

PENGARUH PENGGUNAAN KNALPOT STANDAR DAN RACING TERHADAP TEKANAN BALIK, SUHU DAN BUNYI PADA SEPEDA MOTOR 4TAK

Welsa Putra¹, Hasan Maksum², Donny Fernandez³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Otomotif FT UNP

Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang 25131 INDONESIA

wellsiajo@yahoo.co.id

Intisari- Seiring dengan meningkatnya aktivitas, manusia semakin memerlukan alat transportasi yang aman, nyaman dan memadai sebagai sarana pendukung mobilitas. Akibatnya, semakin hari jumlah arus lalu lintas dan jenis kendaraan yang menggunakan ruas-ruas jalan semakin bertambah. Hal ini menimbulkan masalah dibidang transportasi, salah satunya adalah masalah tekanan balik, suhu dan polusi suara (kebisingan) yang ditimbulkan dari knalpot kendaraan. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan menggunakan sepeda motor Bajaj Pulsar. Pengujian tingkat tekanan balik, suhu dan bunyi dilakukan pada putaran 1200 Rpm, 2000 Rpm, 3000 Rpm, dan 4000 Rpm dengan menggunakan knalpot standar dan racing. Hasil penelitian pengujian knalpot standar dan racing pada sepeda motor Bajaj Pulsar menunjukkan bahwa penggunaan knalpot standar tekanan balik yang tinggi yaitu (17,3 Psi) dan penggunaan knalpot racing menghasilkan tingkat tekanan balik yang rendah (14,33 Psi). Pada penggunaan knalpot standar menghasilkan suhu knalpot yang tinggi yaitu (216,9 °C), sedangkan menggunakan knalpot racing menghasilkan suhu knalpot yang lebih tinggi yaitu (315,96). Pada penggunaan knalpot standar menghasilkan bunyi yang rendah yaitu (68,67 db) sedangkan pada penggunaan knalpot racing menghasilkan bunyi yang tinggi yaitu (71,76 db). Dari hasil perhitungan mean diperoleh persentase tingkat tekanan balik knalpot standar dengan racing adalah 26,30%, pada pengukuran suhu yaitu 34,41 dan tingkat kebisingan yaitu 14,031. Dengan demikian hipotesis penelitian yang dikemukakan sebelumnya terjadi perbedaan tingkat tekanan balik yang sangat tinggi pada knalpot standar, tingkat kebisingan dan suhu yang sangat tinggi pada knalpot non standar. Hal ini disebabkan karna knalpot standar peredam suara dan memiliki turbelensi yang tinggi sehingga menimbulkan bunyi yang tidak bising,

Kata Kunci: Knalpot Standar dan Racing, Tekanan Balik, Suhu dan Bunyi

I. LATAR BELAKANG

Menurut Gunadi Sinduwinata sebagaimana dikutip dari Korlantas Polri mengatakan bahwa “Pertumbuhan sepeda motor yang terjadi pada tahun 2012 sampai tahun 2013 mengalami peningkatan sebesar 12 %. “Sepeda motor masih menjadi andalan utama dan paling terjangkau bagi mayoritas masyarakat Indonesia”. Knalpot pada kendaraan berguna untuk meredam hasil ledakan di ruang bakar. Ledakan pembakaran campuran bahan bakar dan udara berlangsung begitu cepat diruang bakar. Ledakan ini menimbulkan suara yang sangat bising. Untuk meredam suara tersebut/gas sisa hasil pembakaran yang keluar dari katup buang tidak langsung dilepas ke udara terbuka. Gas buang disalurkan terlebih dahulu ke dalam peredam suara atau *muffler* di dalam knalpot. Inilah fungsi utama dari knalpot pada awalnya.

Pada sepeda motor terjadi tekanan yang disebabkan oleh gas buang ketika keluar dari sistem pembuangan. Tekanan tersebut merupakan tekanan balik (*back pressure*). Beberapa *engine* membutuhkan tekanan balik, sehingga ketika melepaskan sistem pembuangan akan menyebabkan kerusakan internal. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 07/2009 tentang Ambang Batas Kebisingan Kendaraan Bermotor. Tipe Baru menegaskan batas ambang kebisingan sepeda motor untuk tipe 80 cc ke bawah maksimal 85 desibel (db), tipe 80-175cc maksimal 90 db dan 175cc ke atas maksimal 90 db. Dengan telinga normal, kita dengan mudah membedakan mana suara bising melebihi batas dan mana suara normal sebuah knalpot sepeda motor.

II. KAJIAN TEORI

A. Tekanan Balik

Menurut Rendy (2012) menyatakan bahwa:

“Pengaruh knalpot sebenarnya mempunyai prinsip yaitu semakin jalur pembuangan lancar maka tenaga mesin pun akan keluar secara maksimal. Kelancaran gas buang dipengaruhi oleh desain dan ukurannya, makin sedikit leukannya maka hambatan akan semakin berkurang begitu juga dengan diamater pipa yang besar, pipa yang besar akan membuat aliran gas buang menjadi semakin lancar. Aliran gas buang yang terlalu lancar juga tidak terlalu baik bagi sebuah knalpot, karena bila terlalu lancar maka efek *back pressure* pada mesin akan berkurang, efek *back pressure* adalah efek dorongan untuk membantu piston untuk bergerak dengan memanfaatkan tekanan gas sisa pembakaran. Efeknya bila terlalu lancar maka tenaga dan torsinya turun. Kemudian panjang dan pendek knalpot juga sangat berpengaruh pada karakter mesin.”

Akibat dari tekanan balik yang tinggi adalah kurang ruang bakar menjadi kotor atau tidak bersih. *Back pressure* ini akan mengembalikan gas buang yang sudah terbakar sebagian masuk kembali ke dalam ruang bakar saat terjadi *overlap* katup. Masuknya sebagian gas buang yang sudah tidak bisa terbakar lagi masuk ke dalam ruang bakar akan mengurangi efisiensi volumetris udara yang masuk dari katup hisap. Sisa gas buang yang tersisa dalam silinder ini mempengaruhi campuran baru pada saat langkah hisap (Maleev, 1989).

Menurut Martinus (2012: 32) back pressure atau tekanan balik adalah tekanan static tambahan yang disebabkan oleh knalpot pada mesin melalui hambatan pada aliran gas buang. Tekanan ini hanya dapat berpengaruh ketika katup buang terbuka dan terjadi ketika *overlapping*.

Tekanan balik akan melingkupi gas yang terbakar dari saluran silinder, sewaktu katup terbuka. Tekanan balik terjadi saat gas hasil

buangan bertemu dengan udara/bensin yang masuk, hingga terjadi keseimbangan antara aliran gas buang dan campuran udara bensin yang masuk. Elemen-elemen dalam sistem pembuangan juga akan sulit terkendali saat terjadi tekanan balik. Untuk itu, diperlukan *header* dan komponen-komponen lain dalam sistem pembuangan, sebagai penyelaras antara pembuangan dan *intake*. Unsur-unsur ini akan mengurangi proses hilangnya torsi dan tenaga.

