

PROSIDING



SEMINAR NASIONAL
**TEKNIK
MESIN**

12

**“Peningkatan Riset di Bidang
Teknik Mesin Untuk
Mewujudkan Kemandirian
Industri Nasional ”**

**Kamis, 10 Agustus 2017
Kampus Universitas Kristen Petra
Surabaya**

**Editor :
Fandi D. Suprianto.
Roche Alimin.
Sutrisno.**

**Penerbit :
Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236**

Didukung oleh :



PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK MESIN 12
“Peningkatan Riset di Bidang Teknik Mesin Untuk Mewujudkan Kemandirian Industri Nasional”

Hak Cipta @ 2017
Program Studi Teknik Mesin
Universitas Kristen Petra

Dilarang mereproduksi, mendistribusikan bagian dari publikasi ini dalam segala bentuk maupun media tanpa seijin Program Studi Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Dipublikasikan dan didistribusikan oleh:
Program Studi Teknik Mesin
Universitas Kristen Petra,
Jl. Siwalankerto 121-131
Surabaya, 60236
INDONESIA

ISBN: 978-602-74857-1-6

REVIEWER

1. **Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M.Eng.**
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2. **Prof. Dr. Ir. Eddy Sumarno Siradj, M.Sc.**
Universitas Indonesia
3. **Prof. Dr.-Ing. Ir. I Made Loden Batan, M.Eng.**
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
4. **Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng. PhD.**
Universitas Brawijaya
5. **Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.**
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
6. **Prof. Dr.-Ing. Ir. Mulyadi Bur**
Universitas Andalas
7. **Prof. Dr. Ir. Yatna Yuwana Martawirya**
Institut Teknologi Bandung
8. **Dr. Ir. Ekadewi A. Handoyo, M.Sc.**
Universitas Kristen Petra
9. **Dr. Ir. Ignatius Nurprasetio, MS, ME.**
Institut Teknologi Bandung
10. **Dr. Jayan Sentanuhady**
Universitas Gadjah Mada
11. **Dr. Juliana Anggono, M.Sc.**
Universitas Kristen Petra
12. **Dr.-Ing. Suwandi Sugondo, Dipl. Ing.**
PT. Agrindo Tbk

PANITIA PELAKSANA

Ketua	: Ir. Joni Dewanto, M.T.
Sekretaris	: Ian Hardianto Siahaan, S.T., M.T.
Bendahara	: Dr. Ir. Ekadewi A. Handoyo, M.Sc.
Acara	: Roche Alimin, S.T, M.Sc.
Editor	: Fandi D Suprianto, S.T., M.Sc. Dr. Sutrisno, S.T., M.T. Roche Alimin, S.T, M.Sc.
Pubdok	: Yopi Tanoto, S.T., M.T.
Konsumsi	: Amelia, S.T., M.T.
Perlengkapan	: Ir. Ninuk Jonoadji, M.T.

SAMBUTAN KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kemajuan suatu negara ditopang oleh sumber daya alam dan sumber daya manusia yang mumpuni. Tuhan menganugerahkan sumber daya alam yang melimpah untuk negara kita. Sumber daya alam ini perlu dikelola dengan efisien dan efektif sesuai mandat yang diberikan kepada kita. Agar dapat mengelola dengan baik, diperlukan sumber daya manusia yang bertanggung jawab, bermoral, dan memiliki kemampuan di bidang teknis yang diperlukan. Perguruan Tinggi diharapkan mengambil peran penting ini dan mempersiapkan generasi muda untuk memajukan negara Indonesia. Perguruan Tinggi juga diharapkan melakukan riset untuk meningkatkan daya saing produk-produk Indonesia baik itu di sektor industri dan lainnya, sehingga negara kita dapat berkembang, maju, dan dapat bersaing dengan negara lain.

Mencermati hal di atas, maka dalam Seminar Nasional Teknik Mesin ke-12 ini kami mengambil tema "Peningkatan Riset di Bidang Teknik Mesin untuk Mewujudkan Kemandirian Industri Nasional". Kami berharap SNTM menjadi wadah diskusi terkait penelitian dalam bidang teknik mesin di antara praktisi dan akademisi, sehingga memperluas wawasan semua yang hadir dan menghasilkan pemikiran maupun inovasi untuk meningkatkan mutu penelitian kita. Lebih lagi, melalui diskusi selama SNTM dapat dihasilkan penelitian-penelitian yang mendukung upaya untuk meningkatkan daya saing produk kita terhadap produk dari negara lain.

