

STUDI FISIBILITAS PEMANFAATAN EVAPORATOR UNTUK PENDINGIN INTERCOOLER MESIN 2KD-FTV

Ferry Widjaja¹⁾, Fandi Dwiputra Suprianto²⁾
Program Studi Teknik Otomotif Universitas Kristen Petra^{1,2)}
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia^{1,2)}
Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658^{1,2)}
E-mail : ferrywidjaja96@gmail.com¹⁾, fandi@petra.ac.id²⁾

ABSTRAK

Dewasa ini peranti *turbocharger* selalu ditambahkan pada mesin diesel. Pada penggunaan *turbocharger*, udara yang akan masuk kedalam ruang bakar dikompresikan sehingga tekanan dan temperatur udara naik. Udara yang panas menyebabkan molekul O₂ semakin sedikit sehingga pembakaran yang terjadi kurang sempurna. Oleh karena itu ditambahkan *intercooler* untuk mendinginkan udara yang masuk ke ruang bakar. *Intercooler* yang ada saat ini pendinginannya hanya bergantung dengan suhu udara lingkungan yang semakin hari semakin panas akibat adanya *global warming*. Sedangkan pada kendaraan yang kita gunakan sehari-hari masih ada sumber dingin dari *refrigerant* keluaran evaporator yang dapat dimanfaatkan untuk mendinginkan *intercooler*. Studi ini bertujuan untuk menemukan suhu pendinginan yang paling optimal pada *intercooler aftermarket* mesin 2KD-FTV dan menganalisa fisibilitas pemanfaatan evaporator untuk pendingin *intercooler* mesin 2KD-FTV. Dalam penelitian ini dirancang alat uji dengan sistem refrigerasi ac untuk mendinginkan air sebagai pengganti *ambient* temperatur *intercooler* pada rentan suhu 10°C, 15°C, 20°C, 25°C kemudian dilakukan pengujian menggunakan *chassis dynamometer* pada masing-masing suhu air pendinginan *intercooler* dan pada pendinginan *intercooler* pada suhu ruang. Dari hasil penelitian yang dilakukan diketahui bahwa suhu pendinginan *intercooler* 25°C menghasilkan daya yang paling tinggi sebesar 111.7 Hp meningkat 1.8 Hp dan torsi menjadi 325.2 Nm meningkat 5 Nm dibandingkan pendinginan *intercooler* dengan suhu ruang 30°C. Pemanfaatan evaporator untuk mendinginkan *intercooler* berdasarkan hasil perhitungan siklus *air conditioner* pada mobil innova bermesin 2KD-FTV menggunakan p-h diagram dinyatakan *visible*.

Kata kunci: intercooler, turbocharger, evaporator, 2KD-FTV

1. Pendahuluan

Pada tahun 1892 mesin diesel pertama kali diciptakan oleh Rudolf Diesel dan dipatenkan pada tahun 1893. Seiring dengan perkembangan dunia otomotif yang pesat dewasa ini diikuti juga oleh perkembangan komponen-komponen otomotif yang bertujuan untuk meningkatkan unjuk kerja pada mesin. Peranti *turbocharger* dewasa ini selalu ditambahkan pada mesin diesel. Penggunaan *turbocharger* dengan *intercooler* dapat meningkatkan daya motor 30-80% [1]. *Turbocharger* sendiri adalah sebuah peranti dengan sistem induksi paksa, bekerja untuk memampatkan udara yang bertujuan untuk menaikkan tekanan udara yang akan masuk ke ruang bakar. Dengan adanya *turbocharger* maka udara yang masuk pada mesin akan lebih banyak tetapi udara yang terkompresi oleh *turbocharger* akan semakin panas, oleh karena itu untuk memaksimalkan kinerja dari *turbocharger* maka perlu ditambahkan perangkat *intercooler*. *Intercooler* adalah peranti yang bekerja dengan cara menukar panas. Berfungsi untuk mendinginkan udara yang telah terkompresi oleh turbo. Kerapatan udara akan semakin meningkat ketika temperatur udara semakin rendah [2]. Sehingga diharapkan molekul oksigen menjadi lebih banyak dan diharapkan semua molekul bahan bakar dapat terbakar

dengan sempurna. Pendinginan yang terjadi pada *intercooler* yang ada saat ini hanya bergantung dengan udara sekitar saja yang semakin hari semakin panas karena adanya *global warming*, sedangkan pada kendaraan yang kita gunakan sehari-hari masih ada sumber dingin *refrigerant* keluaran evaporator yang dapat dimanfaatkan untuk mendinginkan *intercooler*. Suhu *refrigerant* keluaran evaporator mobil setelah mendinginkan kabin kendaraan masih berkisar sekitar 5°C [3].

