

Kajian Sistem Pengkondisian Udara untuk Meningkatkan Tingkat Kenyamanan Termal pada suatu Ruangan Kerja

Zulkifli¹, Ahmad Syuhada², Zahrul Fuadi³

¹⁾ Program Studi Magister Teknik Mesin Pascasarjana Universitas Syiah Kuala Banda Aceh
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf, No. 7, Darussalam – Banda Aceh 23111, INDONESIA

^{2,3)} Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf, No. 7, Darussalam – Banda Aceh 23111, INDONESIA

Abstract

Indonesia is a tropical country with a relatively high air temperatures. Increasing the temperature of the air outside the building space will increase in temperature in the room due to the heat transfer. Increasing air temperatures will occur in the thermal discomfort in space, resulting in a decrease in the effectiveness of work in the room. Conditions the average room temperature in May-September, 2013 in Banda Aceh is 33°C-35°C between the hours 11:00-13:00 WIB. This temperature is outside the limits of thermal comfort standards. To improve work efficiency in a room, the air must be conditioned to meet the thermal comfort standard SNI mounting method as a simple means of heat exchangers. Especially in the room that do not use often like indoor halls, and other sports, for this case by using the air conditioning air conditioner is too large investment and operational costs. In this study assessed a replacement air conditioning system with cold air in the conditioned room. In this study there are 3 air conditioning systems made is the replacement of AC system with fresh air into the space conditions, with the replacement of the air conditioning system is cooled with water to the space conditioning and replacement of the air conditioning system with a cooled with ice to the room conditioning. A room temperature of approximately 40°C-50°C air conditioned with new replacement 15°C temperature-20°C so that within 2-3 hours the room temperature dropped to 20°C-25°C and RH around 55-60%. So that the level of thermal comfort including thermal comfort within.

Keywords: air conditioning, thermal comfort, temperature, humidity, room work.

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara tropis dengan temperatur udaranya cukup tinggi. Semakin bertambah temperatur udara di luar ruangan gedung akan meningkatnya temperatur di dalam ruangan karena terjadinya perpindahan dari luar ruangan ke dalam ruangan. Akibat meningkatnya temperatur udara di dalam ruang kerja akan terjadinya ketidaknyamanan termal di dalam ruang. Dengan demikian terjadinya penurunan efektifitas kerja di dalam ruangan. Untuk meningkatkan efisiensi kerja di suatu ruangan, ruangan tersebut harus dikondisikan memenuhi standar kenyamanan termal SNI [1]. Terutama untuk ruangan yang penggunaannya tidak sering seperti ruangan aula, olahraga dan lain, untuk kasus seperti ini pengkondisian udara dengan menggunakan perangkat AC terlalu besar biaya investasi dan operasinya untuk suatu kegiatan.

Hal ini merupakan suatu latar belakang untuk mengkaji suatu sistem pengendali kenyamanan termal pada suatu ruang yang digunakan pada waktu tertentu, seperti pada ruangan pertemuan, ruangan pesta atau gedung olah raga. Sistem yang dikaji adalah dengan cara memasukkan udara yang

temperaturnya lebih rendah dari temperatur udara di dalam ruangan yang ditinjau [2]. Dengan metode pemasangan suatu alat sederhana sebagai alat penukar panas. Terutama untuk ruangan yang penggunaannya tidak sering seperti ruangan aula, olahraga dan lain, untuk kasus seperti ini pengkondisian udara dengan menggunakan perangkat AC terlalu besar biaya investasi dan operasionalnya untuk suatu kegiatan. Oleh karena itu penulis telah mengkaji suatu sistem pengkondisian udara dengan penggantian udara yang dingin pada ruangan yang dikondisikan. Penelitian ini ada 3 sistem pengkondisian udara dilakukan yaitu: pertama sistem pengkondisian udara dengan penggantian udara segar ke ruang yang dikondisikan, sistem kedua dengan penggantian udara yang telah didinginkan dengan air ke ruang kondisi dan sistem ketiga pengkondisian dengan penggantian udara yang telah didinginkan dengan es ke dalam ruangan pengkondisian. Sistem ketiga ini ada dua cara pendinginan yaitu pencampuran langsung antara es dan udara pada suatu wadah dan pendinginan menggunakan penukar panas.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan suatu sistem pengkondisian udara