Seminar Nasional Teknik Mesin telah diselenggarakan sebelas tahun berturut-turut. Kami bersyukur rekan-rekan peneliti tetap memberi kami kepercayaan dengan ikut berpartisipasi dalam seminar yang ke-12. Semoga kiranya SNTM membawa manfaat, semangat dan sukacita kita semua dalam meneliti dan diskusi. Kami pun berterima kasih kepada rekan-rekan Panitia yang telah berjerih lelah mempersiapkan segala sesuatu sehingga SNTM 12 ini dapat terselenggara dengan baik.

Selamat berdiskusi, selamat berseminar. Tuhan memberkati.

Surabaya, 7 Agustus 2017
Ketua Program Studi Teknik Mesin

Dr. Ir. Ekadewi A. Handoyo, M.Sc.

SAMBUTAN KETUA PANITIA

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan, karena penyelenggaraan Seminar Nasional Teknik Mesin hingga saat ini sudah berjalan setiap tahun dengan baik hingga yang ke dua belas. Seminar kali ini mengangkat tema “Peningkatan Riset di Bidang Teknik Mesin untuk Mewujudkan Kemandirian Industri Nasional.” Sebuah tema yang terinspirasi dari keprihatinan terhadap kemandirian industry nasional yang hingga saat ini masih banyak tergantung pada pihak luar. Dalam kondisi tersebut, maka kegiatan riset yang berkualitas, khususnya yang berorientasi pada pengembangan dan kebutuhan industry menjadi harapan akan terwujudnya kemandirian industry nasional.

Oleh karenanya melalui seminar ini kami mengundang dan memberi kesempatan kepada praktisi, peneliti dan akademisi agar dapat saling tukar kepakaran dan pengalaman dalam rangka meningkatkan ragam dan kualitas penelitiannya. Dalam kesempatan ini akan dipresentasikan 27 makalah terseleksi oleh para reviewer dari 42 abstrak masuk yang kami terima.

Kepada peserta seminar kami menyampaikan banyak terima kasih atas kontribusi dan partisipasinya, sehingga seminar ini dapat berlangsung dengan baik. Secara khusus kami juga menyampaikan terima kasih kepada PT Astra Internasional, yang telah mengutus Bp. I Made Tangkas, sebagai key note dalam seminar ini.

Akhir kata, selamat berseminar kiranya Tuhan memberkati kita semua.

Surabaya, 7 Agustus 2017
Ketua Panitia SNTM 12

Ir. Joni Dewanto, M.T.

KATA PENGANTAR

Seminar Nasional Teknik Mesin (SNTM) merupakan kegiatan tahunan yang diselenggarakan oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra (UK Petra). Sejak pertama kali hingga SNTM 12 saat ini telah banyak kontribusi dari para akademisi dan profesional terpublikasi dalam kegiatan ini. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan ini telah menjadi media diskusi dan pertukaran informasi yang baik antar peserta dalam perkembangan inovasi di bidang Teknik Mesin.

Peningkatan pertumbuhan ekonomi masyarakat Indonesia sangat pesat sehingga permintaan barang hasil industri menjadi tinggi. Hal ini mendorong perkembangan industri dalam yang terjadi sangat pesat, ketertarikan investor dari luar negeri banyak berdatangan di Indonesia. Indikator tersebut memaparkan bahwa perekonomian Negara Indonesia sangatlah baik. Oleh karena itu SNTM 12 mengusung tema **"Peningkatan Riset Di Bidang Teknik Mesin Untuk Mewujudkan Kemandirian Industri Nasional"**. Sebab penelitian-penelitian bidang Teknik Mesin berpotensi mampu mewujudkan kemandirian Industri Indonesia melalui karya ilmiah yang inovatif. Melalui Seminar Nasional Teknik Mesin 12 ini, karya-karya penelitian yang telah diseleksi diharapkan dapat memberikan solusi secara efektif, efisien, serta ramah lingkungan terhadap masalah-masalah di bidang teknik mesin, sehingga dapat mewujudkan kemandirian industri melalui inovasi di bidang teknik mesin untuk kepentingan bangsa melalui penelitian dan inovasi pada bidang teknik mesin untuk menghadapi persaingan global.

