



STUDI FISIBILITAS PEMANFAATAN EVAPORATOR AC MOBIL UNTUK PENDINGIN INTERCOOLER PADA MESIN TURBO DIESEL

Fandi D. Suprianto¹⁾, Ferry Widjaja²⁾
Prodi Teknik Mesin 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 : fandi@petra.ac.id¹⁾

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 O_2 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. Sebuah alat pendingin jenis kompresi uap secara khusus dirancang dan dibuat dalam penelitian ini agar mampu mendinginkan intercooler pada rentang suhu 10°C, 15°C, 20°C, 25°C. Performa mesin diuji dengan menggunakan chassis dynamometer pada masing-masing suhu 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, atau meningkat sebesar 1.8 Hp dari daya yang dihasilkan oleh pendinginan pada suhu ruang 30°C, dan torsi menjadi 325.2 Nm atau meningkat 5 Nm dibandingkan dengan pendinginan pada suhu ruang 30°C. Diagram pressure-enthalpy siklus pendingin kompresi uap digunakan untuk menganalisa fisibilitas pemanfaatan evaporator untuk mendinginkan intercooler, dan penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa sisa dingin dari refrigerant keluaran evaporator memiliki kapasitas yang cukup untuk dimanfaatkan sebagai pendingin intercooler mobil innova bermesin 2KD-FTV.

Kata kunci: Intercooler, turbocharger, evaporator.

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 ber-

gantung 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.

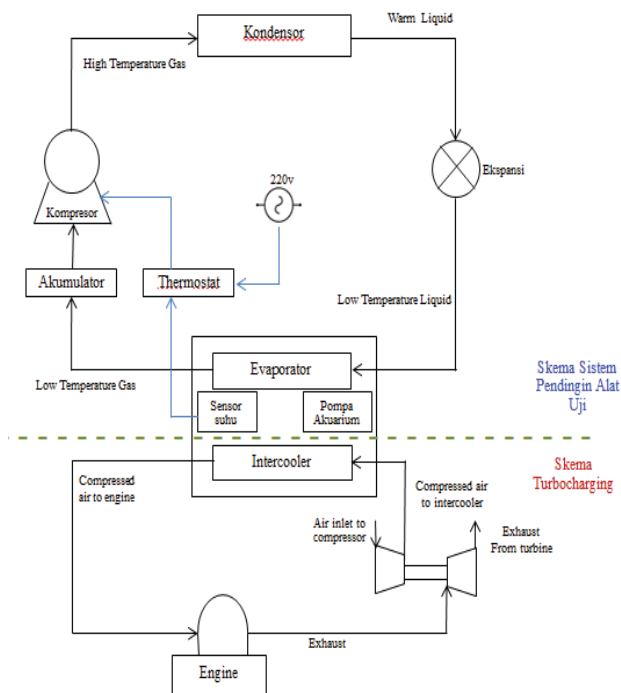
Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat uji yang akan digunakan untuk mendinginkan intercooler,

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

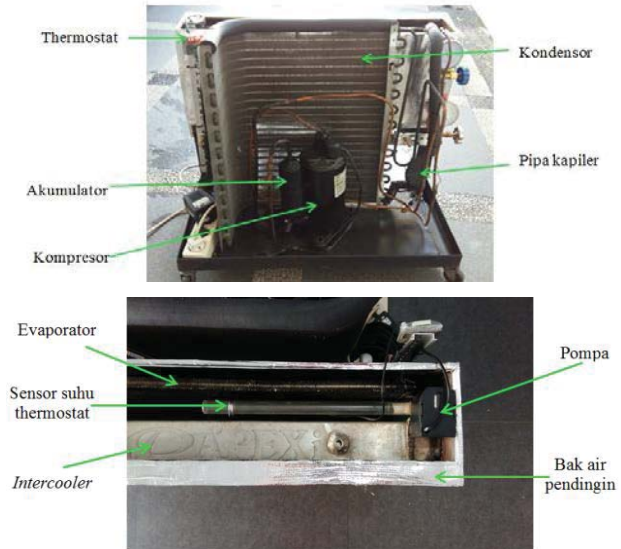
Sebuah alat pendingin jenis kompresi uap secara khusus dirancang dan dibuat dalam penelitian ini agar mampu mendinginkan *intercooler* pada rentang suhu 10°C, 15°C, 20°C, 25°C. Alat uji pendingin akan mempermudah pengaturan variasi suhu pendinginan *intercooler* yang diharapkan dalam penelitian ini. Tahap awal penelitian adalah perancangan alat uji mesin pendingin kompresi uap dengan *cold plate evaporator*. Kebutuhan beban pendinginan dihitung berdasarkan percobaan *intercooler* standar, kemudian daya kompresor untuk R-22 diperoleh dari perhitungan sebesar 500 Watt. Bak penampung air pendingin dibuat sedemikian rupa sehingga *intercooler*, *cold plate evaporator*, dan pompa sirkulasi dapat masuk di dalamnya.