dengan sistem metode pendinginan yang sederhana dan efisien. Manfaat dari penelitian adalah Adanya suatu sistem pengkondisian udara yang dapat mengurangi thermal dalam ruangan dan dapat memahami sistem kajian eksperimen untuk mendapatkan kenyamanan thermal.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Universitas Syiah Kuala ruang ini diapit oleh gedung – gedung yang lain, maka tidak terjadi sirkulasi udara sekitar ruangan, cahaya matahari terhalang dan terjadi radiasi *air condition* (ac) dari gedung lain bercampur dengan udara bebas. Pada kondisi tersebut membuat udara dalam ruangan belajar tidak nyaman thermal dan rendahnya Humidity. Gedung ini sangat memenuhi syarat sebagai tempat kajian sistem pengkondisian udara untuk meningkatkan efisiensi energi pada bangunan [3].

2.2 Perlengkapan Penelitian

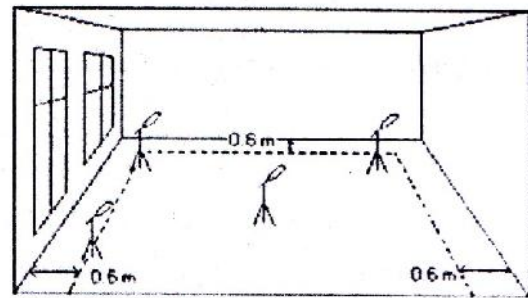
Peralatan penelitian merupakan suatu perlengkapan yang sangat perlu dalam melakukan kajian untuk mendapatkan kenyamanan thermal yang ideal.

1. Ruang tempat melakukan penelitian untuk mendapatkan hasil dari kajian kondisi kenyamanan thermal, dengan ukuran panjang 4 meter, lebar 4 meter, dan tinggi 3 meter. Ruangan ini di tempatkan titik pengukuran tersebar di dalam ruangan.
2. Sistem pengkondisian udara yang meliputi: *Electric blower* 3 inchi tegangan 220 volt, daya 300 watt, putaran 2800 rpm. *Cooler* dengan, *intake* ¾ inchi, *outlet* ½ inchi, Tabung silinder diameter 30cm dan tinggi 38 cm. Kotak es batu panjang 50 cm dan lebar 40 cm serta tinggi 30 cm.

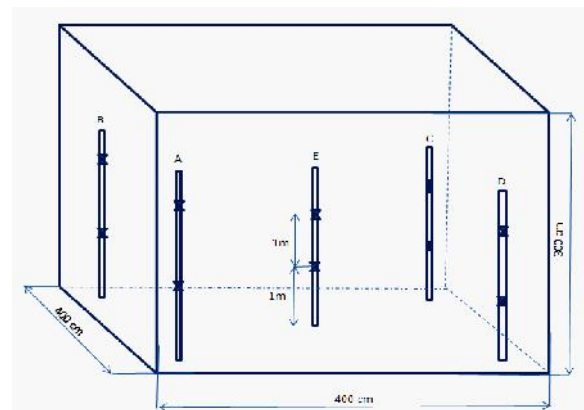
2.3 Perlengkapan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara pengukuran langsung dalam beberapa hari di ruangan pengujian di Laboratorium Rekayasa Termal. Parameter yang di ukur antara lain:

1. Pengukuran temperatur pada titik-titik ditentukan ($T, ^\circ\text{C}$) dalam ruangan
2. Humidity udara (RH, %) luar ruangan dan dalam ruangan.
3. Intensitas cahaya matahari
4. Kecepatan aliran udara ($V, \text{m/sec}$) dalam dan luar ruangan. Hal ini untuk mengetahui kesesuaian temperatur yang terdapat pada ruangan dengan SNI untuk kenyamanan thermal.



Gambar 1. Titik pengukuran di dalam ruang pengujian. Sumber: ISO 7730

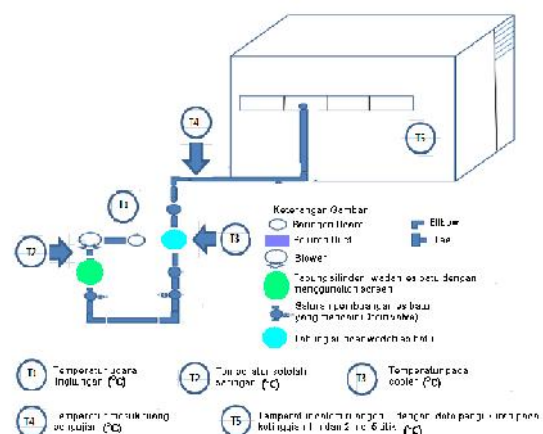


Gambar 2. Titik-titik pengukuran temperatur di atas lantai ruangan.