V.M Domkundwar (2001) dalam bukunya *Internal Combution Engine*, mengemukakan bahwa sisa gas buang yang masuk ke dalam silinder mengakibatkan rasio bahan bakar dan udara menjadi berkurang (*lean mixture*). Campuran tersebut sukar untuk terbakar atau lambat dalam proses pembakaran. Francois Jaussi dalam penelitiannya tentang *Exhaust Gas Recirculation* menyatakan bahwa *back pressure* berakibat pada meningkatnya karbondioksida yang disertai meningkatnya suhu gas buang.

B. Suhu

Suhu adalah besaran termodynamika yang menunjukkan besarnya energi kinetik translasi rata-rata molekul dalam sistem gas, suhu diukur dengan termometer (kamus kimia : Balai Pustaka : 2002). Suhu biasanya didefinisikan sebagai ukuran atau derajat panas-dinginnya suatu benda atau sistem. Benda yang panas memiliki suhu yang tinggi sedangkan benda yang dingin memiliki suhu yang rendah. Pada hakikatnya suhu adalah ukuran energi kinetik rata-rata yang dimiliki molekul-molekul sebuah benda.

Berdasarkan Ireng Sigit Atmanto (2000: 3)

dijelaskan bahwa :

“Besarnya suhu yang terjadi pada akhir kompresi suatu motor dirumuskan sebagai berikut:

$$Te = T_e \cdot e^{-\gamma} \quad \text{Sumber Petrovsky hal 29}$$

T_c = Temperatur akhir kompresi
(M.D.Artamonov,MM Morin)

Motor Bensin (600°K - 750°K)

Motor Diesel (750°K - 900°K)

T_a = Temperatur awal Kompresi
(M.D.Artamonov,MM Morin)

Motor Bensin (340°K - 400°K)

Motor Diesel (310°K - 360°K)

e = Perbandingan Kompresi
(M.D.Artamonov,MM Morin)

Motor bensin ... 6 - 12

Motor Diesel... 16 – 20

Dengan adanya pembakaran bahan bakar suhu motor akan naik lagi. Dan besarnya suhu akhir pembakaran pada saat motor beroperasi di bawah beban penuh adalah : Motor Bensin 2300°K - 2700°K dan Motor Diesel 1800°K - 2200°K ., namun demikian suhu motor tersebut hanya terjadi pada ruang bakar sedangkan suhu yang sampai pada ruang engkol dan bantalan yang saling bergesekan menurun karena adanya pendinginan pada motor.

Berdasarkan hasil observasi langsung ke bengkel tentang suhu pangkal knalpot dan suhu gas buang pada sepeda motor Bajaj Pulsar didapatkan hasil bahwa:

Tabel 2. Suhu Pangkal Knalpot

No.	Putaran Mesin (Rpm)	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)
1	1200 (idle)	$89,9^{\circ}\text{C}$ - $92,3^{\circ}\text{C}$
2	2000	$97,3^{\circ}\text{C}$ - $103,5^{\circ}\text{C}$
3	3000	$201,1^{\circ}\text{C}$ - $207,3^{\circ}\text{C}$
4	4000	$225,4^{\circ}\text{C}$ - $240,3^{\circ}\text{C}$

Sumber : Pengujian dilapangan

Tabel 3. Suhu Gas Buang

No.	Putaran Mesin (Rpm)	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)
1	1200 (idle)	40,5 $^{\circ}\text{C}$ -41,3 $^{\circ}\text{C}$
2	2000	36,1 $^{\circ}\text{C}$ -37,3 $^{\circ}\text{C}$
3	3000	201,1 $^{\circ}\text{C}$ -207,3 $^{\circ}\text{C}$
4	4000	225,4 $^{\circ}\text{C}$ -240,3 $^{\circ}\text{C}$

Sumber : Pengujian dilapangan.

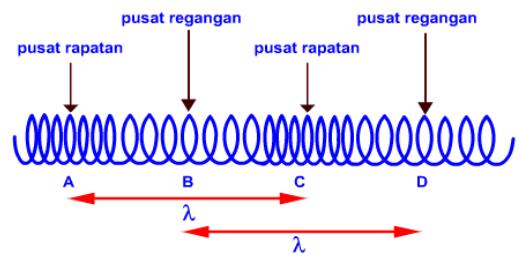
C. Bunyi

Menurut Mastria Suandika dalam Didi (2008: 3) menyatakan bahwa: “Bunyi adalah hasil getaran sebuah benda. Getaran dari sumber bunyi menggetarkan udara sekitarnya dan merambat ke segala arah sebagai gelombang longitudinal. Bunyi secara psikologis didefinisikan sebagai hasil dari variasi-variasi tekanan diudara yang berlaku pada permukaan gendang telinga mengubah tekanan ini menjadi sinyal-sinyal elektrik dan diterima otak sebagai bunyi.”

Menurut Eka Sunitra (2009: 2) bunyi secara fisis adalah penyimpanan tekanan akibat pergeseran partikel benda pada medium udara. Tiga elemen utama yang perlu diperhatikan dalam setiap situasi akustik adalah sumber – jejak perambatan – telinga (penerima). Tingkat pada tekanan bunyi dapat diukur dengan *Sound Level Meter* yang mengukur tingkat tekan bunyi yang efektif dalam satuan decibel.

Djalante (2012) mengemukakan bahwa “kebisingan dapat didefinisikan sebagai suara yang tidak dikehendaki dan mengganggu manusia. Seberapa kecil atau lembut suara yang terdengar, jika hal tersebut tidak diinginkan maka disebut kebisingan”. Sunitra (2008) bahwa “bising adalah bunyi keras yang mengganggu, umumnya

disebabkan oleh kenaikan tekanan bunyi. Kebisingan dapat dirasakan apabila bunyi mempunyai tekanan diatas 60 dB”



Gambar 1: Gelombang longitudinal.

Buchari (2007) mengatakan bahwa “kebisingan adalah bunyi atau suara yang tidak dikehendaki dan dapat mengganggu kesehatan, kenyamanan serta dapat menimbulkan ketulian”. Sunitra (2008) bahwa “bising adalah bunyi keras yang mengganggu, umumnya disebabkan oleh kenaikan tekanan bunyi. Kebisingan dapat dirasakan apabila bunyi mempunyai tekanan diatas 60 dB”.

