48
3.5.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.....	48
3.5.2 Proses Penelitian	49
3.5.3 Data Penelitian	50
3.6 Teknik Analisis Data	52
BAB IV PEMBAHASAN	53
4.1 Deskripsi Data	53
4.1.1 Hasil Perhitungan Teoritis.....	53
4.1.2 Hasil Pengujian Empiris.....	55
4.1.2.1 Torsi	57
4.1.2.2 Daya	62
4.2 Pembahasan	67
BAB V SIMPULAN	75
5.1 Simpulan.....	75
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses kerja mesin dua langkah.....	23
Gambar 2.2 Sistem pemasukan <i>reed valve</i>	25
Gambar 2.3 Waktu kerja <i>reed valve</i> pada kecepatan rendah dan tinggi	27
Gambar 2.4 Konstruksi <i>reed valve</i>	28
Gambar 2.5 Dimensi <i>reed petal</i> dan <i>reed block</i>	30
Gambar 2.6 Keseimbangan energi pada motor bakar	32
Gambar 2.7 Momen putar	33
Gambar 2.8 Skema pengukuran torsi pada <i>dynamometer</i>	37
Gambar 3.1 Desain penelitian	40
Gambar 3.2 Skema instalasi pengujian performa.....	42
Gambar 3.3 Dimensi variasi <i>reed valve</i> standar.....	43
Gambar 3.4 Dimensi variasi <i>reed valve</i> tipe 1	44
Gambar 3.5 Dimensi variasi <i>reed valve</i> tipe 2	44
Gambar 3.6 Dimensi variasi <i>reed valve</i> tipe 3	44
Gambar 3.7 Diagram alir pelaksanaan penelitian	48
Gambar 4.1 Daya indikator mesin hasil perhitungan teoritis.....	54
Gambar 4.2 Perbandingan torsi menggunakan variasi <i>reed valve</i> standar dan tipe 1 hasil pengujian <i>dynamometer</i>	58
Gambar 4.3 Perbandingan torsi menggunakan variasi <i>reed valve</i> standar dan tipe 2 hasil pengujian <i>dynamometer</i>	59
Gambar 4.4 Perbandingan torsi menggunakan variasi <i>reed valve</i> standar dan tipe 3 hasil pengujian <i>dynamometer</i>	61
Gambar 4.5 Perbandingan daya menggunakan variasi <i>reed valve</i> standar dan tipe 1 hasil pengujian <i>dynamometer</i>	63
Gambar 4.6 Perbandingan daya menggunakan variasi <i>reed valve</i> standar dan tipe 2 hasil pengujian <i>dynamometer</i>	64
Gambar 4.7 Perbandingan daya menggunakan variasi <i>reed valve</i> standar dan tipe 3 hasil pengujian <i>dynamometer</i>	66
Gambar 4.8 Perbandingan torsi mesin menggunakan variasi <i>reed valve</i> standar, tipe 1, tipe 2, dan tipe 3	68
Gambar 4.9 Perbandingan daya mesin menggunakan variasi <i>reed valve</i> standar, tipe 1, tipe 2, dan tipe 3	72

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Instrumen penelitian	41
Tabel 3.2 Data fisik dan kimiawi	45
Tabel 3.3 Lembar pengambilan data torsi.....	50
Tabel 3.4 Lembar pengambilan data daya	51
Tabel 4.1 Data hasil perhitungan teoritis daya indikator	53
Tabel 4.2 Data nilai frekuensi getaran <i>reed petal</i>	55
Tabel 4.3 Data torsi variasi <i>reed valve</i> menggunakan <i>dynamometer</i>	55
Tabel 4.4 Data daya variasi <i>reed valve</i> menggunakan <i>dynamometer</i>	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Contoh perhitungan teoritis.....	82
Lampiran 2. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> standar pengujian 1.....	87
Lampiran 3. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> standar pengujian 2.....	88
Lampiran 4. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> standar pengujian 3.....	89
Lampiran 5. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> standar pengujian 4.....	90
Lampiran 6. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> tipe 1 pengujian 1.....	91
Lampiran 7. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> tipe 1 pengujian 2.....	92
Lampiran 8. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> tipe 1 pengujian 3.....	93
Lampiran 9. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> tipe 1 pengujian 4.....	94
Lampiran 10. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> tipe 2 pengujian 1.....	95
Lampiran 11. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> tipe 2 pengujian 2.....	96
Lampiran 12. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> tipe 2 pengujian 3.....	97
Lampiran 13. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> tipe 2 pengujian 4.....	98
Lampiran 14. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> tipe 3 pengujian 1.....	99
Lampiran 15. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> tipe 3 pengujian 2.....	100
Lampiran 16. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> tipe 3 pengujian 3.....	101
Lampiran 17. Hasil penelitian variasi <i>reed valve</i> tipe 3 pengujian 4.....	102
Lampiran 18. Surat tugas dosen pembimbing skripsi.....	103
Lampiran 19. Surat tugas dosen penguji proposal skripsi.....	104
Lampiran 20. Presensi seminar proposal skripsi.....	105
Lampiran 21. Berita acara seminar proposal skripsi.....	106
Lampiran 22. Lembar pernyataan selesai revisi proposal.....	107
Lampiran 23. Surat izin penelitian di laboratorium Mototech Yogyakarta.....	108
Lampiran 24. Surat keterangan selesai penelitian.....	109
Lampiran 25. Dokumentasi variasi <i>reed valve</i>	110
Lampiran 26. Dokumentasi pengambilan data.....	111
Lampiran 27. Perhitungan daya indikator menggunakan <i>ms. excel</i>	112
Lampiran 28. Perhitungan frekuensi <i>reed valve</i> menggunakan <i>ms. excel</i>	113

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sepeda motor merupakan salah satu alat transportasi yang paling banyak digunakan untuk aktivitas masyarakat di Indonesia. Fatkhuniam, dkk (2018: 131) menyatakan, sepeda motor sebagai alat transportasi menggunakan motor bakar sebagai pembangkit tenaga untuk menggerakkan roda, motor bakar merupakan salah satu jenis mesin pembakaran dalam. Sebagian pengguna transportasi sepeda motor Kawasaki Ninja 150 RR beranggapan bahwa, sepeda motor yang diproduksi oleh perusahaan kendaraan bermotor, kurang maksimal dalam hal performa mesin pada saat putaran mesin di bawah 7000 rpm. Hal ini mendorong konsumen untuk melakukan modifikasi sistem yang bekerja pada sepeda motor untuk meningkatkan performa mesin.

Motor bakar berdasarkan siklus kerjanya, dibagi menjadi dua jenis yaitu motor dua langkah dan motor empat langkah. Suhadi, dkk (1983: 21) menyatakan bahwa, mesin dua langkah mempunyai daya kurang lebih 1,6 kali lebih besar daripada motor empat langkah. Kelebihan dari mesin dua langkah ini harus dikompensasi dengan borosnya konsumsi bahan bakar pada daya yang sama. Selanjutnya Hafid (2017) menyatakan, rekor tercepat *drag bike* 201 meter di Indonesia tahun 2017 dengan catatan waktu 6.761 detik menggunakan sepeda motor dua langkah Ninja 155 cc *Tune-Up*. Sepeda motor yang digunakan untuk kompetisi balap *drag bike* 201 meter memiliki spesifikasi yang berbeda dengan

sepeda motor yang digunakan untuk transportasi sehari-hari, sehingga dapat menghasilkan performa yang lebih besar.

Menurut Huda dan Adiwibowo (2014: 159) menyatakan, untuk meningkatkan performa mesin dapat dilakukan dengan tiga tahap yaitu: sebelum proses pembakaran, selama proses pembakaran, dan sesudah proses pembakaran. Performa mesin dapat ditingkatkan pada proses sebelum pembakaran dengan melakukan upaya yang meliputi saringan udara, bahan bakar, karburator, *intake manifold*, dan lain-lain. Performa mesin yang dapat ditingkatkan selama proses pembakaran meliputi perbandingan kompresi, desain ruang bakar, desain torak, timing pengapian, celah katup, dan lain-lain. Setelah proses pembakaran meliputi *exhaust manifold*, *thermal reactor*, *catalytic converter*, dan *muffler*. Winarto (2014: 200-201), penggunaan *intake manifold* yang sudah dimodifikasi dapat meningkatkan torsi dan daya efektif yang dihasilkan dibandingkan dengan menggunakan *intake manifold* standar.

Performa mesin bergantung pada kuantitas udara yang diterima per siklus, untuk menentukan jumlah bahan bakar digunakan dalam proses pembakaran. Fungsi utama dari sistem pemasukan adalah untuk meningkatkan kapasitas pernafasan mesin dengan menjaga kerugian tekanan seminimal mungkin. Menurut Amri, dkk (2014: 2), kesempurnaan proses pembakaran sangat berpengaruh terhadap tenaga mesin yang dihasilkan dan konsumsi bahan bakar. Selanjutnya Supratman, dkk (2013: 60) mengatakan, perbandingan antara campuran bahan bakar dan udara yang dihisap masuk ke dalam silinder dengan kapasitas silinder

atau ukuran kemampuan mesin dalam melakukan penghisapan didefinisikan sebagai efisiensi volumetrik.

Amri, dkk (2014: 2), jika sebuah mesin dapat menghisap udara sebanyak volume langkah torak pada setiap langkah hisap, maka hal itu merupakan sesuatu yang ideal, namun hal tersebut tidak terjadi pada keadaan yang sebenarnya. Sampurno, dkk (2010: 48), semakin besar nilai efisiensi volumetrik maka semakin banyak udara yang masuk ke dalam ruang bakar. Semakin kecil efisiensi volumetrik rata-rata, maka semakin sedikit udara yang masuk ke ruang bakar. Supratman, dkk (2013: 60) menyatakan, nilai efisiensi volumetrik berbanding lurus dengan prestasi mesin, sehingga prestasi mesin akan meningkat jika efisiensi volumetrik dibuat sebesar mungkin. Jadi, Semakin besar efisiensi volumetrik akan semakin besar tenaga yang dihasilkan. Dengan demikian, optimalisasi sistem asupan sangat penting untuk mendapatkan kinerja mesin yang maksimal.

Sepeda motor dua langkah merupakan sepeda motor dengan konstruksi mesin yang sederhana dan mudah dalam perawatan. Sistem pemasukan campuran bahan bakar dan udara pada mesin dua langkah dalam pengembangannya ada berbagai macam yaitu: (a) sistem *reed valve* (b) sistem *rotary valve* (c) sistem piston *valve* (d) sistem *crankshaft valve* (Boentarto, 1993: 4). *Reed valve* pada motor dua langkah berperan penting dalam sistem campuran bahan bakar berfungsi untuk mengatur jumlah campuran bahan bakar dan udara serta untuk mencegah gas yang masuk ke ruang engkol agar tidak kembali ke *intake manifold*. *Reed valve* dipasang pada saluran masuk bahan bakar, setelah karburator. *Reed valve* berbeda dengan katup pada mesin empat langkah, katup ini tidak memiliki mekanis yang

mengandalkan putaran mesin seperti katup empat langkah. Blair (1996: 20), mesin yang dilengkapi dengan *reed valve* situasinya jauh lebih kompleks, untuk karakteristik pembukaan dan penutupan katup yang dikendalikan oleh faktor-faktor seperti bahan *reed petal*, rasio kompresi *crankcase*, kecepatan mesin, dan pembukaan *throttle*. Proses pembukaan dan penutupan *reed valve* membutuhkan waktu yang tidak sama untuk proses penghisapan, saat putaran mesin tinggi maupun pada saat putaran mesin rendah. Proses pembukaan dan penutupan katup pada putaran mesin tinggi memungkinkan katup mengalami telat balik, karena *reed valve* bekerja berdasarkan kevakuman pada ruang engkol.