Penelitian dilakukan pada ruangan tengah bangunan, untuk setiap titik dalam pengukuran sesuai dengan ISO 7730 [4, 5].

2.4 Pengujian Sistem

Pengkondisian udara dengan pendinginan udara berkontak langsung es. Pada pengujian ini dilakukan menggunakan cooler dengan wadah berisi es batu, dimana udara berkontak langsung dengan es dalam, saluran setelah itu di salurkan kedalam ruangan yang dikondisikan. Sistem peralatannya seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Skema Pengujian sistem 3

2.5 Prosedur Pengambilan Data

Dari setiap tahap percobaan dan pengujian, diukur kemudian di catat temperatur kelembaban dan kecepatan aliran udara dalam ruangan berupa data. Data pengukuran diolah menjadi diagram psikometrik untuk mendapatkan nilai batas temperatur efektif. Disini akan terbaca sebagai petunjuk kondisi ruangan dalam batasan nyaman termal yang di izinkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) atau diluar batas izin [3, 5].

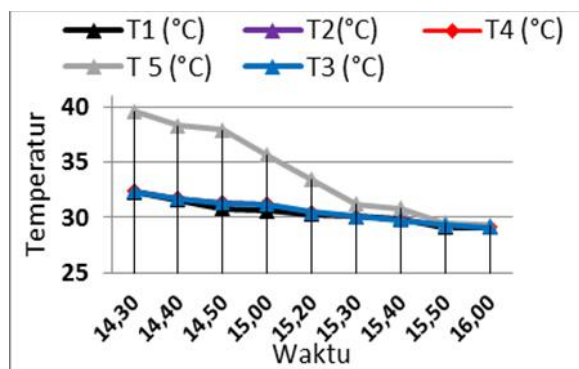
3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini ada 3 sistem pengkondisian udara dilakukan yaitu: sistem pengkondisian udara dengan penggantian udara lingkungan ke ruang pengkondisian, sistem pengkondisian dengan penggantian udara didinginkan dengan air ke ruang pengkondisian. Sistem pengkondisian dengan penggantian udara didinginkan dengan es ke ruang pengkondisian dan sistem pengkondisian dengan penggantian udara didinginkan dengan es ke ruang pengkondisian. Sisten ini ada 2 metode yaitu pendinginan dengan pesentuhan langsung udara dan es.

3.1 Hasil

3.1.1 Pengujian Sistem 1

Dari data pengukuran, setelah dirubah dalam bentuk grafik distribusi temperatur dapat dilihat pada Gambar 4. Pengukuran di mulai dari pukul 14.30 wib sampai pukul 16.00. Temperatur udara lingkungan masuk ke instalasi sistem terdistribusi terpengaruh terhadap intensitas matahari. Pada pukul 14.30 dengan temperatur udara adalah 32,3°C, temperatur udara lingkunga terus menurun hingga mencapai sekitar 29 °C pada pukul 16.00.



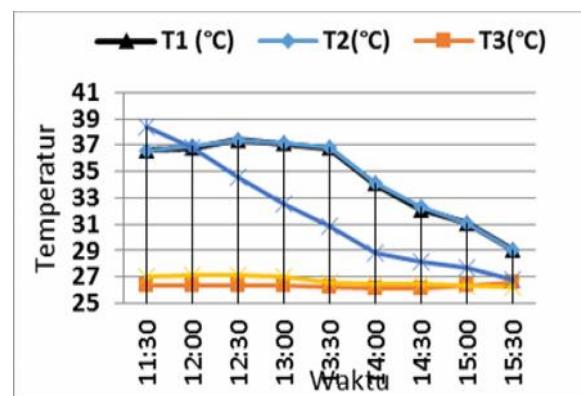
Gambar 4. Distribusi temperatur pada Sistem pengukuran pengkondisian udara 1

Hal ini terjadi karena intensitas sinar matahari mulai turun dari pukul 14.00. Pada sistem pengujian

ini distribusi temperatur pada titik 2, 3 dan titik 4 tidak terjadi perbedaan yang berarti karena tidak ada perlakuan tertentu pada titik 2,3 dan titik 4. Pada titik 5 atau keadaan di dalam ruangan pengkondisian, sebelum diuji terlebih dahulu dipanaskan mendekati temperatur 40°C. Setelah pengkondisian secara penggantian udara di dalam ruangan yang temperaturnya sekitar 40°C dengan udara lingkungan yang temperatur sekitar 32°C, temperatur udara di dalam ruangan pengkondisian turun mencapai 30°C selama 1,3 jam.

