

Rekayasa Rancangan Konstruksi Knalpot Tunggal Sistim Saluran Gas Buang (*Exhaust Silencer/Muffler*) Pada Motor Pembakaran Dalam Sepeda Motor

Bambang Hermani¹, M. Fajar Sidiq²

¹ Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon

² Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal

¹ e-mail : prigele2bang@gmail.com

ABSTRAK

Penyaluran gas buang (*Exhaust Muffler*) dari Motor Pembakaran Dalam/*Internal Combustion Engines*, ke lingkungan berproses dari pemasukan campuran fluida gas udara bahan bakar lewat lubang laluan masuk kedalam silinder berlangsung di ruang bakar, disulut pemantik terjadi reaksi pembakaran didalam, produk akhir berupa gas buang panas tekanan tinggi, dikeluarkan lewat lubang laluan keluar ke knalpot merupakan sistem pembuangan penyalur gas buang dari mesin motor dan berakhir dibuang ke lingkungan dampak dari salah satu sumber suara bising.

Knalpot merupakan salah satu bagian terpenting dari sebuah sepeda motor. berfungsi mengontrol seberapa besar suara yang dipancarkan dari mesin melalui ruang *resonator* yang ada di dalam knalpot. Memilih knalpot yang tepat akan memberikan kendaraan suatu suara yang fantastis dan meningkatkan kinerja dan penghematan bahan bakar. Knalpot dari sepeda motor secara umum dijumpai dari jenis sepeda motor balap/sport, standar, cruiser, trail, bebek, skuter matik semua dirancang sesuai kebutuhan, dua model silencer knalpot, jenis 1). pipa knalpot lurus. 2). pipa knalpot tekanan balik. Hal yang pertama diterapkan untuk motor balap sejenisnya, karakteristik torsi maksimum di kecepatan tinggi dan daya besar, torsi minimum pada kecepatan rendah dengan kebisingan sangat tinggi, sebaliknya karakter pipa knalpot tekanan balik, kebisingan rendah dan respons yang baik pada kecepatan rendah dan berpengaruh pada output daya rotasi tinggi.

Strategi perancangan konstruksi knalpot sepeda motor ditujukan untuk sasaran modifikator, kastem, pemerhati knalpot dalam rekayasa rancang bangun sistim knalpot penyaluran gas buang, metode praktis knalpot, dari koreksi kalkulasi yang tidak sempurna, dimana kinerja knalpot hanya dapat dievaluasi setelah pengukuran eksperimental dilakukan.

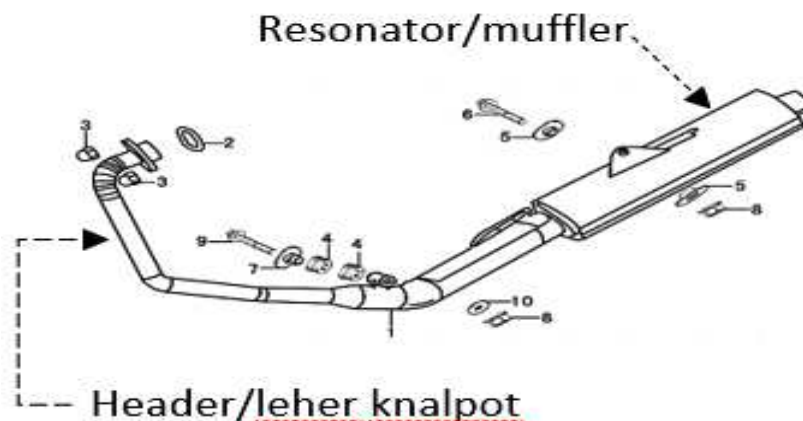
Kata kunci : knalpot modifikator, kerja eksperimental,