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sebab hanya oleh karena rahmat dan anugerah Nya maka acara SNTM dapat terselenggara secara berkala. Hal ini juga menandakan bahwa forum diskusi SNTM sangat diminati oleh para akademisi dan profesional di bidang teknik mesin. Ruang lingkup makalah pada SNTM dikelompokkan menjadi empat bidang, yaitu: konversi energi, rekayasa mekanik & material, manufaktur, dan otomotif. Lebih lanjut, kualitas makalah dijaga dengan baik melalui proses review yang ketat.

Akhir kata kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan prosiding SNTM 12 ini. Terlepas dari segala kekurangan yang ada, kiranya segenap upaya yang telah dilakukan dapat bermanfaat bagi kemajuan, penguasaan ilmu pengetahuan & teknologi di Indonesia, dan menjadi pendorong untuk menghasilkan karya-karya penelitian lanjutan yang lebih baik.

Surabaya, Agustus 2017

Tim Editor

DAFTAR ISI

	Halaman
REVIEWER	iv
PANITIA PELAKSANA	v
SAMBUTAN KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN.....	vi
SAMBUTAN KETUA PANITIA	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix

DESAIN

1. PERANCANGAN KONSTRUKSI FLEXIBLE FIXTURE BERBASIS MIKRO-KONTROLER DENGAN BANTUAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR
Rismu Landung Gumilang, Sampurno, Dinny Harnany..... DS-1

KONVERSI ENERGI

1. STUDI EKSPERIMEN PENGARUH PERFORATED TWISTED TAPE TERHADAP PERFORMA PENUKAR KALOR PIPA GANDA
Ardika Kurniawan, Teguh Hady Ariwibowo, Prima Dewi Permatasari..... KE-1
2. STUDI NUMERIK PENGARUH DIAMETER *BED MATERIAL* TERHADAP KARAKTERISTIK FLUIDISASI PADA *CIRCULATING FLUIDIZED BED BOILER* BEBAN 28,6 MW
Bambang Sudarmanta, Rizki Mohammad Wijayanto, Achmad Syaifudin, dan Giri Nugroho KE-5
3. STUDI NUMERIK VARIASI VOLUME PASIR TERHADAP EFISIENSI *BOILER CIRCULATION FLUIDIZED BED COMBUSTION*
Bayu Adi Muliawan, Bambang Sudarmanta, Achmad Syaifudin, Giri Nugroho..... KE-10
4. STUDI SIMULASI NUMERIK PENGARUH PENAMBAHAN *FIN* BERBENTUK SETENGAH SILINDER YANG DIMIRINGKAN TERHADAP ARAH ALIRAN YANG DIPASANG PADA BAGIAN BAWAH PLAT PENYERAP KOLEKTOR SURYA PEMANAS UDARA
Bernardus Pualam, Djatmiko Ichsani, Mohamad Hakam KE-15
5. STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH TEMPERATUR UDARA INLET ZONA OKSIDASI PADA PROSES GASIFIKASI PELET *MUNICIPAL SOLID WASTE* TERHADAP UNJUK KERJA *GASIFIER* TIPE *DOWNDRAFT*
Depi Rustam Ependi, Arif Rahman Saleh, Bambang Arip Dwiyantoro, Sampurno, Bambang Sudarmanta ... KE-19
6. STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH AIR FUEL RATIO PROSES GASIFIKASI PELLET *MUNICIPAL SOLID WASTE (MSW)* TERHADAP UNJUK KERJA *GASIFIER* TIPE *DOWNDRAFT* SISTEM KONTINYU
Irfan Maulana Ardiansyah, Arif Rahman Saleh, Bambang Arip Dwiyantoro, Sampurno, dan Bambang Sudarmanta KE-24

