

Pengembangan Sistem Energy Recovery Menggunakan Heat Pipe Heat Exchanger Untuk Penghematan Energi Pada Sistem Pengkondisian Udara = The Development of Energy Recovery System Using Heat Pipe Heat Exchanger for Energy Saving in The Air Conditioning Systems

Ragil Sukarno, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=9999920554810&lokasi=lokal>

Abstrak

Sistem pengkondisian udara (HVAC) mempunyai peranan yang sangat dominan dalam memberikan kenyamanan ruang bagi penghuninya. Namun kebutuhan energi untuk pengoperasiannya sangat tinggi, sehingga dibutuhkan sistem HVAC yang lebih efisien dengan konsumsi energi yang lebih rendah. Sistem energy recovery dengan menggunakan heat pipe merupakan cara yang sangat efektif dalam usaha penghematan energi dan mengurangi efek global warming. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan desain dan konfigurasi baru dari heat pipe heat exchanger (HPHE) sebagai media precooling dan media reheating pada sistem pengkondisian udara. Selain itu juga untuk mengembangkan sebuah korelasi karakteristik parameter desain dan parameter operasi HPHE terhadap efektifitas perpindahan kalor dan penghematan energi serta untuk mengetahui pengaruh penggunaan HPHE terhadap kinerja dari sistem pengkondisian udara dalam bentuk coefficient of performance (COP). Dari hasil eksperimen dan analisis kinerja akan dikembangkan sebuah aplikasi perangkat lunak atau software untuk mengevaluasi desain HPHE yang bisa digunakan untuk memprediksi efektifitas HPHE, suhu udara keluar setelah melewati sisi evaporator HPHE (precooling) dan potensi penghematan energi dari penggunaan sistem HVAC yang dilengkapi HPHE. Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimen. Untuk mengetahui karakteristik dan kinerja sistem HVAC yang dikombinasikan dengan HPHE dilakukan eksperimen dengan memvariasikan konfigurasi straight heat pipe, U-shaped heat pipe, dan gabungan straight dan U-shaped heat pipe. Straight heat pipe divariasikan dalam 3, 6, dan 9 baris, dan terdiri dari 4 heat pipe per baris. Sedangkan pada U-shaped heat pipe divariasikan dalam 1 dan 2 baris, dan masing-masing 8 heat pipe per baris. Straight dan U-shaped heat pipe dilengkapi dengan sirip-sirip wavy fin untuk memperluas area perpindahan kalor. Eksperimen dikondisikan pada suhu udara masuk antara 30 – 45 oC dan kecepatan udara masuk 1,5 - 2,5 m/s. Analisis menggunakan metode -NTU juga dilakukan untuk memprediksi efektifitas, suhu keluar sisi evaporator, dan energy recovery HPHE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan straight HPHE memberikan efek yang besar terhadap penurunan suhu di sisi evaporator HPHE atau precooling. Penurunan suhu udara segar yang masuk pada sisi evaporator HPHE paling tinggi adalah 9,1 oC dan penghematan energi maksimal adalah sebesar 567,3 W pada 0,080 m³/s. Penggunaan U-shaped HPHE memberikan dampak positif terhadap precooling dan reheating. Penurunan suhu udara segar paling tinggi sebesar 4,0 oC dan pada saat yang sama memberikan efek reheating paling tinggi sebesar 4,5 oC, menghasilkan penghematan energi precooling dan reheating paling tinggi masing-masing adalah sebesar 228,1 W, dan penurunan kelembaban relatif ruangan sebesar 21,1 % yang dicapai pada penggunaan 2 baris U-shaped HPHE. Hasil pengujian sistem energy recovery gabungan Straight dan U-shaped HPHE memperlihatkan bahwa penambahan U-shaped HPHE untuk sistem energy recovery pada sistem HVAC memberikan pengaruh yang signifikan. Penurunan suhu total maksimal mencapai 10,7 oC dan penurunan kelembaban relatif mencapai maksimal 25,5 %. Pada pengujian yang dilakukan berdasarkan standar ruangan untuk

ruang isolasi di rumah sakit, menunjukkan bahwa penerapan sistem energy recovery gabungan straight dan U-shaped HPHE memberikan kombinasi yang paling baik, dimana memberikan penghematan energi yang signifikan, sekaligus memberikan pengaruh positif dalam usaha mencapai kondisi ruangan sesuai yang dipersyaratkan. Sistem HVAC yang dilengkapi dengan HPHE dapat meningkatkan efisiensi sistem HVAC dalam bentuk Coefficient of performance (COP), dimana penggunaan straight HPHE dapat meningkatkan COP 6–55% dan penggunaan U-shaped HPHE 2 baris dapat meningkatkan COP 8 – 39 %. Dari hasil pengujian dan analisis bilangan tak berdimensi telah dihasilkan sebuah korelasi Sp number yang bisa digunakan untuk memprediksi tahanan thermal dari sebuah heat pipe tunggal. Selain itu juga telah dihasilkan sebuah persamaan -NTU terkoreksi yang bisa digunakan untuk memprediksi efektifitas HPHE, yang mana kedua persamaan ini akan sangat berguna untuk mengetahui kinerja sebuah heat pipe baik dalam tahap desain maupun tahap pengoperasian. Pengembangan software HPHE yang menggunakan metode -NTU terkoreksi juga memberikan hasil yang akurat, dimana tingkat kesesuaian suhu udara keluar evaporator secara prediksi dari software dan hasil eksperimen minimal sebesar 99 %. Sehingga, software ini dapat digunakan sebagai acuan awal untuk memprediksi kinerja suatu desain HPHE sebelum dilakukan tahap desain dan manufaktur.

.....Sistem pengkondisian udara (HVAC) mempunyai peranan yang sangat dominan dalam memberikan kenyamanan ruang bagi penghuninya. Namun kebutuhan energi untuk pengoperasiannya sangat tinggi, sehingga dibutuhkan sistem HVAC yang lebih efisien dengan konsumsi energi yang lebih rendah. Sistem energy recovery dengan menggunakan heat pipe merupakan cara yang sangat efektif dalam usaha penghematan energi dan mengurangi efek global warming. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan desain dan konfigurasi baru dari heat pipe heat exchanger (HPHE) sebagai media precooling dan media reheating pada sistem pengkondisian udara. Selain itu juga untuk mengembangkan sebuah korelasi karakteristik parameter desain dan parameter operasi HPHE terhadap efektifitas perpindahan kalor dan penghematan energi serta untuk mengetahui pengaruh penggunaan HPHE terhadap kinerja dari sistem pengkondisian udara dalam bentuk coefficient of performance (COP). Dari hasil eksperimen dan analisis kinerja akan dikembangkan sebuah aplikasi perangkat lunak atau software untuk mengevaluasi desain HPHE yang bisa digunakan untuk memprediksi efektifitas HPHE, suhu udara keluar setelah melewati sisi evaporator HPHE (precooling) dan potensi penghematan energi dari penggunaan sistem HVAC yang dilengkapi HPHE. Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimen. Untuk mengetahui karakteristik dan kinerja sistem HVAC yang dikombinasikan dengan HPHE dilakukan eksperimen dengan memvariasikan konfigurasi straight heat pipe, U-shaped heat pipe, dan gabungan straight dan U-shaped heat pipe. Straight heat pipe divariasikan dalam 3, 6, dan 9 baris, dan terdiri dari 4 heat pipe per baris. Sedangkan pada U-shaped heat pipe divariasikan dalam 1 dan 2 baris, dan masing-masing 8 heat pipe per baris. Straight dan U-shaped heat pipe dilengkapi dengan sirip-sirip wavy fin untuk memperluas area perpindahan kalor. Eksperimen dikondisikan pada suhu udara masuk antara 30 – 45 oC dan kecepatan udara masuk 1,5 - 2,5 m/s. Analisis menggunakan metode -NTU juga dilakukan untuk memprediksi efektifitas, suhu keluar sisi evaporator, dan energy recovery HPHE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan straight HPHE memberikan efek yang besar terhadap penurunan suhu di sisi evaporator HPHE atau precooling. Penurunan suhu udara segar yang masuk pada sisi evaporator HPHE paling tinggi adalah 9,1 oC dan penghematan energi maksimal adalah sebesar 567,3 W pada 0,080 m³/s. Penggunaan U-shaped HPHE memberikan dampak positif terhadap precooling dan reheating. Penurunan suhu udara segar paling tinggi sebesar 4,0 oC dan pada saat yang sama memberikan efek reheating paling tinggi sebesar 4,5 oC, menghasilkan

penghematan energi precooling dan reheating paling tinggi masing-masing adalah sebesar 228,1 W, dan penurunan kelembaban relatif ruangan sebesar 21,1 % yang dicapai pada penggunaan 2 baris U-shaped HPHE. Hasil pengujian sistem energy recovery gabungan Straight dan U-shaped HPHE memperlihatkan bahwa penambahan U-shaped HPHE untuk sistem energy recovery pada sistem HVAC memberikan pengaruh yang signifikan. Penurunan suhu total maksimal mencapai 10,7 oC dan penurunan kelembaban relatif mencapai maksimal 25,5 %. Pada pengujian yang dilakukan berdasarkan standar ruangan untuk ruang isolasi di rumah sakit, menunjukkan bahwa penerapan sistem energy recovery gabungan straight dan U-shaped HPHE memberikan kombinasi yang paling baik, dimana memberikan penghematan energi yang signifikan, sekaligus memberikan pengaruh positif dalam usaha mencapai kondisi ruangan sesuai yang dipersyaratkan. Sistem HVAC yang dilengkapi dengan HPHE dapat meningkatkan efisiensi sistem HVAC dalam bentuk Coefficient of performance (COP), dimana penggunaan straight HPHE dapat meningkatkan COP 6–55% dan penggunaan U-shaped HPHE 2 baris dapat meningkatkan COP 8 – 39 %. Dari hasil pengujian dan analisis bilangan tak berdimensi telah dihasilkan sebuah korelasi Sp number yang bisa digunakan untuk memprediksi tahanan thermal dari sebuah heat pipe tunggal. Selain itu juga telah dihasilkan sebuah persamaan -NTU terkoreksi yang bisa digunakan untuk memprediksi efektifitas HPHE, yang mana kedua persamaan ini akan sangat berguna untuk mengetahui kinerja sebuah heat pipe baik dalam tahap desain maupun tahap pengoperasian. Pengembangan software HPHE yang menggunakan metode -NTU terkoreksi juga memberikan hasil yang akurat, dimana tingkat kesesuaian suhu udara keluar evaporator secara prediksi dari software dan hasil eksperimen minimal sebesar 99 %. Sehingga, software ini dapat digunakan sebagai acuan awal untuk memprediksi kinerja suatu desain HPHE sebelum dilakukan tahap desain dan manufaktur.