Pendahuluan

Bumi nusantara tempat kita pijak berjuta pemilik dan pengguna kendaraan sepeda motor roda dua terpantau, merek yang beragam. Soal kesukaan dan minat dari sepeda motor sebagai pemilik dan pengguna diantaranya sering diekspresikan antara lain dengan modifikasi knalpot motor tersebut, harapan besar berpeluang sosial dan ekonomi dimana para pelaku perbengkelan knalpot baik untuk sepeda motor ataupun mobil, pada umumnya merupakan pengagag otodidak dalam rekayasa konstruksi knalpot sepeda motor dengan sesuatu pekerjaan sederhana dan mudah dikenali pada hal – hal yang praktis sederhana dalam penanganan sistim penyaluran gas buang dari lubang keluaran Motor Pembakaran Dalam / *Internal Combustion Engines*, masuk pipa header atau leher knalpot dan silencer dari sepeda motor, ditujukan untuk kepada target para modifikator, teknisi, mahasiswa, komunitas custom knalpot dalam rekayasa konstruksi

sistim knalpot penyaluran gas buang, metode praktis knalpot, dibagian tabung berlubang kecil, dari koreksi kalkulasi yang tidak sempurna, karena kinerja knalpot hanya dapat dievaluasi setelah pengukuran eksperimental. secara logis untuk usaha bisa diraih suatu prestasi kerja rekayasa konstruksi dan pembuatan knalpot yang dapat di tingkatkan, juga dapat diperankan sebagai bahan kajian pengabdian kepada masyarakat ruang lingkup pada bahan belajar praktis, dalam rekayasa konstruksi sistim knalpot penyaluran gas buang dengan konstruksi knalpot dan rekayasa proses produksi knalpot standar.

Sistim knalpot terdiri atas beberapa bagian, Secara garis besar sistim knalpot bisa dibagi menjadi gambar.1. header dan silencer. Pertama, header atau lebih dikenal knalpot jadi bagian pertama yang menyalurkan gas buang hasil pembakaran dari mesin sepeda. Jadi, header ini berupa pipa panjang dengan geometri belokan pipa tidak boleh sembarangan, sebab sangat, berpengaruh langsung pada kinerja daya keluaran yang dihasilkan dari mesin motor tersebut.



Gambar.1. header & Resonantor

Pada sepeda motor keluaran terbaru saat ini, dimana dalam knalpot ditempatkan sukucadang dinamakan *catalytic converter* atau katalis, Komponen katalis berfungsi sebagai penetralisir kandungan gas asap buang mudah berkotaminasi ke lingkungan akibat proses pembakaran seperti gas karbon dioksida, karbon monoksida, nitrogen oksida, sukucadang ini berfungsi menekan kadar emisi gas buang dari sisa pembakaran, yang diletakan diujung header dekat sambungan silencer, Kalau di motor lama, biasanya ada di tengah header. komponen utama dari knalpot seperti Silencer/Resonator yang berfungsi untuk mengurangi intensitas suara knalpot sehingga suara yang dihasilkan lebih tenang dan lebih kalem. Komponen dalam muffler pada umumnya hanyalah besi-besi bolong tipis yang berfungsi sebagai dinding suara. Konstruksi dari silencer atau muffler terdapat sekat/partition, dirancang seagai ruang resonator biasa dibuat dua ruangan resonator pada muffler sepeda motor, fungsi sekat ruang resonator dalam silencer sangat berguna untuk resonansi gelombang suara tekanan positif datang dari ledakan gas buang ketika katup buang terbuka agar supaya tidak terlalu bising, rekayasa enjinereng alat resonator untuk peredam bunyi/suara keras dari saluran gas buang sepeda motor, ada beberapa elemen memiliki dampak besar pada konstruksi knalpot sepeda motor seperti pada sistem pembuangan gas asap buang melalui dari header hingga pipa keluar gas buang ke lingkungan. [1]