Tabel 4 : Nilai Ambang Batas Kebisingan

Waktu Pemajaman Per Hari		Intensitas Kebisingan
8	Jam	85
4		88
2		91
1		94
30	Menit	97
15		100
7,5		103
3,75		106
1,88		109
0,94		112
28,12	Detik	115
14,06		118
7,03		121
3,52		124
1,76		127
0,88		130
0,44		133
0,22		136
0,11		139

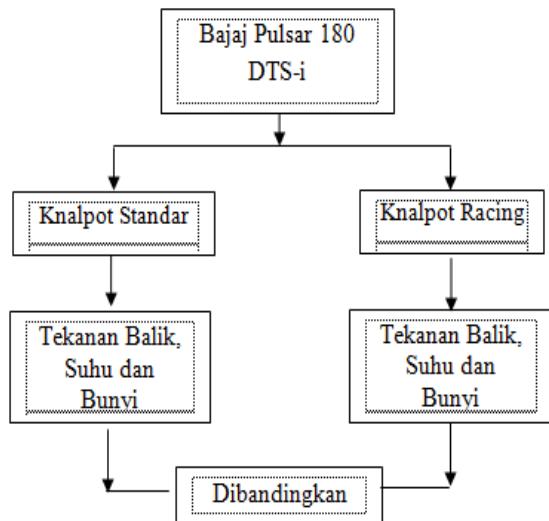
Catatan : tidak boleh terpajan lebih dari 140 dBA meskipun sesaat
(Sumber : Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 7 tahun 2009 tentang ambang batas kebisingan kendaraan bermotor tipe baru).

Nilai ambang batas adalah kadar maksimum yang diperbolehkan. Kebisingan dapat mengganggu kenyamanan, kesehatan dan dapat menyebabkan ketulian, sehingga lahirlah peraturan tentang nilai ambang batas kebisingan yaitu Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor : KEP-51/MEN/1999 pasal 3 yang berbunyi:

- 1) Nilai ambang batas kebisingan ditetapkan sebesar 85 dBA
- 2) Kebisingan yang melampaui Nilai Ambang Batas, waktu pemajangan ditetapkan sebagaimana tercantum dalam tabel diatas.

D. Kerangka Konseptual

Pada penelitian ini akan dicari perbandingan penggunaan antara knalpot standar dan racing terhadap tekanan balik, suhu dan bunyi pada sepeda motor 4tak. Dari uraian di atas maka dapat ditentukan suatu paradigma penelitian sebagai berikut :



Gambar 2. Kerangka Berpikir

eksperimen di laboratorium terhadap sejumlah benda uji, kemudian analisis datanya dengan menggunakan angka-angka. Sugiyono (2012: 72) berpendapat bahwa “Metode penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan”.

Penelitian ini diadakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh knalpot racing terhadap tekanan balik, suhu dan bunyi sepeda motor 4Tak.

A. Objek Penelitian

Menurut Suharsimi (2006: 101) menyatakan, “Objek penelitian merupakan sasaran atau objek yang dijadikan pokok pembicaraan dalam penelitian”. Adapun yang menjadi objek penelitian dalam penelitian ini adalah sepeda motor empat langkah yaitu Bajaj Pulsar 180 DTS-i dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 5. Spesifikasi Bajaj Pulsar

No	Spesifikasi Sepeda Motor	Keterangan
1	Merk	Pulsar
2	Tipe Engine	4 Langkah SOHC
3	Jumlah Silinder	1
4	Volume Silinder	178,8 cc
5	Diameter x Langkah	50 x 55 mm
6	Perbandingan Kompresi	9,2 : 1
7	Kopling	Otomatis, centrifugal, tipe kering
8	Sistem Pengapian	DC – CDI, Battery
9	Sistem Bahan Bakar	Karburator
10	Torsi Maksimum	8,32 N.m (0,85 kgf.m)
11	Daya Maksimum	8,22 PS / 8000 rpm

(Sumber: Manual Book Bajaj)

B. Instrumen dan Alat Pengumpulan data

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Bahan penelitian

Bahan yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan knalpot standar dan racing.

2. Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan adalah:

III. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode eksperimen dan merupakan penelitian kuantitatif yaitu memaparkan secara jelas hasil

- a. *Tire gauge*, yaitu alat yang berfungsi untuk mengukur besarnya tekanan pada objek yang akan diteliti.



Gambar 3. Tire gauge Digital
Sumber: Dokumentasi 15 Januari 2015

- b. *Termometer*, yaitu alat yang berfungsi untuk mengukur suhu mesin.



Gambar 4. Thermometer Digital
Sumber : motor.otomotifnet.com

- c. *Tachometer*, yaitu alat yang berfungsi untuk mengetahui besarnya putaran mesin dalam satuan RPM (*Rotation Per Minutes*).
- d. *Sound Level Meter*, yaitu alat yang berfungsi untuk mengukur tingkat tingkat kebisingan atau suara.
- e. *Tool set*.

C. Prosedur penelitian

1. Persiapan kondisi mesin
 - a. Mengganti minyak pelumas dan pemeriksaan kebocoran
 - b. Mengganti atau membersihkan saringan udara.
 - c. Service karburator
 - d. Mengganti busi dan pemeriksaan celah busi.
 - e. Stel katup.
 2. Langkah pemanasan mesin
 - a. Menghidupkan mesin.
 - b. Memanaskan mesin pada putaran *idle* (1200, 2000, 3000, 4000 rpm) sampai mesin 80-90°
 - c. Memeriksa kondisi mesin uji dan memastikan semua berjalan dengan normal dan instrument berjalan dengan baik.
 - d. Mesin siap diuji tekanan baliknya.
3. Pengujian menggunakan knalpot standar dan racing terhadap tekanan balik
 - a. Pengujian dengan knalpot standar dan racing yaitu dengan pipa buang yang telah dimodifikasi dan dibuatkan ulir tempat *pressure gauge* dimasukkan sehingga bisa membaca berapa tekanan yang dihasilkan.
 - b. Mesin/engine dipanaskan dan diukur dengan *thermometer* sampai suhu kerja mesin 85-95° C.
 - c. Mesin dalam keadaan idle kemudian *Tire Gauge* dipasangkan pada pipa gas buang.
 - d. Setelah alat ukur menunjukkan nilai tekanan balik, kemudian dicatat.
 - e. Setelah selesai, lepaskan *Tire gauge* dari pipa knalpot.
 - f. Tunggu 20-30 menit agar gas buang sisa yang masuk pada alat ukur bersih, lalu lakukan lagi pengulangan pengujian sampai 3 kali dengan langkah yang sama.
 4. Pengujian menggunakan knalpot standar dan racing terhadap suhu
 - a. Pengujian dengan knalpot standar dan racing yaitu dengan thermometer yang ditempelkan pada engine dan ditempelkan pada knalpot sehingga bisa membaca berapa suhu yang dihasilkan.