Tahap selanjutnya adalah menyambung rangkaian dari kompresor, kondensator, 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 sirkulasi dalam bak pendingin tersebut bertujuan untuk mensirkulasi air agar air dapat bercampur dengan rata sehingga suhu bacaan dari thermostat dapat lebih akurat. Skema dari rangkaian alat uji yang akan dibuat ditunjukkan oleh gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Skema rangkaian sistem pendingin alat uji

Pada saat semua komponen dari alat uji telah terpasang. Proses pengisian refrigeran dilakukan menggunakan R-22. Sebelum dilakukan proses pengisian refrigeran, rangkaian divakum terlebih dahulu melalui *valve* yang ada pada *manifold* gauge rangkaian. Pemvakuman ini bertujuan untuk mengosongkan saluran-saluran pipa dari udara maupun uap air. Pengisian freon dilakukan sesuai standar tekanan kerja kompresor. Gambar 2 dibawah ini merupakan gambar dari alat uji pendingin *intercooler* yang telah selesai dirangkai.



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

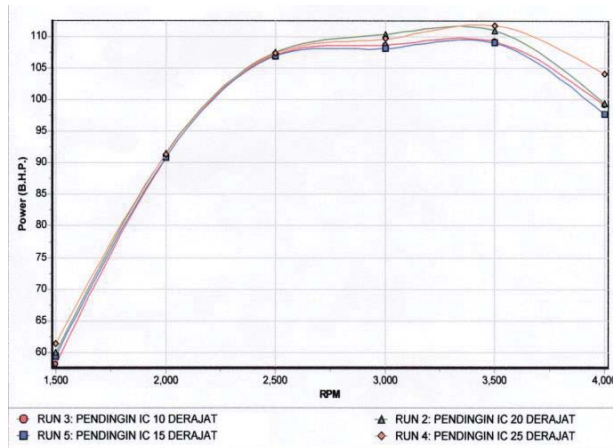
Pengujian dilakukan dengan memasang alat uji pendingin *intercooler* ini pada mesin 2KD-FTV dan dilakukan pengecekan apakah alat uji sudah berjalan dengan baik dan suhu pendinginan air *intercooler* dapat tercapai. Tahap selanjutnya ketika alat uji sudah berjalan dengan baik maka akan dilakukan pengujian *chassis dynamometer* untuk menguji performa mesin baik yang menggunakan *intercooler* dengan pendinginan air bersuhu 10°C, 15°C, 20°C, 25°C (gambar 3), maupun *intercooler* standar tanpa alat uji dengan suhu lingkungan 30°C. Suhu air pendingin *intercooler* yang menghasilkan performa terbaik akan dibandingkan dengan hasil pengujian performa *intercooler* standar.

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*. Data-data tersebut diperlukan untuk menggambarkan diagram P-h ideal dari sistem AC kondisi standar. Hasil penelitian suhu pendinginan yang paling optimal akan digunakan sebagai acuan besarnya kalor yang harus dilepaskan dari udara, sehingga tambahan beban evaporator ini akan mengakibatkan berubahnya diagram P-h sistem AC. Diagram P-h sistem AC dengan tambahan beban pendinginan *intercooler* akan dianalisa fisibilitasnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil uji Chassis Dynamometer