Penelitian yang akan dilakukan adalah dengan melakukan variasi bentuk dan ukuran pada komponen *reed valve*, dengan mengubah bentuk dan ukuran *reed petal*. Perubahan dimensi *reed valve* diharapkan dapat mengurangi terjadinya katup telat balik atau membuka-menutup lebih cepat dan diharapkan dapat memperbaiki proses pembilasan-pengisian silinder sehingga suplai bahan bakar dapat tersalurkan dengan baik. Selanjutnya, setelah dilakukan perlakuan tersebut akan diukur besarnya pengaruh yang ditimbulkan dari variasi *reed valve* terhadap torsi dan daya yang dihasilkan pada kendaraan dua langkah Kawasaki Ninja 150 RR. Berdasarkan uraian di atas maka perlu mencoba untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi *Reed Valve* terhadap Torsi dan Daya pada Kendaraan Dua Langkah Kawasaki Ninja 150 RR”.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan, diantaranya:

1. Performa mesin pada kendaraan Kawasaki Ninja 150 RR kurang maksimal pada saat putaran mesin di bawah 7000 rpm.
2. Performa mesin dapat ditingkatkan pada proses sebelum pembakaran.
3. Performa mesin bergantung pada kuantitas udara yang diterima per siklus, untuk menentukan jumlah bahan bakar untuk digunakan dalam proses pembakaran.
4. Optimalisasi sistem pemasukan penting untuk mendapatkan kinerja mesin yang maksimal.
5. Tenaga yang dihasilkan motor dua langkah 1,6 kali lebih besar pada ukuran yang sama karena setiap kali putaran poros engkol dihasilkan satu kali usaha.
6. *Reed valve* tidak memiliki mekanis yang mengandalkan putaran mesin seperti katup empat langkah.
7. Proses kerja *reed valve* memungkinkan mengalami telat balik.
8. Perubahan dimensi dan ukuran *reed valve* dapat mengurangi terjadinya katup telat balik.

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan uraian tersebut, dijelaskan bahwa penggunaan variasi *reed valve* akan terdapat perbedaan terhadap performa kendaraan dua langkah Kawasaki Ninja 150 RR. Agar penelitian ini tidak menyimpang dari permasalahan yang diteliti, maka permasalahan akan dibatasi:

1. Sepeda motor yang digunakan adalah sepeda motor dua langkah Kawasaki Ninja 150 RR.
2. Performa yang dibahas adalah torsi dan daya mesin dengan variasi *reed valve*.
3. Variasi bentuk dan ukuran *reed valve* yang digunakan adalah variasi *reed valve* standar, variasi *reed valve* tipe 1, variasi *reed valve* tipe 2, dan variasi *reed valve* tipe 3.
4. Putaran mesin yang digunakan dalam pengujian performa adalah 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, 7000 rpm, 8000 rpm, 9000 rpm, dan 10000 rpm.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penulis merumuskan beberapa masalah yaitu:

1. Adakah pengaruh nilai torsi mesin pada kendaraan Kawasaki Ninja 150 RR antara penggunaan variasi *reed valve* standar dan variasi *reed valve* modifikasi tipe 1, tipe 2, dan tipe 3?
2. Adakah pengaruh nilai daya mesin pada kendaraan Kawasaki Ninja 150 RR antara penggunaan variasi *reed valve* standar dan variasi *reed valve* modifikasi tipe 1, tipe 2, dan tipe 3

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh nilai torsi mesin pada kendaraan dua langkah Kawasaki Ninja 150 RR antara penggunaan variasi *reed valve* standar dan variasi *reed valve* modifikasi tipe 1, tipe 2, dan tipe 3.

2. Mengetahui pengaruh nilai daya mesin pada kendaraan dua langkah Kawasaki Ninja 150 RR antara penggunaan variasi *reed valve* standar dan variasi *reed valve* modifikasi tipe 1, tipe 2, dan tipe 3.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian mengenai pengaruh variasi *reed valve* terhadap performa mesin kendaraan dua langkah Kawasaki Ninja 150 RR adalah:

1. Manfaat teoritis, penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi peneliti lain untuk melakukan penelitian selanjutnya.
2. Manfaat praktis, penelitian ini memberikan manfaat antara lain:
 - a. Penggunaan variasi *reed valve* akan berpengaruh pada torsi sepeda motor dua langkah Kawasaki Ninja 150 RR.
 - b. Penggunaan variasi *reed valve* akan berpengaruh pada daya sepeda motor dua langkah Kawasaki Ninja 150 RR.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian yang relevan merupakan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti lain yang digunakan sebagai referensi atau pandangan peneliti dalam melakukan penelitian sebagai data pendukung pelaksanaan penelitian. Penelitian ini mengangkat topik tentang variasi pada salah satu komponen sistem pemasukan bahan bakar sepeda motor terhadap torsi dan daya yang dihasilkan. Adapun beberapa penelitian yang relevan tersebut sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Pratama dan Budiprasojo (2016: 37) menyimpulkan bahwa, prestasi mesin yang dihasilkan pada penggunaan *reed valve* modifikasi 1, *reed valve* modifikasi 2, dan *reed valve* modifikasi 3 mengalami penurunan konsumsi bahan bakar dibanding *reed valve* standar. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Putaran mesin yang digunakan dalam penelitian yaitu 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, dan 7000 rpm. Laju aliran bahan bakar paling rendah dihasilkan oleh *reed valve* modifikasi 1 yaitu sebesar 0,00012 Kg/detik pada putaran mesin 4000 rpm. Laju aliran bahan bakar menggunakan membran standar, membran modifikasi 1, membran modifikasi 2, dan membran modifikasi 3 pada putaran mesin 2000 rpm adalah sama yakni sebesar 0,00009 Kg/detik. Laju aliran bahan bakar pada 3000 rpm dengan menggunakan membran standar sebesar 0,00013 Kg/detik, sedangkan membran modifikasi 1, modifikasi 2, dan modifikasi 3 sebesar 0,00011 Kg/detik. Laju aliran bahan

bakar pada 4000 rpm dengan menggunakan membran standar sebesar 0,00016 Kg/detik, sedangkan membran modifikasi 1 sebesar 0,00012 Kg/detik, membran modifikasi 2, dan membran modifikasi 3 sebesar 0,00013 Kg/detik. Laju aliran bahan bakar pada 5000 rpm dengan menggunakan membran standar sebesar 0,00019 Kg/detik, membran modifikasi 1 sebesar 0,00015 Kg/detik, membran modifikasi 2, dan membran modifikasi 3 sebesar 0,00016 Kg/detik. Laju aliran bahan bakar pada 6000 rpm dengan menggunakan membran standar sebesar 0,00021 Kg/detik, membran modifikasi 2 sebesar 0,00018 Kg/detik, membran modifikasi 1 dan membran modifikasi 3 besarnya sama yaitu 0,00017 Kg/detik. Laju aliran bahan bakar pada 7000 rpm dengan menggunakan membran standar dan membran modifikasi 3 sebesar 0,00025 Kg/detik, membran modifikasi 1 sebesar 0,00019 Kg/detik, dan membran modifikasi 2 sebesar 0,00021 Kg/detik. Berdasarkan hasil penelitian, terjadi kenaikan laju aliran bahan bakar seiring dengan bertambahnya rpm.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Muhamad (2016: 33-34) menyimpulkan bahwa, variasi celah *reed valve* dan variasi ukuran *pilot jet/main jet* terhadap konsumsi bahan bakar yang paling hemat adalah pada variasi celah *reed valve* 9 mm pada variasi ukuran *pilot jet/main jet* 15,5/110 yaitu sebesar 0,066 ml/dtk. Konsumsi bahan bakar yang paling boros adalah pada variasi celah *reed valve* 11 mm pada variasi ukuran *pilot jet/main jet* 19,5/150 yaitu sebesar 0,097 ml/dtk. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan jenis penelitian deskriptif korelasional. Subjek dalam penelitian ini adalah sepeda motor Kawasaki Ninja 150 tahun 2013 yang divariasikan dengan berbagai macam *reed*

valve, *pilot-jet*, dan *main-jet*. Ukuran *pilot-jet* dan *main-jet* yang digunakan yaitu 17,5/130, 15,5/110, dan 19,5/150 dengan variasi celah *reed valve* 9 mm, 10 mm, dan 11 mm. Jumlah data diperoleh dengan melakukan lima kali replikasi pada setiap perlakuan. Variasi ukuran *pilot-jet* dan *main-jet* mempengaruhi suplai bahan bakar karena terdapat perbedaan lubang, semakin besar ukuran *pilot-jet* dan *main-jet* maka akan semakin banyak bahan bakar yang dialirkan. Variasi celah *reed valve* akan mempengaruhi jarak bukaan *reed petal*, semakin besar celah *reed valve* maka jarak bukaan *reed petal* lebih besar sehingga jumlah campuran bahan bakar yang masuk ke dalam silinder semakin banyak, semakin kecil celah maka jarak bukaan celah akan lebih kecil yang menyebabkan jumlah campuran bahan bakar yang masuk kedalam silinder lebih sedikit dari keadaan standar.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Mitianiec dan Bogusz (1996: 2-12) menyimpulkan, *reed petal* terbuat dari logam baja dan *glass fibre* memiliki ketebalan 0,08-0,2 mm dan 0,4-0,65 mm. Perhitungan bukaan *reed petal* dapat diselesaikan menggunakan model teoritis, dengan sistem persamaan diferensial dan metode untuk menemukan solusinya. Getaran bebas dari kelopak menentukan *forced vibrations*. Perhitungan frekuensi getaran bebas untuk *reed petal* yang berbeda dimensi dengan menerapkan metode *Ritz* menggunakan energi potensial maksimum getaran bebas (Π_{\max}) dan energi kinetik maksimum (T_{\max}). Dimensi *reed petal* yang sama dan *frequency vibrations free* balok berbeda, empat mode frekuensi getaran *reed petal* ω_{11} , ω_{12} , ω_{21} , dan ω_{22} sesuai dengan rasio a/b dan ketebalan 0,2 mm. Gerak *reed petal* dapat dinyatakan oleh

fungsi *beam* dan fungsi waktu. Tekanan negatif pada ruang engkol mesin dua langkah saat membuka lubang hisap, membuat bukaan *reed petal* serta campuran bahan dan udara mengalir dengan cepat melalui celah antara *reed petal* dan *reed block*. Beban *reed petal* tidak seragam disebabkan tekanan dinamis dari aliran campuran bahan bakar dan udara. Tekanan di belakang *reed valve* berbeda dari tekanan pada ruang engkol. Nilai tekanan awal di belakang *reed valve* mempengaruhi besarnya dan karakter dari pembukaan *reed petal*.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Fleck, dkk (1997: 47-58) menyimpulkan, penelitian ini memakai metode simulasi. Mesin yang digunakan Yamaha TZ250 dengan diameter dan langkah piston sebesar 50 mm dan 56,7 mm. Bahan *reed valve* menggunakan *glass fibre* dan tidak menggunakan *stop plate*. Mesin dipasang pada *Schenck W70 eddy current dynamometer*. Variabel bebas yang digunakan yaitu variasi A, B, C, dan D. Variasi A menggunakan bahan *glass fibre* dengan ketebalan sebesar 0,42 mm, density 1850 kg/m^3 , dan *young's modulus* 20,0 GPa. Variasi B, C, dan D menggunakan bahan *carbon fibre* dengan ketebalan sebesar 0,43 mm, 0,53 mm, dan 0,81 mm. Variasi B, C, dan D memiliki density 1480, 1480, dan 1580 kg/m^3 . Nilai *young's modulus* pada variasi B, C, dan D yaitu 15,06 GPa, 28,37 GPa, dan 18,9 GPa. Bukaan *reed valve* dengan bahan *glass fibre* 0,42 mm yang bekerja pada putaran mesin 9.580 rpm yaitu sebesar 6,3 mm. Bukaan *reed valve* dengan bahan *glass fibre* 0,42 mm yang bekerja pada putaran mesin 11.220 rpm yaitu sebesar 7,7 mm. Kinerja *reed valve* sangat terpengaruh oleh kekakuan buluh. Peningkatan ketebalan *reed petal* sebesar 25%, mengakibatkan penurunan kinerja sekitar

