

STUDI AWAL UNJUK KERJA PENDINGIN UDARA (*AIR COOLER*) BERBASIS TERMoeLEKTRIK PADA *AIR DUCT* SEPEDA MOTOR TIPE SKUTIK

Imansyah Ibnu Hakim^{1,a*}, Alief Rizka Husniawan²

¹Departemen Teknik Mesin FTUI, Kampus Baru UI Depok 16424, Indonesia

² Laboratorium Perpindahan Kalor - Departemen Teknik Mesin FTUI, Kampus Baru UI Depok
16424, Indonesia
imansyah@eng.ui.ac.id

Abstrak

Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk Indonesia, kebutuhan akan transportasi semakin meningkat, jumlah kepemilikan sepeda motor dari tahun ke tahun terus mengalami kenaikan. Sepeda motor, khususnya jenis matik merupakan moda transportasi yang sangat vital dalam perannya di hampir seluruh kota di Indonesia. Dari beberapa media cetak ditemukan beberapa keluhan pengguna sepeda motor skutik bahwa performanya kurang baik. Banyak hal yang menyebabkan kurangnya performa ini, salah satunya adalah kondisi udara yang masuk ke ruang bakar. Pada penelitian ini, dirancang alat pendingin udara berbasis termoelektrik dengan tujuan agar udara yang masuk ke ruang bakar mengalami penurunan temperatur. Dengan demikian maka kerapatan partikel udara akan semakin meningkat. Melalui penelitian ini juga diharapkan bahwa campuran udara dan bahan bakar semakin baik sehingga akan terjadi peningkatan performa kendaraan. Pendingin udara berbasis termoelektrik digunakan karena tidak membutuhkan fluida pendingin dan hanya membutuhkan daya yang kecil. Beberapa parameter pengujian yang diukur diantaranya daya motor, torsi motor, konsumsi bahan bakar, temperatur udara dan emisi kendaraan. Parameter-parameter pengukuran tersebut dimonitor selama pengujian dengan menggunakan chassis dyno tester. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa temperatur udara dapat diturunkan dari 30°C menjadi 25°C pada kondisi udara bergerak dan mesin dalam kondisi putaran idle. Namun performa kendaraan mengalami penurunan di bawah kondisi standar. Hal ini disebabkan adanya tahanan aliran udara akibat pemasangan sirip dan pipa pada saluran udara. Hasil lain yang didapatkan adalah penurunan kadar emisi karbon monoksida sebesar 9,8% dari kondisi standar.

Kata kunci: *thermoelectric cooler, fuel consumption, Emission.*

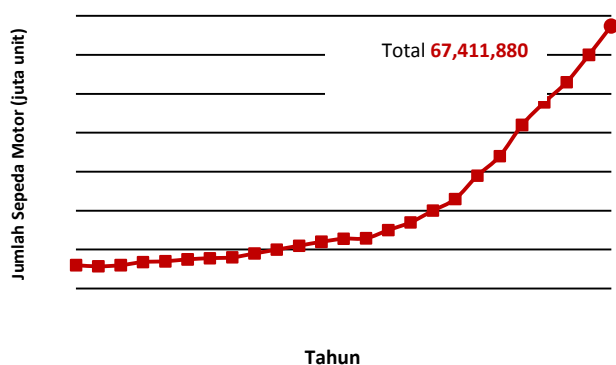
Pendahuluan

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi Indonesia, kebutuhan akan transportasi semakin meningkat, jumlah kepemilikan sepeda motor dari tahun ke tahun terus mengalami kenaikan. Data pertumbuhan tersebut dapat dilihat pada **Gambar 1.**, dari 12 juta unit pada tahun 2000 menjadi 60 juta unit pada tahun 2010 dan telah mendekati 70 juta unit pada tahun 2011[1]. Hal ini dapat disimpulkan bahwa sepeda motor merupakan moda transportasi yang sangat vital dalam perannya di masyarakat Indonesia. Dalam waktu 6 tahun terakhir sepeda motor tipe