Penggunaan *intercooler* tanpa memanfaatkan dingin *refrigerant* keluaran evaporator ac didapatkan kerapatan massa udara 1.43 kali dibandingkan tanpa menggunakan *intercooler*, sedangkan ketika menggunakan *intercooler* dengan memanfaatkan dingin *refrigerant* keluaran evaporator ac di dapatkan kerapatan massa udara 2.618 kali dibanding keadaan standar [3]. Perbandingan massa udara yang didapat dari hasil penelitian terlihat sangat signifikan namun belum dilakukan penelitian terhadap daya dan torsi pada kendaraan.

Jumlah udara yang masuk pada ruang bakar mesin diesel sangatlah menentukan kesempurnaan dari pembakaran yang terjadi. Dengan adanya pendinginan terhadap udara maka hal ini diharapkan akan meningkatkan kerapatan dari massa udara. Dalam

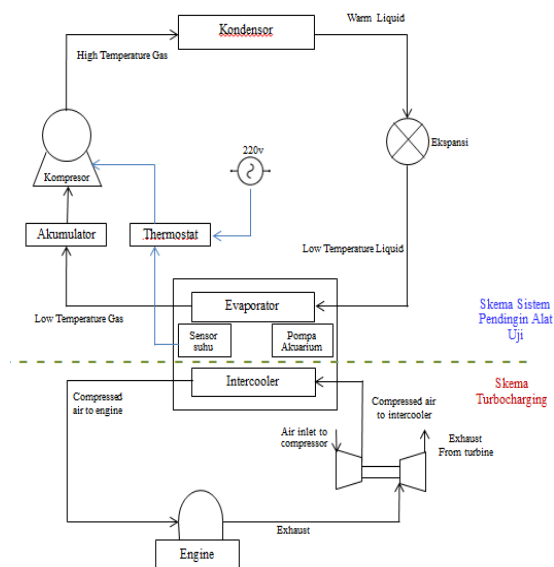
penelitian kali ini akan dilakukan percobaan untuk mendinginkan *intercooler* dengan alat uji pada rentang suhu 10°C, 15°C, 20°C, 25°C.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat uji yang akan digunakan untuk mendinginkan *intercooler*, Mencari suhu optimal pendinginan *intercooler* pada mesin 2KD-FTV dan meninjau fisibilitas pemanfaatan dingin refrigerant keluaran evaporator untuk pendingin *intercooler* aftermarket pada mesin 2KD-FTV.

2. Metode Penelitian

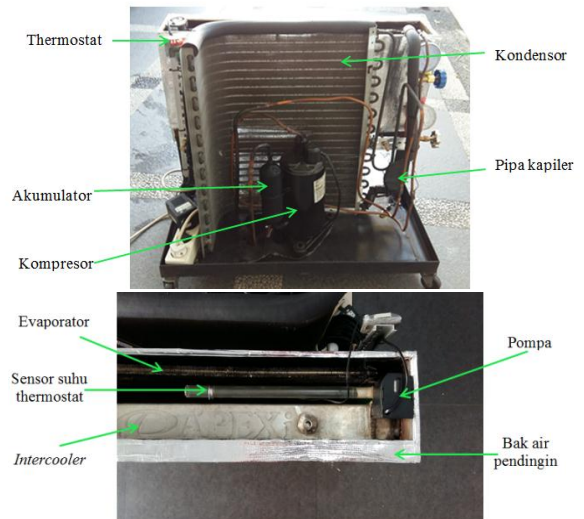
Pada awal penelitian ini yang dilakukan adalah menghitung kebutuhan dari kompresor ac yang akan digunakan pada alat uji pendingin *intercooler*, setelah dilakukan perhitungan didapati kebutuhan kompresor ac sebesar 464 watt sehingga kompresor AC yang digunakan adalah kompresor AC merk matsushita dengan rentang daya 400-570 watt.. Pembuatan alat uji ini diawali dengan membuat bak dari besi yang berukuran 650 mm x 250 mm x 130 mm yang akan berisikan *intercooler*, evaporator, air dan pompa akuarium.