Rekayasa rancangan konstruksi knalpot pada sistim penyaluran gas buang (*exhaust silencer/muffler*) mesin sepeda motor dengan jenis motor pembakaran dalam (*internal combustion engines*), pada pembuatannya haruslah mengikuti regulasi Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (UU LLAJ), dijelaskan bahwa knalpot yang laik jalan merupakan salah satu persyaratan teknis kendaraan yang dapat dikemudikan di jalan. Berdasarkan peraturan tersebut, tingkat kebisingan maksimal kapasitas motor 80 cc sebesar 80 dB. Sedangkan motor berkapasitas di atas 175 cc adalah 95 dB. Pengukuran tingkat bising dalam

decibel pada jarak 1 meter dari ujung knalpot dan bukaan gas rendah, di bukaan gas terbuka penuh sejarak 2 meter terukur 15 db di monitor sound noise level meter. [2]



Gambar.2. iklan di pintu pagar SMK Nasional Jl.Perjuangan-Binawan 1.Cirebon

Landasan Teori

1. Mekanisme Pembilasan

Mekanisme pembilasan dari siklus motor pembakaran dalam atau ekstraksi gas buang, sisa dari ruang bakar pada dan dari periode pembuangan adalah dengan memanfaatkan energi kinetik dari gas buang keluar menghasilkan gelombang kompresi diikuti oleh gelombang ekspansi di mana tekanan gas berkurang menjadi penekanan di wilayah lubang laluan knalpot dari sistem pembuangan.

Bukaan katup buang menjelang akhir langkah induksi tenaga melepaskan produk akhir proses pembakaran, yang berada di bawah tekanan yang kuat, pada saluran pembuangan/manifold dan header pipa knalpot. Pengeluaran gas pruduk akhir proses pembakaran motor pembakaran dalam yang bertekanan tinggi dari silinder di keluarkan ke lubang pembuangan (lubang katup buang) dengan cepat dan segera menggantikan kolom gas yang menempati lubang katup buang dan saluran pipa pembuangan terjadi dengan seketika, sehingga menyebabkan gas buang dicapai kecepatan aliran tinggi pada saluran utama.

2. Kecepatan Gas Buang

Ide kreatif tentang kecepatan aliran gas buang motor pembakaran dalam, jika kecepatan poros engkol diketahui maka kecepatan gas buang dihitung dengan persamaan berikut :

$$V_g = \frac{SN}{30000} \left(\frac{D}{d}\right)^2 \quad (m/s) \quad \{1\}$$

D = diameter piston (mm)

d = diameter lubang katup (mm)

S = langkah piston (mm)

V_p = kecepatan piston rata-rata (m/s)

V_g = kecepatan rata-rata gas (m/s)

N = kecepatan poros engkol (rpm)

Rumus ini hanya memberikan indikasi yang sangat kasar dari sinus kecepatan gas dan tidak memperhitungkan pembukaan angkat katup buang yang selalu bervariasi.

3. Kecepatan Bunyi Dalam Gas

$$C = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} \quad (m/s) \quad \{2\}$$

- C = kecepatan suara (m/s)
 γ = perbandingan kapasitas panas molar (untuk udara $\gamma = 1,4$)
 p = tekanan gas (N/m²)
 ρ = densitas gas (kg/m³)

Suhu berpengaruh terhadap cepat rambat bunyi dalam gas buang dengan,

$$pV = mRT \text{ atau } pV/m = RT$$

disusun Kembali

$$C = \sqrt{\gamma RT} \text{ dimana } \gamma \text{ dan } R \text{ tetap}$$

Disederhanakan,

$$\frac{c_2}{c_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \quad \{3\}$$

4. Gelombang Tekanan Bilas

Setiap kali katup buang terbuka menjelang akhir langkah tenaga, gelombang kompresi dilepaskan ke lubang buang. Pulsa gelombang tekanan positif ini berjalan ke ujung terbuka pipa knalpot di mana gas buang dikeluarkan ke atmosfer meninggalkan fraksi pembelokan di belakang, yaitu penurunan sesaat dalam kepadatan udara di sekitarnya akan terjadi pemantulan ke arah pintu keluar pipa sehingga menyebabkan gelombang negatif dipantulkan kembali ke dalam *exhaust gas*. Ketika denyut gelombang mencapai exhaust port akan dipantulkan kembali ke arah pipa keluaran sebagai gelombang positif, Sekali lagi disaat mencapai ujung pipa yang terbuka, gelombang bunyi akan dipantulkan ke dalam *exhaust gas system*.