- b. Mesin/engine dipanaskan sampai suhu berkisar $85-95^{\circ}\text{C}$
 - c. Mesin dalam keadaan idle kemudian *thermometer* dipasangkan pada pipa gas buang.
 - d. Setelah alat ukur menunjukkan nilai suhu engine, kemudian dicatat.
 - e. Setelah selesai, lepaskan *thermometer* dari pipa knalpot.
 - f. Masing-masing percobaan dilakukan sebanyak tiga kali percobaan dan dicatat hasilnya.
- D. Teknik Pengumpulan Data**
- Teknik pengumpulan data adalah dengan mengambil langsung pada sepeda motor yang sedang diuji dengan menggunakan alat uji *Tire Gauge* dan hasil dari pengujian besarnya tekanan balik yang dikeluarkan oleh alat ini menggunakan satuan Psi atau kg/cm^2 , Thermometer untuk menguji suhu engine dan suhu knalpot standar dan racing, dan Sound level meter digunakan untuk menguji tingkat kebisingan dari knalpot standar dan racing.
- Alat pengumpulan data berupa tabel yang selanjutnya akan diolah, sehingga menghasilkan grafik persentase tingkat tekanan balik, suhu dan bunyi pada sepeda motor yang diuji.
- E. Teknik Analisis Data**
- Untuk menguji hipotesis maka dilakukan uji kesamaan rata-rata dengan menggunakan uji t. Menurut Sudjana (2002: 239) untuk menguji kesamaan dua rata-rata pada uji dua pihak, misalnya penelitian yang memerlukan perbandingan antara dua keadaan dapat dilakukan melalui uji t menggunakan rumus.
- Untuk menganalisis keseluruhan data yang diperoleh dan mengetahui hasil pengukuran pada masing-masing busi dilakukan analisa sebagai berikut:
1. Data yang diperoleh langsung dari alat pengukur konsumsi yaitu gelas ukur.

- Kemudian data hasil pengujian dibandingkan antara pengujian pertama dengan pengujian ke dua dan ke tiga.
- Mendiagnosis data dengan rumus dari Lipson (1973: 138) menyatakan:

$$t_2 = \frac{(\bar{x} - \bar{y}) - (\mu_x - \mu_y)}{\sqrt{\frac{(nx-1)s_x^2 + (ny-1)s_y^2}{nx+ny-2} \sqrt{\frac{1}{nx} + \frac{1}{ny}}}}$$

Dimana :

T_2 = Harga t untuk sampel yang berbeda

$$H_0 : [(\mu_x - \mu_y) = 0]$$

\bar{x} = Rata - rata sampel ke-1

\bar{y} = Rata - rata sampel ke-2

s_x^2 = Standar deviasi sampel 1

s_y^2 = Standar deviasi sampel 2

n_x dan n_y = Jumlah sampel

- Kemudian hasil t_{hitung} dibandingkan dengan t_{tabel} pada taraf signifikan 5%. Apabila diperoleh harga t_{hitung} lebih besar dari pada t_{tabel} , maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan antara kedua data yang dibandingkan adalah signifikan. Sebaliknya jika harga t_{hitung} lebih kecil dari pada t_{tabel} , maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan yang ada tidak signifikan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data dari hasil penelitian yang telah dilakukan, pengaruh penggunaan knalpot standar dengan non standar (*racing*) terhadap tekanan balik, suhu dan bunyi pada sepeda motor Bajaj Pulsar, maka data yang didapatkan, untuk menjawab permasalahan dengan menganalisis data tersebut dan memberikan gambaran dalam bentuk dan grafik.

Tabel 6. Pengujian tekanan balik menggunakan knalpot standar (Psi)

Putaran Mesin (RPM)	Knalpot Standar			Jumlah	Rata-rata
	Uji 1	Uji 2	Uji 3		
1200	7,5	7,5	7,0	22	7,33
2000	8,0	8,0	8,5	24,5	8,17
3000	15,5	16,0	16,5	48	16
4000	17,5	17,5	17,0	52	17,3

Tabel 7. Pengujian tekanan balik menggunakan knalpot racing (Psi)

Putaran Mesin (RPM)	Knalpot Racing			Jumlah	Rata-rata
	Uji 1	Uji 2	Uji 3		
1200	4,5	4,5	5	14	4,67
2000	6,0	6,5	6,8	19,3	6,43
3000	10,5	10,5	11	32	10,67
4000	14,0	14,5	14,5	43	14,33

Tabel 8. Pengujian suhu pangkal knalpot standar (°C)

Putaran Mesin (RPM)	Knalpot standar			Jumlah	Rata-rata
	Uji 1	Uji 2	Uji 3		
1200	149,5	149,7	149,9	449,1	149,7
2000	179,0	179,2	179,7	537,0	179,3
3000	198,2	198,4	198,9	595,5	198,5
4000	216,7	216,9	217,2	650,8	216,9

Dari tabel hasil penelitian diatas didapatkan analisa data pengujian suhu pangkal knalpot standar, pada putaran 1200 Rpm didapat rata-rata suhu pangkal knalpot sebesar 149,7 °C, pada putaran 2000 Rpm yaitu 179,3 °C, pada putaran 3000 Rpm yaitu 198,5 °C dan pada putaran 4000 Rpm yaitu 216,9 °C.

Tabel 9. Pengujian suhu tengah knalpot standart (°C)

Putaran Mesin (RPM)	Knalpot standart			Jumlah	Rata-rata
	Uji 1	Uji 2	Uji 3		
1200	59,7	60,0	60,4	180,1	60,03
2000	76,3	76,5	76,9	229,7	76,56
3000	77,5	77,9	88,4	243,8	81,26
4000	85,0	85,4	85,9	256,3	85,43

Dari tabel hasil penelitian diatas didapatkan analisa data pengujian suhu tengah knalpot standar, pada putaran 1200 Rpm didapat rata-rata suhu tengah knalpot sebesar 60,03 °C, pada putaran 2000 Rpm yaitu 76,56 °C, pada putaran 3000 Rpm yaitu 81,26 °C dan pada putaran 4000 Rpm yaitu 85,43 °C.

Tabel 10. Pengujian suhu gas buang knalpot standart (°C)

Putaran Mesin (RPM)	Knalpot standar			Jumlah	Rata-rata
	Uji 1	Uji 2	Uji 3		
1200	36,9	37,2	37,7	111,8	37,26
2000	39,5	39,9	40,4	119,8	39,93
3000	41,3	41,7	42,0	125	41,67
4000	43,9	44,2	44,4	132,5	44,17

Dari tabel hasil penelitian diatas didapatkan analisa data pengujian suhu gas buang knalpot standar, pada putaran 1200 Rpm didapat rata-rata suhu gas buang knalpot sebesar 37,26 °C, pada putaran 2000 Rpm yaitu 39,93 °C, pada putaran 3000 Rpm yaitu 41,67 °C dan pada putaran 4000 Rpm yaitu 44,17 °C.

Tabel 11. Pengujian suhu pangkal knalpot racing (°C)

Putaran Mesin (RPM)	Knalpot Racing			Jumlah	Rata-rata
	Uji 1	Uji 2	Uji 3		
1200	119,1	119,4	119,8	358,3	119,43
2000	277,0	277,3	277,7	832	277,3
3000	312,3	312,7	313,3	938,3	312,76
4000	315,7	315,9	316,3	947,9	315,96

Dari tabel hasil penelitian diatas didapatkan analisa data pengujian suhu pangkal knalpot racing, pada putaran 1200 Rpm didapat rata-rata suhu pangkal knalpot sebesar 119,43 °C, pada putaran 2000 Rpm yaitu 277,3 °C, pada putaran 3000 Rpm yaitu 312,76 °C dan pada putaran 4000 Rpm yaitu 315,96 °C.