Tahap selanjutnya adalah menyambung rangkaian dari kompresor, kondensor, pipa kapiler dan evaporator dengan pipa tembaga yang dilas menjadi satu dengan filler perak sehingga rongga-rongga pipa saat pengelasan dapat tertutup dengan baik dan tidak terjadi kebocoran refrigerant pada alat uji. Alat uji yang akan dirancang bertujuan untuk mendinginkan air pendinginan *intercooler* sampai suhu yang telah ditentukan sehingga suhu udara yang tinggi akibat termampatkan oleh turbo dapat menjadi lebih rendah. Suhu udara panas dari turbo akan masuk pada *intercooler* sedangkan *intercooler* akan terus didinginkan oleh evaporator ac dan air yang berada dalam bak pendingin. Pompa akuarium dalam bak pendingin tersebut bertujuan untuk mensirkulasi air agar air dapat bercampur dengan rata sehingga suhu bacaan dari thermostat dapat lebih akurat. Dibawah ini merupakan skema dari rangkaian alat uji yang akan dibuat



Gambar 1. Skema rangkaian sistem pendingin alat uji

Pada saat semua komponen dari alat uji telah terpasang. Proses pengisian freon dilakukan menggunakan freon R 22. Sebelum dilakukan proses pengisian freon, rangkaian divacumkan terlebih dahulu melalui *valve* yang ada pada *manifold gauge* rangkaian. Pevacuman ini bertujuan untuk mengosongkan saluran-saluran pipa dari udara maupun uap air. Pengisian freon dilakukan sesuai standar tekanan kerja kompresor. Dibawah ini merupakan gambar dari alat uji pendingin *intercooler* yang telah selesai dirangkai.



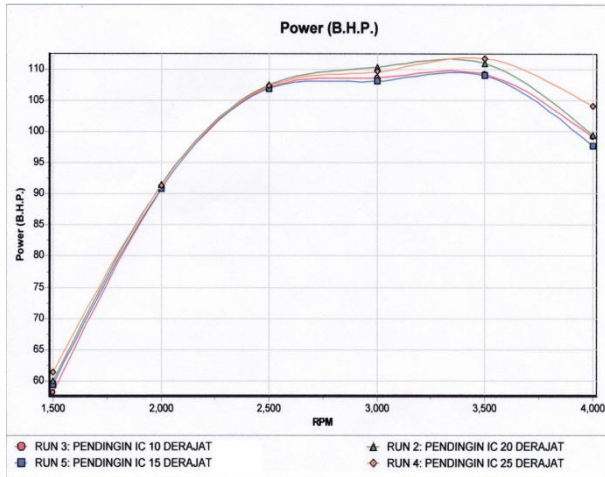
Gambar 2. Tampak depan dan atas alat uji pendingin *intercooler*

Pengujian dilakukan dengan memasang alat uji pendingin *intercooler* ini pada mesin 2KD-FTV dan dilakukan pengecekan apakah alat uji sudah berjalan dengan baik dan suhu pendinginan air *intercooler* dapat tercapai. Tahap selanjutnya ketika alat uji sudah berjalan dengan baik maka akan dilakukan uji *chassis dynamometer* pada masing-masing suhu pendinginan *intercooler* dan *intercooler* tanpa ditambahkan alat uji. Untuk mengetahui fisibilitas dari pemanfaatan evaporator untuk pendingin *intercooler* mesin 2KD-FTV maka dilakukan beberapa pengujian seperti pengukuran suhu udara pada *inlet* dan *outlet intercooler*, pengukuran laju alir udara yang masuk pada ruang bakar, pengukuran laju alir refrigerant pada sistem refrigerasi mobil innova dengan mesin 2KD-FTV, pengukuran laju alir udara pada blower AC mobil innova, serta pengujian konsumsi bahan bakar saat kendaraan *idle* dengan berbagai macam suhu pendinginan air *intercooler*. Pada tahap akhir penelitian ini akan dilakukan penulisan laporan dari hasil penelitian yang dilakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil uji Dynotest