7. KAJIAN MODAL ANALISIS PADA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL JENIS SAVONIUS TIPE ROTOR U MENGGUNAKAN *SOFTWARE* MATLAB METODE *FAST FOURIER TRANSFORM* (FFT)
John Frans Hasudungan Siahaan..... KE-29
8. STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUHU PROSES GASIFIKASI PELLET *MUNICIPAL SOLID WASTE* (MSW) TERHADAP UNJUK KERJA REAKTOR GASIFIKASI TIPE *DOWNDRAFT* BERPENGENDALI SUHU PADA ZONA *PARTIAL COMBUSTION* SISTEM KONTINYU
Muhammad Aji Trianto, Arif Rahman Saleh, Bambang Arip Dwiyantoro, Sampurno, dan Bambang Sudarmanta KE-32
9. *RE-DESIGN MULTIZONE HIGH PRESSURE HEATER* DENGAN VARIASI KECEPATAN ALIRAN *TUBE* dan *BAFFLE CUT* PADA PEMBANGKIT LISTRIK
Ricky Alantino, Teguh Hady Ariwibowo KE-37
10. RANCANG BANGUN PROTOTYPE INCINERATOR SAMPAH HEMAT ENERGI DAN RAMAH LINGKUNGAN
Ridwan, Imam Mardiyansyah, Lasminiasih..... KE-41
11. STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH LAJU ALIR MASSA UDARA PADA PROSES GASIFIKASI PELET *MUNICIPAL SOLID WASTE (MSW)* TERHADAP KANDUNGAN TAR DAN *CARBON CONVERSION RATE GASIFIER* TIPE *DOWNDRAFT*
Rizki Wase Primawan, Arif Rahman Saleh Bambang Arip Dwiyantoro, Sampurno, dan Bambang Sudarmanta..... KE-44
12. PENGARUH GETARAN ULTRASONIK TERHADAP PENINGKATAN PERPINDAHAN KONVEKSI ALUMINA NANOFLUID
Sudarmadji Sudarmadji, Santoso, Bambang SAP..... KE-48
13. ANALISA AERODINAMIK ALIRAN FLUIDA DI SEKITAR SILINDER SIRKULER DAN *STREAMLINED BODY*
Sutardi, Pradipta B.W. KE-53
14. PENGGUNAAN *WALL INSULATION* PADA RUMAH DI SURABAYA UNTUK MENGURANGI KEBUTUHAN KAPASITAS AC
Stephanie Cristie Rosalie, Rio Grafika, Andriono Slamet, Gabriel Jeremy Gotama KE-58

MANUFAKTUR

1. ANALISIS PROYEK PEMBUATAN KAPAL BARU DENGAN METODE *CRITICAL PATH METHOD* DAN *PROJECT EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE* DI PT DUMAS TANJUNG PERAK SHIPYARDS SURABAYA
Budi Hermanto, M. Nushron Ali. M..... MF-1
2. PENERAPAN KONSEP LEAN MANUFACTURING UNTUK MEMINIMALISASI WASTE PADA PRODUK ECO CHAIR DI BAGIAN CUTTING
Rizky Jafras Santoso, M. Nushron Ali M., dan Joko Sutrisno MF-6
3. STUDY KASUS KERETAKAN PIPA CHROMOLY (CrMo) UNTUK FRAME SEPEDA
Muhammad Taufiq, Prantasi Harmi Tjahjanti..... MF-12
4. STUDI PENYAMBUNGAN PLAT BERBASIS ALUMINUM MENGGUNAKAN FRICTION STIR WELDING

	<i>Luqman Hadi Prasetya, Prantasi Harmi Tjahjanti</i>	MF-16
5.	PENGARUH ARUS PENGELASAN DENGAN METODE SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIK PADA BAJA ASTM A36 <i>Agus Duniawan</i>	MF-20