Tabel 12. Pengujian suhu tengah knalpot racing (°C)

Putaran Mesin (RPM)	Knalpot Racing			Jumlah	Rata-rata
	Uji 1	Uji 2	Uji 3		
1200	44,5	44,7	44,9	134,1	44,7
2000	96,0	96,5	96,9	289,4	96,46
3000	130,0	130,6	130,8	391,4	130,46
4000	138,4	138,9	138,9	416,2	138,73

Dari tabel hasil penelitian diatas didapatkan analisa data pengujian suhu tengah knalpot racing, pada putaran 1200 Rpm didapat rata-rata suhu tengah knalpot sebesar 44,7 °C, pada putaran 2000 Rpm yaitu 96,46 °C, pada putaran 3000 Rpm yaitu 130,46 °C dan pada putaran 4000 Rpm yaitu 138,73 °C.

Tabel 13. Pengujian suhu gas buang knalpot racing (°C)

Putaran Mesin (RPM)	Knalpot Racing			Jumlah	Rata-rata
	Uji 1	Uji 2	Uji 3		
1200	35,6	35,8	36,2	107,6	35,86
2000	43,0	43,2	43,8	130	43,33
3000	43,3	43,5	43,7	130,5	43,5
4000	45,4	45,6	45,9	136,9	45,63

Dari tabel hasil penelitian diatas didapatkan analisa data pengujian suhu gas buang knalpot racing, pada putaran 1200 Rpm didapat rata-rata suhu gas buang knalpot sebesar 35,86 °C, pada putaran 2000 Rpm yaitu 43,33 °C, pada putaran 3000 Rpm yaitu 43,5 °C dan pada putaran 4000 Rpm yaitu 45,63 °C.

Tabel 14. Pengujian bunyi knalpot standar (db)

Putaran Mesin (RPM)	Knalpot standar			Jumlah	Rata-rata
	Uji 1	Uji 2	Uji 3		
1200	68	68	70	206	68,67
2000	72	72	75	219	73
3000	76	77	79	232	75,33
4000	80	82	84	246	82

Dari tabel hasil penelitian diatas didapatkan analisa data pengujian bunyi menggunakan knalpot standar, pada putaran 1200 Rpm didapat rata-rata bunyi knalpot sebesar 68,67 db, pada putaran 2000 Rpm yaitu 73 db, pada putaran 3000 Rpm yaitu 75,3 db dan pada putaran 4000 Rpm yaitu 82 db.

Tabel 15. Pengujian bunyi knalpot racing (db)

Putaran Mesin (RPM)	Knalpot racing			Jumlah	Rata-rata
	Uji 1	Uji 2	Uji 3		
1200	71	71	73	215	71,66
2000	77	80	80	237	79
3000	94	92	96	282	94
4000	98	96	98	292	97,33

Dari tabel hasil penelitian diatas didapatkan analisa data pengujian bunyi menggunakan knalpot racing, pada putaran 1200 Rpm didapat rata-rata bunyi knalpot sebesar 71,66 db, pada putaran 2000 Rpm yaitu 73 db, pada putaran 3000 Rpm yaitu 94 db dan pada putaran 4000 Rpm yaitu 97,33 db.

A. Analisis Data Tekanan Balik, Suhu dan bunyi

1. Analisis data tekanan balik

Tabel 16. Analisis data tekanan balik knalpot standar dan knalpot racing

Analisis Data Tekanan Balik Knalpot Standar dengan Knalpot Racing

Putaran	\bar{x}	\bar{y}	Nx	Ny	Sx	Sy	Ttes	T tabel	Signifikan
1200	7,33	4,67	3	3	0,28682	0,23573	12,41076	2,353	Signifikan
2000	8,17	6,43	3	3	0,28682	0,33	6,89300	2,353	Signifikan
3000	16	10,67	3	3	0,41231	0,23573	19,41995	2,353	Signifikan
4000	17,3	14,33	3	3	0,23875	0,23573	15,32745	2,353	Signifikan

Dari hasil analisa tabel diatas didapat

hasil perhitungan menggunakan t-test Lipson kemudian dibandingkan dengan t-tabel (2,353) didapatkan hasil t-test tekanan balik pada putaran 1200 Rpm yaitu 12,41067 (Signifikan), pada putaran 2000 Rpm yaitu 6,89300 (Signifikan), pada putaran 3000 Rpm yaitu 19,41995 (Signifikan) dan pada putaran 4000 Rpm yaitu 15,32745 (Signifikan).

2. Analisis data suhu pangkal knalpot Standar dan racing

Tabel 17. Analisis data suhu pangkal knalpot standar dan knalpot racing

Analisis Data Suhu Pangkal Knalpot Standar dengan Knalpot Racing

Putaran	\bar{x}	\bar{y}	Nx	Ny	Sx	Sy	Ttes	T tabel	Signifikan
1200	149,7	119,1	3	3	0,16329	0,39991	121,54186	2,353	Signifikan
2000	179,3	277,0	3	3	0,29439	0,28867	-23,25650	2,353	Tidak Signifikan
3000	198,5	312,3	3	3	0,29439	0,41101	-391,46224	2,353	Tidak Signifikan
4000	216,9	315,7	3	3	0,20816	0,24953	-522,36022	2,353	Tidak Signifikan

Dari hasil analisa tabel diatas didapat hasil perhitungan menggunakan t-test Lipson kemudian dibandingkan dengan t-tabel (2,353) didapatkan hasil t-test suhu pangkal knalpot pada putaran 1200 Rpm yaitu 121,54186 (Signifikan), pada putaran 2000 Rpm yaitu -23,25650 (Tidak Signifikan), pada putaran 3000 Rpm yaitu -391,46224 (Tidak Signifikan) dan pada putaran 4000 Rpm yaitu -522,36022 (Tidak Signifikan).

3. Analisis data suhu tengah knalpot standar dan racing

Tabel 18. Analisis data suhu tengah knalpot standar dan knalpot racing

Analisis Data Suhu Tengah Knalpot Standar dengan Knalpot Racing									
Putaran	\bar{x}	\bar{y}	Nx	Ny	Sx	Sy	Ttes	T tabel	Signifikan
1200	60,03	44,7	3	3	0,28675	0,16329	80,46822	2,353	Signifikan
2000	76,56	96,46	3	3	0,24953	0,36823	-77,49221	2,353	Tidak Signifikan
3000	81,26	130,46	3	3	5,04667	0,34	-84,84753	2,353	Tidak Signifikan
4000	85,43	138,73	3	3	0,36819	0,23574	-211,16437	2,353	Tidak Signifikan

Dari hasil analisa tabel diatas didapat

hasil perhitungan menggunakan t-test Lipson kemudian dibandingkan dengan t-tabel (2,353) didapatkan hasil t-test suhu tengah knalpot pada putaran 1200 Rpm yaitu 80,46822 (Signifikan), pada putaran 2000 Rpm yaitu -77,49221 (Tidak Signifikan), pada putaran 3000 Rpm yaitu -84,84753 (Tidak Signifikan) dan pada putaran 4000 Rpm yaitu -211,16437 (Tidak Signifikan).