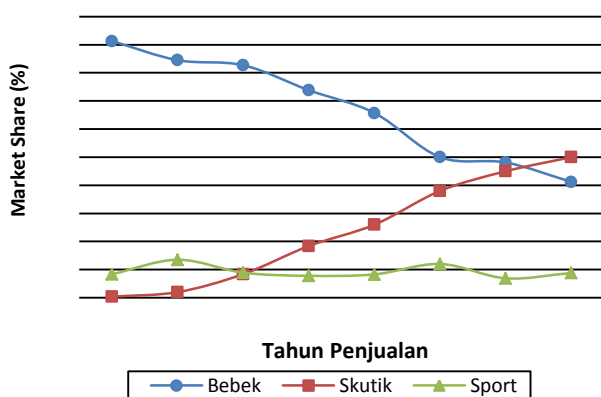
skutik memperlihatkan *trend* penguatan pasar dan mencapai puncaknya pada tahun 2011, tercatat dari data bulan Januari hingga September 2011 ini pangsa motor skutik telah mencapai 49,75% mengalahkan bebek yang menyusut sampai 42,13%. Pangsa motor sport sendiri relatif stabil di kisaran 7-8% [2]. Data ini terlihat jelas seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.

Pertumbuhan motor tipe skutik yang terus meningkat meninggalkan tipe bebek menunjukkan adanya perubahan selera pasar terhadap model kendaraan. Tipe skutik yang dinilai lebih nyaman dan mudah dikendarai

menjadi alasan utama kepemilikan tipe ini, namun permasalahan konsumsi bahan bakar yang boros dan performa yang kurang, dikeluhkan oleh pengguna sepeda motor tipe skutik.



Gambar 1. Pertumbuhan Sepeda Motor



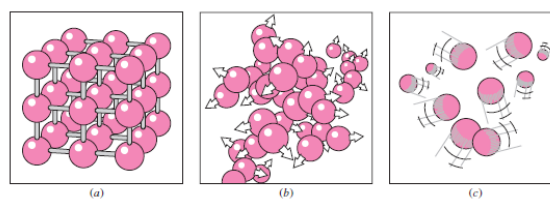
Gambar 2. Bagan market share sepeda motor berdasarkan tipe

Seperti keluhan pengguna motor matik yang dilansir situs *otomotifnet.com* tanggal 12 Desember 2011, memaparkan “saya pakai sepeda motor skutik tahun 2008, service rutin dan penggantian oli selalu terjaga, tapi kenapa belakangan ini kalau dibawa jalan tarikan kurang terasa seperti telat jalan...”. Hal senada juga dikeluhkan member lain dari rubrik tersebut publikasi tanggal 29 November 2011 “saya kurang puas dengan performa motor saya, caranya agar peforma motor naik gimana yaa.. motor saya skutik...”[3].

Keluhan pengguna motor skutik sebenarnya memiliki banyak relevansi dengan berbagai penyebab, baik itu dari segi kondisi komponen kendaraan, bahan bakar, kondisi udara, ekspektasi pengendara maupun kondisi

jalan raya. Namun pada penelitian ini, penulis melakukan penelitian mengenai keterkaitan antara performa sepeda motor skutik dengan perbaikan kondisi *input* udara dari lingkungan.

Perbaikan kondisi *input* udara yang dimaksud adalah dengan mengkondisikan udara pada suhu rendah sehingga kerapatan partikel udara saat berkendara siang hari akan meningkat. Mengacu pada prinsip termodinamik yang dapat dilihat pada **Gambar 3.**, bahwa semakin rendah temperatur udara maka semakin rapat ikatan antar partikel atau sebaliknya semakin tinggi temperatur maka semakin renggang ikatan antar partikel [4].



Gambar 3. Ikatan partikel pada kondisi (a) beku (*solid*), (b). cair (c). gas.

Pada penelitian ini dilakukan pengkondisian (pendinginan) udara pada *air duct* sepeda motor skutik dengan menggunakan *termoelektrik cooler*. Udara pada suhu rendah diharapkan dapat berpengaruh pada kondisi campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar sehingga akan terjadi peningkatan performa kendaraan.

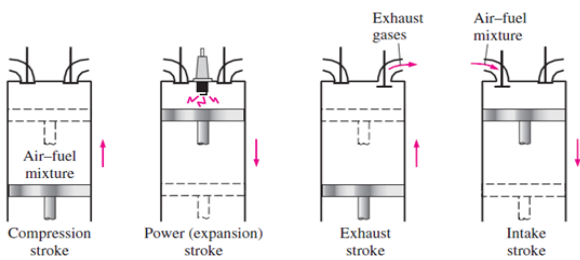
Selain itu, tujuan dari penelitian ini juga diharapkan untuk dapat menurunkan laju konsumsi bahan bakar dan dapat menurunkan kadar emisi karbon monoksida (%CO) hasil sisa pembakaran.