t = waktu denyut gelombang untuk bergerak dari katup buang ke ujung pipa dan kembali (s)

L = Panjang saluran dari pintu keluar katup buang ke ujung pipa (m)

C = kecepatan suara melalui gas buang (5180 m/s)

N = kecepatan poros engkol mesin (rpm)

θt = perpindahan sudut engkol (drajat)

Jadi waktu denyut gelombang terbawa dari knalpot,

$$(t) = \frac{\text{jarak}}{\text{kecepatan}} = \frac{2L}{1000.C} \text{ (s)} \quad \{4\}$$

Jika perpindahan sudut poros engkol ' θt ' selama selang waktu yang sama,

$$\theta_t = \frac{0,012.L.N}{C} \text{ (drajat)} \quad \{5\}$$

$$\text{disusun ulang } L = \frac{\theta_t.C}{0,012.N} \text{ (mm)} \quad \{6\}$$

diperoleh pers panjang pipa. [2].

5. Resonator /Silencer/Muffler

Gelombang positif (tekanan) dan gelombang negatif (hisap), yang bergerak lewat dalam saluran berbentuk lubang, dapat digunakan untuk membantu gerakan piston dalam membuang gas buang bekas dan mengisi ulang silinder dengan muatan baru. Aturan dasar dalam membentuk pipa knalpot adalah bahwa pada daerah saluran terdapat peningkatan pada tiap penampang, denyut tekanan gas buang yang lewat tersebut akan mengembang, sehingga akan dipancarkan atau dipantulkan gelombang negatif kembali ke hulu di daerah saluran yang menahan denyut gelombang, akan menyebabkan pemantulan gelombang positif. Dalam sistem empat langkah, saat katup buang mulai terbuka, pulsa tekanan buang memasuki pipa header silinder itu. Ketika mencapai titik pelebaran saluran knalpot baik di mana header digabung dengan kolektor yang lebih besar atau digabung dengan megafon yang meruncing, geometri tersebut mengirim kembali gelombang tekanan negatif ke mesin. Panjang header dipilih untuk membuat gelombang negatif tiba di silinder selama katup tumpang tindih (overlap/kedua katup diruang bakar terbuka) periode di sekitar titik mati atas pada akhir langkah buang ketika katup buang belum sepenuhnya menutup

tetapi saluran masuk sudah mulai terbuka. Gelombang negatif itu memasuki silinder, mula-mula mengeluarkan gas buang masuk dari ruang bakar di atas piston, kemudian memasuki sistem intake penyebab aliran intake mulai memasuki silinder bahkan sebelum piston mulai bergerak ke bawah pada langkah hisapnya. Dalam hal ini meningkatkan torsi mesin dengan 1). mencegah penipisan muatan baru campuran udara bahan bakar oleh sisa gas buang dan 2). dengan memberikan proses pemasukan awal.

Karena gelombang negatif dan gelombang positif bergantian di pipa knalpot, pada beberapa rpm yang lebih rendah, tidak ada lagi gelombang negatif yang masuk ke ruang bakar selama katup tumpang tindih. Ini adalah gelombang positif, yang memasukkan gas buang kembali ke ruang bakar, kembali melalui katup masuk dan masuk ke sistem asupan. ini, dengan menipiskan muatan segar (bahan bakar-udara) yang akan diambil piston, menyebabkan penurunan torsi mesin. Ini adalah "titik datar" yang dikenal oleh semua pembuat mesin dan pembalap. Alam lingkungan memberi, tapi alam lingkungan juga mengambil.