10%. Tidak ada *reed valve* yang diuji menghasilkan peningkatan kinerja mesin, dibandingkan dengan spesifikasi *reed valve* standar. Perubahan kecil pada saluran masuk, menghasilkan perubahan besar pada pembukaan *reed valve*.

5. Penelitian yang dilakukan oleh Jomde, dkk (2017: 7229-7232) menyimpulkan, pengangkatan katup memiliki peran yang penting dalam mengatur laju aliran massa *refrigerant*. Bahan *reed petal* yang digunakan untuk penelitian ini adalah baja struktural. Metode yang digunakan yaitu metode simulasi dan percobaan. Metode simulasi menggunakan analisis FEA pada aplikasi ANSYS. Metode percobaan menggunakan dial gauge dengan diberikan berat 100 gram pada ujung *reed petal*. Tekanan setara yang bekerja pada katup dianggap memiliki nilai 1 bar. Penelitian ini memakai 4 variasi ketebalan *reed petal*. Ketebalan yang digunakan pada *reed petal* hisap yaitu sebesar 0,3 mm, 0,4 mm, 0,5 mm, dan 0,6 mm. Penelitian pada ketebalan 0,3 mm menghasilkan defleksi 0,83479 mm. Penelitian pada ketebalan 0,4 mm menghasilkan defleksi 0,33856 mm. Penelitian pada ketebalan 0,5 mm menghasilkan defleksi 0,17332 mm. Penelitian pada ketebalan 0,6 mm menghasilkan defleksi 0,10252 mm. Penelitian pada ketebalan 0,3 mm menghasilkan nilai kekakuan sebesar 1504,57 N/m. Penelitian pada ketebalan 0,4 mm menghasilkan nilai kekakuan sebesar 3711,60 N/m. Penelitian pada ketebalan 0,5 mm menghasilkan nilai kekakuan sebesar 7250,17 N/m. Penelitian pada ketebalan 0,6 mm menghasilkan nilai kekakuan sebesar 11257,12 N/m. Ketika ketebalan meningkat, lebar bukaan katup menurun, disebabkan oleh peningkatan kekakuan *reed petal*. Variasi kekakuan sehubungan dengan ketebalan yang

menyimpulkan bahwa dengan meningkatnya ketebalan *reed petal*, kekakuan juga meningkat.

6. Penelitian yang dilakukan oleh Mu, dkk (2019: 523-529) menyimpulkan, simulasi perhitungan yang digunakan menggunakan metode *the fourth order runge-kutta* diimplementasikan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Spesifikasi *reed valve* standar memiliki ketebalan 0,61 mm, lebar *reed valve* 17,4 mm, dan lebar bukaan 3,7 mm. Kecepatan kompresor yang digunakan dalam penelitian yaitu 1450-1800 rpm. Variasi ketebalan dan kekakuan *reed petal* dalam penelitian ini adalah 0,50 mm dengan nilai kekakuan 2254 N.m⁻¹, 0,58 mm dengan nilai kekakuan 3158 N.m⁻¹, 0,61 mm dengan nilai kekakuan 4093 N.m⁻¹, 0,66 mm dengan nilai kekakuan 5185 N.m⁻¹, 0,72 mm dengan nilai kekakuan 6731 N.m⁻¹, dan 1.00 mm dengan nilai kekakuan 18,034 N.m⁻¹. Nilai kekakuan yang bertambah besar, durasi bukaan *reed petal* berkurang. Ketika kekakuan katup 6731 N.m⁻¹, *reed petal* mengalami perubahan dalam proses penutupan. Ketika kekakuan katup 18.034 N.m⁻¹ terjadi *flutter*, disebabkan nilai kekakuan *reed petal* yang berlebihan menyebabkan dorongan gas untuk mengatasi gaya elastis yang berulang kali, menyebabkan *flutter*. Ketika kekakuan lebih besar dari 6000 N.m⁻¹, fluktuasi *reed petal* meningkat tajam dan bahkan mengarah pada bergetar. Volume pembuangan dan efisiensi kerja kompresor juga berkurang. Oleh karena itu, ketebalan buluh katup pelepasan tidak dapat dirancang lebih besar dari 0,70 mm untuk kompresor ini.
7. Penelitian yang dilakukan oleh Winarto (2014: 198-202) menyimpulkan, variasi sudut kelengkungan kanan *intake manifold* dengan 3 modifikasi sudut

yaitu variasi 1 sebesar 150° , variasi 2 sebesar 130° , dan variasi 3 sebesar 110° . Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu suhu mesin 65°C , suhu ruangan 30.8°C , kelembapan udara 45.2%, dan putaran mesin yaitu stasioner (1.500 rpm), 3500 rpm sampai 8500 rpm dengan kelipatan putaran 500 rpm pada mesin empat langkah. Torsi optimal yang dihasilkan oleh motor Honda Legenda tahun 2003 dengan *intake manifold* standar sebesar 3,53 kgf.m pada putaran 6000 rpm. Torsi optimal yang dihasilkan menggunakan *intake manifold* variasi 1, sebesar 3,62 kgf.m pada putaran 5500. Torsi yang dihasilkan *intake manifold* variasi 2 sebesar 3,68 kgf.m pada putaran 5500 rpm, dan torsi optimal yang dihasilkan pada *intake manifold* variasi 3 sebesar 3,69 kgf.m dengan persentase peningkatan 4,53% pada putaran 6000 rpm. Daya optimal dengan menggunakan *intake manifold* standar dihasilkan pada putaran 7500 rpm sebesar 5,22 PS. Daya optimal yang dihasilkan ketika *intake manifold* diganti dengan variasi 1 mengalami peningkatan sebesar 5,34 PS pada 7500 dan 8000 rpm, sedangkan variasi 2 daya yang dihasilkan menjadi sebesar 5,44 PS pada 7500 rpm, dan daya efektif optimal dihasilkan dengan menggunakan *intake manifold* variasi 3 sudut kelengkungan kanan 110° sebesar 5,41 PS dengan persentase peningkatan 4,58% pada putaran 7000 rpm, 3,56% pada 7500 rpm, dan 4,58% pada 8000 rpm dibandingkan dengan menggunakan *intake manifold* standar.

8. Penelitian yang dilakukan oleh Askan (2016: 432 dan 435) menyimpulkan, variabel bebas dalam penelitian ini yaitu bentuk lubang *intake-exhaust* standar dan modifikasi bentuk lubang *intake-exhaust* dengan *porting*. Putaran mesin

yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 3500 rpm sampai 8500 rpm dengan kelipatan putaran 500 rpm. Hasil pengujian mesin sepeda motor setelah dilakukan *porting* lubang *intake* dan *exhaust* dengan bahan bakar pertalite menghasilkan daya yang lebih tinggi 4,7 KW pada putaran mesin 7500 rpm dibanding kondisi awal 4,6 KW yang dicapai pada putaran mesin 7000 rpm. Kinerja motor setelah *porting* lubang *intake* dan *exhaust* dengan menggunakan bahan bakar pertalite menghasilkan torsi maksimum 7,33 N.m pada putaran mesin 4000 rpm atau lebih besar dari torsi maksimum standar (sebelum *porting*) yaitu sebesar 6,75 N.m yang dicapai pada putaran mesin 4000 rpm.

9. Penelitian yang dilakukan oleh Fajarudin, dkk (2016: 38 dan 41) menyimpulkan, metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode uji coba langsung yang dilakukan dengan cara mencatat data-data hasil pengujian yang akan dilakukan. Putaran mesin ditentukan pada 1500 rpm sampai 10000 rpm dengan kelipatan putaran 1000 rpm. Variabel bebas yang digunakan yaitu variasi bentuk diameter dan panjang *intake manifold* dengan variasi yang digunakan variasi standar, variasi 1, dan variasi 2. Variasi 1 memiliki diameter 17 mm dan panjang 75 mm dan variasi 2 memiliki diameter 17 mm dan panjang 75 mm. Pengujian ini membandingkan atau mencari besar daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar yang dihasilkan dari setiap variabel pengujian yang dilakukan. Penelitian menggunakan *intake* variasi 1 dengan panjang 75 mm, diameter 17 mm dan penambahan ulir menghasilkan 5,7 HP pada 7000 rpm dan Torsi 6,8 N.m pada 3000 rpm, penelitian menggunakan *intake* variasi 2 dengan panjang 55 mm, diameter 20 mm, dan penambahan ulir

mampu mencapai 7,2 HP pada 9000 rpm dengan persentase kenaikan 9,09% dan Torsi 7,92 N.m pada 6000 rpm dengan persentase kenaikan 10,7% dibanding menggunakan *intake* standar dikarenakan pengaruh panjang dan diameter *intake manifold*.

10. Penelitian yang dilakukan oleh Fatkhuniam, dkk (2018: 132-135) menyimpulkan, bahan-bahan yang digunakan pada penelitian yaitu sepeda motor Honda Supra X 125 PGM-FI tahun 2010, *filter* udara standar, *filter* udara *racing* 1, dan *filter* udara *racing* 2. Alat yang digunakan untuk mengukur torsi dan daya yaitu *dynamometer* tipe *dynosport v3*. Peningkatan daya terjadi pada penggunaan *filter* udara *racing* 1 pada putaran 5500 sampai 7500 rpm dengan peningkatan daya sebesar 11% dari daya yang dihasilkan *filter* udara standar, daya tertinggi terdapat pada putaran 7500 rpm dan daya yang dihasilkan 10,1 Hp. Peningkatan torsi terjadi pada putaran 3500 sampai 5500 rpm menggunakan *filter* udara *racing* 2 sebesar 10% dan torsi yang dihasilkan lebih besar dari *filter* udara standar torsi tertinggi yang dihasilkan sama dengan *filter* udara *racing* 1 yaitu 11,04 N.m pada 5500 rpm dengan peningkatan 2,5% dan 4,1% dari *filter* udara standar pada putaran 3500 sampai 5500 rpm. Pengujian daya dan torsi yang dihasilkan dari tiap-tiap penggunaan *filter* udara dengan hasil terbesar pada penggunaan *filter* udara *racing* 1, hal ini terjadi karena *fan* (kipas) yang terdapat pada bagian depan *filter* udara *racing* 1 mulai berputar pada putaran 5500 rpm dan putaran 6500 rpm sampai 7500 rpm. *Fan* (kipas) berputar dengan cepat yang disebabkan dari kevakuman yang besar pada saat putaran rpm tinggi. Suplai udara yang masuk *throttle* bertambah untuk

menghasilkan campuran bahan bakar yang seimbang serta meningkatkan homogenitas campuran bahan bakar untuk proses pembakaran.