Tinjauan Pustaka

Motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) adalah mesin kalor yang berfungsi untuk mengkonversikan energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi mekanis. Proses ini terjadi di dalam suatu ruang bakar yang tertutup. Energi

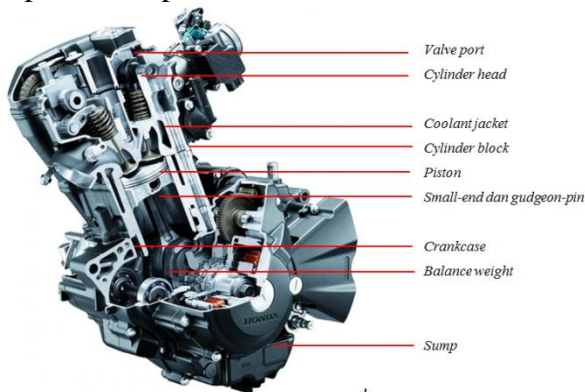
kimia dalam bahan bakar terlebih dahulu diubah menjadi energy termal melalui proses pembakaran. Energi termal yang diproduksi akan menaikkan tekanan yang kemudian menggerakkan mekanisme pada mesin seperti torak, batang torak dan poros engkol [5].

Prinsip kerja mesin Otto pada **Gambar 4**. meliputi empat langkah siklus yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja dan langkah buang. Masing-masing merupakan satu langkah translasi penuh dari piston, karena itu siklus penuh 4-langkah membutuhkan dua putaran dari poros engkol sebagai tumpuan dari piston. Poros ini kemudian meneruskan putaran ke bagian transmisi yang dapat dimanfaatkan sebagai penggerak kendaraan [6].



Gambar 4. Siklus kerja motor bakar 4 langkah

Konstruksi mesin Otto mengalami banyak perkembangan sejak awal diciptakannya tahun 1876, namun pada dasarnya konstruksi pada bagian intinya masih tetap sama, seperti piston, *connecting rod*, *valve*, *cylinder* dan *flyweight*. Konstruksi mesin Otto dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Konstruksi dasar mesin Otto

Penilaian sebuah motor biasanya identik dengan *power* dan torsi tertinggi yang dapat dicapai menurut desain manufaktur setelah

mempertimbangkan parameter ekonomi, *reliability* dan *durability* dengan perawatan yang teratur [7].

Torsi (*torque*), merupakan besaran yang menyatakan kemampuan mesin untuk melakukan kerja atau kemampuan mesin untuk menggerakkan atau memindahkan motor dari kondisi diam hingga berjalan [6]. Torsi berkaitan dengan akselerasi. Rumus torsi adalah sebagai berikut :

$$T = \frac{F \cdot L}{100} [N \cdot m] \dots\dots\dots(1)$$

F = Balance reading weight (N)
L = Torque arm length (mm)

Daya (*power*), adalah kemampuan untuk seberapa cepat kendaraan itu mencapai suatu kecepatan tertentu. Misalnya suatu mobil A dapat mencapai kecepatan 0-100km/jam hanya dalam waktu 10 detik, sementara mobil B mampu hanya dalam waktu 6 detik, dikarenakan mobil B memiliki angka *Power* yang lebih besar. Rumus untuk *power* adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{1000} \times \frac{2\pi n}{60} \times T \dots\dots\dots(2)$$

dengan *n* adalah *revolution per minute* (rpm), maka dari persamaan (1) dan (2) akan didapat persamaan sebagai berikut :

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot F \cdot L}{6 \cdot 10^7} [kW] \dots\dots\dots(3)$$

Daya roda belakang (*rear wheel power*) atau disebut juga *True Rear Wheel Horsepower* merupakan salah satu faktor pengukuran daya kendaraan yang menghitung besarnya daya sebenarnya yang terkirim sampai ke roda belakang. Daya ini merupakan *output* mesin yang sudah dipengaruhi oleh sistem pemindah daya serta sistem penggerak belakang dan roda kendaraan, sehingga daya roda belakang lebih mendekati daya yang sebenarnya pada aktual pemakaian kendaraan[8].

Konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) adalah laju bahan bakar yang

masuk ke ruang bakar dalam rentang waktutertentu [7], konsumsi bahan bakar dapat dirumuskan sebagai :

$$FC = \frac{V_f \times 3600}{t \times 1000} \dots\dots\dots(4)$$

- FC : konsumsi bahan bakar (liter/jam)
- V_f : konsumsi bahan bakar (mL)
- t : interval waktu pengukuran (detik)

Konsumsi bahan bakar spesifik (*specific fuel consumption*) adalah perbandingan antara laju bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dengan tenaga yang dihasilkan oleh mesin [7], konsumsi bahan bakar spesifik dirumuskan sebagai :

$$SFC = \frac{FC \times \rho}{P} \dots\dots\dots(5)$$

- SFC : *specific fuel consumption* (kg/kW.hr)
- ρ : = berat jenis bahan bakar (kg/liter)
- P : = *power* mesin (kW)

Bahan bakar yang paling banyak digunakan saat ini adalah senyawa kimia yang terdiri dari *carbon, hydrogen, dan oxygen*, sehingga banyak disebut bahan bakar hidrokarbon (*hydrocarbon fuel*). Secara umum bahan bakar hidrokarbon dirumuskan sebagai $C_nH_mO_y$.

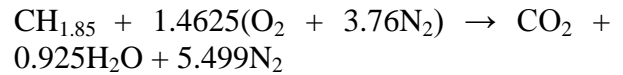
Udara pada kondisi normal merupakan campuran dari beberapa unsure kimia seperti *Nitrogen, Oxygen, Argon dan Carbon dioxide* serta unsur-unsur yang lain [7]. Tabel 1. menunjukkan komposisi relatif dari unsur utama pada udara.

Tabel 1. Unsur kimia utama dalam udara kering

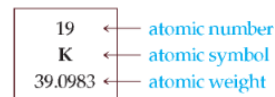
Gas	Ppm by volume	Molecular weight	Mole fraction	Molar ratio
O ₂	209.500	31.998	0.2095	1
N ₂	780.900	28.012	0.7905	3.773
Ar	9.300	39.948		
CO ₂	300	44.009		
Air	1000.000	28.962	1.0000	4.773

Dapat direpresentasikan bensin (*gasoline*) sebagai hidrokarbon fuel dengan rumus CH_{1.85} sedangkan kita tulis unsur utama yaitu

N₂ dan O₂ sehingga *stoichiometry* pembakarannya adalah sebagai berikut :



Selanjutnya untuk menghitung perbandingan udara dan bahan bakar secara *stoichiometry*, kita dapat mengalikan jumlah mol dalam reaksi di atas dengan *atomic molecular weight* dari tiap unsur yang kita dapatkan dari *periodic table of element* [9] :



Udara (*air*) : 1.4625 (1 + 3.76) * 28.97 = 201.67
 Bensin (*fuel*) : 1 * 13.85 = 13.85
 Sehingga perbandingan bahan bakar dan udara yang kita dapatkan adalah :
 A/F = 201,67 : 13,85 = 1 : 14,56
 perbandingan ini biasa disebut dengan perbandingan udara dan bahan bakar ideal stoikiometri (*ideal stoichiometric comparison*) [10].

Thermoelectric Cooler

Proses pengkondisian/pendinginan udara pada *air duct* menggunakan *thermoelectric cooler*. Dua logam yang berbeda disambungkan dan kedua ujung logam tersebut dijaga pada temperatur yang berbeda, maka akan ada lima fenomena yang terjadi, yaitu fenomena efek joule, efek fourier, efek seebeck, efek peltier dan efek thomson. Efek peltier ditemukan oleh Jean Charles Athanase Peltier pada tahun 1834 M, dimana dengan memberikan tegangan pada dua sambungan logam yang berbeda menghasilkan perbedaan temperatur. Hasil penemuan ini diikuti dengan perkembangan teknologi material semi konduktor menghasilkan alat yang dinamakan pendingin termoelektrik (*thermoelectric cooler*) [11].

Prinsip kerja pendingin termoelektrik berdasarkan efek peltier sepeti yang terlihat pada **Gambar 6.**, yaitu ketika arus DC dialirkan ke elemen peltier yang terdiri dari beberapa pasang sel semikonduktor tipe p

(semikonduktor yang mempunyai tingkat energi yang lebih rendah) dan tipe n (semikonduktor dengan tingkat energi yang lebih tinggi), akan mengakibatkan salah satu sisi elemen peltier menjadi dingin (kalor diserap) dan sisi lainnya menjadi panas (kalor dilepaskan) [12].



Gambar 6. Elemen Peltier

Pemanfaatan elemen peltier pada kehidupan sehari-hari dapat digunakan untuk berbagai kegunaan, seperti pendingin *portable* pada sepeda motor yang berguna untuk pendingin minuman ataupun susu yang lebih dikenal dengan *coolbox* [13]. Juga pendingin kabin mobil saat di parkir pada area di bawah terik matahari [14]. Pendingin vaksin sebagai alat membawa vaksin *portable* yang ringkas.

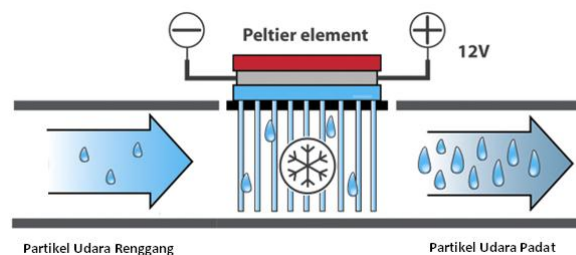
Selanjutnya pada penelitian ini dirancang alat pendingin udara pada saluran udara (*air duct*) ke ruang bakar kendaraan untuk memperbaiki kerapatan udara pada kondisi terik siang hari.

Metode Penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental, yaitu dengan melakukan pengujian alat pendingin udara (*air cooler*) pada kendaraan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara performa yang dihasilkan dengan pengkondisian suhu udara. Pengkondisian dilakukan dengan menurunkan suhu *input* sehingga diharapkan kerapatan partikel akan meningkat.

Penurunan suhu dilakukan dengan memasang element Peltier pada beberapa posisi di *Air Duct* kendaraan dengan *cold sink* ditempatkan pada bagian dalam dan *heat sink* ditempatkan pada bagian luar. Konsep desain

pendingin udara pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**.



Gambar 7. Konsep desain pendingin udara dengan elemen peltier



Gambar 8. Pendingin udara pada *air duct*

Setelah rangkaian sudah terpasang pada sepeda motor, selanjutnya dilakukan pengujian pada *chassis dyno tester*. Kecepatan roda dinaikkan dari 30 Km/jam sampai 80 Km/jam, kemudian data-data yang terkait dengan penelitian dicatat nilai torsi, power, emisi dan konsumsi bahan bakar. **Gambar 9**. memperlihatkan pengujian pada *chassis dynotester*.



Gambar 9. Pengujian menggunakan *chassis dyno tester*

Untuk memonitor suhu yang melewati *intake hose* setelah didinginkan oleh *air*

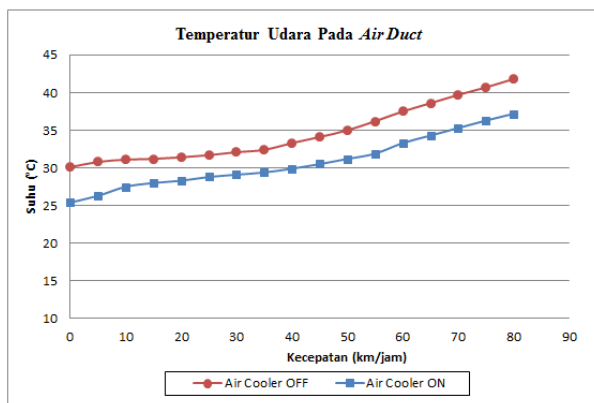
cooler, dipasang *temperature probe* yang dihubungkan dengan fluke meter digital seperti yang dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Pengukuran temperatur pada *air duct*.

Hasil dan Pembahasan Penelitian

Hasil pemantauan suhu udara yang dilakukan di ruang uji pada siang hari dapat dilihat pada **Gambar 11**.