3.1.2 Pengujian Sistem 2

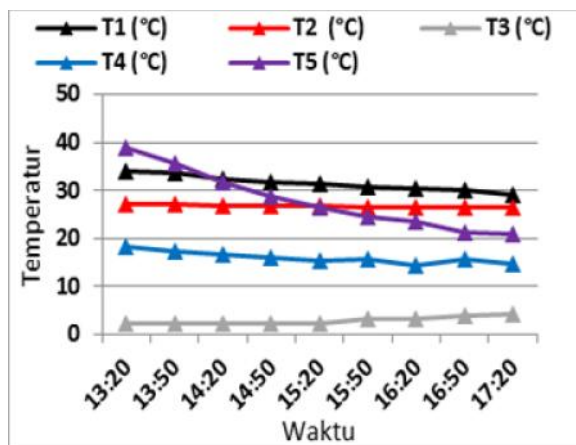
Dari data pengukuran, setelah dirubah dalam bentuk grafik distribusi temperatur dapat dilihat pada Gambar 5. Pengukuran di mulai dari pukul 11.30 wib sampai pukul 15.30. Temperatur udara lingkungan masuk ke instalasi sistem terdistribusi terpengaruh terhadap intensitas matahari. Pada pukul 11.30 dengan temperatur udara adalah 36,6°C, temperatur udara lingkungan terus meningkat hingga mencapai sekitar 37,4°C pada pukul 12.30, dan pada pukul 13.00 hingga pukul 15.30 menjadi 29,1°C. Hal ini terjadi karena intensitas sinar matahari mulai turun dari pukul 14.00. Pada sistem pengujian ini distribusi temperatur pada titik 2 hampir sama nilai temperaturnya, karena hanya proses di *blower*. Pada pengukuran titik 3 terjadi penurunan temperatur. Ini diakibatkan udara sebelum masuk ke ruangan pengkondisian didinginkan dulu dengan air via penukar kalor. Pada titik 4 yang jaraknya sekitar 3 m dari titik 3 temperaturnya sedikit naik menjadi sekitar 27°C, ini diakibatkan oleh perpindahan panas akibat aliran yang menuju ke ruangan pengkondisian. Pada titik 5 atau keadaan di dalam ruangan pengkondisian, terlebih dahulu dipanaskan mendekati temperatur 38,4°C. Setelah pengkondisian pergantian udara ruangan yg temperaturnya sekitar 38,4°C dengan udara dingin yang temperatur sekitar 26,5°C, temperatur udara di dalam ruangan turun mencapai 26,8°C.