11. Penelitian yang dilakukan oleh Sampurno, dkk (2010: 46-48) menyimpulkan, pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Air box meter. Ukuran celah katup masuk yang digunakan dalam penelitian adalah 0,2 mm, 0,3 mm, 0,4 mm, 0,5 mm, dan 0,6 mm. Pengujian dilakukan pada putaran 1000, 1200, 1400, dan 1600 rpm. Celah katup masuk yang semakin rapat efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada putaran mesin yang semakin tinggi pada setiap variasi penyetelan celah katup masuk, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat juga. Efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan oleh celah katup masuk 0,2 mm dengan putaran mesin 1600 rpm sebesar 80,59%. Efisiensi volumetrik rata-rata pada putaran mesin 1600 rpm menggunakan celah 0,3 mm, 0,4 mm, 0,5 mm, dan 0,6 mm yaitu sebesar 77,80%, 75,58%, 73,22%, dan 71,97%. Efisiensi volumetrik rata-rata terendah dihasilkan pada setelan celah katup masuk 0,6 mm dengan putaran mesin 1000 rpm yaitu sebesar 51,49%. Penyetelan celah katup masuk yang rapat akan menyebabkan katup membuka lebih awal dan menutupnya lebih lama, berarti bukaan katupnya lebih lama sehingga udara yang masuk ke ruang bakar akan lebih banyak, Semakin banyak udara yang masuk ke ruang bakar berarti efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan semakin besar. Putaran mesin yang semakin tinggi pada setiap variasi celah katup masuk efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan juga

semakin meningkat. Hal ini karena dengan putaran mesin yang tinggi udara yang masuk ke ruang bakar bergerak lebih cepat akibat hisapan piston yang juga bergerak dengan cepat, sehingga udara yang masuk ke ruang bakar akan lebih banyak.

12. Penelitian yang dilakukan oleh Huda dan Adiwibowo (2014: 160-163) menyimpulkan, jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen dengan analisis data metode deskriptif. Variabel bebas yang digunakan yaitu *intake manifold* tanpa dan dengan penambahan pemanas (tipe *parallel flow* dan tipe *counter flow*) dengan variasi bukaan katup kran gas buang yang digunakan sebesar 30°, 60°, dan 90°. Variabel terikat yang dipakai yaitu performa mesin honda supra x tahun 2002 yaitu: torsi, daya, tekanan efektif rata-rata (bmep), dan konsumsi bahan bakar (fc). Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah: putaran mesin yaitu 3500 rpm sampai 9000 rpm dengan kelipatan putaran 500 rpm pada mesin empat langkah, dan suhu kerja mesin ≥ 600 c. Untuk mendapatkan data performa mesin dalam penelitian ini mengacu berdasarkan sae j1349, tentang *engine power test code-spark ignition and compression ignition-net power rating*. Metode pengujian performa ini dilakukan pada saat kondisi *idle* sampai bukaan *throttle* penuh (maksimum).

Peningkatan torsi rata-rata dengan penambahan pemanas pada *intake manifold* (tipe *parallel flow*) dengan variasi bukaan katup gas buang 30° adalah 8,69%, variasi bukaan katup gas buang 60° adalah 11,84%, dan variasi bukaan katup gas buang 90° adalah 12,26%. Sedangkan peningkatan torsi rata-rata dengan penambahan pemanas pada *intake manifold* (tipe *counter flow*) dengan

variasi bukaan katup gas buang 30° adalah 5,14%, variasi bukaan katup gas buang 60° adalah 5,97%, dan variasi bukaan katup gas buang 90° adalah 10,67%. Peningkatan torsi yang terjadi setelah penambahan pemanas pada *intake manifold* juga akan berpengaruh pada daya mesin karena dengan peningkatan torsi maka secara otomatis daya mesin juga akan meningkat. Peningkatan daya rata-rata dengan penambahan pemanas pada *intake manifold (parallel flow)* dengan variasi bukaan katup gas buang 30° adalah 9,57%, variasi bukaan katup gas buang 60° adalah 12,08%, dan variasi bukaan katup gas buang 90° adalah 13,28%. Peningkatan daya rata-rata dengan penambahan pemanas pada *intake manifold (counter flow)* dengan variasi bukaan katup gas buang 30° adalah 9,90%, variasi bukaan katup gas buang 60° adalah 6,88%, dan variasi bukaan katup gas buang 90° adalah 11,99%. Jika suhu campuran udara dan bahan bakar pada *intake manifold* meningkat maka campuran tersebut akan terbakar sempurna sehingga akan menghasilkan torsi yang besar pula. Peningkatan torsi tersebut yang akan menambah daya mesin menjadi lebih besar.

13. Penelitian yang dilakukan oleh Costa, dkk (2014: 31-34) menyimpulkan, mesin yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mesin empat langkah memiliki 4 silinder dan 8 katup. Mesin diuji dalam *eddy current dynamometer*, dengan posisi sudut yang sama seperti dipasang pada rangka. Variabel bebas yang digunakan adalah variasi pipa *intake 1* memiliki diameter 44 mm dan panjang 600 mm, variasi pipa *intake 2* memiliki diameter 53 mm dan panjang 300 mm, variasi pipa *intake 3* memiliki diameter 53 mm dan panjang 600 mm, variasi

pipa *intake* 4 memiliki diameter 44 mm dan panjang 900 mm, tiga panjang pipa intake 0,3 m, 0,6 m, dan 0,9 m dengan tiga diameter pipa intake 0,044 m, 0,053 m, dan 0,067 m. Campuran bahan bakar yang digunakan 78% bensin dan 22% etanol. Torsi maksimum yang dihasilkan sebesar 235 N.m dan daya maksimum sebesar 110 kW. Penelitian dilakukan dengan mesin terpasang dalam *eddy current dynamometer*. Pengujian dilakukan tiga kali pada setiap variasi pipa. Percobaan dilakukan mengikuti NBR ISO 1585 standar, dengan *throttle* terbuka lebar. Penelitian dilakukan dalam rentang kecepatan putaran mesin dari 1500 hingga 6500 rpm. Hasil penelitian torsi dan daya yaitu diameter pipa intake yang lebih besar menghasilkan torsi dan tenaga yang sedikit lebih tinggi pada saat putaran mesin tinggi, menunjukkan kondisi terbalik pada kecepatan rendah. Panjang dan diameter pipa masuk dapat memengaruhi kinerja mesin. Pipa *intake* dengan ukuran lebih panjang menghasilkan volumetrik, efisiensi, torsi, dan tenaga yang tinggi pada saat putaran mesin rendah. Untuk kecepatan engine tinggi, ukuran pipa yang lebih pendek menghasilkan performa mesin yang tinggi.

14. Penelitian yang dilakukan oleh Wiratno, dkk (2012: 63-75) menyimpulkan, perhitungan ulang dari motor bensin Yamaha LS yaitu perhitungan daya. Data spesifikasi mesin motor dua langkah Yamaha LS, diameter silinder (D) = 43,5 mm, panjang langkah (L) = 65,4 mm, putaran mesin (n) = 2500 rpm, dan kapasitas silinder = 97,146. Data teoritis pada motor dua langkah; Efisiensi mekanis (η_m) mesin karburator dua langkah $\eta_m = 0,8-0,85$. diambil: $\eta_m = 0,8$. Perhitungan volume langkah menghasilkan 97,146 cc. Tekanan indikator rata-

rata (P_i) = 6,34 kg/cm². Daya Indikator pada putaran mesin 2500 rpm yaitu sebesar 3,323 HP.

2.2 Landasan Teori

Untuk mendukung penelitian ini, maka perlu dikemukakan teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan dan ruang lingkup pembahasan sebagai landasan pada penelitian ini.

2.2.1 Motor Bensin Dua Langkah

2.2.1.1 Definisi Motor Bensin Dua Langkah

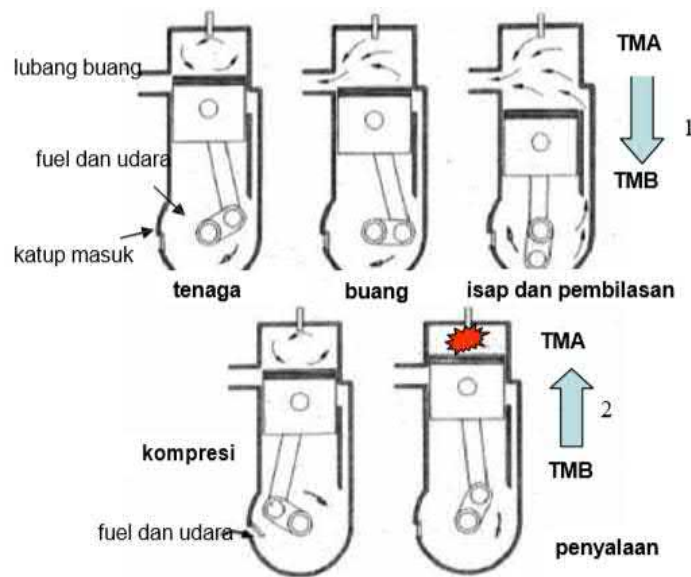
Rahardjo (2014: 12) menyatakan bahwa, motor bakar ialah suatu jenis mesin penggerak yang bekerja dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. Askan (2016: 428), motor bensin merupakan motor dengan bahan bakar bensin yang akan direaksikan dengan udara untuk selanjutnya dibakar dalam ruang pembakaran. Selanjutnya Kambrany, dkk (2014: 43) menyatakan, motor bensin merupakan motor yang menggunakan bahan bakar bensin untuk menghasilkan tenaga kerja, bensin tersebut terbakar untuk memperoleh energi panas kemudian diubah menjadi energi penggerak. Jadi, motor bensin sebagai salah satu jenis motor pembakaran dalam yang digunakan untuk menggerakkan atau sebagai sumber tenaga dari suatu kendaraan.

Motor bensin berdasarkan siklus kerjanya dibedakan menjadi 2 yaitu motor bensin empat langkah dan motor bensin dua langkah (Sanata, 2012: 2). Muhamad (2016: 32) menyatakan, sepeda motor dua langkah merupakan sepeda motor dengan konstruksi mesin yang sederhana, dimana pada setiap satu kali putaran poros engkol dihasilkan satu kali langkah usaha atau satu kali pembakaran. Menurut

Jeevanandha, dkk (2014: 154), mesin dua langkah merupakan jenis mesin pembakaran dalam yang melakukan satu siklusnya hanya dalam satu putaran poros engkol atau dua langkah dari piston, dibandingkan dengan mesin empat langkah yang menggunakan empat langkah dari piston untuk melakukan satu siklusnya. Berdasarkan beberapa pernyataan di atas maka dapat dikatakan bahwa mesin dua langkah merupakan mesin pembakaran dalam yang melakukan satu kali langkah usaha atau satu kali pembakaran, setiap satu kali putaran poros engkol atau dua kali langkah torak.