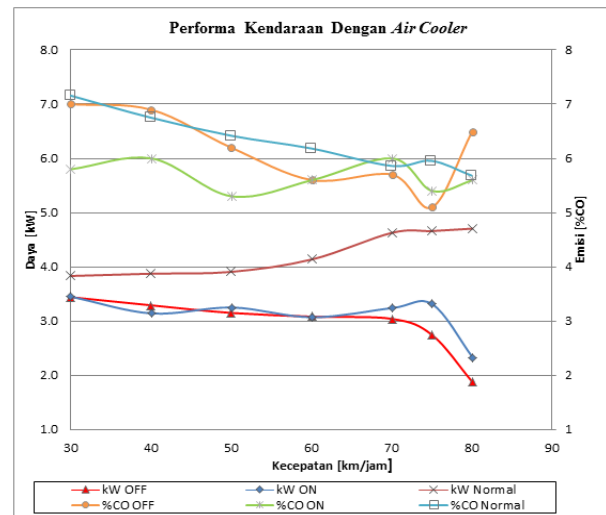


Gambar 11. Grafik temperatur udara pada *air duct*

Pada **Gambar 11**, dapat dilihat hasil pemantauan suhu udara setelah melewati *air duct*, terlihat bahwa pada saat kondisi pendingin udara OFF, suhu udara saat awal masuk ke ruang bakar adalah 30 °C pada putaran *idle*, kemudian naik menjadi 31,7 °C pada kecepatan 30 km/jam dan terus naik sampai ke titik 41,8 °C pada kecepatan puncak 80 km/jam. Sedangkan pada kondisi pendingin udara ON, suhu udara dapat didinginkan sampai 25 °C pada putaran mesin *idle* dan kemudian naik menjadi 28,8 °C pada kecepatan 30 km/jam dan terus naik sampai

ke titik 37,2 °C pada kecepatan puncak 80 km/jam.

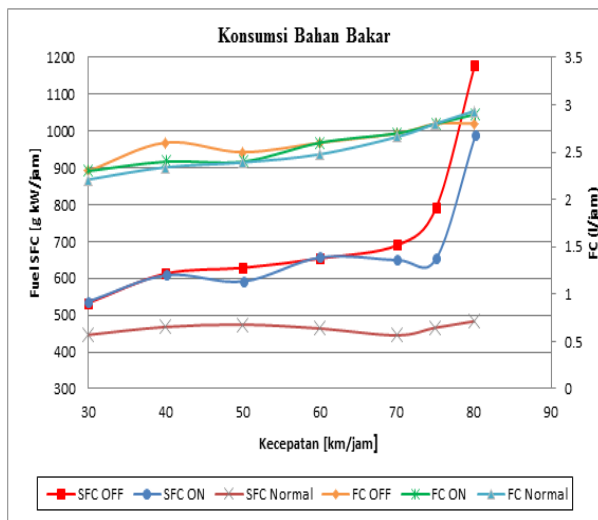
Grafik pada **Gambar 12**, adalah perbandingan *power* yang dihasilkan roda belakang dan emisi karbon monoksida antara kondisi *air cooler* OFF dan ON. Terlihat bahwa pada kondisi OFF, *power* kendaraan terus mengalami penurunan dari 3,44 kW pada kecepatan 30 km/jam menjadi 3,04 kW pada kecepatan 70 km/jam, dan mengalami penurunan drastis pada kecepatan antara 70 – 80 km/jam sampai di titik 1,88 kW. Namun demikian, prosentase karbon monoksida yang dihasilkan cukup tinggi yaitu 7 % CO pada kecepatan awal 30 km/jam dan turun pada titik terendah pada kecepatan 75 km/jam yaitu 5,1 % CO kemudian naik sampai di titik 6,5 % CO di kecepatan 80 km/jam. Sedangkan pada kondisi pendingin udara ON, terlihat bahwa *power* kendaraan mengalami penurunan di awal kemudian sedikit naik pada putaran 50 km/jam di titik 3,25 kW dan kemudian mengalami kenaikan lagi pada kecepatan 70 km/jam di titik 3,31 kW, pada titik ini selisih antara pendingin udara ON dan OFF adalah 0,57 kW.



Gambar 12. Grafik hasil pengujian performa dengan *air cooler*

Hasil yang cukup signifikan terlihat pada garis prosentase karbon monoksida (%CO) antara pendingin udara ON dan OFF. Pada awal kecepatan 30 km/jam hasil *power* adalah sama namun perbedaan emisi karbon terpaut cukup jauh, 7 % CO untuk pendingin udara OFF dan 5,8 % CO untuk pendingin ON. Dan

untuk kecepatan selanjutnya dengan pendingin udara ON nilai prosentase emisi karbon monoksida tidak pernah melebihi 6 %CO. Secara keseluruhan pendingin udara ON dapat menurunkan kadar emisi karbon monoksida CO sebesar 0,5% dibanding pendingin udara OFF. Sedangkan perbandingan dengan kondisi standar, pendingin udara ON dapat menurunkan kadar emisi karbon monoksida sebesar 9.8%.