Gambar 5. Distribusi temperatur pada sistem pengukuran pengkondisian udara 2

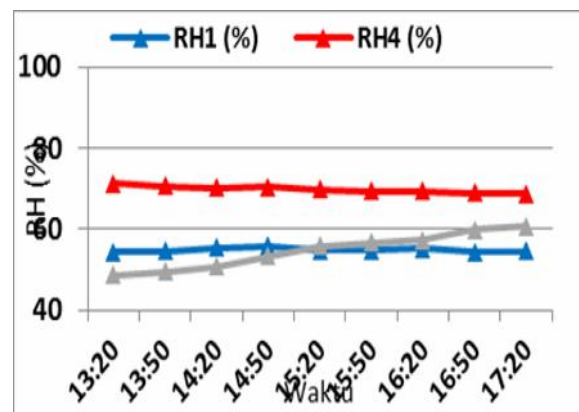
3.1.3 Pengujian Sistem 3.1

Dari data pengukuran, setelah dirubah dalam bentuk grafik distribusi temperatur pada pengujian 3.1 dapat dilihat pada Gambar 6. Pengukuran di mulai dari pukul 13.20 wib sampai pukul 17.20. Pada pukul 13.20 dengan temperatur udara lingkungan adalah 34,1°C, temperatur udara lingkungan terus turun menjadi 29,2°C. Hal ini terjadi karena intensitas sinar matahari mulai turun dari pukul 13.20. Pada sistem pengujian ini distribusi temperatur pada titik 2 nilai temperaturnya turun dari temperatur udara lingkungan masuk mencapai sekitar 26,6°C. Turunnya temperatur pada titik 2 ini disebabkan temperatur pada titik 3 sangat rendah yaitu sekitar 2°C. Pada pengukuran titik 3 terjadi penurunan temperatur sangat drastis, ini diakibatkan udara sebelum masuk ke ruangan pengkondisian didinginkan dulu dengan air-es melalui penukar kalor. Pada titik 4 jaraknya sekitar 3 m dari titik 3 temperaturnya naik lagi menjadi rata sekitar 16°C, ini diakibatkan oleh perpindahan panas akibat aliran di sepanjang aliran yang menuju ke ruangan pengkondisian. Pada titik 5 atau keadaan di dalam ruangan pengkondisian, sebelum diuji terlebih dahulu dipanaskan mendekati temperatur 38,9°C. Setelah pengkondisian secara pergantian udara di dalam ruangan yang temperatur nya sekitar 38,9°C dengan udara dingin yang temperatur sekitar 26,5°C, temperatur udara di dalam ruangan pengkondisian turun mencapai 20,6°C selama 4 jam.



Gambar 6 Distribusi temperatur pada sistem pengujian 3.1

Distribusi humidity udara pada pengukuran 3.1 dapat dilihat pada Gambar 7. Pada Gambar 7 terlihat distribusi humidity udara pada kondisi udara lingkungan sekitar 45% dan pada titik 4 mendekati nilainya sekitar 70%. Yang berbeda hanya pada titik 5 (di dalam ruangan pengkondisian udara yaitu pada kondisi awal 38,9°C humidity udaranya sekitar 48,6 % dan terus meningkat mencapai 60,6% seiring dengan turunnya temperatur udara di dalam ruangan

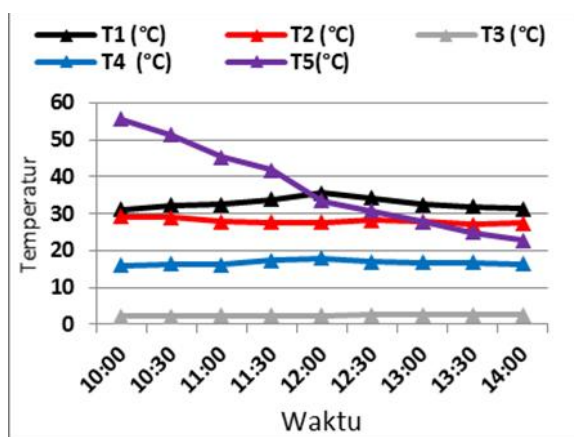


Gambar 7. Distribusi humidity udara pada sistem pengkondisian udara 3.1

3.1.4 Pengujian Sistem 3.2.

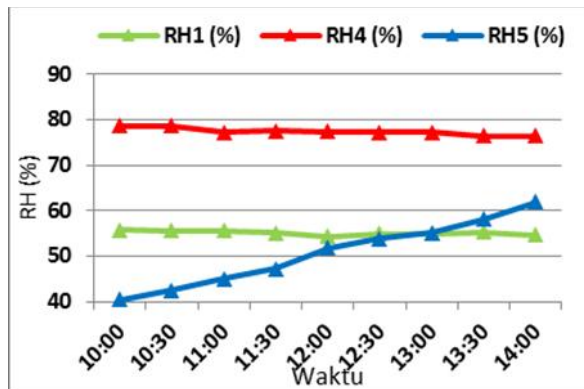
Pengkondisian pada pengujian 3.2 dengan penggantian udara yang didinginkan dengan penukar kalor air es ke ruang pengkondisian. Distribusi temperatur dapat dilihat pada Gambar 8 dan penyebaran humidity udara dapat dilihat seperti pada Gambar 9. Pengukuran di mulai dari pukul 10.00 wib sampai pukul 14.00. Temperatur udara lingkungan masuk ke instalasi sistem terdistribusi terpengaruh terhadap intensitas matahari. Pada pukul 10.00 dengan temperatur udara lingkungan adalah 31,1°C, dan temperatur udara lingkungan ini naik sampai 35,5 pada pukul 12.00. Pada pukul 12.30 temperatur udara lingkungan turun dari 34,2°C menjadi 31,3°C pada pukul 14.00. Hal ini terjadi karena intensitas sinar matahari mulai turun dari pukul 12.30.