2.2.1.2 Prinsip Kerja Motor Dua Langkah

Sirait, dkk (2015: 2), motor dua langkah tidak bekerja dengan proses yang tunggal pada masing-masing langkah yaitu antara proses hisap-kompresi terjadi dalam satu langkah torak dan proses usaha-pembuangan terjadi dalam satu langkah torak. Rahardjo (2014: 13), piston melakukan dua kali langkah yaitu (1) langkah TMA menuju TMB; proses yang terjadi ekspansi dan pembilasan (pembuangan dan pengisian), (2) langkah TMB menuju TMA; proses yang terjadi kompresi dan pembakaran.



Gambar 2.1 Proses kerja mesin dua langkah
 Sumber: Rahardjo (2014: 14)

Gambar 2.1 menjelaskan tentang proses kerja mesin dua langkah, dimana gambar bagian atas merupakan langkah pertama dan bagian yang bawah untuk langkah yang kedua. Rahardjo (2014: 13) menjelaskan, langkah pertama: piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) melakukan dua proses yaitu proses usaha dan proses buang. Proses usaha, ledakan campuran bahan bakar dan udara menghasilkan tenaga untuk mendorong piston ke bawah. Piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) terjadi proses ekspansi, terjadi ketika lubang buang mulai terbuka dan saluran bilas masih tertutup. Gas yang telah terbakar mulai keluar melalui saluran pembuangan, disebabkan tekanan di dalam silinder lebih besar dari lingkungan. Piston terus bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), lubang buang dan saluran bilas membuka tetapi saluran masuk menutup. Pergerakan piston memperkecil ruang engkol sehingga pada ruang engkol tekanannya bertambah besar yang mengakibatkan campuran bahan bakar dan udara yang berada di ruang

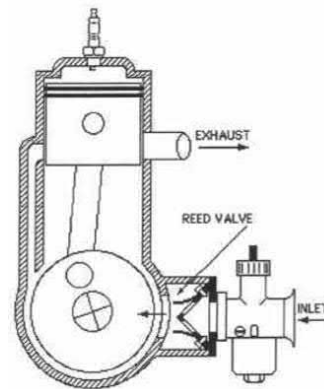
engkol cenderung bergerak ke atas torak melalui saluran bilas. Gas sisa pembakaran mengalir ke luar didorong oleh gas baru yang masuk ke ruang bakar melalui saluran bilas. Proses ini disebut pembilasan, proses ini berhenti ketika piston mulai bergerak dari TMB menuju TMA dengan lubang buang dan saluran bilas tertutup.

Rahardjo (2014: 13) menjelaskan, langkah kedua: piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) melakukan dua proses yaitu proses hisap dan proses kompresi. Proses hisap dilakukan di dalam ruang engkol dan proses kompresi dilakukan di dalam silinder pada waktu yang bersamaan. Proses hisap terjadi karena perbedaan tekanan antara ruang engkol dan atmosfer luar, campuran bahan bakar dan udara dari karburator memasuki ruang engkol melalui *reed valve* dan lubang masuk. Proses kompresi dilakukan untuk mencapai tekanan tinggi, sehingga setelah busi memercikkan bunga api dapat terjadi proses pembakaran. Proses pembakaran atau proses penyalaan dengan bantuan busi terjadi pada akhir langkah kompresi. Setelah langkah kedua selesai, mengulangi kembali langkah pertama sebagai pengulangan.

2.2.2 Reed Valve

2.2.2.1 Definisi Reed Valve

Menurut Jeevanandha, dkk (2014: 157), *reed valve* adalah sejenis katup yang membatasi aliran cairan ke satu arah, membuka dan menutup di bawah tekanan yang berubah pada setiap permukaan. *Reed valve* merupakan katup satu arah yang dipasang pada saluran masuk, letaknya setelah karburator bila dilihat dari arah gas masuk seperti yang terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Sistem pemasukan *reed valve*

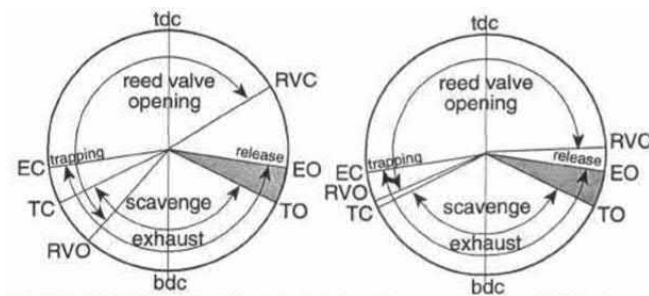
Sumber: Blair (1996: 16)

Cara kerja *reed valve* berdasarkan perubahan tekanan pada ruang engkol yang diakibatkan oleh naik turunnya torak. Jeevanandha, dkk (2014: 157) menjelaskan, mesin dua langkah menghisap campuran bahan bakar dan udara melalui saluran masuk ke dalam mesin saat piston naik. Tindakan ini menciptakan ruang hampa di ruang engkol. Saat piston turun memaksa campuran bahan bakar masuk ke ruang bakar melalui saluran bilas disebabkan pergerakan piston memperkecil ruang engkol. Muhamad (2016: 32), gas yang masuk ke dalam ruang engkol diatur oleh katup harmonika atau *reed valve*, melalui saluran pembilasan gas masuk ke ruang pembakaran dan mendorong gas sisa pembakaran keluar melalui saluran buang. Jeevanandha, dkk (2014: 157) sebagian dari campuran bahan bakar dan udara yang berada di ruang engkol tidak seluruhnya masuk ke dalam silinder melalui saluran transfer tetapi akan kembali ke saluran masuk, *reed valve* bertindak sebagai katup cek satu arah yang mencegah terjadinya *backwash*. Berdasarkan uraian diatas, *reed valve* berfungsi sebagai pintu dari masuknya bahan bakar dan udara yang telah tercampur di dalam karburator. *Reed valve* juga berfungsi sebagai penghalang agar tidak terjadi pembakaran di luar silinder. Perubahan tekanan

menyebabkan katup membuka dan menutup lubang masuk untuk mencegah terjadinya gas kembali ke karburator seperti yang terlihat pada gambar 2.2. *Reed valve* menutup selama proses buang dikarenakan tekanan yang ditimbulkan lebih besar dari pada tekanan udara luar. Tekanan itu mendorong *reed valve* sehingga bahan bakar bensin tidak dapat masuk ke dalam ruang engkol dan menahan agar tekanan gas baru yang ada di ruang engkol tidak kembali ke karburator atau campuran bahan bakar ditekan ke luar dari lubang masuk.

2.2.2.2 Waktu Kerja *Reed Valve*

Blair (1996: 17) menyatakan, *reed valve* merupakan katup otomatis yang waktu efektifnya bervariasi dengan beban mesin dan kecepatan mesin. Gerakan membuka katup secara cepat atau lambat tergantung kecepatan putaran poros engkol, apabila putaran poros engkol lambat maka kecepatan membuka katup juga lambat dan apabila kecepatan putaran poros engkol tinggi maka kecepatan membuka katup juga tinggi. *Reed valve* bekerja berdasarkan kevakuman dari poros engkol, memungkinkan mengalami telat balik pada saat kecepatan poros engkol tinggi. Perbandingan membuka dan menutup atau kerja *reed petal* dengan putaran mesin tidak bisa seratus persen. Jeevanandha, dkk (2014: 157), rasio tekanan *reed petal* sebagai siklus mesin, kira-kira satu banding satu. Ketika poros engkol berputar 8.000 rpm, *reed petal* membuka 7980 kali per menit.

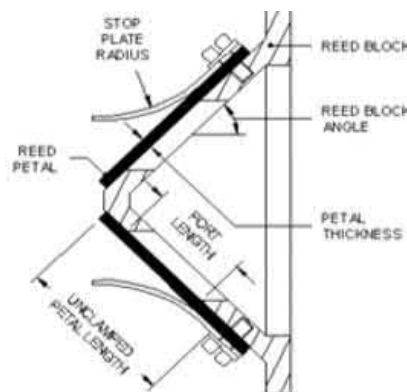


Gambar 2.3 Waktu kerja *reed valve* pada kecepatan rendah dan tinggi
 Sumber: Blair (1996: 18)

Peristiwa waktu pembukaan dan penutupan saluran bahan bakar, untuk kontrol saluran buang (EO dan EC), transfer atau pembilasan (*scavenge*) dan proses pemasukan (*reed valve* membuka/RVO dan menutup/RVC) diilustrasikan pada gambar 2.3. Proses pembuangan dan pembilasan merupakan sifat simetris, dimana pembukaan (EO: *exhaust open*) dan penutupan saluran buang (EC: *exhaust close*) serta pembukaan (TO: *transfer open*) dan penutupan saluran transfer (TC: *transfer close*) berada di bawah kendali piston. Area yg diarsir pada gambar 2.3 menunjukkan proses pembukaan saluran buang dan pembukaan saluran transfer disebut *blowdown*. Wallace (1990: 104-105) menyatakan, *blowdown* merupakan proses pertukaran gas sebelum pembukaan saluran transfer atau periode yang terjadi antara pembukaan saluran buang dan pembukaan saluran transfer dan memungkinkan laju aliran yang cepat dari hasil pembakaran di dalam ruang bakar ke *exhaust manifold*. Pentingnya memberikan waktu yang cukup untuk proses *blowdown* yaitu untuk melanjutkan ke titik dimana gas hasil pembakaran di dalam silinder mengalami penurunan tekanan yang sama dengan tekanan saluran masuk, ketika saluran masuk terbuka. Dorongan balik hasil pembakaran dari dalam silinder ke dalam poros engkol akan terjadi jika tidak mengalami penurunan tekanan, ini akan mengalami efek yang berbahaya pada pembilasan berikutnya.

2.2.2.3 Komponen *Reed Valve*

Komponen utama *reed valve* terdiri dari *reed block*, *reed petal*, dan *stop plate* seperti yang terlihat pada gambar 2.4. Jennings (1973: 98) menyatakan bahwa, beberapa upaya yang dilakukan untuk membuat *reed petal* relatif kaku, dengan tujuan mengatasi kecenderungan *reed petal* patah dan penurunan fungsi pada saat mesin berkecepatan tinggi, maka terdapat *stop plate* sebagai sandaran *reed petal*. *Stop plate*, berbentuk bilah melengkung dari logam yang cukup tebal dan dijepit pada ujung *reed petal*, untuk mengatur dan menyesuaikan gerakan *reed petal*. Apabila tidak ada *stop plate*, *reed petal* yang dipegang pada ujungnya dengan *reed block* akan melengkung terlalu jauh dalam beberapa kondisi.