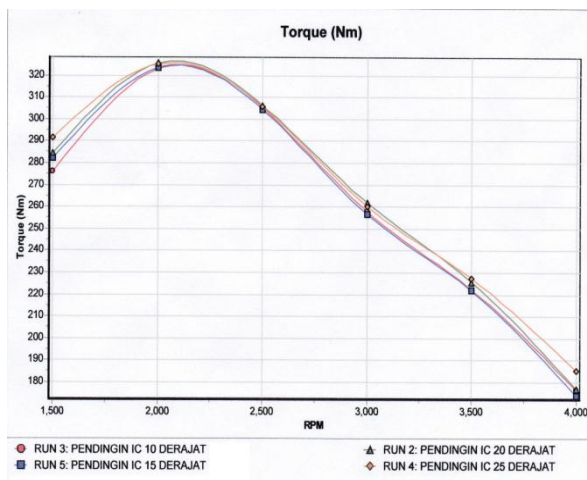
Hasil *dynotest* untuk masing-masing temperatur mulai dari *intercooler* dengan alat uji pendinginan air temperatur 10°C sampai 25°C dan *intercooler* tanpa alat uji dengan *ambient* temperatur 30°C.



Gambar 3. Grafik daya yang dihasilkan *intercooler* dengan alat uji pendinginan air temperatur 10°C, 15°C, 20°C, 25°C

Dari hasil pengujian *dynotest* yang dilakukan pada *intercooler* dengan alat pendingin didapatkan daya sebagai berikut:

- Temperatur pendinginan *intercooler* 25°C menghasilkan daya tertinggi sebesar 111.7 BHP pada rpm 3500 .
- Temperatur pendinginan *intercooler* 20°C menghasilkan daya tertinggi sebesar 110.9 BHP pada rpm 3500.
- Temperatur pendinginan *intercooler* 15°C menghasilkan daya tertinggi sebesar 109.0 BHP pada rpm 3500.
- Temperatur pendinginan *intercooler* 10°C menghasilkan daya tertinggi sebesar 109.2 BHP pada rpm 3500.



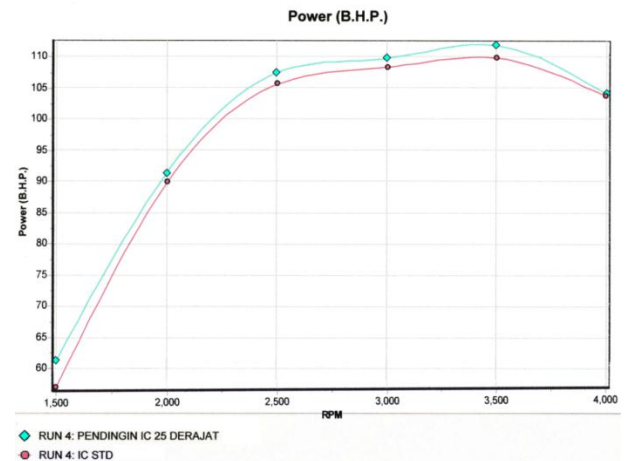
Gambar 5. Grafik torsi yang dihasilkan *intercooler* dengan alat uji pendinginan air temperatur 10°C, 15°C, 20°C, 25°C

Dari hasil Pengujian *dynotest* yang dilakukan pada *intercooler* dengan alat pendingin didapatkan hasil sebagai berikut:

- Temperatur pendinginan *intercooler* 25°C menghasilkan torsi maksimum sebesar 325.2 Nm pada rpm 2000.
- Temperatur pendinginan *intercooler* 20°C menghasilkan torsi maksimum sebesar 325.5 Nm pada rpm 2000.
- Temperatur pendinginan *intercooler* 15°C menghasilkan torsi maksimum sebesar 323.4 Nm pada rpm 2000.
- Temperatur pendinginan *intercooler* 10°C menghasilkan torsi maksimum sebesar 323 Nm pada rpm 2000.