OTOMOTIF

1.	STUDI FISIBILITAS PEMANFAATAN EVAPORATOR AC MOBIL UNTUK PENDINGIN <i>INTERCOOLER</i> PADA MESIN TURBO DIESEL <i>Fandi D. Suprianto, Ferry Widjaja</i>	OT-1
2.	KARAKTERISASI UNJUK KERJA MESIN DIESEL SISTEM <i>DUAL FUEL</i> BODIESEL-SYNGAS HASIL GASIFIKASI <i>PELLET MUNICIPAL SOLID WASTE</i> (MSW) DENGAN VARIASI <i>MASS FLOW RATE</i> UDARA MENGGUNAKAN BLOWER <i>Fandi Ahmad Ekabimaranto, Arif Rahman Saleh, Bambang Arip Dwiyanoro, Sampurno, Bambang Sudarmanta</i>	OT-8
3.	<i>ELECTRONIC WEDGE BRAKE</i> (EWB) PADA KENDARAAN <i>Ian Hardianto Siahaan, Anthony Sugianto</i>	OT-13
4.	SISTEM PENYELAMAT PENUMPANG TERHADAP KERACUNAN GAS CARBON MONOKSIDA (CO) DI DALAM KABIN KENDARAAN <i>Joni Dewanto, Sia Jeffrey Siaga Theodosius</i>	OT-22
5.	PENERAPAN METODE ELEKTROLISIS AIR MENGGUNAKAN GENERATOR HHO TIPE <i>WET CELL</i> GUNA MENINGKATKAN PERFORMA DAN MENURUNKAN EMISI GAS BUANG MOTOR BAKAR 4 LANGKAH 120 CC <i>Muhammad Yanuar Rizqi Fadhilah, Joke Pratilastiarso, Rif'ah Amalia</i>	OT-27

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.

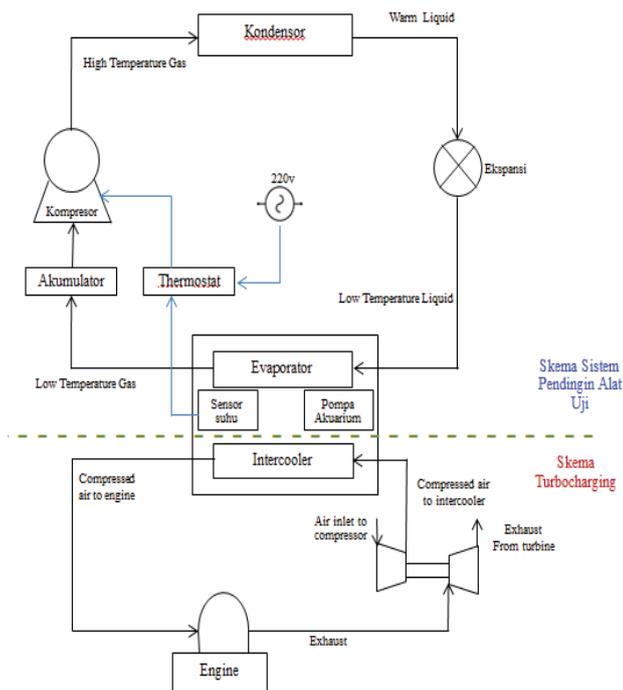
Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat uji yang akan digunakan untuk mendinginkan intercooler,

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

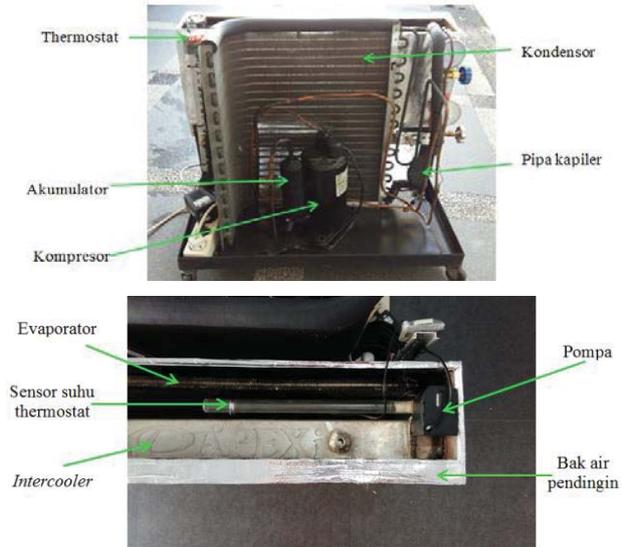
Sebuah alat pendingin jenis kompresi uap secara khusus dirancang dan dibuat dalam penelitian ini agar mampu mendinginkan *intercooler* pada rentang suhu 10°C, 15°C, 20°C, 25°C. Alat uji pendingin akan mempermudah pengaturan variasi suhu pendinginan *intercooler* yang diharapkan dalam penelitian ini. 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, 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 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*