4. Analisi data suhu gas buang knalpot standar dan knalpot racing

Tabel 19. Analisi data suhu gas buang kanlpot standar dan knalpot racing

Analisis Data Gas Buang Knalpot Standar dengan Knalpot Racing									
Putaran	\bar{x}	\bar{y}	Nx	Ny	Sx	Sy	Ttes	T tabel	Signifikan
1200	37,26	35,86	3	3	0,33005	0,24953	5,86093	2,353	Signifikan
2000	39,93	43,33	3	3	0,36819	0,33994	-13,92873	2,353	Tidak Signifikan
3000	41,67	43,5	3	3	0,28676	0,16329	-9,60630	2,353	Tidak Signifikan
4000	44,17	45,63	3	3	0,20549	0,20550	-8,70135	2,353	Tidak Signifikan

Dari hasil analisa tabel diatas didapat

hasil perhitungan menggunakan t-test Lipson kemudian dibandingkan dengan t-tabel (2,353) didapatkan hasil t-test suhu gas buang pada putaran 1200 Rpm yaitu 5,86093 (Signifikan), pada putaran 2000 Rpm yaitu -13,92873 (Tidak Signifikan), pada putaran 3000 Rpm yaitu -9,60630 (Tidak Signifikan)

dan pada putaran 4000 Rpm yaitu -8,70135 (Tidak Signifikan).

5. Analisis data bunyi knalpot standar dan racing

Tabel 20. Analisis data bunyi knalpot standar dan racing

Analisis Data Bunyi Kinalpot Standar dengan Kinalpot Racing										
Putaran	\bar{x}	\bar{y}	n_x	N_y	S_x	S_y	t_{tes}	T tabel	Signifikant	
1200	68,67	71,76	3	3	0,94281	0,94283	-4,014	2,353	Tidak Signifikan	
2000	72,67	79	3	3	1,41421	1,41421	-5,482	2,353	Tidak Signifikan	
3000	75,33	94	3	3	1,51743	1,63299	-14,50638	2,353	Tidak Signifikan	
4000	81,33	97,33	3	3	1,76509	0,94281	-13,84874	2,353	Tidak Signifikan	

Dari hasil analisa tabel diatas didapat

hasil perhitungan menggunakan t-test Lipson kemudian dibandingkan dengan t-tabel (2,353) didapatkan hasil t-test bunyi knalpot pada putaran 1200 Rpm yaitu -4,014 (Tidak Signifikan), pada putaran 2000 Rpm yaitu -5,482 (Tidak Signifikan), pada putaran 3000 Rpm yaitu -14,50638 (Tidak Signifikan) dan pada putaran 4000 Rpm yaitu -13,84874 (Tidak Signifikan).

B. Tekanan Balik, Suhu dan Bunyi

1. Tekanan Balik

Gambar 5. Hasil Pengujian Tekanan Balik pada Kinalpot



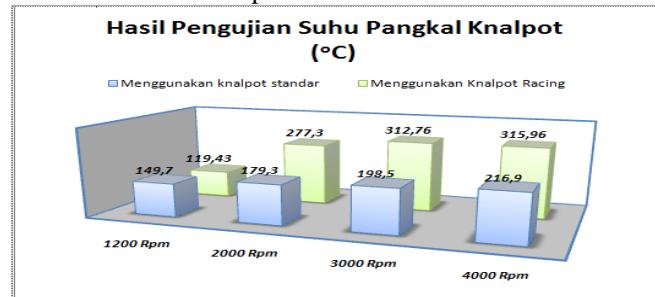
Berdasarkan grafik pengujian tekanan balik pada knalpot di atas, dapat dilihat rata-rata Tekanan balik knalpot pada sepeda motor Bajaj Pulsar 180 DTS-i yang menggunakan knalpot standar pada putaran 1200 Rpm memiliki rata-rata tekanan 7,33 Psi, pada putaran 2000 sebesar 8,17 Psi, pada

putaran 3000 sebesar 16 Psi dan pada putaran 4000 sebesar 17,3 Psi. Menggunakan knalpot racing pada putaran 1200 Rpm memiliki rata-rata sebesar 4,67 Psi, pada putaran 2000 Rpm sebesar 6,43 Psi, pada putaran 3000 Rpm sebesar 10,67 Psi dan pada putaran 4000 Rpm sebesar 14,33 Psi. Dari grafik diatas juga dapat dilihat bahwasanya terdapat peningkatan rata-rata tekanan balik knalpot pada saat menggunakan knalpot standar sebesar 18,0545 %.

2. Suhu

1) Suhu Pangkal knalpot

Gambar 6. Hasil pengujian suhu pangkal knalpot

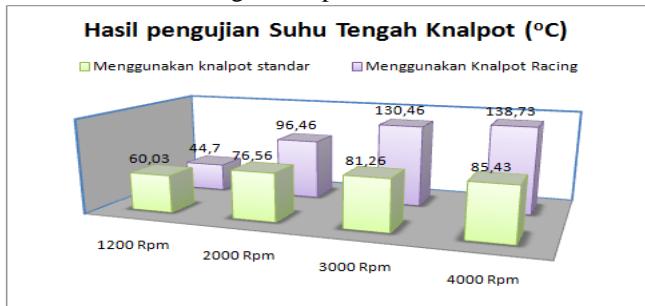


Berdasarkan grafik pengujian suhu pangkal knalpot di atas, dapat dilihat rata-rata suhu pangkal knalpot pada sepeda motor Bajaj Pulsar 180 DTS-i yang menggunakan knalpot standar pada putaran 1200 Rpm memiliki rata-rata suhu 149,7 °C, pada putaran 2000 sebesar 179,3 °C, pada putaran 3000 sebesar 198,5 °C dan pada putaran 4000 sebesar 216,9 °C. Pada penggunaan knalpot racing pada putaran 1200 Rpm memiliki rata-rata sebesar 119,43 °C, pada putaran 2000 Rpm sebesar 277,3 °C, pada putaran 3000 Rpm sebesar 312,76 °C dan pada

putaran 4000 Rpm sebesar $315,96^{\circ}\text{C}$. Dari grafik diatas juga dapat dilihat bahwasanya terdapat kenaikan rata-rata suhu pangkal knalpot setelah menggunakan knalpot racing sebesar - $34,4175\%$.