Gambar 2.4 Konstruksi *reed valve*

Sumber: Jeevanandha, dkk (2014: 157)

Reed petal terbuat dari bahan logam fleksibel, bahan komposit *fiberglass* ataupun bahan serat karbon. Mitianiec dan Bogusz (1996:2), *reed petal* berbahan logam baja memiliki ketebalan 0,08-0,2 mm dan berbahan dari serat kaca memiliki ketebalan 0,4-0,65 mm, merupakan dimensi yang kecil dibandingkan dengan panjang dan lebar *reed petal*. Lebar dan khususnya panjang *reed petal* 100 kali lebih besar dari ketebalannya. Perubahan ukuran pada *reed petal* dapat mempengaruhi

nilai siklus frekuensi getar alami *reed petal*. Blair (1996: 368) menyatakan, penentuan frekuensi alami dalam siklus per detik, menggunakan rumus:

$$f_j = \frac{\omega_j}{2\pi} = \frac{(\beta_j L_r)^2}{2\pi} \sqrt{\frac{YI}{\rho A L_r^4}} = \frac{(\beta_j L_r)^2}{2\pi} \sqrt{\frac{Y x_t^2}{12 \rho L_r^4}}$$

dalam hal ini:

f_j : frekuensi alami dalam siklus per detik (Hz)

ω_j : frekuensi (rad/sec)

β : mode getaran (dB)

ρ : massa jenis (kg/m³)

Y : *young's modulus* (GN/m²)

The second moment of area dan luas penampang dapat diperoleh menggunakan rumus berikut ini:

$$I = \frac{x_r x_t^3}{12}$$

$$A = x_r x_t$$

Sumber: Blair (1996: 368)

Dalam rumus ini:

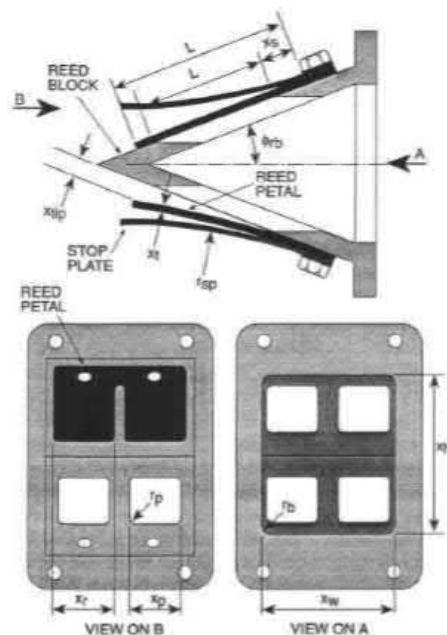
I : *the second moment of area*

A : luas penampang (m²)

L_r : lebar *reed petal* (m)

x_r : lebar bilah *reed petal* (m)

x_t : ketebalan *reed petal* (m)



Gambar 2.5 Dimensi *reed petal* dan *reed block*

Sumber: Blair (1996: 367)

Gambar 2.5 menunjukkan tentang desain dimensi *reed petal* dan *reed block*. Penggunaan simbol pada gambar 2.5 digunakan untuk melakukan perhitungan *the second moment of area* dan luas penampang yang memiliki lebar *reed petal* L_r mm, lebar bilah *reed petal* x_r mm, dan ketebalan x_t mm. Blair (1996: 451), desain *reed petal* harus memperhatikan beberapa hal yaitu (1) area saluran *reed block* yang efektif memiliki waktu spesifik yang dipersyaratkan, dengan asumsi *reed petal* akan terangkat pada tingkat yang diperkirakan untuk periode yang diperkirakan (2) *reed petal* akan terbuka ke tingkat yang sesuai berdasarkan karakteristik kekakuannya dan rasio tekanan dari ruang engkol.

2.2.3 Efisiensi Volumetrik

Rahardjo (2014: 27) menyatakan, definisi efisiensi volumetrik yaitu jumlah udara yang masuk ke ruang silinder dirumuskan dalam ukuran keefektifan aliran udaran masuk. Selanjutnya menurut Heywood (1988: 53-54), efisiensi volumetrik

adalah parameter yang digunakan untuk mengukur efektivitas proses induksi mesin, ini didefinisikan sebagai laju aliran volume udara ke dalam sistem pemasukan dibagi dengan volume perpindahan piston. Costa, dkk (2014: 29-30), efisiensi volumetrik ditentukan oleh jumlah massa udara yang diterima oleh mesin, yang bervariasi dengan kondisi atmosfer, kecepatan mesin, volume yang dipindahkan, saluran masuk, ukuran pipa knalpot, dan aliran perlawanan. Sistem *intake* mempengaruhi muatan udara yang masuk ke dalam silinder mesin, memiliki efek langsung pada efisiensi volumetrik dan daya yang dihasilkan. Selanjutnya Fatkhuniam, dkk (2018: 131) menyatakan, efisiensi pemasukan udara dan bahan bakar mempengaruhi proses pembakaran. Volume udara yang masuk digunakan untuk melakukan pembakaran. Arends dan Barendschot (1980: 30) menyatakan, untuk mempertinggi daya spesifik dengan cara mempertinggi tekanan efektif rata-rata. Tekanan hasil pembakaran berbanding lurus dengan gaya dorong yang diberikan kepada permukaan piston untuk digunakan sebagai langkah kerja.

Rahardjo (2014: 27), udara yang dihisap masuk ke dalam silinder mengalami hambatan aliran sehingga aliran udara banyak kehilangan energi, udara yang dihisap juga menyerap panas dari saluran masuk terutama pada komponen katup hisap. Panas yang diserap mengakibatkan temperatur udara menjadi naik dan massa jenis turun tetapi menaikkan nilai viskositas. Kondisi tersebut, menyebabkan udara lebih sulit mengalir dengan massa per satuan volumenya juga berkurang.

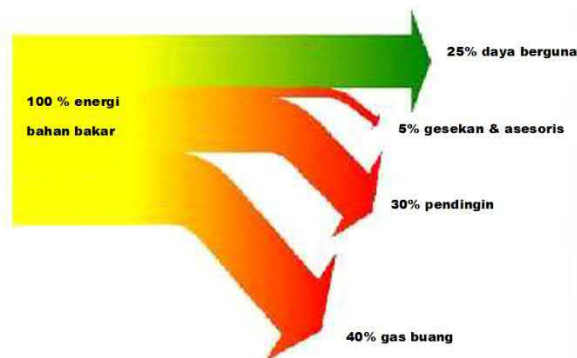
$$\eta_v = \frac{\overset{o}{G_a}}{\overset{o}{G_{ai}}} = \frac{\text{jumlah udara masuk ke dalam silinder aktual (kg/jam)}}{\text{jumlah udara masuk ke dalam silinder ideal (kg/jam)}}$$

$$\eta_v = \frac{\overset{o}{G_a}}{\overset{o}{G_{ai}}} = \frac{\overset{o}{\gamma_a}}{\overset{o}{\gamma_{ai}}} = \text{dengan } \gamma = \text{massa jenis udara (kg/m}^3\text{)}$$

Sumber: Rahardjo (2014: 27)

2.2.4 Prestasi Mesin

Prestasi mesin merupakan kemampuan suatu mesin motor bakar untuk merubah energi yang masuk hingga menghasilkan daya yang berguna (Rahardjo, 2014: 23). Motor bakar tidak dapat mengubah semua energi bahan bakar menjadi daya berguna. Secara alamiah setiap proses memerlukan energi, menghasilkan kerja untuk melakukan siklus, kemudian ada energi yang harus dibuang (Irawansyah, 2017: 6). Sebagian dari tenaga total yang dapat dihasilkan dari piston mesin hilang akibat gesekan dan energi kelembaman dari massa yang bergerak (Sutantra, 2001: 166). Konsep efisiensi menjelaskan bahwa perbandingan antar energi berguna dengan energi yang masuk secara alamiah tidak pernah mencapai 100%.



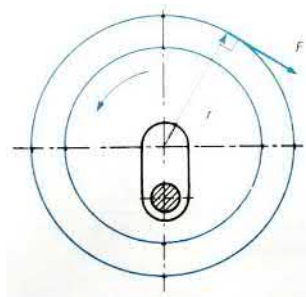
Gambar 2.6 Keseimbangan energi pada motor bakar
Sumber: Rahardjo (2014: 23)

Gambar 2.6 menunjukkan bahwa daya berguna pada motor bakar hanya 25%, artinya mesin mampu menghasilkan 25% daya berguna yang bisa dipakai sebagai penggerak dari 100% bahan bakar. Energi yang lainnya terbuang bersama gas buang, pendingin, dan gesekan yang terjadi selama proses atau siklus kerja motor bakar. Prestasi dari mesin kendaraan ditunjukkan dalam 3 besaran yaitu tenaga yang dapat dihasilkan, torsi yang dihasilkan, dan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi (Sutantra, 2001: 166). Menurut Vong, dkk (2006: 2), tenaga mesin dan

torsi mencerminkan kinerja dinamis mesin, biasanya data mesin dan torsi diperoleh melalui tes dinamometer.

2.2.3.1 Torsi

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja. Besaran torsi merupakan besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya (Rahardjo, 2014: 23).



Gambar 2.7 Momen putar

Sumber: Arends dan Berenschot (1980: 21)

Gambar 2.7 mengilustrasikan bahwa gaya F bekerja pada tuas sepanjang r meter yang diikatkan pada ujung poros engkol umpamanya pada roda penerus.

Berdasarkan data tersebut, rumus torsinya adalah:

$$M = F \cdot r \text{ (N.m)}$$

Sumber: Arends dan Berenschot (1980: 21)

dalam hal ini:

M = momen putar dalam N.m

F = gaya dalam *Newton*

r = jari-jari dalam meter (m)

Selanjutnya Heywood (1988: 46), jika torsi yang diberikan oleh mesin adalah T , maka rumusnya:

$$T = F \cdot b$$

dalam hal ini:

T = torsi benda berputar (N.m)

F = gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

b = jarak benda ke pusat rotasi (m)

Menurut Rahardjo (2014: 24), benda berputar terhadap porosnya, karena adanya torsi dan benda akan berhenti berputar apabila ada usaha melawan torsi dengan besar sama dengan arah yang berlawanan. Arends dan Berenschot (1980: 21-22) menyatakan,

Apabila gaya F berputar sekali mengelilingi lingkaran, maka telah dilakukan kerja sebesar:

$$2 \cdot \pi \cdot r$$

Besarnya kerja menjadi:

$$F \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \text{ (N.m)}$$

Dalam hal ini:

F adalah gaya dalam *Newton*

r adalah jari-jari meter

Bila motor mempunyai n putaran tiap detik, maka kerja yang terjadi tiap detik adalah:

$$F \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \text{ (N.m)}$$

Mengingat bahwa kerja tiap detik disebut daya, maka dapat dikatakan sebagai berikut:

$$P = F \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n \text{ (N.m/s atau watt)}$$

Karena $F \cdot r$ membentuk momen putar M dalam N.m, rumusnya menjadi:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot M$$

Dalam rumus ini:

P = daya dalam *watt*

n = frekuensi putar dalam *hertz*

M = momen putar dalam N.m

Bila yang diminta besarnya momen putar, pakailah rumus berikut:

$$M = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n}$$

2.2.3.2 Daya

Arends dan Berenschot (1980: 18) menyatakan, daya motor adalah besarnya kerja motor tadi selama waktu tertentu. Satuan daya dipilih watt, biasanya satuan

daya ditetapkan dalam kilowatt. Menurut Rahardjo (2014: 24), daya mesin adalah jumlah energi yang dihasilkan mesin setiap waktunya. Daya yang dihasilkan mesin dibedakan menjadi daya indikator dan daya efektif.

a. Daya indikator

Daya indikator (*Indicated horse power*) yaitu tenaga total yang dapat dihasilkan dari piston mesin (Sutantra, 2001: 166). Selanjutnya menurut Rahardjo (2014: 25), daya indikator merupakan tenaga persatuan waktu operasi mesin untuk mengatasi semua beban mesin. Komponen-komponen mesin juga merupakan beban yang harus diatasi daya indikator. Gesekan mekanik dan enersi kelembaman dari massa yang bergerak mengakibatkan sebagian dari daya indikator hilang. Yulianto dan Muliawan (2016: 27) menjelaskan bahwa, sebagian dari daya indikator dipakai untuk menggerakkan komponen atau mekanisme dari sistem yang ada di dalam mesin itu sendiri, sebagian lagi terpakai untuk mengatasi gesekan dan perlawanan selama langkah kompresi. Kerugian ini dinyatakan sebagai kerugian mekanis. Jadi, daya indikator merupakan daya yang dihasilkan sebelum terjadi kerugian gesekan mekanik di dalam mesin.

$$W_i = imep \cdot V_{sv} \cdot rps \text{ -untuk mesin dua langkah}$$

$$W_i = imep \cdot V_{sv} \cdot \frac{rps}{2} \text{ -untuk mesin empat langkah}$$

Sumber: Blair (1996: 35)

dalam hal ini:

W_i : daya indikator (KW)

$imep$: tekanan efektif rata-rata indikator (Pa)

V_{sv} : volume perpindahan piston (m^3)

rps : kecepatan putaran poros engkol (rev/sec)

Arends dan Berenschot (1980: 18-19) menyatakan, untuk menghitung besarnya daya harus mengetahui tekanan rata-rata di dalam silinder selama langkah kerja, besarnya untuk motor *otto* adalah 0,65 MPa. Tekanan rata-rata motor dua langkah adalah 0,7 x dari motor empat langkah.

$$V_{sv} = n \frac{\pi}{4} d_{bo}^2 L_{st}$$

Sumber: Blair (1996: 21)

Dalam hal ini,

n : jumlah silinder

d_{bo} : diameter piston (mm)

L_{st} : langkah piston (mm)

b. Daya efektif

Sutantra (2001: 166) menyatakan daya efektif bahwa, tenaga bersih yang dihasilkan dari poros engkol mesin dinamakan *brake horse power*. *Brake horse power* disebut daya efektif atau daya poros, karena diukur pada poros engkol mesin. Menurut Suhadi, dkk (1983: 13), daya poros dapat diukur dengan menggunakan alat *dynamometer* atau *prony brake*. Selanjutnya Heywood (1988: 46) menjelaskan, daya P yang dikirimkan oleh mesin dan diserap oleh *dynamometer* merupakan produk torsi dan kecepatan sudut, dimana N adalah kecepatan putaran poros engkol:

$$P(kW) = 2\pi N \cdot T \cdot 10^{-3}$$

dalam hal ini:

$T = \text{Torque (N.m)}$

$N = \text{Number of revolution per second (rev/sec)}$

$P = \text{Power (kW)}$

Menurut Suhadi, dkk (1983: 13), daya kendaraan dinyatakan dalam daya poros, karena daya poros dipakai untuk menjalankan kendaraan. Daya efektif merupakan daya yang digunakan sebagai penggerak, daya efektif inilah yang merupakan daya berguna karena untuk menggerakkan beban. Menurut Rahardjo (2014: 25), daya efektif (daya poros) dapat dirumuskan:

$$N_e = N_i - (N_g + N_a)$$

dalam hal ini:

N_e = daya efektif (Hp)

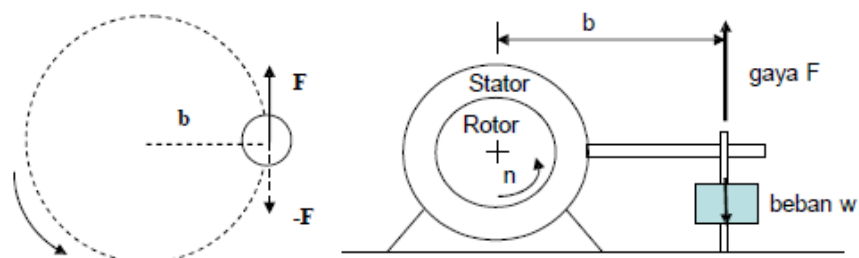
N_i = daya indikator (Hp)

N_g = kerugian daya gesek (Hp)

N_a = kerugian daya komponen lain (Hp)

2.2.5 Chassis Dynamometer

Dynamometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur torsi dari suatu mesin kendaraan bermotor (Rahardjo, 2014: 24). Menurut Simmons, dkk (2015: 149), *dynamometer* digunakan sebagai alat untuk mengukur tenaga mesin, terutama untuk mengukur *output* atau torsi penggerak dari putaran mesin. Daya putaran mesin adalah produk dari torsi dan kecepatan sudut, komponen dasar *dynamometer* adalah sensor torsi dan tachometer.



Gambar 2.8 Skema pengukuran torsi pada *dynamometer*

Sumber: Rahardjo (2014: 24)

Ardianto dan Wulandari (2013: 294) menyatakan, prinsip kerja *dynamometer* yaitu membebani putaran mesin untuk mendapatkan torsi dan daya. Rahardjo (2014: 24) juga menjelaskan, prinsip kerja *dynamometer* bahwa prinsip kerja *dynamometer* yaitu dengan memberi beban yang berlawanan terhadap arah putaran mendekati 0 rpm. Gambar 2.8 menjelaskan tentang pengukuran torsi pada poros (rotor) menggunakan prinsip pengereman dengan stator yang dikenai beban sebesar w . Poros mesin disambungkan dengan *dynamometer*, beban diberikan sampai poros mesin hampir berhenti berputar. Beban maksimum yang terbaca adalah gaya pengereman yang besarnya sama dengan gaya putar poros mesin F .

2.3 Kerangka Pikir Penelitian

Sepeda motor merupakan salah satu alat transportasi yang paling banyak digunakan untuk aktivitas masyarakat di Indonesia. Berdasarkan siklus kerja, motor bakar dibagi menjadi dua jenis yaitu motor dua langkah dan motor empat langkah. Mesin dua langkah mempunyai daya kurang lebih 1,6 kali lebih besar daripada motor empat langkah. Kelebihan dari mesin dua langkah ini harus dikompensasi dengan borosnya konsumsi bahan bakar pada daya yang sama.

Performa mesin dapat ditingkatkan dengan tiga tahap yaitu sebelum proses pembakaran, selama proses pembakaran dan sesudah proses pembakaran. Performa mesin yang dapat ditingkatkan pada proses sebelum pembakaran dengan salah satu cara yaitu dengan memodifikasi komponen *intake manifold*. Fungsi utama dari sistem pemasukan adalah untuk meningkatkan kapasitas pernafasan mesin dengan menjaga kerugian tekanan seminimal mungkin. Perbandingan antara campuran bahan bakar dan udara yang dihisap masuk ke dalam silinder dengan kapasitas

silinder atau ukuran kemampuan mesin dalam melakukan penghisapan didefinisikan sebagai efisiensi volumetrik. Dengan demikian, optimalisasi sistem asupan sangat penting untuk mendapatkan kinerja mesin yang maksimal. *Reed valve* pada motor dua langkah berperan penting dalam proses sebelum pembakaran, berfungsi untuk mengatur jumlah campuran bahan bakar dan udara serta untuk mencegah gas yang masuk ke ruang engkol agar tidak kembali ke *intake manifold*.

Modifikasi bentuk dan ukuran *reed valve* akan berpengaruh terhadap kerja (pembukaan dan penutupan) dari *reed valve* dengan tujuan untuk memperbaiki proses pembilasan dan pengisian silinder sehingga suplai bahan bakar dapat tersalurkan dengan baik. Laju aliran campuran bahan bakar dan udara yang akan masuk ke dalam ruang bakar melaju lebih efektif, sehingga akan didapatkan volume campuran udara dan bahan bakar yang tepat dan nilai efisiensi volumetriknya mengalami peningkatan, menimbulkan tekanan hasil pembakaran yang lebih besar untuk mendorong torak menggerakkan poros engkol. Dengan demikian torsi dan daya mesin mengalami peningkatan. Maka diduga penggunaan variasi bentuk dan ukuran *reed valve* akan berpengaruh pada torsi dan daya kendaraan dua langkah Kawasaki Ninja 150 RR.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan data hasil penelitian, pembahasan dan analisis tentang pengaruh variasi *reed valve* terhadap torsi dan daya pada kendaraan dua langkah Kawasaki Ninja 150 RR, dapat disimpulkan bahwa:

5.1.1 Penelitian terhadap performa mesin berupa torsi yang dilakukan pada kendaraan dua langkah Kawasaki Ninja 150 RR, terbukti bahwa penggunaan variasi *reed valve* modifikasi 3 yang memiliki ketebalan 0.46 mm dan bentuk dimensi yang sama dengan variasi *reed valve* standar, mampu memperoleh performa mesin paling maksimal dan memberikan peningkatan dengan torsi yang didapat sebesar 22,42 N.m pada putaran mesin 9000 rpm. Nilai rata-rata torsi pada penggunaan *reed valve* tipe 1 dan tipe 3 mendapat hasil yang lebih tinggi daripada penggunaan *reed valve* standar, karena nilai sifat gaya pegas untuk proses penutupan dari *reed petal* tipe 1 dan 3 lebih tinggi sehingga dapat meningkatkan perbandingan membuka dan menutup atau kerja *reed petal* dengan putaran mesin. Apabila nilai kekakuan dan keelastisan sesuai dengan waktu kerja *reed petal*, maka rasio pengiriman bahan bakar akan baik. Apabila bahan bakar yang masuk banyak, tetapi waktu kerja efektif (pembukaan dan penutupan) dari *reed petal* tidak tepat, maka akan mengganggu untuk proses selanjutnya. Penurunan torsi terjadi pada variasi *reed valve* tipe 2, dengan penurunan yang terjadi sebesar 7,0% atau 1,36 N.m dengan hasil penelitian 18,15 N.m

pada 9000 rpm. Penurunan terjadi karena bentuk dari *reed petal* pada variasi *reed valve* tipe 2 yang terdiri dari 2 bilah tetapi ukuran bilah *reed petal* tidak sama besar antara bilah kanan dan kiri yaitu dengan ukuran bilah kanan sebesar 42,65 dan bilah kiri sebesar 20,3 mm. Penelitian terhadap performa mesin berupa torsi yang dilakukan pada kendaraan dua langkah Kawasaki Ninja 150 RR berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa, perubahan bentuk dan ukuran pada variasi *reed valve* dapat mempengaruhi torsi mesin yang dihasilkan.

- 5.1.2 Penelitian yang dilakukan menggunakan *dynamometer*, daya tertinggi dihasilkan pada putaran mesin 9000 rpm dengan menggunakan variasi *reed valve* tipe 3 sebesar 28,48 HP. Nilai rata-rata daya pada penggunaan *reed valve* tipe 1 dan 3 mendapat hasil yang lebih tinggi daripada penggunaan *reed valve* standar, karena nilai sifat gaya pegas untuk proses penutupan dari *reed petal* tipe 1 dan 3 lebih tinggi sehingga dapat meningkatkan perbandingan membuka dan menutup atau kerja *reed petal* dengan putaran mesin yang belum seratus persen. Penambahan nilai kekakuan yang melebihi kemampuan kevakuman ruang engkol akan menurunkan kinerja *reed petal* untuk proses pembukaan, jumlah campuran bahan bakar dan udara yang masuk mengalami penurunan. Penambahan nilai kekakuan *reed petal* yang melebihi batas memungkinkan tidak bisa melakukan pembukaan saat langkah hisap. Penambahan nilai elastis yang terlalu banyak memungkinkan *reed petal* melakukan proses penutupan yang terlalu lama, karena sifat gaya pegas yang rendah sehingga dapat mengganggu untuk

siklus selanjutnya. Berdasarkan pada hasil penelitian antara variasi *reed valve* standar dan variasi *reed valve* modifikasi, terjadi peningkatan dan penurunan besarnya torsi yang dihasilkan pada putaran mesin tertentu dan daya tertinggi terjadi pada penggunaan variasi *reed valve* tipe 3. Penelitian terhadap performa mesin berupa torsi yang dilakukan pada kendaraan dua langkah Kawasaki Ninja 150 RR berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa, perubahan bentuk dan ukuran pada variasi *reed valve* dapat mempengaruhi torsi mesin yang dihasilkan.

5.2 Saran

1. Kendaraan yang sudah mengalami penurunan performa mesin berupa torsi dan daya dapat digantikan dengan penggunaan variasi *reed valve* tipe 3 dengan ketebalan 0,46 mm dan bentuk dimensi yang sama dengan standar, karena dapat mengoptimalkan kondisi dan kemampuan performa mesin.
2. Tidak disarankan penggantian *reed petal* yang terlalu tebal, karena meningkatkan nilai kekakuan yang berlebihan, sehingga dapat menurunkan performa mesin.
3. Tidak disarankan penggantian *reed petal* dengan ketebalan terlalu tipis, karena dapat meningkatkan lebar bukaan tetapi berpengaruh terhadap kecepatan tumbukan antara *reed petal* dengan *stop plate*, sehingga mempersingkat masa pakai.
4. Penelitian lanjutan hendaknya menganalisis perhitungan kinerja pembukaan-penutupan pada *reed valve* tipe 3 dengan variasi putaran mesin 4000 rpm, 5000 rpm, 6000 rpm, 7000 rpm, 8000 rpm, 9000 rpm, dan 10000 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, S., Martias, dan I. Y. Basri 2014. Pengaruh Pendinginan Udara Masuk Sebelum Intake Manifold Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Ketebalan Asap Gas Buang Pada Motor Diesel Mitsubishi L-300. *Automotive Engineering Education Journals* 1(2): 1-10.
- Ardianto, A. dan D. Wulandari. 2013. Analisa Keakurasian Engine Water Brake Dynamometer. *Jurnal Teknik Mesin* 1(02): 294-302.
- Arends, B. P. M. dan H. Berenschot. 1980. *Motor Bensin*. Terjemahan Sukrisno, Umar. Jakarta: Erlangga.
- Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Edisi Revisi VI. Jakarta: Asdi Mahasatya.
- Askan, A. 2016. Pengaruh Bahan Bakar, Kecepatan dan Porting Lubang Intake-Exhaust terhadap Kinerja Motor Bakar Bensin Empat Langkah. *Jurnal @Trisula LP2M Undar* 1(4): 427-436.
- Blair, G. P. 1996. *Design and Simulation of Two-Stroke Engines*. United States of America: Society of Automotive Engineers.
- Boentarto. 1993. *Cara Pemeriksaan, Penyetelan dan Perawatan Sepeda Motor*. Edisi III. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- Costa, R. C., S. D. M. Hanriot, dan J. R. Sodré, 2014. Influence of Intake Pipe Length and Diameter on the Performance of a Spark Ignition Engine. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* 36(1): 29-35.
- Fajarudin, R., A. Wibowo, dan A. Farid. 2016. Analisa Modifikasi Intake Manifold terhadap Kinerja Mesin Sepeda Motor 4 Tak 110cc. *Engineering* 12(1): 36-42.
- Fatkhuniam, A., M. B. R. Wijaya, dan A. Septiyanto. 2018. Perbandingan Penggunaan Filter Udara Standar dan Racing Terhadap Performa dan Emisi Gas Buang Mesin Sepeda Motor Empat Langkah. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 3(2): 130-137
- Fleck, R., A. Cartwright, dan D. Thornill. 1997. Mathematical Modelling of Reed Valve Behaviour in High Speed Two-Stroke Engines. (No. 972738). *SAE Technical Paper*.
- Hafid, H. 2017. *Bocah Prambanan Pecahkan Rekor Best Time Drag Bike Indonesia*. <https://www.otomotifzone.com/2017/12/04/bocah-prambanan-pecahkan-rekor-best-time-drag-bike-indonesia/>
redaksi@otomotifzone.com. 31 Oktober 2018 (14:35).

- Heywood, J. B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. United States of America: McGraw-Hill.
- Huda, A. C. dan P. H. Adiwibowo. 2014. Pengaruh Pemanfaatan Gas Buang sebagai Pemanas Intake Manifold terhadap Performa Mesin Supra X Tahun 2002. *Jurnal Teknik Mesin* 3(02): 158-165.
- Irawansyah, H. 2017. *Mesin Konversi Energi*. Diklat Kuliah. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat.
- Jeevanandha, P., M. G. Prasanth, M. Rajesh, S. Santhos, dan M. S. Kumar. 2014. Modification of Two Stroke Engine to Increase the Torque. *International Journal of Research in Aeronautical and Mechanical Engineering* 2(3): 154-164.
- Jennings, G. 1973. *Two-Stroke Tuner's Handbook*. HP Books.
- Jomde, A., V. Bhojwani, S. Kedia, N. Jangale, K. Kolas, P. Khedkar, dan S. Deshmukh. 2017. Modeling and simulation performance of reed valve in linear compressor. *Elsevier-Materials Today: Proceedings*, 4(8): 7228-7233.
- Kambrany, M., A. Farid, dan N. Finahari. 2014. Pengaruh Filter Udara terhadap Unjuk Kerja Mesin pada Motor Matic. *Proton* 6(1): 42-47.
- Khoiron, A. M. dan E. Sutadji. (2016). Kontribusi Implementasi Pendidikan Karakter dan Lingkungan Sekolah terhadap Berpikir Kreatif serta Dampaknya pada Kompetensi Kejuruan. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran (JPP)* 22(2): 103-116.
- Mitianiec, W. dan A. Bogusz. 1996. Theoretical and Experimental Study of Gas Flow Through Reed Valve in A Two-Stroke Engine (No. 961802). *SAE transactions*, 1807-1822.
- Mu, G., F. Wang, X. Mi, dan G. Gao. 2019. Dynamic Modeling and Analysis of Compressor Reed Valve Based on Movement Characteristics. *Elsevier-Applied Thermal Engineering* 150(2019): 522-531.
- Muhamad. 2016. Pengaruh Variasi Celah Reed valve dan Variasi Ukuran Pilot Jet, Main Jet, terhadap Konsumsi Bahan Bakar pada Sepeda Motor Kawasaki Nijna 150 Tahun 2013. *AutoTech-Pendidikan Teknik Otomotif*, 7(2): 31-34.
- Pertamina. 2007. *Material Safety Data Sheet (Lembar Data Keselamatan Bahan)*. Jakarta Pusat: PT. Pertamina (Persero).
- Pratama, A. W. dan A. Budiprasojo. 2016. Rekayasa Manifold Membrane Mesin 2 Langkah sebagai Upaya Meningkatkan Efisiensi Bahan Bakar. *Jurnal Ilmiah Rotari* 1(1): 33-38

- Rahardjo, W. D. 2014. *Mesin Konversi Energi*. Buku Ajar. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Sampurno, S., D. Widjanarko, dan W. D. Rahardjo. 2010. Pengaruh Variasi Penyetelan Celah Katup Masuk terhadap Efisiensi Volumetrik Rata-rata pada Motor Diesel Isuzu Panther C 223 T. *Jurnal Profesional Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang* 8(1): 42-50.
- Sanata, A. 2012. Optimalisasi Prestasi Mesin Bensin dengan Variasi Temperatur Campuran Bahan Bakar Premium dan Etanol. *Jurnal Rotor* 5(2): 1-7.
- Simmons, A., T. K. A. Brekken, P. Lomonaco, dan C. Michelen. 2015. Creating a Dynamometer for Experimental Validation of Power Take-Off Forces on a Wave Energy Converter. In *Technologies for Sustainability (SusTech), 2015 IEEE Conference on* (pp. 148-153). IEEE.
- Sirait, H. S., E. Alwi, dan T. Sugiarto. 2015. Pengaruh Penambahan Metanol pada Premium terhadap Emisi Gas Buang dan Konsumsi Bahan Bakar pada Kawasaki KR 150 N (Ninja) Tahun 2013. *Automotive Engineering Education Journals* 1(2): 1-11.
- Sudjana. 2005. *Metode Statistika*. Cetak Ulang Ketiga Edisi Keenam. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan--Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Cetakan Ke-21. Bandung: Alfabeta
- Suhadi, A. A., Arisman, Y. Yumarta, I. Muslihat, dan Ruslani. 1983. *Otomotif 1*. Cetakan Pertama. Bandung: Angkasa.
- Supratman, J., H. Wardono, dan M. D. Susila. 2013. Pengaruh Penggunaan Tabung Induksi terhadap Konsumsi Bahan Bakar Sepeda Motor Bensin 4 Langkah. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 1(3): 59-64.
- Sutantra, I. N. 2001. *Teknologi Otomotif*. Edisi Pertama. Surabaya: Guna Widya.
- Vong, C. M., P. K. Wong, dan Y. P. Li. 2006. Prediction of Automotive Engine Power and Torque using Least Squares Support Vector Machines and Bayesian Inference. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 19(3): 277-287.
- Wallace, F. J. 1990. The Two-stroke Engine: the Blowdown and Uniflow Scavenge Process. In *Internal Combustion Engineering: Science & Technology* (pp. 103-136). Elsevier
- Winarto, E. 2014. Pengaruh Modifikasi Sudut Kelengkungan Intake Manifold terhadap Performa Mesin pada Motor Empat Langkah. *Jurnal Teknik Mesin* 2(02): 196-202.
- Wiratno, T., S. Rahardjo, dan J. Suwignyo. 2012. Perhitungan Daya dan Konsumsi Bahan Bakar Motor Bensin Yamaha LS 100 cc. *TRAK SI*, 12(2) 58-75.

Yulianto, P. dan A. Muliawan 2016. Pengaruh Variasi Putaran Mesin terhadap Daya pada Engine Cummins KTTA 38 C. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni* 5(1): 23-32.