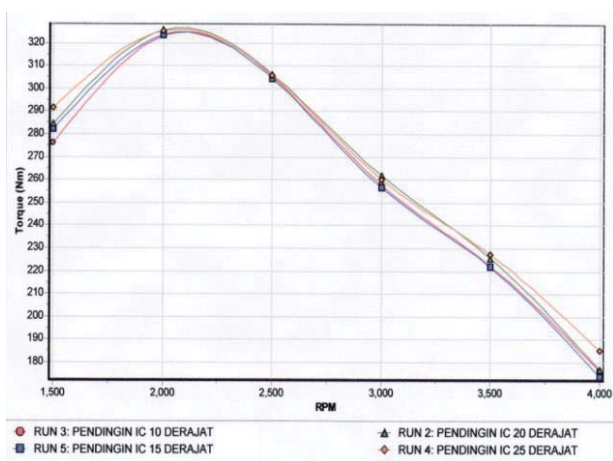
Pengujian *chasis dynamometer* dilakukan untuk menguji performa mesin yang menggunakan *intercooler* dengan pendinginan air bersuhu 10°C, 15°C, 20°C, 25°C. Hasilnya disajikan pada gambar 3 dan 4.



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

Dari hasil pengujian *chassis dynamometer* 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 3400 .
- Temperatur pendinginan *intercooler* 20°C menghasilkan daya tertinggi sebesar 110.9 BHP pada rpm 3400.
- Temperatur pendinginan *intercooler* 15°C menghasilkan daya tertinggi sebesar 109.0 BHP pada rpm 3400.
- Temperatur pendinginan *intercooler* 10°C menghasilkan daya tertinggi sebesar 109.2 BHP pada rpm 3400.



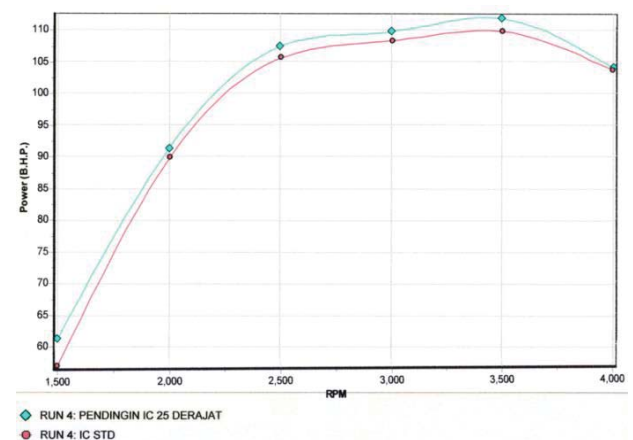
Gambar 4. Grafik torsi yang dihasilkan *intercooler* dengan alat uji pendinginan air temperatur 10°C, 15°C, 20°C, 25°C

Dari hasil pengujian *chassis dynamometer* 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 2100.
- Temperatur pendinginan *intercooler* 20°C menghasilkan torsi maksimum sebesar 325.5 Nm pada rpm 2100.
- Temperatur pendinginan *intercooler* 15°C menghasilkan torsi maksimum sebesar 323.4 Nm pada rpm 2100.
- Temperatur pendinginan *intercooler* 10°C menghasilkan torsi maksimum sebesar 323 Nm pada rpm 2100.

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 *chassis dynamometer* pada *intercooler* standar dengan suhu lingkungan 30°C daya maksimum pada rpm 3400 sebesar 109.9 BHP sedangkan pada *intercooler* dengan pendinginan alat uji 25°C daya maksimum pada rpm 3400 sebesar 111.7 BHP meningkat 1.8 BHP. Pada gambar dibawah dapat dilihat bahwa kenaikan daya terjadi pada semua putaran mesin.