2) Suhu Tengah Knalpot

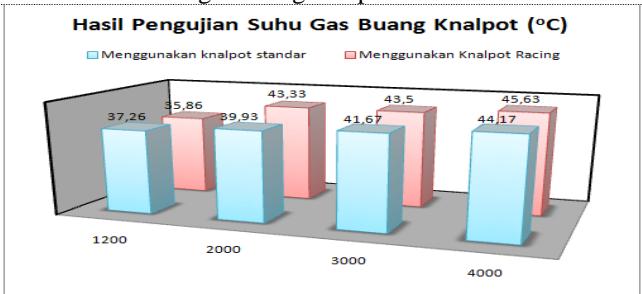
Gambar 7. Diagram hasil pengujian suhu tengah knalpot



Berdasarkan grafik pengujian suhu tengah knalpot di atas, dapat dilihat rata-rata suhu tengah knalpot pada sepeda motor Bajaj Pulsar 180 DTS-i yang menggunakan knalpot standar pada putaran 1200 Rpm memiliki rata-rata suhu $60,03^{\circ}\text{C}$, pada putaran 2000 sebesar $76,56^{\circ}\text{C}$, pada putaran 3000 sebesar $81,26^{\circ}\text{C}$ dan pada putaran 4000 sebesar $85,43^{\circ}\text{C}$. Pada penggunaan knalpot *racing* pada putaran 1200 Rpm memiliki rata-rata sebesar $44,70^{\circ}\text{C}$, pada putaran 2000 Rpm sebesar $96,46^{\circ}\text{C}$, pada putaran 3000 Rpm sebesar $130,46^{\circ}\text{C}$ dan pada putaran 4000 Rpm sebesar $138,73^{\circ}\text{C}$. Dari grafik diatas juga dapat dilihat bahwasanya terdapat kenaikan rata-rata suhu tengah knalpot setelah menggunakan knalpot racing sebesar - $30,848\%$.

3) Suhu Gas buang Knalpot

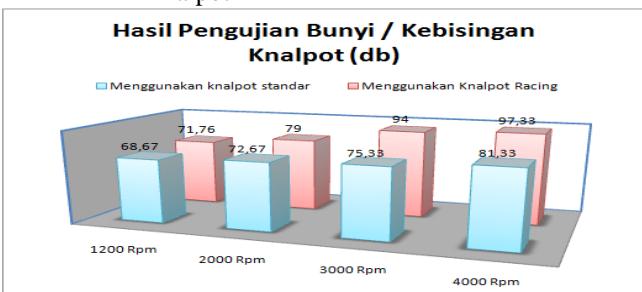
Gambar 8. Diagram hasil pengujian suhu gas buang knalpot



Berdasarkan grafik pengujian suhu gas buang knalpot di atas, dapat dilihat rata-rata suhu tengah knalpot pada sepeda motor Bajaj Pulsar 180 DTS-i yang menggunakan knalpot standar pada putaran 1200 Rpm memiliki rata-rata suhu $37,26^{\circ}\text{C}$, pada putaran 2000 sebesar $39,93^{\circ}\text{C}$, pada putaran 3000 sebesar $41,67^{\circ}\text{C}$ dan pada putaran 4000 sebesar $44,17^{\circ}\text{C}$. Pada penggunaan knalpot *racing* pada putaran 1200 Rpm memiliki rata-rata sebesar $35,86^{\circ}\text{C}$, pada putaran 2000 Rpm sebesar $43,33^{\circ}\text{C}$, pada putaran 3000 Rpm sebesar $43,5^{\circ}\text{C}$ dan pada putaran 4000 Rpm sebesar $45,63^{\circ}\text{C}$. Dari grafik diatas juga dapat dilihat bahwasanya terdapat kenaikan rata-rata suhu gas buang knalpot setelah menggunakan knalpot racing sebesar $-3,114\%$.

3. Bunyi

Gambar 9. Diagram Hasil pengujian bunyi knalpot



Berdasarkan grafik pengujian bunyi atau kebisingan knalpot di atas, dapat dilihat rata-rata suhu tengah knalpot pada sepeda motor Bajaj Pulsar 180 DTS-i yang menggunakan knalpot standar pada putaran 1200 Rpm memiliki rata-rata suhu 68,67 db, pada putaran 2000 sebesar 72,67 db, pada putaran 3000 sebesar 75,33 db dan pada putaran 4000 sebesar 81,33 db. Pada penggunaan knalpot *racing* pada putaran 1200 Rpm memiliki rata-rata sebesar 71,76 db, pada putaran 2000 Rpm sebesar 79 db, pada putaran 3000 Rpm sebesar 94 db dan pada putaran 4000 Rpm sebesar 97,33 db. Dari grafik diatas juga dapat dilihat bahwasanya terdapat kenaikan rata-rata bunyi knalpot setelah menggunakan knalpot racing sebesar -14,031 %.

C. Pembahasan

Sesuai dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai, yaitu untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan knalpot standar dan *racing* terhadap tekanan balik, suhu dan bunyi pada sepeda motor Bajaj Pulsar 180 DTS-i. Pada penelitian yang telah dilaksanakan, pengujian pada putaran mesin 1200 Rpm, 2000 Rpm, 3000 Rpm dan 4000 Rpm yang pada setiap putarannya dilakukan tiga kali dilakukan pengujian untuk kemudian diambil nilai rata-ratanya, rata-rata inilah yang digunakan dalam hasil analisis data.

1. Tekanan Balik

- Menggunakan knalpot standar dibanding menggunakan knalpot racing

Berdasarkan hasil analisa data, perbandingan tekanan balik sepeda motor yang menggunakan knalpot standar dan menggunakan knalpot *racing* yang dihitung menggunakan uji t dengan cara mencari t_{hitung} . Pada Rpm 1200 didapatkan nilai t_{hitung} 4.352, Rpm 2000 didapatkan nilai t_{hitung} 2.782, Rpm 3000 didapatkan nilai t_{hitung} 5.412 dan Rpm 4000 didapatkan nilai t_{hitung} 23.067. Data-data tersebut dikatakan signifikan karena t_{hitung} besar dari t_{tabel} (2,353). Sesuai dengan hipotesis terdapat perbedaan yang signifikan pada penggunaan knalpot standar dan racing terhadap tekanan balik pada sepeda motor 4Tak.