Sistem Pipa knalpot dua langkah terlihat sangat berbeda. Mereka mulai dengan pipa header ramping seperti itu dari knalpot empat-stroke, diikuti oleh tanduk seperti megafon. Kemudian perbedaannya muncul: Setelah tanduk muncul bagian tengah dengan diameter konstan—setelah itu pipa dengan cepat meruncing ke bawah sebagai megafon terbalik—menjadi "pipa knalpot" berdiameter kecil (yang mungkin tidak terlihat di dalam beberapa bentuk knalpot). Saat piston dua langkah, turun pada langkah daya mesin motor, mulai membuka lubang pembuangan besar di dinding silinder, pulsa tekanan dilepaskan ke header. Ketika mencapai tanduk seperti megafon, itu adalah gelombang negatif yang dipantulkan kembali ke silinder. Di mana, tekanan gas buang rendah membantu mengeluarkan gas buang dari silinder dan membantu muatan baru masuk melalui dua atau lebih lubang pemindahan gas

Saat silinder terisi, beberapa muatan baru mulai hilang dari lubang pembuangan yang masih terbuka tetapi bantuan sedang dalam perjalanan. Keluar di dalam pipa, denut gelombang gas buang telah melewati bagian tengah pipa dan sekarang memasuki megafon terbalik, memantulkan gelombang positif kembali ke lubang pembuangan. Gelombang positif ini tiba tepat pada waktunya untuk memasukkan kembali muatan campuran udara bahan bakar baru ke dalam silinder yang mulai keluar dari port. Di zona rpm daya puncak yang sempit dari dua langkah, proses ini benar-benar beroperasi sebagai supercharger yang sangat efektif, memberikan dua langkah kekuatan yang luar biasa.

Pekerjaan perancang pipa knalpot adalah menciptakan zona torsi mesin yang didorong cukup lebar sehingga pengemudi, menggunakan gearbox, dapat menjaga mesin tetap beroperasi di zona tersebut hampir sepanjang waktu. Solusi mereka membantu memberikan daya dorong mesin dan suara raungan yang khas yang di sukai dengan daya dorong dan geraman khasnya, dan membentuk garis indah paling di ingat.

1. Pipa knalpot motor bakar dua langkah memiliki bentuk berbeda terdiri dari dua bagian megafon yang aktif satu sama lain untuk menyetel gelombang tekanan positif dan negatif ke posisi piston, dan untuk pengeluaran gas buang serta mengisi campuran udara-bahan bakar baru dan dinyalakan/disulut.
2. Sistem pembuangan empat langkah modern menggunakan desain yang mencakup perangkat seperti katup yang dikontrol secara elektronik untuk mengontrol tingkat kebisingan dan menyetel penyaluran daya.
3. Sistem pembuangan yang sangat disetel dan sangat ringan seperti kompetisi tertutup ini Sistem titanium Yoshimura Alpha T memaksimalkan panjang header dan aliran knalpot untuk meningkatkan torsi dan tenaga kuda.
4. Lebih rumit lagi desain knalpot sepeda motor modern adalah kebutuhan akan catalytic converter untuk mengurangi emisi berbahaya. Hal ini membutuhkan tindakan penyeimbangan teknik yang hanya dapat diketahui dengan melihat struktur internal desain knalpot saat ini.

Resonator ditempatkan urutan di belakang collector (header) atau dibelakang Catalytic Converter, jika dilengkapi dengan alat ini.

Prinsip kerja resonator adalah menggunakan metoda refleksi gelombang dan ini yang akan menentukan nada dasar suara/ *tone*. Semakin panjang resonator maka semakin banyak gelombang yang direfleksi/dipantulkan yang berinteraksi dengan gelombang yang datang sehingga suara menjadi senyap.