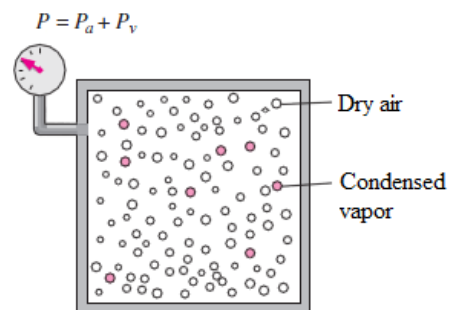
Gambar 13. Grafik konsumsi bahan bakar

Gambar 13. adalah pemantauan konsumsi bahan bakar (*FC*) dalam liter per jam dan konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*) dalam gram per kilo Watt hour. Dapat dilihat pada garis konsumsi bahan bakar bahwa antara *air cooler* ON dan OFF tidak banyak perbedaan hanya di kecepatan 40 km/jam saja terlihat bahwa *air cooler* ON lebih irit pada titik 2,4 l/jam dibanding *air cooler* OFF pada titik 2,6 l/jam. Selain itu pada semua kecepatan konsumsi bahan bakar hampir sama.

Jika dihitung secara keseluruhan dengan nilai *power* yang dihasilkan, maka akan terlihat bahwa *air cooler* ON lebih rendah dibanding *air cooler* OFF yaitu pada kecepatan 50 km/jam dititik 591,5 g kW/jam dibanding *air cooler* OFF dititik 628,6 g kW/jam. Selanjutnya pada kecepatan tinggi mulai dari 70 km/jam sampai 80 km/jam, *SFC* untuk *air cooler* ON lebih rendah dibanding *air cooler* OFF. Pada selisih *SFC* total, *air*

cooler ON dapat menghasilkan *power* yang lebih effectif sekitar 7,9 % dibanding *air cooler* OFF. Namun nilai ini masih terpaut jauh dibawah kondisi normal sebesar 30,7%, dikarenakan kondisi normal dapat menghasilkan *power* yang lebih besar dengan konsumsi bahan bakar yang sama.

Perbaikan ini didapatkan karena adanya penambahan partikel udara pada *volume* ruang bakar yang sama, tekanan udara yang mengalir masuk keruang bakar merupakan gabungan antara udara kering (*dry air*) dengan kelembaban nol (*air with zero moisture content*) dan udara embun (*condensed vapor*) sesuai dengan kelembabannya (*referred to its moisture value*), sehingga tekanannya merupakan penjumlahan dari tekanan udara kering dan tekanan udara embun seperti yang terlihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Tekanan udara kering dan udara embun.

Oleh karena itu jika diketahui kelembaban relatif pada temperatur udara 30°C adalah 50% dan tekanan udara luar adalah 1 atm atau 101.3 kPa, sedangkan tekanan udara saturasi-nya adalah 4.24 kPa., maka *indicated work* untuk suatu silinder 108 cc dengan putaran mesin 5,730 rpm pada kecepatan 30 km/jam adalah sebagai berikut :

$$P_v = \phi P_{sat @ 30^\circ C} = 0.5 \times 4.24 \text{ kPa} = 2.12 \text{ kPa}$$

$$P = P_a + P_v = 101.3 + 2.21 = 103.42 \text{ kPa}$$

$$w_i = \int P dV = 103.42 \text{ kPa} \times 0.108 \text{ l} = 11.16 \text{ kJ}$$

$$W_i = \frac{w_i N}{nR} = \frac{11.16 \times 0.0955}{2} = 0.532 \text{ kW}$$

Sementara untuk kelembaban relatif 70% pada temperatur udara 25°C dan tekanan udara luar adalah 1 atm atau 101.3 kPa, sedangkan tekanan udara saturasi-nya adalah 3.81 kPa. Maka *indicated work* untuk suatu silinder 108 cc dengan putaran mesin 5,730 rpm pada kecepatan 30 km/jam adalah sebagai berikut :

$$P_v = \phi P_{sat @ 25^\circ\text{C}} = 0.7 \times 3.81 \text{ kPa} \\ = 2.667 \text{ kPa}$$

$$P = P_a + P_v = 101.3 + 2.667 = 103.967 \text{ kPa}$$

$$w_i = \int P dV = 103.967 \text{ kPa} \times 0.108 \text{ l} \\ = 11.232 \text{ kJ}$$

$$W_i = \frac{w_i N}{nR} = \frac{11.232 \times 0.0955}{2} \\ = 0.536 \text{ kW}$$