2. Suhu

- Suhu pangkal knalpot
 - Menggunakan knalpot standar dibanding menggunakan knalpot racing

Berdasarkan hasil analisa data, perbandingan suhu pangkal knalpot sepeda motor yang menggunakan knalpot standar dan yang menggunakan knalpot *racing* yang dihitung menggunakan uji t dengan cara mencari t_{hitung} . Pada Rpm 1200 didapatkan nilai t_{hitung} 121.541, Rpm 2000 didapatkan nilai t_{hitung} -23.256, Rpm 3000 didapatkan t_{hitung} -391.462 dan Rpm 4000 didapatkan nilai t_{hitung} -522,360. Data-data

tersebut dikatakan tidak signifikan karena t_{hitung} kecil dari t_{tabel} (2,353).

b. Suhu Tengah Knalpot

- 1) Menggunakan knalpot standar dibanding menggunakan knalpot racing Berdasarkan hasil analisa data, perbandingan suhu tengah knalpot sepeda motor yang menggunakan knalpot standar dan yang menggunakan knalpot racing yang dihitung menggunakan uji t dengan cara mencari t_{hitung} . Pada Rpm 1200 didapatkan nilai t_{hitung} 121.541, Rpm 2000 didapatkan nilai t_{hitung} -23.256, Rpm 3000 didapatkan t_{hitung} -391.462 dan Rpm 4000 didapatkan nilai t_{hitung} -522,360. Data-data tersebut dikatakan tidak signifikan karena t_{hitung} kecil dari t_{tabel} (2,353).

c. Suhu Gas Buang

- 1) Menggunakan knalpot standar dibanding menggunakan knalpot racing Berdasarkan hasil analisa data, perbandingan suhu gas buang knalpot sepeda motor yang menggunakan knalpot standar dan yang menggunakan knalpot racing yang dihitung menggunakan uji t dengan cara mencari t_{hitung} . Pada Rpm 1200 didapatkan nilai t_{hitung} 5.860, Rpm 2000 didapatkan nilai t_{hitung} -13.928, Rpm 3000 didapatkan t_{hitung} -9.606 dan Rpm 4000 didapatkan nilai t_{hitung} -8,701. Data-

data tersebut dikatakan tidak signifikan karena t_{hitung} kecil dari t_{tabel} (2,353). Sesuai dengan hipotesis terdapat perbedaan yang signifikan pada penggunaan knalpot standar dan racing terhadap suhu pada sepeda motor 4Tak, suhu yang dimaksud adalah suhu pangkal knalpot, suhu tengah knalpot dan suhu gas buang pada knalpot tersebut.

d. Bunyi

- 1) Menggunakan knalpot standar dibanding menggunakan knalpot racing Berdasarkan hasil analisa data pada tabel 33 diatas, perbandingan bunyi sepeda motor yang menggunakan knalpot standar dan yang menggunakan knalpot racing yang dihitung menggunakan uji t dengan cara mencari t_{hitung} yang terlampir pada lampiran 5 halaman 69. Pada Rpm 1200 didapatkan nilai t_{hitung} -4.014, Rpm 2000 didapatkan nilai t_{hitung} -5.482, Rpm 3000 didapatkan nilai t_{hitung} -14.506 dan Rpm 4000 didapatkan nilai t_{hitung} -13.848. Data-data tersebut dikatakan tidak signifikan karena t_{hitung} kecil dari t_{tabel} (2,353). Sesuai dengan hipotesis terdapat perbedaan yang signifikan pada penggunaan knalpot standar dan racing terhadap bunyi pada sepeda motor 4Tak.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Semakin bertambah putaran mesin, maka semakin tinggi tingkat tekanan balik, suhu dan bunyi yang dihasilkan oleh sepeda motor 4 Tak, baik pada saat menggunakan knalpot standar maupun menggunakan knalpot racing
2. Penggunaan Knalpot racing dapat menaikkan bunyi dan suhu, akan tetapi knalpot racing juga dapat melepaskan suhu dengan cepat dibandingkan knalpot standar. Knalpot racing memiliki tekanan balik yang sangat kecil dibandingkan knalpot standar, ini dikarenakan knalpot racing tidak memiliki hambatan atau sekat seperti knalpot standar. Apabila suatu engine memiliki tekanan balik yang besar maka kondisi engine tersebut tidak bersih dan performa mesin juga tidak bagus.

B. Saran

1. Bagi masyarakat para pemilik kendaraan bermotor khususnya sepeda motor 4 Tak sebaiknya menggunakan knalpot standar karena suhu dan bunyi yang dihasilkan tidak membuat pengendara dan masyarakat resah. Sehingga nantinya diharapkan timbul kesadaran untuk mengurangi pencemaran terhadap lingkungan, khususnya yang bersumber dari kendaraan bermotor.
2. Bagi peneliti selanjutnya sangat baik jika dianalisa faktor-faktor atau variabel-variabel lain yang mempengaruhi tingkat tekanan balik, suhu dan bunyi knalpot sepeda motor dengan beberapa macam tipe sepeda motor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. 2012. *Rasio Kompresi*. Majalah Otomotif
- [2] Arend, Bpm dan Schot, H. Beren. 1980. *Motor Bakar*. Jakarta : Erlangga.
- [3] Baharuddin. 2011. *Analisis Back Pressure Terhadap Prestasi Mesin Diesel nanchang 2105 A-3*. Jurnal Teknik Perkapalan.
- [4] Danang. 2012. *Rasio Kompresi*. Universitas Negeri Sriwijaya.
- [5] Didi Kusaeri, Lagiyono, dan Rusnoto. 2008. *Angka Emisi Kebisingan Pada Knalpot Bermaterial Besi, kuningan dan Aluminium Pada Sepeda Motor Jenis Honda Revo Tahun 2008*. Jurnal Penelitian.
- [6] Domkundwar, V.M. 2011. *Internal Combution Engine*. Dhampat rai Co.Ltd. New Delhi.
- [7] Eka Sunitra. 2009. *Analisis Karakteristik kebisingan Knalpot Komposit Pada Mobil Toyota Kijang Tipe 7K*. Jurnal Teknik Mesin-ISSN 1829-8958.
- [8] Erzeddin Alwi dan Amrizal Arief. 1996. *Sepeda Motor*. Padang: Ikip Padang Press.
- [9] Jaussi, Francois. 2008. *Critical Effect of filters on engine and filters by engine*. Course on Ultrafine Diesel Particles Science and Technologi Organisation. Australia.
- [10] Kementerian Lingkungan Hidup. 1996. *Tentang Baku Tingkat Kebisingan*. Jakarta: Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup.
- [11] Leslie L. Doelle. 1986. *Akustik Lingkungan*. Jakarta : Erlangga
- [12] Maleev V.L. 1989. *internal Combution Engine 2nd Edition*. McGraw-Hill, USA
- [13] Martinus. (2012). *Efek Perubahan Aliran Gas Buang Dalam Knalpot Untuk Ditetapkan Pada Mesin Kapal klotok 10 HP*. Depok. Universitas Indonesia
- [14] Rendy. 2012. Sekilas tentang knalpot racing motor (part 1). <http://bahasotomotif.com/2012/10/sekilas-tentang-knalpot-racing-motor-part-1/> (diakses 30 Mei 2014).
- [15] Setijati Hediyyono. 2012. Tingkat Kebisingan dan Pengaruhnya Terhadap Mahasiswa di Bengkel Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang. Jurnal Teknik Mesin.
- [16] Suharsimi Arikunto. 1996. *Manajemen Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta