



SNTTM XV

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin 2016

BUKU PROCEEDING

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN KE-15

Institut Teknologi Bandung
5-6 Oktober 2016

DISELenggarakan OLEH



BADAN KERJASAMA TEKNIK MESIN (BKS-TM)
INDONESIA



FAKULTAS TEKNIK MESIN DAN DIRGANTARA
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

TOPIK MAKALAH

1. Konversi Energi (**KE**)
2. Material (**MT**)
3. Pendidikan Teknik Mesin (**PD**)
4. Perancangan dan Mekanika Terapan (**PM**)
5. Teknik Produksi (**TP**)

DAFTAR ISI

KONVERSI ENERGI

KE-001	PENGARUH BROWN GAS (HHO) YANG MENGGUNAKAN KATALIS STAINLESS DALAM GENERATOR GAS TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR <i>Wawan Trisnadi Putra, Muh Malyadi</i>	1
KE-002	ANALISA JARAK ANTARA DUA SELINDER BERPENAMPANG ELLIP TERHADAP TEKANAN ALIRAN UDARA PADA DINDINGNYA <i>Dewi Puspitasari, Kaprawi S.</i>	9
KE-003	THERMAL EFFICIENCY IMPROVEMENT TO AN EXISTING 420 MW REHEAT–REGENERATIVE SUB-CRITICAL RANKINE CYCLE BY REARRANGEMENT AND ADDITION OF FEEDWATER HEATER SYSTEM <i>I. 'Aliman*, S. Samnang, T. Hardianto, and H. Riyanto</i>	14
KE-004	STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PEMBUANGAN PANAS KONDENSOR TERHADAP UNJUK KERJA MESIN REFRIGERASI YANG MENGGUNAKAN KOMPRESSOR HERMETIK <i>Budi Santoso *, Budi Kristiawan, dan Fadil Rizkiyanda</i>	22
KE-005	ANALISIS KOMPUTASI PENGARUH GEOMETRI MUKA DAN KONTROL AKTIF HISAPAN TERHADAP KOEFISIEN HAMBATAN PADA REVERSED AHMED MODEL <i>Rustan Tarakka*, A. Syamsul Arifin P. dan Yunus Fa Bate</i>	30
KE-007	SIMULASI PEMBAKARAN SAMPAH KOTA PADA TUNGKU INSINERATOR MINI TRAVELING GRATE DENGAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS <i>Isnain 'Aliman*, Ari Darmawan Pasek</i>	35
KE-008	RANCANG BANGUN MESIN PENDINGIN HYBRID TIPE KONVEYOR OTOMATIS <i>Yefri Chan, Yendi Esye</i>	43
KE-009	INFLUANCE OF POSITION AND SPACE OF SERPENTINE TUBE IN ENCLOSURE TO NATURAL CONVECTION HEAT TRANSFER COEFISIEN <i>I Gusti Ketut Sukadana , I Wayan Nata Septiadi</i>	48
KE-010	PENGARUH VARIASI TEKANAN TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBENTUKAN GAS HIDRAT PROPANA BUTANA <i>Widya Wijayanti</i>	54
KE-011	UNJUK KERJA AC MOBIL DENGAN REFRIGERAN LPG-CO2 PADA BERBAGAI VARIASI KANDUNGAN CO2 DAN BEBAN PENDINGINAN <i>Mega Nur Sasongko*, Andi Pramana, Arif Mukhlisin</i>	61
KE-012	ANALISA TERMAL PADA RUANG TRANSMISI DENGAN PERBANDINGAN SUHU HASIL EKSPERIMEN DAN SIMULASI <i>M. Sabri, Surya , dan Nixon Randy</i>	65

KE-013	ANALISIS COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) DAN OPTIMALISASI UNTUK REDESAIN PROSES AKHIR PENGERINGAN KOPRA DI USAHA KOPERASI BERSAMA KOPRA PUTIH SONIA KABUPATEN PRINGSEWU <i>A.Yudi Eka Risano, A. Su'udi, dan Eko Nurdianto</i>	73
KE-014	DRAG REDUCTION PADA PIPA PERSEGI DENGAN PENAMBAHAN LAPISAN AGAR <i>Yanuar*, Kurniawan T. Waskito, Reski Septiana, dan Wildan M. Nurikhwan</i>	83
KE-015	PEMODELAN DAN EKSPERIMENTAL PERILAKU PEMBAKARAN CO-FIRING CANGKANG KELAPA SAWIT DAN BATUBARA PERINGKAT RENDAH DI DALAM REAKTOR DROP TUBE FURNACE (DTF) <i>Dwika Budianto*, Cahyadi, Muhammad Aziz</i>	89
KE-016	KENERJA KINCIR ANGIN SUMBU VERTIKAL DENGAN MODEL SUDU BENGKOT 900 UNTUK VARIASI JUMLAH SUDU (2, 3, DAN 4 SUDU) <i>Luther Sule</i>	96
KE-017	PENGARUH KETINGGIAN PERMUKAAN BAHAN BAKAR DI DALAM MANGKOK KARBURATOR PADA UNJUK KERJA MOTOR BENSIN (EFFECT OF THE FUEL LEVEL IN CARBURATOR FUEL BOWL ON GASOLINE ENGINE PERFORMANCE) <i>Janu Pardadi</i>	105
KE-018	STUDI PERFORMA SISTEM PENDINGIN KOMPRESI UAP DENGAN R22/R404A/R134A DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE EES <i>Ekadewi A. Handoyo *, Amelia, Suwandi Sugondo, Yusak Tanoto</i>	112
KE-019	ANALISA KINERJA PENGERING IKAN TENAGA KOMBINASI SURYA-LPG-BIOMASSA <i>Ahmad Syuhada dan Zahrul Fuadi*</i>	120
KE-020	ANALISA BEBAN PENDINGIN TERHADAP UNJUK KERJA WATER CHILLER PADA MESIN PLASTIC INJECTION <i>Rohmat Setiawan dan Sasi Kirono</i>	124
KE-021	KAJI NUMERIK DISTRIBUSI PERPINDAHAN PANAS KONDUKSI 2-D PADA KEPINGAN PELAT BAJA <i>Nur Rahmah Anwar, Zuryati Djafar, Syukri Himran</i>	132
KE-022	ANALISIS EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK JET FLAME MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR BIOETANOL 90 DAN 96% PADA TUNGKU PEMBAKARAN <i>I Made Kartika Dhiputra, Johni Jonatan Numberi dan Arifia Ekayuliana*</i>	140
KE-023	KARAKTERISTIK SYNGAS BERBAHAN UMPAN KOTORAN KUDA DENGAN VARIASI LAJU ALIRAN OKSIGEN SEBAGAI AGENT GAS PADA PROSES GASIFIKASI TIPE UPDRAFT <i>Rudy Sutanto, Nurchayati, Pandri Pandiatmi, Arif Mulyanto</i>	149
KE-024	VISUALISASI ALIRAN UDARA MELALUI VORTEX GENERATOR JENIS CONCAVE DELTA WINGLET DI DALAM SALURAN <i>Syaiful*, Arief Rachman dan Bambang Yunianto</i>	153

KE-025	SEBUAH MODEL NUMERIK ARUS LAUT DI SELAT BANGKA SULAWESI UTARA DAN ANALISIS POTENSI ENERGI KINETIK UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT <i>Parabelem Tinno Dolf Rompas*, Heindrich Taunaumang, dan Ferry Jhony Sangari</i>	161
KE-027	RANCANG BANGUN MEKANISME FUEL MIXER BIOETHANOL HIDROUS PADA MOTOR BERBAHAN BAKAR LOW GRADE BIO-ETHANOL <i>Bambang Sugiarto, Setia Abikusna * dan Arul Panji</i>	169
KE-028	STUDI EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BRIKET LIMBAH PADAT INDUSTRI MINYAK KELAPA SAWIT DENGAN VARIASI TEKANAN PEMBRIKETAN MENGGUNAKAN METODE THERMOGRAVIMETRI ANALYSIS (TGA) <i>Novi Caroko *, Wahyudi, Sudarja, dan Abdillah Irwan</i>	174
KE-030	DESIGN AND NUMERICAL SIMULATION OF PERFORMANCE OF HORIZONTAL AXIS TIDAL TURBINE WITH FLOW VELOCITY OF 1.3 M/S <i>Muh Alif Ahsanul Islam*, Arianto Santoso</i>	179
KE-031	PEMBENTUKAN API CELLULAR PADA PEMBAKARAN PREMIXED MINYAK KELAPA <i>I Ketut Gede Wirawan*, Ainul Ghurri, I Gede Putu Agus Suryawan</i>	184
KE-032	APLIKASI ARGON PLASMA JET UNTUK DEKOMPOSISI METHANE HYDRATE DENGAN IRADIASI RADIO FREQUENCY PLASMA <i>Ismail Rahim*, Shinfuku Nomura</i>	188
KE-033	PERANCANGAN, PEMBUATAN DAN PENGUJIAN COMPACT HEAT EXCHANGER PADA ALAT PENGERING KOPI <i>Ahmad Yonanda*, Yulian Nugraha dan Amrizal</i>	191
KE-034	OPTIMUM PERFORMANCE BASED ON SPECIFIC FUEL CONSUMPTION OF THE INTERCOOLED - REHEAT GAS TURBINE COMBINED CYCLE <i>Ng.T.G. Tri, M.H. Nugraha, T. Hardianto, H. Riyanto</i>	200
KE-035	OPTIMIZATION OF REHEAT-REGENERATIVE SUPER CRITICAL RANKINE CYCLE PERFORMANCE THROUGH THE APPLICATION OF EXERGY ANALYSIS AND PINCH TECHNIQUE <i>M.A. Mahardika, S. Sophak, T. Hardianto, H. Riyanto</i>	210
KE-036	STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PERUBAHAN BENTUK INTAKE MANIFOLD TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR JUPITER Z 110 CC <i>Khairul Muhajir</i>	217
KE-037	KARAKTERISTIK ALIRAN TURBULEN MELALUI PIPA SPIRAL DENGAN PENAMBAHAN PARTIKEL TIO₂ <i>Sealtial Mau*, Rifqi Hanif, Okky A. Putra, Kurniawan T, Yanuar</i>	227
KE-038	PENAMBAHAN METANOL PADA PROSES TRANSESTERIFIKASI MINYAK BIJI KARET (HAVEA BRASILIENSIS) PADA BIODIESEL DENGAN GELOMBANG MIKRO <i>Purnami*, Nurkholis Hamidi, Slamet Wahyudi</i>	234

KE-039	BACK-CONTACT DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS MENGGUNAKAN TITANIUM SHEET DENGAN LUBANG MICRO SEBAGAI ELEKTRODA KERJA <i>Azwar Hayat*, Mukhtar Rahman, Shyam S. Pandey dan Shuzi Hayase</i>	239
KE-040	EFISIENSI ENERGI RUANG BERSIH GEDUNG BETALAKTAM PABRIK FARMASI <i>Rizky Indriani, C. Rangkuti</i>	245
KE-041	DESAIN DAN PEMODELAN SUDU PRIMARY AIR FAN UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) <i>Indra Djodikusumo*, I Nengah Diasta, Iwan Sanjaya Awaludin, Fachri Koeshardono dan Aditya Iriawan Handoko</i>	252
KE-042	SIMULASI SECARA TERMODINAMIKA GASIFIKASI LIMBAH DAUN PADA DOWNDRAFT GASIFIER MENGGUNAKAN MODEL KONSTANTA KESETIMBANGAN : PENGARUH EQUIVALENT RATIO <i>Fajri Vidian*, Yossi Adi Sahputra</i>	258
KE-043	BOILING PHENOMENA AND BUBBLE DYNAMICS FROM POROUS GRAPHITE FOAMS <i>Indro Pranoto</i>	265
KE-044	ANALISA TAHANAN TOTAL KAPAL PENTAMARAN DENGAN VARIASI MELINTANG DAN KONFIGURASI ASYMMETRIC SIDEHULL <i>Ibadurrahman *, Salimmusa Karim dan Yanuar</i>	272
KE-045	EFEK DIAMETER PARTIKEL DAN SUDUT PELEKATAN PARTIKEL PADA EFISIENSI STABILITAS AGREGAT DALAM FLOTASI MINERAL <i>Warjito *, Harinaldi, Manus Setyantono</i>	278
KE-046	PENGARUH DEPTH RATIO V-CUT TWISTED TAPE INSERT TERHADAP KARAKTERISTIK PERPINDAHAN PANAS DAN FAKTOR GESEKAN PADA PENUKAR KALOR PIPA KONSENTRIK <i>Indri Yaningsih *, Agung Tri Wijayanta</i>	286
KE-047	SIMULASI PENGARUH SUDUT INJEKSI DAN BENTUK KEPALA PISTON TERHADAP PEMBAKARAN MESIN DIESEL DENGAN OPENFOAM <i>Tri Agung Rohmat, Gunawan Aneva</i>	295
KE-048	KAJIAN TURBIN AIR PIKO HIDRO DAERAH TERPENCIL DI INDONESIA <i>Budiarso*, Warjito, Dendy Adanta</i>	301
KE-049	ANALISIS PENGARUH MEDAN MAGNET TOROID TERHADAP KARAKTERISTIK NYALA API (FLAME) DENGAN BAHAN BAKAR BUTAN <i>I Made Kartika Dhiputra dan Nely Toding Bunga</i>	308
KE-050	KINERJA TERMAL DAN POLA ALIRAN OSCILLATING HEAT PIPE DENGAN FLUIDA KERJA ETHANOL <i>Nandy Putra*, Adi Winarta dan Fadli Bakhtiar Aji</i>	315

KE-051	STUDI RASIO DIAMETER KATUP LIMBAH DAN BADAN POMPA DALAM PENINGKATAN UNJUK KERJA POMPA HYDRAM <i>Made Suarda *, I Gusti Ketut Sukadana dan Anak Agung Adhi Suryawan</i>	324
KE-052	POTENSI PENGHANTARAN VAKSIN DNA DENGAN GENE GUN UNTUK MENINGKATKAN IMUNITAS TERHADAP INFEKSI PATOGEN <i>Danardono Sumarsono *, Fera Ibrahim, Gema Puspa Sari, Satria Putra Santoso</i>	329
KE-053	STUDI EKSPERIMENTAL PERFORMANSI MODUL PHOTOVOLTAIK DENGAN PENDINGINAN AIR <i>Jalaluddin *, Syukri Himran , Syahrir Arief dan Abdul Khalik</i>	335
KE-054	DRY FLUE GAS DESULFURIZATION FOR POWER GENERATION <i>Muhammad Arif Susetyo *, Dr. Ir Toto Hardianto</i>	340
KE-055	STUDI EKSPERIMENTAL PERPINDAHAN PANAS HEAT PIPE BERFLUIDA KERJA R134A PADA KONDISI TRANSIEN DAN STEADY <i>Thoharudin *, Novi Caroko , Mirza Yusuf , Suyitno dan Zainal Arifin</i>	348
KE-056	PERANCANGAN REAKTOR GASIFIKASI DOWNDRAFT DAN CYCLONE SEPARATOR PILOT PLANT PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOMASSA KAPASITAS 100 KW <i>Muhammad Ridwan, Indradjaja, Faqih Azizuddin dan Stefan Arichta</i>	354
KE-057	KESTABILAN PEMBAKARAN DALAM MESO-SCALE COMBUSTOR DENGAN VARIASI FLAME HOLDER <i>Lilis Yuliati</i>	360
KE-058	KAJIAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD) PADA BAMBOO-FUELED STIRLING ENGINE COGENERATION <i>Ridwan Abdurrahman *, Ari D. Pasek dan Willy Adriansyah</i>	366
KE-059	PRODUKSI BIOETANOL MENGGUNAKAN KOLEKTOR SURYA PLAT DATAR <i>Gerard Antonini Duma *, Andi Erwin Eka Putra, Wahyu H. Piarah, Asdar</i>	371
KE-060	KAJIAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD) PADA HALLOW CONE VALVE (HCV) <i>Ridwan Abdurrahman *, Ari D. Pasek dan Hernawan Mahfudz</i>	378
KE-061	PENGARUH PENAMBAHAN PELAT TERHADAP PRODUKSI BROWN'S GAS PADA GENERATOR HHO TIPE DRY CELL <i>Haslinda Kusumaningsih *, Nurkholis Hamidi dan Yogi Eko Prayitno</i>	383
KE-062	STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGIN PASIF LAMPU LIGHT EMITTING DIODE MENGGUNAKAN HEATSINK KONVENSIIONAL <i>Nurrohman *, Gatot Eka Pramono</i>	389

KE-063	PENGARUH KETEBALAN PELAT ELEKTRODA TERHADAP PRODUKTIVITAS BROWNÂ€™S GAS <i>Denny Widhiyanuriyawan, Haslinda Kusumaningsih, Tria Puspa Sari</i>	396
KE-064	THERMAL AND PHYSICAL EXERGY EFFICIENCY ON 2 UNITS 7 MW BOILER AT PLTU TANJUNG BALAI KARIMUN KEPULAUAN RIAU <i>Anggananda Berlian Raja Maruahal * dan Cokorda Prapti Mahandari</i>	401
KE-065	KARAKTERISTIK KECEPATAN DAN INTENSITAS TURBULENSI ALIRAN FLUIDA DIDALAM CLOSED CIRCUIT LOW-SPEED WIND TUNNEL <i>Sutardi *, Romi D K N, Fahmi F H, Abel B A, dan Anastia E P.</i>	411
KE-066	PENGARUH LAJU ALIRAN UDARA TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN MEMBARA DENGAN ARAH ALIRAN SEARAH (FORWARD) PADA MATERIAL SELULOSA <i>Fadhilah Fitriani, Sherly Veronica, Ratu Hadiani Putri, Mohamad Lutfi Ramadhan, Muhammad Riki, Samuel Reynaldo, Yulianto Sulistyo Nugroho</i>	416
KE-067	ANALISA CFD PERSEBARAN GAS BUANG DAN PARTIKULAT DARI CEROBONG ASAP PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP <i>MSK Tony Suryo Utomo * dan Eflita Yohana</i>	427
KE-068	STATE OF THE ART TEKNOLOGI HIDROTERMAL UNTUK PENGOLAHAN SAMPAH KOTA MENJADI BAHAN BAKAR PADAT <i>Budi Triyono*, Muhammad Hanif Gusman, David Hutapea, Pandji Prawisudha dan Ari Darmawan Pasek</i>	433
KE-069	OPTIMASI DESAIN PISTON PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT SISTEM PNEUMATIK UNTUK OUTPUT DAYA LISTRIK <i>A. Indriani *, H. Jonianto, dan Hendra</i>	446
KE-071	PEMODELAN DAN ANALISIS PERPINDAHAN KALOR PADA MICROCHANNEL HEAT EXCHANGER TIPE EVAPORATOR <i>Ardiyansyah Yatim*, Anugrah Reva</i>	452
KE-072	PENGARUH KECEPATAN UDARA MASUK DAN DIAMETER PARTIKEL PADA FLUIDIZED BED MENGGUNAKAN METODE CFD <i>Ricky Sanjaya, Rosyida Permatasari, Christina Eni</i>	458
KE-073	KONDISI BUSI SEPEDA MOTOR EMPAT LANGKAH MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR DENGAN ANGKA OKTAN LEBIH RENDAH DARI LEBIH RENDAH DARI YANG DIREKOMENDASIKAN <i>Ainul Ghurri*, Ketut Astawa dan Ketut Budiarta</i>	462
KE-074	PENGARUH PARAMETER INPUT TERHADAP PRODUK PIROLISIS CANGKANG KEMIRI DENGAN SISTEM VAKUM <i>Abdul Rahman *, Fauzan dan Eddy Kurniawan</i>	468
KE-076	PENGARUH TEMPERATUR AIR DAN DEBIT AIR TERHADAP KARAKTERISTIK PENDINGINAN EVAPORATIF <i>I GNP Tenaya*, I Putu Lokantara dan I Gede Purwata</i>	473

KE-077	GASIFIKASI SIRKULASI FLUIDIZED BED BERBAHAN BAKAR BATUBARA DAN LIMBAH BAMBU <i>I Nyoman Suprpta Winaya *, Putu Hendra Yuliarthana , Rukmi Sari Hartati , Ida Bagus Alit Swamardika</i>	483
KE-078	HAMBATAN TERMAL PIPA KALOR BERTINGKAT DENGAN FLUIDA KERJA HYBRID NANOFLUID AL₂O₃-CUO-AIR <i>Wayan Nata Septiadi *, I Gusti Ketut Sukadana, I Ketut Astawa, Cahyo Sudarmo, I Nyoman Swar Raditya M</i>	490
KE-079	ANALISIS HUKUM KEDUA TERMODINAMIKA PADA KONDENSOR TABUNG BERSIRIP PELAT HERRINGBONE <i>Matheus M. Dwinanto*, Suhanan dan Prajitno</i>	498
KE-080	PREDICTION OF BOIL-OFF LNG IN CRYOGENIC STORAGE TANK BY NUMERICAL MODELING <i>Tajuddin Maksum, Prof. Dr. Ari Darmawan Pasek</i>	505
KE-081	PENGARUH WAKTU PENYIMPANAN PADA PROSES PEMBRIKETAN BINDERLESS BATUBARA PERINGKAT RENDAH INDONESIA <i>Adrian R. Irhamna, Pandji Prawisudha, Toto Hardianto</i>	509
KE-082	PENGARUH DROP TEKANAN SALURAN BUANG TERHADAP KINERJA MESIN TATA UDARA <i>Andriyanto Setyawan*, Prasetyo</i>	518
KE-083	KARAKTERISTIK STANDING-WAVE HEAT ENGINE THERMOACOUSTIC BERDASARKAN VARIASI ONSET TEMPERATUR <i>Adi Surjosatyo *, Duago Pijar Wicaksono</i>	524
KE-084	PERBANDINGAN BERBAGAI MODEL TURBULEN DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI CFD ALIRAN FLUIDA PADA NOSEL SUPERSONIK <i>Ahmad Indra Siswantara</i>	532
KE-085	KARAKTERISASI PHASE CHANGE MATERIAL (PCM) LOKAL INDONESIA <i>Muhammad Amin, Nandy Setiadi Djaya Putra</i>	539

MATERIAL

MT-001	ANALISA KEKUATAN TARIK DAN MIKROSTRUKTUR SERAT KULIT POHON RANDU YANG DIREBUS DENGAN AIR KUNYIT <i>Sri Mulyo Bondan Respati *, Sugirinto, Helmy Purwanto</i>	546
MT-002	PERBAIKAN TEKANAN CETAK PADA KOMPOSIT LEMPUNG/SILIKA RHA (APLIKASI BATA MERAH KUALITAS SNI) <i>Ade Indra, Edison, Hendri Nofrianto, Maulana Al Hafizt</i>	551

Studi performa sistem pendingin kompresi uap dengan R22/R404A/R134a dengan menggunakan software EES

Ekadewi A. Handoyo^{1,*}, Amelia¹, Suwandi Sugondo¹, Yusak Tanoto²

¹Program Studi Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra, Surabaya, Indonesia

² Program Studi Teknik Elektro – Universitas Kristen Petra, Surabaya, Indonesia

*email: ekadewi@petra.ac.id

Abstrak

Mesin pendingin diperlukan untuk banyak hal seperti menunjang kehidupan terutama untuk daerah empat musim, menunjang proses di banyak industri, dan mempermudah proses penyimpanan makanan. Kebanyakan mesin pendingin menggunakan sistem pendingin kompresi uap.

Salah satu komponen penting dalam sistem tersebut adalah fluida kerja sebagai refrigerant. Refrigerant yang banyak dipakai adalah HCFC R22 yang masih memiliki ODP (Ozone Depletion Potential) dan sudah dilarang diproduksi. Refrigerant yang tidak memiliki ODP yang dapat menggantikan R22 adalah HFC R134a dan HFC R404a.

Suatu program dengan EES (Engineering Equation Solver) dibangun untuk mempelajari pengaruh ketiga refrigerant jika digunakan pada suatu sistem pendingin kompresi uap.

Dari studi dengan EES didapatkan bahwa Refrigerant HCFC R22 memberikan COP tertinggi dan memerlukan kerja input kompresor terkecil. Refrigerant HFC R134a memberikan kapasitas pendinginan yang tertinggi ketika temperatur kerja kondensor 45°C dan COP sedikit lebih rendah dari R22. Refrigerant HFC R404a memberikan kapasitas pendinginan yang tertinggi ketika temperatur kerja kondensor 35°C. Temperatur saturasi R404a paling rendah untuk semua tekanan kerja, baik di evaporator maupun di kondensor. Dengan demikian, R404a paling tepat digunakan untuk pendinginan yang memerlukan temperatur rendah.

Kata kunci : refrigerant R22, refrigerant R134a, refrigerant R404a, EES, sistem pendingin

Pendahuluan

Kemajuan teknologi memberi banyak kemudahan dalam hidup manusia. Alat transportasi memudahkan perpindahan dari satu lokasi ke lokasi lain. Alat bantu dalam pertanian juga membuat proses menanam, merawat, atau memanen lebih mudah. Semua bidang dalam hidup manusia dipengaruhi oleh teknologi. Kebiasaan dan perilaku manusia ikut dipengaruhi teknologi. Pada jaman dahulu sebelum ada mesin pendingin, proses mengolah makanan dilakukan ketika hendak memasak. Bahan baku dibeli sesuai dengan kebutuhan atau dilakukan pengasapan atau penggaraman jika tersedia melimpah. Mesin pendingin atau freezer yang dihasilkan teknologi memungkinkan orang menyimpan bahan baku dalam jumlah lebih banyak dari yang diperlukan.

Dalam lemari es, udara dingin bersirkulasi di dalamnya dan mendinginkan semua yang

ada di dalam lemari es, termasuk makanan atau minuman. Selain lemari es, orang juga membuat freezer untuk menghasilkan temperatur yang lebih rendah sehingga dapat membekukan makanan atau minuman. Lemari es atau freezer pada hakekatnya adalah peralatan yang dapat menyerap panas dari udara dalam ruangan lemari es atau freezer dan membuang panas tersebut ke sekitar.

Lemari es atau mesin pendingin bekerja dengan siklus pendingin tertentu. Pada umumnya, mesin pendingin bekerja dengan siklus pendingin kompresi uap. Siklus pendingin lain yang dapat digunakan adalah siklus pendingin gas, siklus pendingin absorpsi, siklus pendingin *cascade*, dan siklus pendingin *thermoelectric* [1]. Siklus pendingin gas biasanya digunakan untuk menyediakan udara dalam pesawat terbang. Siklus pendingin absorpsi menggunakan fluida sebagai absorbent agar peningkatan tekanan dalam siklus dapat dilakukan oleh

pompa bukan kompresor. Jika beda temperatur kerja dalam ruang kabin dengan lingkungan sangat tinggi, siklus pendingin kompresi uap dapat diparalel dan sering disebut siklus pendingin *cascade*. Sedang siklus pendingin *thermoelectric* menggunakan efek Peltier. Dari semua siklus pendingin, yang paling sederhana dan banyak digunakan adalah siklus pendingin kompresi uap.

Komponen utama dari suatu siklus pendingin kompresi uap adalah kompresor, katup ekspansi, evaporator, dan kondensor. Fluida kerja yang mengalir di antara keempat komponen itu disebut refrigerant. Kompresor membuat refrigerant mengalir melalui ketiga komponen yang lain. Ketika refrigerant mengalir melalui katup ekspansi, tekanan refrigerant turun drastis. Penurunan tekanan ini disertai dengan penurunan temperatur. Refrigerant yang sangat dingin ini kemudian dialirkan ke dalam evaporator yang pada dasarnya adalah deretan pipa. Karena refrigerant sangat dingin, maka udara yang dialirkan oleh fan dapat melepas panas dan temperatur udara turun lebih dingin. Udara yang dingin ini dialirkan oleh fan masuk ke ruang kabin dalam lemari es. Panas yang diterima refrigerant perlu dibuang ke lingkungan agar mesin pendingin dapat bekerja siklus. Pelepasan panas tersebut terjadi di kondensor yang pada dasarnya adalah deretan pipa dengan fin.

Perpindahan panas dalam evaporator dan kondensor melibatkan perubahan fase dari refrigerant. Oleh karenanya, sifat (*property*) termal refrigerant menjadi hal yang penting dalam menentukan fluida yang dapat menjadi refrigerant. CFC (*Chlorofluorocarbon*), HCFC (*Hydrochlorofluorocarbon*), dan HFC (*Hydrofluorocarbon*) banyak dan sejak lama digunakan sebagai refrigerant. Setelah CFC ditemukan berbahaya bagi lapisan ozon, dicarilah refrigerant pengganti. Pada tahun 1987 telah ditandatangani persetujuan internasional (Montreal Protocol) yang mengalami perubahan beberapa kali. Refrigerant CFC direncanakan tidak ada lagi pada 1 Januari 1996 untuk negara maju dan tahun 2000 untuk negara berkembang [2].

Pada tahun 1997, negara-negara yang menandatangani Kyoto Protocol sepakat mengurangi emisi dari gas rumah kaca

(Greenhouse Gases – GHG). Refrigerant HFC termasuk sebagai GHG karena mempunyai Global Warming Potential (GWP) yang tinggi meskipun Ozone Depletion Potential (ODP) HFC adalah nol. Regulasi terkait lingkungan fokus pada menghilangkan HFC ini [3].

Refrigerant yang paling banyak digunakan di mesin pendingin bangunan adalah HCFC yang dikenal sebagai R-22. Jenis tersebut mulai dikurangi dan akan dihapus untuk digunakan dalam peralatan pendingin baru dimulai pada tahun 2010, dan akan benar-benar dihentikan penggunaannya pada tahun 2020. Refrigerant pengganti HCFC R22 lebih susah dicari dibanding ketika mencari pengganti CFC R12. Dua refrigerant HFC yang umum digunakan sebagai pengganti R22 adalah R134a dan R404a. R134a untuk mesin pendingin dengan temperatur kerja medium, tidak terlalu rendah dan R404a sering digunakan untuk *freezer* [4].

Refrigerant R134a sama seperti R22 merupakan refrigerant tunggal. Sedangkan R404a terdiri dari 44% R125, 52% R143a, dan 4% R134a [4].

Perbandingan *physical and environmental characteristics* ada pada Tabel. 1 [5] dan [6].

Tabel. 1. *Physical and environmental characteristics* ketiga refrigerant

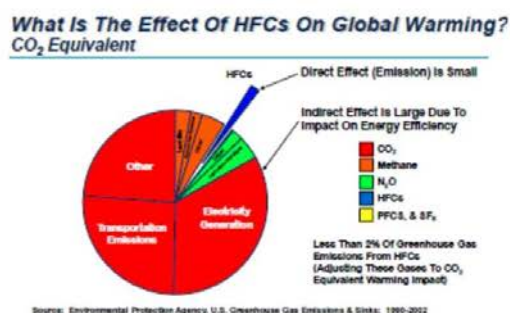
Properties	R22	R134a	R404a
Berat molekul (kg/kmol)	86.47	102	97.6
Titik didih pada 1 atm (°C)	-40.8	-26.1	-45.48
T _{kritis} (°C)	96.1	101.1	72.12
P _{kritis} (kPa)	4990	4060	3735
ODP	0.05	0	0
GWP	1810	1300	3943

Tekanan kritis ketiganya di atas 1 atm, sehingga ketiganya akan berwujud gas pada suhu dan tekanan standar (1 atm, 25°C). Pada tekanan 1 atm, titik didih R134a paling tinggi dan R404a paling rendah dan mendekati R22. Refrigerant sebaiknya bekerja pada tekanan di atas 1 atm. Hal ini menunjukkan bahwa R404a dapat bekerja pada temperatur yang lebih rendah dibanding R134a. Hal ini bersesuaian dengan yang disampaikan Grace & Tassou.

R134a dan R404a yang merupakan refrigerant HFC tidak memiliki ODP (Ozone Depletion Potential). Hanya saja GWP (Global Warming Potential) R404a sangat

tinggi. Jika terjadi kebocoran atau emisi, R134a dan R404a yang terlepas tidak berbahaya bagi lapisan ozon, tetapi keduanya menyebabkan pemanasan global, terutama R404a [4].

Pengaruh dari HFC terhadap pemanasan global secara langsung (yaitu ketika ada emisi HFC langsung ke lingkungan) kecil sekali, yaitu kurang dari 2%. Sedang pengaruh tidak langsung yaitu karena penggunaan energi listrik lebih besar, seperti ditunjukkan pada Gambar 1 [7].



Gambar 1. Pengaruh refrigerant HFC terhadap pemanasan global [7]

Meskipun GWP refrigerant R404a tinggi, tetapi R404a banyak dipakai di Eropa. Hal ini disebabkan karena sistem pendingin dengan R404a yang tercampur dengan 3% pelumas POE (Poly Ester Oil) memberikan COP dan kapasitas pendinginan lebih tinggi daripada R134a [8].

Untuk mengetahui kinerja sistem pendingin dengan refrigerant pengganti R22, maka dilakukan studi dengan menggunakan software EES (Engineering Equation Solver). Studi akan membandingkan refrigerant HCFC R22 dengan HFC R134a dan HFC R404a. Sebuah program dengan EES akan dibangun untuk mengetahui performa sistem pendingin dengan ketiga refrigerant tersebut. Performa sistem pendingin yang hendak dibandingkan meliputi: kapasitas pendinginan, laju aliran refrigerant, COP, pengaruh tekanan kerja evaporator, dan tekanan kerja kondensor.

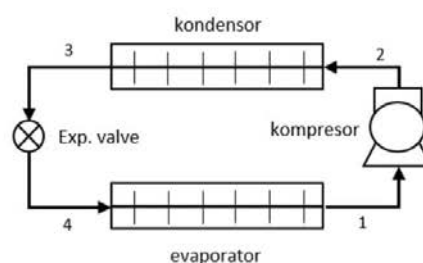
Model Termodinamika dari performa sistem pendingin

Sistem pendingin bekerja berdasarkan siklus pendingin kompresi uap (*vapor-compression refrigeration cycle*) dengan empat komponen

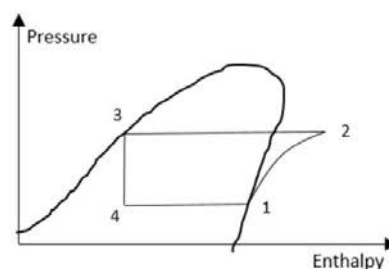
utama seperti pada Gambar 2. Diagram P - h siklus dapat dilihat pada Gambar 3.

Beberapa asumsi yang diambil dalam studi ini adalah:

- analisa dilakukan pada kondisi *steady*,
- tekanan refrigerant selama mengalir melalui evaporator maupun kondensor adalah konstan,
- refrigerant ke luar evaporator dan memasuki kompresor dalam keadaan uap jenuh,
- refrigerant ke luar kondensor dan memasuki katup ekspansi dalam keadaan cair jenuh,
- efisiensi isentropik kompresor adalah 0,7.



Gambar 2. Siklus pendingin kompresi uap



Gambar 3. Diagram P - h siklus kompresi uap

Hukum ke-1 Termodinamika untuk siklus pendingin yang merupakan siklus tertutup seperti pada Persamaan 1 [1]:

$$Q_{in-evap} + W_{in-compressor} + Q_{out-condensor} = 0 \quad (1)$$

$Q_{in-evap}$ adalah laju panas yang diterima refrigerant ketika mengalir melalui evaporator atau **kapasitas pendinginan**, yang dihitung dengan Persamaan 2, yaitu:

$$Q_{in-evap} = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad (2)$$

$W_{in-compressor}$ adalah daya listrik yang diperlukan kompresor untuk mengalirkan

refrigerant yang dapat dicari dengan Persamaan 3, yaitu:

$$W_{in-compressor} = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (3)$$

$Q_{out-condensor}$ adalah laju panas yang dibuang refrigerant ketika mengalir melalui kondensor yang dicari dengan Persamaan 4, yaitu:

$$Q_{out-condensor} = \dot{m}(h_2 - h_3) \quad (4)$$

Performa suatu sistem pendingin umumnya diukur dengan **COP** (*Coefficient of Performance*) yang ditentukan dengan Persamaan 5:

$$COP = \frac{Q_{in-evap}}{W_{in-compressor}} \quad (5)$$

Di mana:

$\dot{m}$ = laju aliran refrigerant yang mengalir dalam sistem pendingin,

h = enthalpy refrigerant yang besarnya bergantung pada temperatur dan tekanan. Index 1, 2, 3, dan 4 menunjukkan posisi refrigerant dalam siklus seperti pada Gambar 1 dan 2.

EES (Engineering Equation Solver)

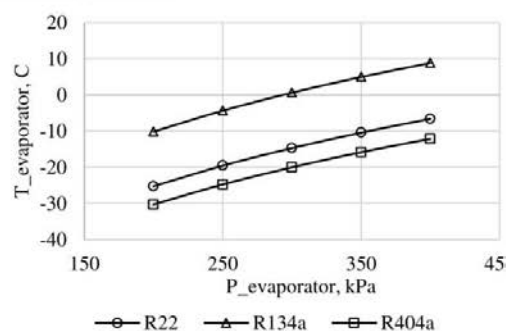
EES adalah program komputer yang dapat menyelesaikan persamaan matematis. Secara numerik, EES dapat menyelesaikan beberapa persamaan aljabar non-linier yang saling berkaitan dan persamaan differential. Beberapa kelebihan dari Program ini adalah: dapat menyelesaikan persamaan differential dan integral, dapat digunakan untuk optimasi, untuk analisa ketidakpastian, untuk regresi linier dan tidak linier, konversi satuan. Kelebihan utama EES adalah program ini memiliki database yang akurat dari property transport dan termodinamika dari ratusan substansi yang dapat digunakan di dalam persamaan yang hendak diselesaikan melalui program yang dibangun [9]. Dengan program EES, data yang diperlukan dalam perhitungan seperti massa jenis, viskositas, konduktivitas termal, enthalpi, temperatur atau tekanan saturasi, titik kritis, dan sebagainya telah tersedia.

Sebuah program dengan EES dibangun dengan menggunakan semua data input dan persamaan terkait. Adapun data input meliputi: temperatur kerja refrigerant melalui evaporator dan kondensor, efisiensi isentropik kompresor diambil 70%, dan jenis refrigerant

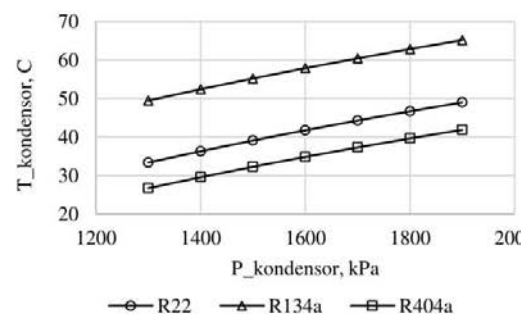
R22, R134a, dan R404a. Variabel input untuk temperatur di evaporator: -25°C hingga 0°C dengan kenaikan tiap 5°C . Sedang temperatur kerja di kondensor dipilih 35°C dan 45°C .

Hasil dan Analisa

Setiap refrigerant memiliki temperatur saturasi yang berbeda pada tekanan tertentu. Gambar 4 menunjukkan temperatur saturasi ketika refrigerant mengalir melalui evaporator dan Gambar 5 ketika melalui kondensor. Dari kedua gambar terlihat pada tekanan yang sama, R134a mempunyai temperatur saturasi yang paling tinggi baik ketika mengalir di evaporator maupun kondensor. Hal ini memperkuat pernyataan yang disampaikan Grace & Tassou.



Gambar 4. Pengaruh tekanan kerja ketiga refrigerant di evaporator terhadap temperatur kerja evaporator.



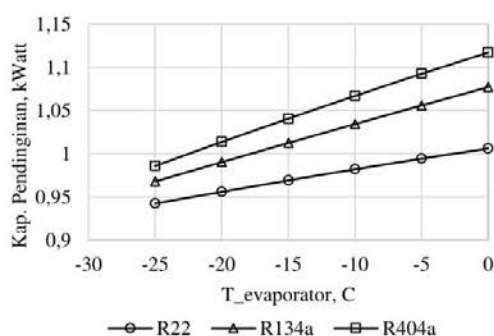
Gambar 5. Pengaruh tekanan kerja ketiga refrigerant di kondensor terhadap temperatur kerja kondensor.

Dari kedua gambar juga terlihat bahwa R404a mempunyai temperatur saturasi yang lebih mendekati R22. Hanya saja R404a mempunyai GWP yang tinggi.

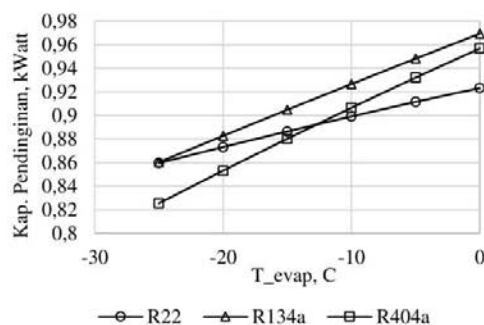
Dari Gambar 6 terlihat bahwa kapasitas pendinginan dapat mencapai 1,12 kWatt

ketika digunakan R404a dan temperatur kerja evaporator 0°C . Kapasitas pendinginan dicari dengan Persamaan (2). Nilai kapasitas ditentukan dari laju aliran massa refrigerant dan selisih enthalpi keluar dan masuk evaporator yang merupakan sifat fisis refrigerant. Kapasitas ini berkurang menjadi 980 Watt ketika temperatur kerja evaporator sangat rendah, yaitu -25°C . Kapasitas dengan R404a lebih tinggi dibanding R22 dan R134a. Gambar 6 menunjukkan kapasitas pendinginan ketika temperatur kerja kondensor 35°C . Sedang Gambar 7 menunjukkan kapasitas ketika temperatur kerja kondensor 45°C . Refrigerant 134a memberikan kapasitas pendinginan lebih tinggi dibanding R404a. Ketika temperatur kerja evaporator 0°C , kapasitas pendinginan dengan R134a dapat mencapai 0,970 kWatt dan hanya 0,957 Watt dengan R404a.

Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan kapasitas pendinginan pada dua temperatur kondensor yaitu 35°C dan 45°C . Ketika kondensor bekerja pada temperatur yang lebih rendah, R404a memberikan kapasitas yang tertinggi, tetapi ketika temperatur kondensor meningkat kapasitas pendinginan R134a lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena sifat fisis ketiga refrigerant. Gambar 6 dan 7 menunjukkan bahwa R134a lebih cocok dipakai pada temperatur kondensor yang agak tinggi atau lingkungan agak panas. Hal ini sesuai dengan temuan beberapa peneliti yang menyampaikan bahwa R404a yang mempunyai titik didih lebih rendah dari R134a lebih tepat digunakan untuk keperluan medis, karena temperatur rendah yang dapat dicapai R404a [10].

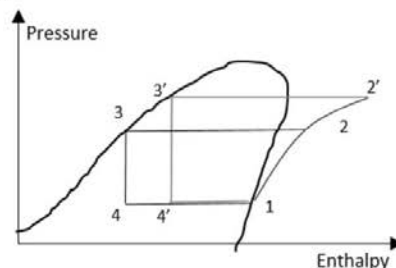


Gambar 6. Kapasitas pendinginan ketika $T_{\text{kondensor}} = 35^{\circ}\text{C}$



Gambar 7. Kapasitas pendinginan ketika $T_{\text{kondensor}} = 45^{\circ}\text{C}$

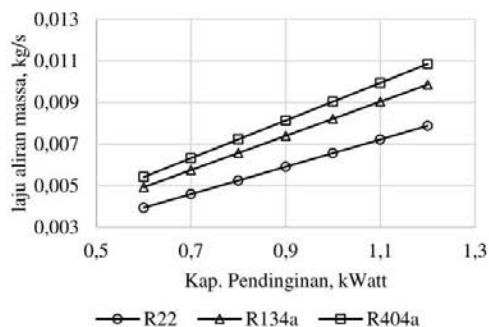
Kapasitas pendinginan yang dihasilkan sistem pendingin lebih tinggi ketika temperatur kondensor lebih rendah. Pada Diagram $P-h$ di Gambar 8 terlihat bahwa kubah saturasi semakin menyempit ketika tekanan semakin tinggi. Jika temperatur atau tekanan kerja kondensor meningkat, maka titik 2 bergeser ke atas menjadi titik 2'. Pergeseran ini juga membuat refrigerant ke luar dari kondensor berpindah ke titik 3' dan ke luar dari katup ekspansi pada titik 4'. Hal ini menyebabkan kapasitas pendinginan menurun ketika temperatur kondensor lebih tinggi.



Gambar 8. Diagram $P-h$ ketika temperatur kondensor lebih tinggi

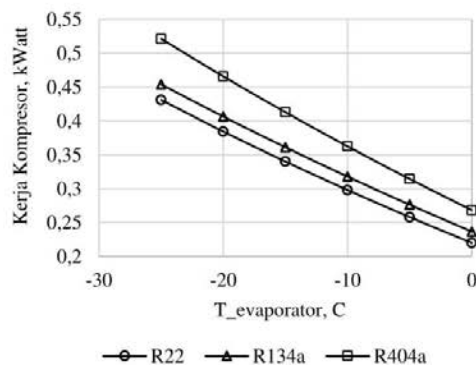
Laju aliran massa refrigerant yang diperlukan meningkat seiring dengan kenaikan kapasitas pendinginan, seperti pada Gambar 9. Untuk menghasilkan kapasitas pendinginan yang sama, laju aliran massa tertinggi diperlukan untuk R404a dan terendah untuk R22. Ketika kapasitas pendinginan 1,1 kWatt, laju aliran massa R404a yang diperlukan sebanyak 0,0118 kg/s dan yang diperlukan R134a sebanyak 0,00855 kg/s. Kebutuhan laju aliran massa R404a selalu lebih tinggi daripada R134a maupun

R22 untuk menghasilkan kapasitas pendinginan yang sama. Hal ini mempengaruhi kerja input yang diperlukan untuk menggerakkan kompresor seperti pada Gambar 10 dan 11.



Gambar 9. Laju aliran refrigerant pada berbagai kapasitas pendinginan.

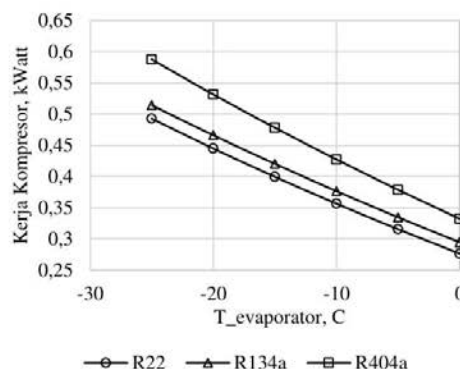
Jika kondensor bekerja pada temperatur yang lebih tinggi, yaitu 45°C, maka kompresor memerlukan kerja input yang lebih tinggi dibanding ketika temperatur kondensor 35°C, seperti pada Gambar 10 dan 11. Kerja input kompresor dicari dengan Persamaan (3). Temperatur kerja kondensor lebih tinggi menandakan tekanan kerja yang lebih tinggi. Kompresor memerlukan kerja input lebih besar untuk mengalirkan refrigerant ke tekanan lebih tinggi.



Gambar 10. Kerja input kompresor ketika $T_{kondensor} = 35^{\circ}\text{C}$

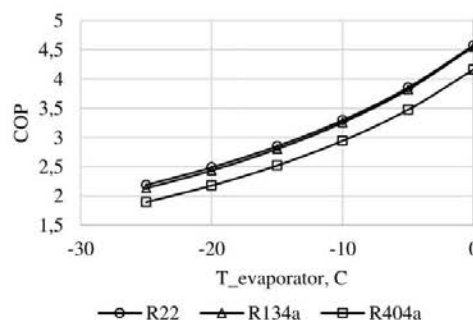
Kerja input terbesar yang diperlukan adalah ketika menggunakan R404a dan terkecil ketika menggunakan R22. Dari Gambar 10, ketika temperatur kerja evaporator 0°C dan kondensor 35°C, kerja

input kompresor untuk mengalirkan R404a, R134a, dan R22 adalah 0,268 kW, 0,237 kW, dan 0,220 kW. Sedang untuk temperatur kerja kondensor 45°C, dari Gambar 11 terlihat kerja yang diperlukan adalah: 0,332 kW, 0,295 kW, dan 0,277 kW untuk R404a, R134a, dan R22.

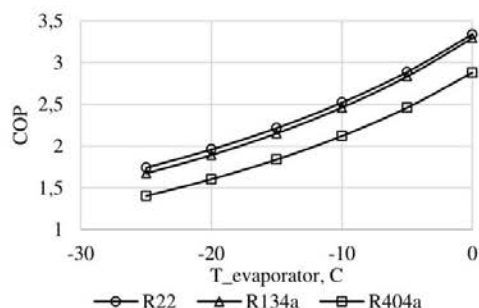


Gambar 11. Kerja input kompresor ketika $T_{kondensor} = 45^{\circ}\text{C}$

Sedang COP sistem pendingin dapat dilihat pada Gambar 12 dan 13. Kerja input kompresor dan kapasitas pendinginan menentukan COP, performa sistem pendingin yang dicari dengan Persamaan (5). Ketika temperatur kerja kondensor meningkat, COP berkurang. Ketika temperatur kerja kondensor 35°C dan temperatur evaporator 0°C, dari Gambar 12 terlihat bahwa COP jika menggunakan R22 adalah 4,57, dengan R134a sebesar 4,55 dan dengan R 404a sebesar 4,16. Namun, jika temperatur kerja kondensor naik menjadi 45°C, Gambar 13 menunjukkan bahwa COP menjadi 3,34 dengan R22, 3,29 untuk R134a, dan 2,88 untuk R404a.



Gambar 12. COP sistem pendingin ketika $T_{kondensor} = 35^{\circ}\text{C}$



Gambar 13. COP sistem pendingin ketika $T_{\text{kondensor}} = 45^{\circ}\text{C}$

Refrigerant R22 selalu membuat COP sistem pendingin paling tinggi, lalu R134a, dan terkecil R404a. Meskipun COP paling rendah, tetapi R404a tetap dipakai sebagai ganti R22 untuk keperluan pendinginan temperatur rendah, seperti pemakaian R404a untuk heat pump di utara China [11].

Kesimpulan

Dari studi dengan EES didapatkan:

- Refrigerant HFC R404a memberikan kapasitas pendinginan yang tertinggi, yaitu 1,12 kWatt ketika temperatur kerja kondensor 35°C dan temperatur evaporator 0°C .
- Refrigerant HCFC R22 memberikan COP tertinggi, yaitu 4,57 dan memerlukan kerja input kompresor terkecil, yaitu 0,220 kWatt.
- Ketika temperatur kerja kondensor 45°C , Refrigerant HFC R134a memberikan kapasitas pendinginan yang tertinggi 0,970 kWatt dan COP (sebesar 3,29) yang sedikit lebih rendah dari R22 (sebesar 3,32).
- Laju aliran massa tertinggi diperlukan untuk pendingin dengan fluida kerja HFC R404a dan terendah dengan HCFC R22 untuk menghasilkan kapasitas pendinginan yang sama.
- Temperatur saturasi R404a paling rendah untuk semua tekanan kerja, baik di evaporator maupun di kondensor. Jadi R404a paling tepat digunakan untuk pendinginan yang memerlukan temperatur rendah.

Ucapan Terima kasih

Penulis sangat bersyukur untuk hibah penelitian yang diterima dari Kopertis Wilayah VII Jawa Timur, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dengan kontrak no. /SP2H/PDSTRL_PEN/LPPM-UKP/V/2016.

Referensi

- [1] M. J. Moran dan H. N. Shapiro, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, 7th ed., New York: John Wiley & Sons, 2015.
- [2] E. Commision, *The Montreal Protocol*, European Communities, 2007.
- [3] A. Mota-Babiloni, J. Navarro-Esbri, A. Barragan-Cervera, F. Moles dan B. Peris, "Analysis based on EU Regulation No 517/2014 of new HFC/HFO mixtures as alternatives of high GWP refrigerants in refrigeration and HVAC systems," *International Journal of Refrigeration* 52, pp. 21-31, 2015.
- [4] I. N. Grace dan S. A. Tassou, "Simulation of the Performance of Alternative Refrigerants in Liquid Chillers," *International Refrigeration and Air Conditioning Conference*, 2000.
- [5] V. Jain, S. S. Kachhwaha dan R. S. Mishra, "Comparative performance study of vapour compression refrigeration system with R22/R134a/R410A/R407C/M20," *International Journal of Energy and Environment*, Vol. 2, Issue 2, pp. 297-310, 2011.
- [6] A. Mota-Babiloni, J. Navarro-Esbri, B. Peris, F. Molés dan G. Verdú, "Experimental evaluation of R448A as R404A lower-GWP alternative in refrigeration systems," *Energy Conversion and Management* 105, p. 756-762, 2015.
- [7] R. Rajendran, "Recent Developments In refrigerants for air conditioning and refrigeration systems," *Emerson Climate Technologies*, 2012.
- [8] K. Saravanan dan R. Vijayan, "Experimental study of R134A and R404A with poe oil in vapour compression system using water cooled serpentine condenser," *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 10, no. 2, pp. 3871-3888, 2015.
- [9] S. A. Klein, *Engineering Equation Solver Manual Book*, F-Chart Software, 2016.
- [10] D. Li, B. Chen, W. Wu, G. Wang dan Y. He, "Multi-scale modeling of tissue freezing during cryogen spray cooling with R134a, R407c and R404a," *Applied Thermal Engineering*, vol. 73, pp. 1489-1500, 2014.
- [11] L. Jin, F. Cao, D. Yang dan X. Wang, "Performance investigations of an R404A air-source heat pump with an internal heat exchanger for residential heating in northern China,"

international journal of refrigeration, vol. 67, p.
239–248, 2016.



SNTTM XV

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin 2016

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN
TEKNIK MESIN
KE-15

SERTIFIKAT PEMBICARA

DIBERIKAN KEPADA

Ekadewi Anggraini Handoyo

Topik: KONVERSI ENERGI

Harmonisasi Strategi Pemerintah, Industri,
dan Perguruan Tinggi Menghadapi Persaingan
Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA)

Bandung 5-6 Oktober 2016

DISELENGGARAKAN OLEH



BADAN KERJASAMA TEKNIK MESIN (BKS-TM)
INDONESIA



FAKULTAS TEKNIK MESIN DAN DIRGANTARA
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

Dr. Ir. Arief Hariyanto

Ketua BKS-TM

Satrio Wicaksono, Ph.D

Ketua SNTTM XV



SNTTM XV

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin
ITB BANDUNG 5-7 OKT '16