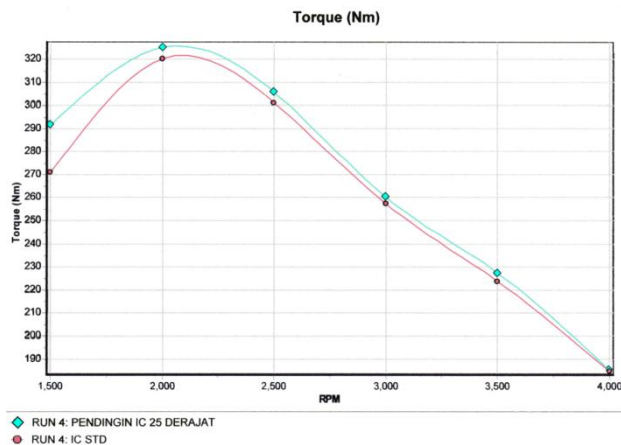
Daya terbesar didapatkan oleh *intercooler* dengan pendinginan 25°C tetapi torsi terbesar didapat oleh *intercooler* dengan pendinginan temperatur 20°C. Daya maksimum *intercooler* dengan pendinginan 25°C sebesar 111.7 BHP lebih besar 0.8 BHP dibandingkan pendinginan 20°C. Torsi maksimum pendinginan 20°C sebesar 325.5 hanya lebih besar 0.3 Nm dibanding pendinginan 25°C, sehingga suhu yang paling optimal untuk mendinginkan *intercooler* adalah suhu 25°C.

Hasil uji *dynotest* pada *intercooler* standar dengan ambient temperatur 30°C daya maksimum pada rpm 3500 sebesar 109.9 BHP sedangkan pada *intercooler* dengan pendinginan alat uji 25°C daya maksimum pada rpm 3500 sebesar 111.7 BHP meningkat 1.8 BHP. Pada gambar dibawah dapat dilihat bahwa kenaikan daya terjadi pada semua putaran mesin.



Gambar 6. Grafik daya *intercooler* dengan ambient temperatur 30°C dan *intercooler* dengan alat uji pendinginan air temperatur 25°C

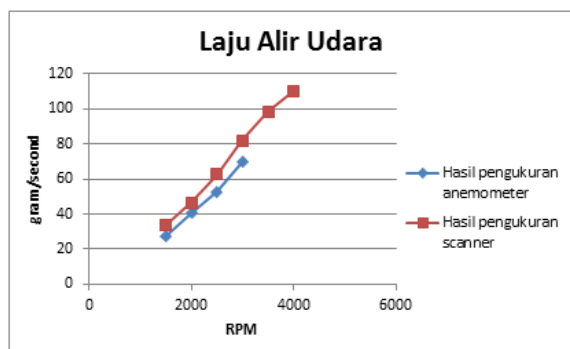
Torsi maksimum pada *intercooler* standar dengan ambient temperatur 30 °C pada rpm 2000 sebesar 320.2 Nm sedangkan pada *intercooler* dengan pendinginan alat uji 25°C torsi maksimum pada rpm 2000 sebesar 325.2 Nm meningkat 5 Nm. Pada gambar dibawah dapat dilihat bahwa kenaikan torsi terjadi pada semua putaran mesin.



Gambar 7. Grafik torsi *intercooler* standar *ambient* temperatur 30°C dan *intercooler* dengan alat uji pendinginan air temperatur 25°C

Pada rpm 1500 kenaikan daya dan torsi terlihat sangat signifikan antara antara *intercooler* standar *ambient* temperatur 30°C dan *intercooler* dengan alat pendingin 25°C daya meningkat 4.4 BHP dan torsi meningkat 20.1 Nm. Pendinginan *intercooler* pada rpm rendah menghasilkan kenaikan daya dan torsi yang lebih signifikan dibanding pada putaran tinggi. Pada rpm 3500 Daya puncak hanya mengalami kenaikan 1.8 BHP dan torsi puncak pada rpm 2000 hanya mengalami kenaikan 5 Nm. Pada pendinginan *intercooler* temperatur 10°C dan 15°C daya menurun 0.7 BHP dan 0.9 BHP dari dibandingkan *intercooler* standar pada *ambient* temperatur 30°C. Penurunan ini disebabkan oleh temperatur penyalaan bahan bakar yang tidak tercapai sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna walaupun kerapatan udaranya lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian sejenis yang pernah dilakukan sebelumnya[4].