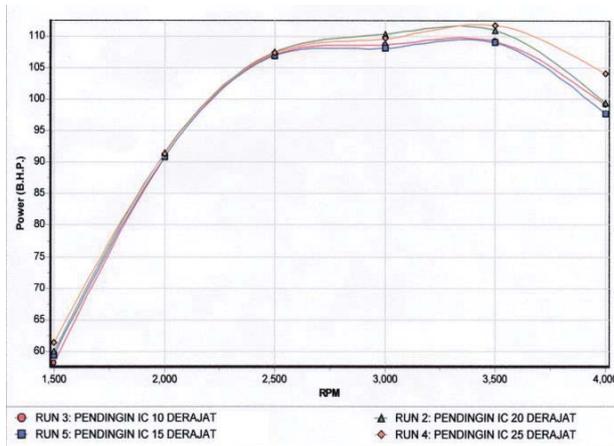
Pengujian dilakukan dengan memasang alat uji pendingin *intercooler* ini pada mesin 2KD-FTV dan dilakukan pengecekan apakah alat uji sudah berjalan dengan baik dan suhu pendinginan air *intercooler* dapat tercapai. Tahap selanjutnya ketika alat uji sudah berjalan dengan baik maka akan dilakukan pengujian *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

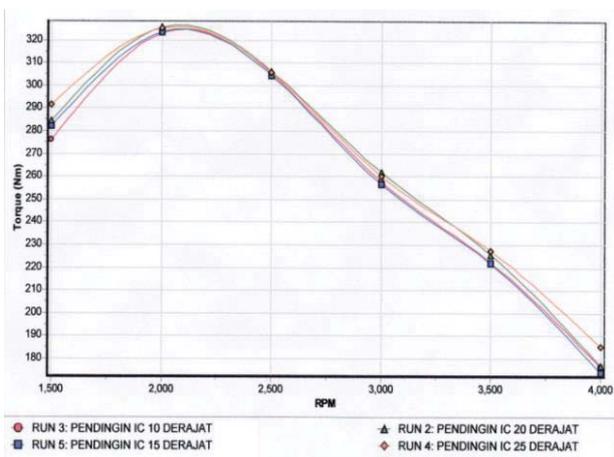
Pengujian *chasis dynamometer* dilakukan untuk menguji performa mesin yang menggunakan *intercooler* dengan pendinginan air bersuhu 10°C, 15°C, 20°C, 25°C. Hasilnya disajikan pada gambar 3 dan 4.



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.



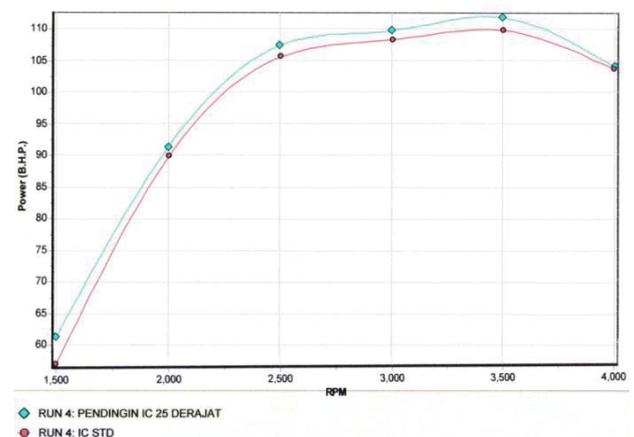
Gambar 4. Grafik torsi yang dihasilkan *intercooler* dengan alat uji pendinginan air temperatur 10°C, 15°C, 20°C, 25°C

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.