Gbr.2. Sekat ruang resonansi sepeda motor

Resonator berupa ruang tersekat / kamar partisi yang ditanam didalam tabung silencer dimana dinding tersebut dibuat berlubang dan dibalut glass wool padat, perban anti panas/ *exhaust wrap dei titanium fiber*. Resonator harus mampu mengalirkan debit gas asap buang sebesar yang dikeluarkan mesin motor, oleh karena itu, harus ada estimasi kalkulasi debit aliran gas buang/asap tersebut.[2].

$$Cfm = \frac{CC_{total}}{2} * \frac{N_{maks}}{28317} * Z \quad \{7\}$$

Cfm = debit aliran gas buang = aliran udara bahan bakar masuk silinder (*cubic Feet Minute*)

N_{maks} = Putaran mesin maksimum (rpm)

CC_{total} = Kapasitas isi silinder (CC)

Z = jumlah silinder

Tabel.1. Debit gas buang, Dari berbagai ukuran Inlet Resonator & Muffler

Ukuran Inlet	Debit (Cfm)
Muffler Freeflow 1 ½ Inch	200
Muffler Freeflow 1 ¾ Inch	315
Muffler Freeflow 2 Inch	500
Muffler Freeflow 2 ¼ Inch	625
Muffler Freeflow 2 ½ Inch	800
Muffler Freeflow 2 ¾ Inch	1030
Muffler Freeflow 3 Inch	1215

6. Diameter Pipa Knalpot

Metode pendekatan kalkulasi pipa knalpot sepeda motor yang dicari dengan persamaa berikut,

$$D = \sqrt{\frac{V_C}{L+3}} \quad (\text{cm}) \quad \{8\}$$

D = diameter dalam pipa (cm)

V_C = Volume silinder (cm^3 atau CC)

L = panjang knalpot (cm)

[3] Jeff Allen <https://www.cycleworld.com>

Pembahasan

Kalkulasi Rancangan Knalpot

Kalkulasi isi aliran gas buang/asap untuk kapasitas silinder 155 cc, putaran poros mesin maksimum 6000 rpm satu silinder, sepeda motor pembakaran dalam [2].

1. Kapasitas gas buang knalpot

$$Cfm = \frac{CC_{total}}{2} * \frac{N_{maks}}{28317} * Z$$
$$= 16,2 \quad Cfm$$

2. Panjang pipa knalpot diberikan

C = kecepatan suara gas buang (518 m/s).

θt = perpindahan sudut engkol (180 derajat)

$$L = \frac{\theta t \cdot C}{0,012 \cdot N} \quad (\text{mm})$$

$$L = 1295 \quad (\text{mm})$$

$$L = 129,5 \quad (\text{cm})$$

3. Diameter pipa knalpot

$$D = \sqrt{\frac{VC}{L+3}} \quad (\text{cm})$$

$$D = 1,1 \quad (\text{cm})$$

dalam praktek dibulatkan x2

$$D_o = 2,1 \quad (\text{cm})$$

$$D_i = 1,9 \quad (\text{cm})$$

Kesimpulan

1. Kalkulasi praktis memudahkan dalam eksperimen perancangan untuk mendapatkan ukuran utama dariancang – anclang knalpot standar sepeda motor yang menggunakan mesin konversi energi motor bakar pembakaran dalam
2. Kerja praktek/eksperimen untuk proses pembuatan knalpot standar lebih mungkin dikerjakan.
3. Model suara knalpot yang dihasil dapat di tune sesuai keinginan rancang bangun konstruksi knalpot dengan model resonator modifikasi.

Daftar Pustaka

- [1]. Advanced engine technology Heinz Heisler. Published in great Britain 1995 by Edward Arnold, ISBN 0340568224. Euston Road 338 London NW13 BH.
- [2]. Four-stroke Performance Tuning. A. Graham Bell. Haynes publishing, ISBN 185 960 4358. Spark ford, Yeovil, Somerset BA227JJ.UK
- [3]. <https://www.chinesemotorcycleparts>
- [4]. https://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/uu/uu_no.22_tahun_2009.pdf
- [5]. Jeff Allen <https://www.cycleworld.com>