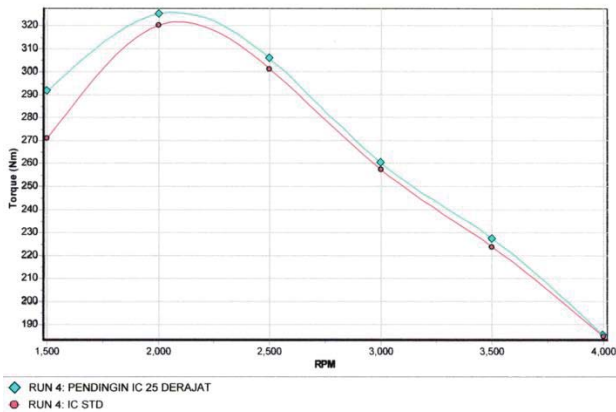


Gambar 5. Grafik daya *intercooler* dengan suhu lingkungan 30°C dan *intercooler* dengan alat uji pendinginan air temperatur 25°C

Torsi maksimum pada *intercooler* standar dengan suhu lingkungan 30 °C pada rpm 2100 sebesar 320.2 Nm sedangkan pada *intercooler* dengan pendinginan alat uji 25°C torsi maksimum pada rpm 2100 sebesar 325.2 Nm meningkat 5 Nm. Pada gambar dibawah dapat dilihat bahwa kenaikan torsi terjadi pada semua putaran mesin.

Pada gambar 5 dan 6, kenaikan daya dan torsi di putaran 1500 rpm terlihat sangat signifikan antara antara *intercooler* standar dengan suhu lingkungan 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 3400 Daya puncak hanya mengalami

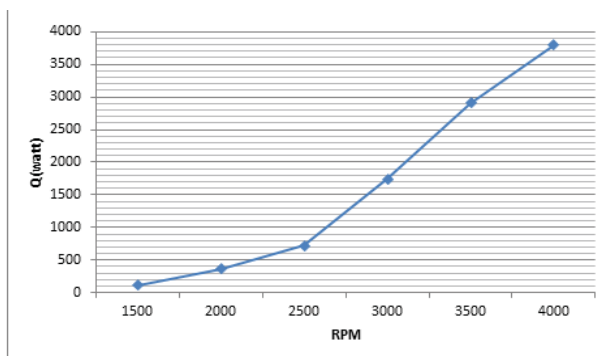
kenaikan 1.8 BHP dan torsi puncak pada rpm 2100 hanya mengalami kenaikan 5 Nm. Pada pendinginan *intercooler* temperatur 10°C dan 15°C daya menurun 0.7 BHP dan 0.9 BHP dari dibandingkan *intercooler* standar dengan suhu lingkungan 30°C. Penurunan ini disebabkan oleh temperatur penyalaan bahan bakar yang tidak tercapai sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna walaupun kerapatan udaranya lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian sejenis yang pernah dilakukan sebelumnya[4].



Gambar 6. Grafik torsi *intercooler* standar dengan suhu lingkungan 30°C dan *intercooler* dengan alat uji pendinginan air temperatur 25°C

3.2 Analisa Fisibilitas

Kalor yang menjadi beban pendinginan pada sistem pendinginan *intercooler* dengan menggunakan AC mobil ini adalah besarnya kalor yang harus dilepaskan untuk menurunkan suhu udara keluaran *intercooler* menjadi suhu seperti yang diperoleh dari alat uji pada temperatur air 25 °C. Besarnya beban pendinginan bervariasi terhadap rpm seperti yang disajikan pada gambar 7.

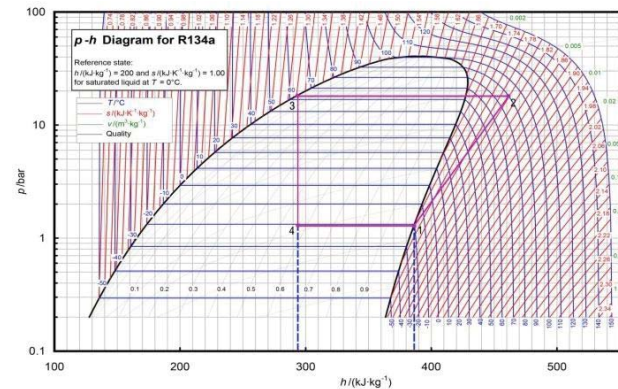


Gambar 7. Grafik selisih kalor yang dilepaskan antara *intercooler* standar dengan *intercooler* pendinginan 25°C