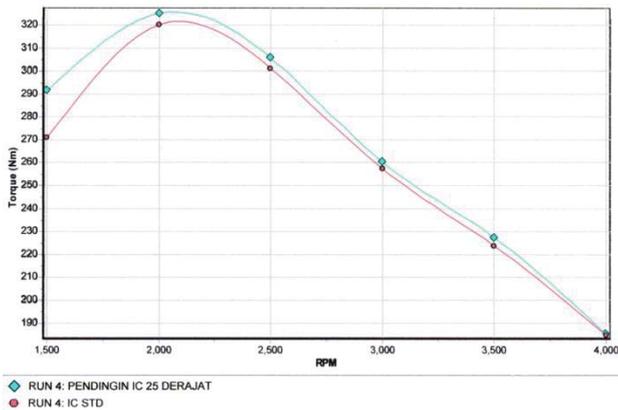


Gambar 5. Grafik daya *intercooler* dengan suhu lingkungan 30°C dan *intercooler* dengan alat uji pendinginan air temperatur 25°C

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

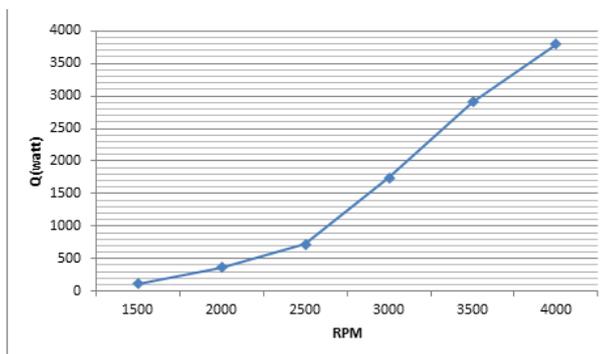
kenaikan 1.8 BHP dan torsi puncak pada rpm 2100 hanya mengalami kenaikan 5 Nm. Pada pendinginan *intercooler* temperatur 10°C dan 15°C daya menurun 0.7 BHP dan 0.9 BHP dari dibandingkan *intercooler* standar dengan suhu lingkungan 30°C. Penurunan ini disebabkan oleh temperatur penyalaan bahan bakar yang 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.

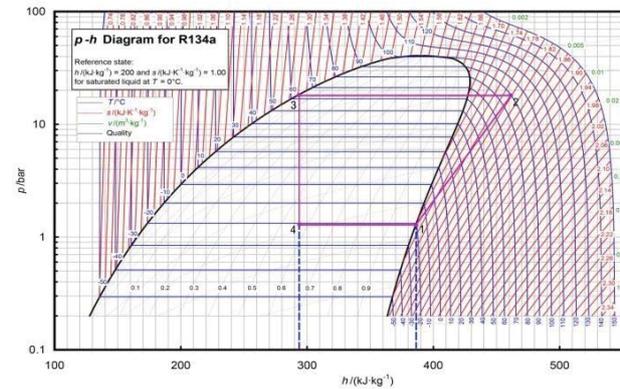


Gambar 7. Grafik selisih kalor yang dilepaskan antara *intercooler* standar dengan *intercooler* pendinginan 25°C

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

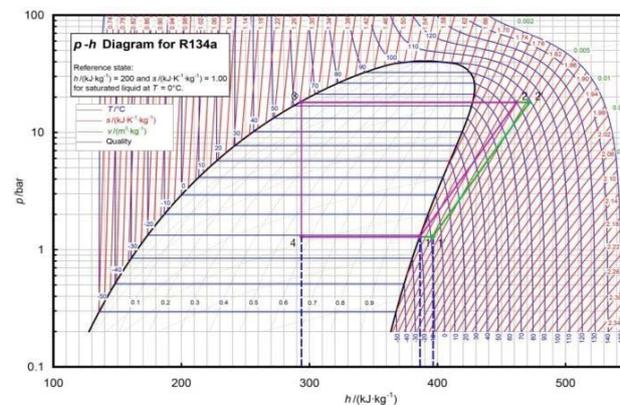
rpm tengah-tengah dari mesin diesel yang maksimum putarannya 4000 rpm sebelum *redline* dan pada jalan-jalan perkotaan yang cukup padat kisaran putaran mesin 2000 rpm adalah yang paling sering digunakan untuk berjelajah.

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 ditambahkan 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.