Sehingga dari perhitungan tersebut didapatkan bahwa selisih *indicated power* pada temperatur 30°C dan 25°C adalah 0.536 kW – 0.532 kW = 4 Watt. Oleh karena itu sebagaimana terlihat pada **Gambar 13**, antara pendingin udara ON dan OFF pada kecepatan 30 km/jam tidak banyak menunjukkan perbedaan.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain :

1. Perbaikan udara *input* ke ruang bakar dapat tercapai dengan penurunan suhu dari 30°C menjadi 25°C pada kondisi udara bergerak di dalam *air duct* kendaraan skutik dan putaran *idle*.
2. Hasil perbandingan performa kendaraan setelah dipasang pendingin udara dengan kondisi standar, performa kendaraan mengalami penurunan 28% dibawah kondisi standar. Hal ini disebabkan adanya tahanan aliran udara (*flow resistance*) akibat pemasangan *fin* dan *tube* pada *air duct*.

3. Pendingin udara ON dapat menurunkan kadar emisi karbon monoksida (%CO) sebesar 7,6% dari perhitungan rata-rata nilai CO yang didapat dibanding hasil pendingin udara OFF. Sedangkan perbandingan dengan kondisi standar, pendingin udara ON dapat menurunkan kadar emisi karbon monoksida sebesar 9.8%.
4. Dari selisih *specific fuel consumption* (SFC) total, pendingin udara ON dapat menghasilkan *power* yang lebih efektif dibanding pendingin udara OFF sekitar 7,9 %. Namun nilai ini masih terpaut jauh dibawah kondisi normal sebesar 30,7%, dikarenakan kondisi normal dapat menghasilkan *power* yang lebih besar dengan konsumsi bahan bakar yang sama.

Referensi

- [1] Badan Pusat Statistik. (2011). *Kepemilikan Sepeda Motor 1987-2011*. November, 2011. http://www.bps.go.id/aboutus.php?tabel=1&id_subyek=17
- [2] Asosiasi Industri Sepedamotor Indonesia. (2011). *Market share sepeda motor Indonesia*. September, 2011. <http://www.aisi.or.id/statistic/>
- [3] Kurniawan, Rachmat. (2011). *Problem pada motor matic*. Otoklinik : Otomotifnet.com. <http://otoklinik.otomotifnet.com/29> Nov 2011.
- [4] Cengel, Y. & M. A. Boles. (2006). *Thermodynamic : An Engineering Approach* (5th). New York: McGraw-Hill.
- [5] Pulkrabek, Willard W. (2003). *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. New Jersey: Prentice Hall.
- [6] Sugiarto, Bambang. (2003). *Motor Pembakaran Dalam*. ISBN 979-97726-7-2
- [7] Heywood, John B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Hill.
- [8] Salvisberg, Marc. *True Horsepower - Effective HP scale - The Industry wide achievable HP standard* <http://www.factorypro.com/dyno/tue1.html> 24 Mei 2012

- [9] Brown & LeMay & Bursten. (2002). *Chemistry : The Central Science*. New Jersey: Prentice Hall.
- [10] Jau-Huai Lu (2010) *Chapter 2 Basic Combustion Chemistry* Mechanical Engineering Departement, National Chung - Hsing University : Taiwan
- [11] Steinbrecher, Tillmann. (1997-2010). *THE HEATSINK GUIDE: Peltier Guide, Part 1*. <http://www.heatsink-guide.com/peltier.htm>.
- [12] B.J Huang, C.J Chin, C.L Duang. (1998). *A design method of thermoelectric cooler*. Elsevier Inc : ScienceDirect
- [13] Sugiyanto. (2008). *Pengembangan Cool Box Sepeda Motor Berbasis Thermoelectric dan Heat Pipe*. Depok : Departemen Teknik Mesin FTUI.
- [14] Priangan, Rizki Rajab. (2011). *Perancangan Pendingin Kabin Mobil Berbasis Termoelektrik*. Depok : Departemen Teknik Mesin FTUI.