B. Pengujian laju alir udara



Gambar 8. Grafik perbandingan hasil pembacaan \dot{m} oleh *scanner* dan anemometer digital

Dari hasil pembacaan \dot{m} udara antara anemometer digital dan scanner didapati hasil sebagai berikut:

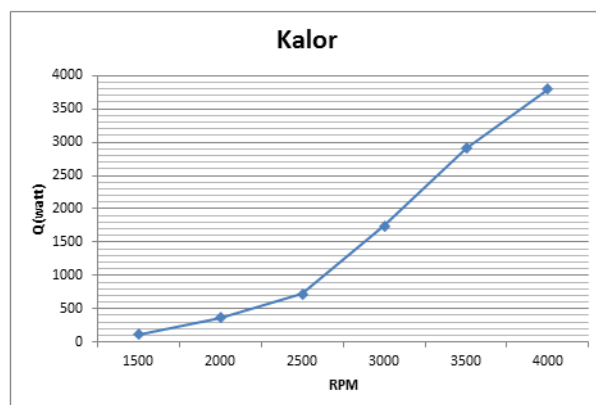
- Pada rpm 1500 \dot{m} udara hasil pengukuran anemometer sebesar 27.4 g/s sedangkan hasil

pengukuran *scanner* sebesar 33.6 g/s. Presentase perbedaan hasil pembacaan sebesar 18.45% .

- Pada rpm 2000 \dot{m} udara hasil pengukuran anemometer sebesar 40.83 g/s sedangkan hasil pengukuran *scanner* sebesar 46.7 g/s. Presentase perbedaan hasil pembacaan sebesar 12.57% .
- Pada rpm 2500 \dot{m} udara hasil pengukuran anemometer sebesar 40.83 g/s sedangkan hasil pengukuran *scanner* sebesar 52.89 g/s. Presentase perbedaan hasil pembacaan sebesar 15.65% .
- Pada rpm 3000 \dot{m} udara hasil pengukuran anemometer sebesar 69.88 g/s sedangkan hasil pengukuran *scanner* sebesar 81.8 g/s. Presentase perbedaan hasil pembacaan sebesar 14.67% .

Pembacaan rata-rata anemometer lebih kecil sekitar 15.31% dibandingkan hasil pembacaan *scanner* hal ini dikarenakan masih banyak udara yang masuk kedalam pipa *intake* melalui bagian yang tidak terlewati kincir dari anemometer digital. Oleh karena itu untuk melakukan perhitungan selanjutnya akan digunakan data dari pembacaan *scanner*.

C. Perhitungan selisih kalor yang dilepaskan antara *intercooler* standar dengan *intercooler* pendinginan 25 °C



Gambar 9. Grafik selisih kalor yang dilepaskan antara *intercooler* standar dengan *intercooler* pendinginan 25°C

Dari hasil perhitungan besar kalor tambahan yang diperlukan *intercooler* untuk mencapai suhu *output intercooler* pendinginan 25 °C pada rpm 2000 didapatkan sebesar 366.81 Watt. Pada rpm 2000 inilah yang akan dihitung fisibilitas pemanfaatan evaporator untuk pendinginan *intercooler* mesin 2KD-FTV karena rpm 2000 merupakan rpm tengah-tengah dari mesin diesel yang maksimum rpmnya 4000 sebelum *redline* dan pada jalan-jalan perkotaan yang cukup padat kisaran rpm mesin 2000 yang paling sering digunakan untuk berjelajah.

D. Perhitungan fisibilitas dari pemanfaatan evaporator untuk pendingin *intercooler* mesin 2KD-FTV.

Dari beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan

maka dapat digambarkan siklus dari diagram p-h system refrigerasi mobil innova mesin 2KD-FTV.



Gambar 10. Siklus p-h diagram AC mesin innova 2KD-FTV

Diagram p-h setelah ditambahkan alat penukar setelah ditambahkan alat penukar kalor titik 1 dan titik 2 dari sistem akan bergeser sebesar 9.77 kJ/kg, Seperti pada diagram p-h dibawah ini:



Gambar 11. Siklus p-h diagram AC setelah ditambah alat penukar kalor

Hasil pembacaan diagram p-h setelah ditambah alat penukar kalor titik 1 bergeser sebesar 9.77 kJ/kg akan membuat suhu keluaran dari kompresor naik sebesar 7 °C dari 91°C menjadi 98°C, namun suhu 98 °C masih aman untuk kompresor karena data boiling point dari oli kompresor toyota yang berjenis ND8 boiling point-nya sebesar 180 °C. Kerja dari kondensor untuk melepas panas bertambah sebesar 9.77 kJ/kg dari 169 kJ/kg menjadi 178.77 kJ/kg.