Dari hasil perhitungan besar kalor tambahan yang diperlukan *intercooler* untuk mencapai suhu *output intercooler* pendinginan 25 °C pada putaran 2000 rpm didapatkan sebesar 366.81 Watt. Pada putaran 2000 rpm inilah yang akan digunakan untuk analisa fisibilitas pemanfaatan evaporator sebagai pendingin *intercooler* mesin 2KD-FTV, karena putaran 2000 rpm merupakan

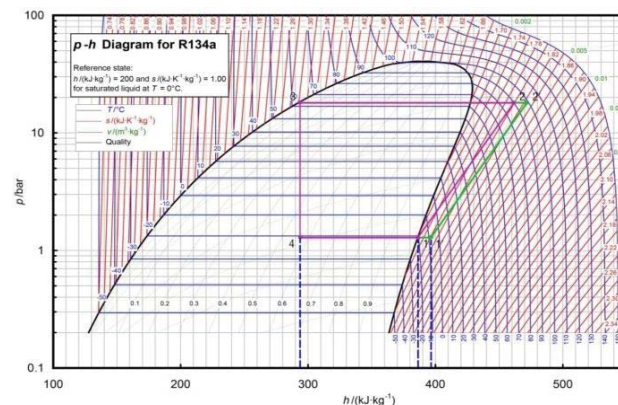
rpm tengah-tengah dari mesin diesel yang maksimum putarannya 4000 rpm sebelum *redline* dan pada jalan-jalan perkotaan yang cukup padat kisaran putaran mesin 2000 rpm adalah yang paling sering digunakan untuk berjelajah.

Dari beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan maka dapat digambarkan siklus dari diagram P-h ideal sistem refrigerasi mobil innova mesin 2KD-FTV standar sebelum digunakan sebagai pendingin *intercooler* (gambar 8).



Gambar 8. Siklus diagram P-h ideal 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 gambar 9.



Gambar 9. Siklus diagram P-h 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. Ditinjau dari sisi pelepasan kalor, jumlah laju pelepasan kalor oleh kondensor bertambah sebesar sekitar 6% dari 6,34 kW menjadi 6,7 kW.

Pemanfaatan evaporator sistem AC mobil untuk mendinginkan *intercooler* mesin 2KD-FTV berdasarkan hasil perhitungan pada siklus diagram P-h dinyatakan fisibel. Hasil analisa menunjukkan bahwa pada saat

refrigerant dilewatkan kedalam *intercooler*, ada beban ekstra pada kompresor sistem pendingin namun penambahannya tidak signifikan sehingga dapat diabaikan. Penambahan jumlah pelepasan kalor pada kondensor perlu diperhatikan sehingga beberapa modifikasi pada kondensor perlu dilakukan untuk mengantisipasi hal tersebut.

4. KESIMPULAN

Dari serangkaian pengujian yang dilakukan pada mesin innova 2KD-FTV dengan *intercooler* standar dengan suhu lingkungan 30 °C dan *intercooler* dengan alat uji pendinginan air pada temperatur 10°C, 15°C, 20°C, 25°C. Diperoleh hasil sebagai berikut:

- Suhu pendinginan *intercooler* yang paling optimal pada mesin 2KD-FTV didapatkan pada suhu 25°C. Daya maksimum meningkat sebesar 1.8 BHP dan torsi maksimum meningkat sebesar 5 Nm dibandingkan *intercooler* standar dengan suhu lingkungan 30°C.
- Temperatur pendinginan yang terlalu rendah mengakibatkan penurunan terhadap daya pada kendaraan. Penurunan ini disebabkan oleh temperatur penyalaan bahan bakar yang tidak tercapai sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna walaupun kerapatan udaranya lebih tinggi.
- Pemanfaatan evaporator untuk pendingin *intercooler* pada mesin 2KD-FTV dinyatakan fisibel dengan perhitungan diasumsikan pada putaran 2000 rpm. Pada kondisi ini, suhu keluaran kompresor masih dalam

batas yang diijinkan, penambahan kerja kompresor tidak signifikan sehingga dapat diabaikan, sedangkan penambahan jumlah pelepasan kalor pada kondensor perlu diperhatikan sehingga diperlukan beberapa modifikasi pada kondensor.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Mahadi. (Juni 2010), *Pengaruh Penggunaan Turbo-charger 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://iosr-journals.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.