Pemanfaatan dari dingin keluaran evaporator untuk mendinginkan intercooler mesin 2KD-FTV berdasarkan hasil perhitungan pada siklus diagram p-h dinyatakan *visible* dan dapat disimpulkan bahwa pada saat refrigerant dilewatkan kedalam *intercooler* ada sedikit beban ekstra pada kompresor sistem pendingin namun dapat diabaikan tetapi perlu diperhatikan ketahanan dari kondensor untuk melepas panas.

4. Kesimpulan

Dari serangkaian pengujian yang dilakukan pada

mesin innova 2KD-FTV dengan *intercooler* standar *ambient* temperatur 30 °C dan *intercooler* dengan alat uji pendinginan air pada temperatur 10°C, 15°C, 20°C, 25°C. Diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Suhu pendinginan *intercooler* yang paling optimal pada mesin 2KD-FTV didapatkan pada suhu 25°C. Daya maksimum pada rpm 3500 meningkat sebesar 1.8 BHP dan torsi meningkat 5 Nm dibandingkan *intercooler* standar pada *ambient* temperatur 30°C.
2. Pemanfaatan evaporator untuk pendingin *intercooler* pada mesin 2KD-FTV dinyatakan *visible* dengan perhitungan diasumsikan pada rpm 2000 hasil pembacaan diagram p-h setelah titik 1 bergeser sebesar 9.77 kJ/kg akan membuat suhu keluaran dari kompresor naik sebesar 7°C dari 91 °C menjadi 98°C, Suhu 98 °C masih aman untuk kompresor karena data *boiling point* dari oli kompresor toyota yang berjenis ND8 *boiling point*-nya sebesar 180 °C Kerja dari kondensor untuk melepas panas bertambah sebesar 9.77 kJ/kg dari 169kJ/kg menjadi 178.77 kJ/kg. Pada saat refrigerant dilewatkan kedalam *intercooler* ada sedikit beban ekstra pada kompresor sistem pendingin namun dapat diabaikan tetapi perlu diperhatikan kemampuan dari kondensor untuk melepas panas.
3. Temperatur pendinginan yang terlalu rendah ternyata mengakibatkan penurunan terhadap daya pada kendaraan. pada pendinginan *intercooler* temperatur 10°C dan 15°C daya menurun 0.7 BHP dan 0.9 BHP dibandingkan *intercooler* standar pada *ambient* temperatur 30°C. Penurunan ini disebabkan oleh temperatur penyalaan bahan bakar yang tidak tercapai sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna walaupun kerapatan udaranya lebih tinggi.

5. Daftar Pustaka

1. Mahadi. (Juni 2010), *Pengaruh Penggunaan Turbocharger Dengan Intercooler Terhadap Performansi Motor Bakar Diesel*, Jurnal Dinamis, Volume 1, No. 7. Retrieved November 15, 2016, from <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jddtm/article/download/64/33>
2. K.S.Arun Raj, R.Srinivasan, P.Rajkumar, G.Praveen, M.Sridharan..(April 2015). "Analyzing and Increasing the Air Standard Efficiency of the Diesel Engine by Critically Conditioning the Inlet Air", International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. Volume 4. Special issue 4. Retrieved Januari 10, 2017, from https://www.ijirset.com/upload/2015/tapsa/23_ME007_NEW.pdf
3. Muqem, Mohd. (Sep-Oct 2012). "Turbocharging With Air Conditioner Assited Intercooler". IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering. Volume 2. No. 3, Retrieved Januari 25, 2017, from

<http://iosrjournals.org/iosrjmce/papers/vol2issue3/F0233844.pdf>.

4. Donny. (2006). *Penggunaan intercooler pada motor diesel dengan supercharger*. (TA No. 02/0755/MES/2006). Unpublished undergraduate thesis, Universitas Kristen Petra, Surabaya.