Pada sistem pengujian ini distribusi temperatur pada titik 2 nilai temperaturnya turun dari temperatur udara lingkungan masuk mencapai sekitar 28°C. Turunnya temperatur pada titik 2 ini disebabkan temperatur pada titik 3 sangat rendah yaitu sekitar 2,4°C. Pada pengukuran titik 3 terjadi penurunan temperatur sangat drastis, ini diakibatkan udara sebelum masuk ke ruangan pengkondisian didinginkan dulu dengan air-es melalui penukar kalor. Pada titik 4 jaraknya sekitar 3 m dari titik 3 temperaturnya naik lagi menjadi rata sekitar 16,5°C, ini diakibatkan oleh perpindahan panas akibat aliran di sepanjang aliran yang menuju ke ruangan pengkondisian. Pada titik 5 atau keadaan di dalam ruangan pengkondisian, sebelum diuji terlebih dahulu dipanaskan mendekati temperatur 55,6°C. Setelah pengkondisian secara pergantian udara di dalam ruangan yang temperatur nya sekitar 38,9°C dengan udara dingin yang temperatur sekitar 16,5°C, temperatur udara di dalam ruangan pengkondisian turun mencapai 22,8°C selama 4 jam. Kondisi pengkondisian ini permanasan ruangan terus berlanjut dengan pembakaran 5 batang lilin.



Gambar 8 Distribusi temperatur pada pengujian 3.2

Distribusi humidity udara pada pengukuran ini dapat di lihat pada Gambar 4.8b. pada Gambar 4.8b terlihat distribusi humidity udara pada kondisi udara lingkungan sekitar 55% dan pada titik 4 mendekati nilainya sekitar 79%. Yang berbeda hanya pada titik 5 (di dalam ruangan pengkondisian udara yaitu pada kondisi awal 40,4 % pada temperatur 55°C terus meningkat mencapai 61,9% pada temperatur 22,8°C). Kenaikan humidity ini terjadi seiring dengan turunnya temperatur udara di dalam ruangan pengkondisian.

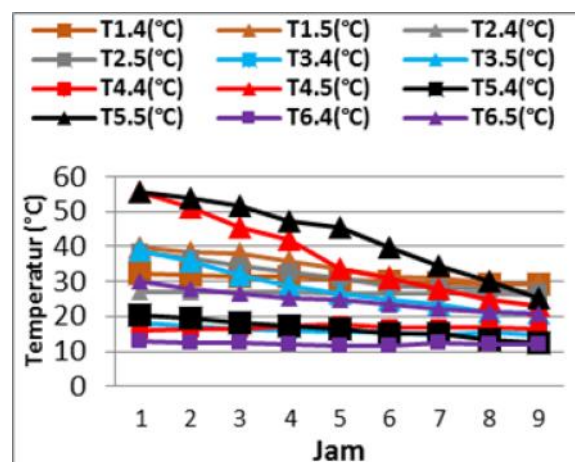


Gambar 9. Distribusi humidity pada pengujian 3.2

3.2 Pembahasan

Sistem pengujian 1 dilakukan menggunakan pengkondisi udara dengan Sistem udara masuk mempunyai suhu 30-34°C dan RH 60,2% ke dalam ruangan yang Temperatur hampir serupa. Pada pengujian ini, diidealisasikan bahwa ada ruangan yang telah terpakai dengan temperatur telah tercapai mendekati 40°C dan RH mendekati 45 %. Setelah pengujian mencapai 1,5 jam temperatur ruangan yang dikondisikan turun dari 39,6°C menjadi 29°C dengan RH 49,4%. Temperatur ruangan yang dicapai mendekati dengan temperatur udara yang dimasukkan kedalam ruangan yaitu 29,1°C dan RH

60,8%. Dengan demikian Sistem pengkondisi udara berjalan dengan baik.



Gambar 10. Distribusi temperatur udara pada kondisi masuk dan di dalam ruangan pengkondisian pada setiap pengujian

Pada sistem pengujian 2, udara ruangan dipanaskan hingga mencapai temperatur 40°C, Setelah itu ke dalam ruangan dimasukkan udara luar yang suhunya 30°C – 34°C melalui pipa yang dibenamkan kedalam air sebagai *cooler* yang disalurkan dengan *blower*. *Cooler* ini menggunakan penukar kalor tipe pipa melengkung. Hasil yang diperoleh cukup memuaskan yaitu udara pendingin dengan suhu 26,5°C dan RH 62,17 % dimasukkan ke dalam ruangan pengkondisian yang temperatur awalnya 38,4°C. Setelah 4 jam pengujian, temperatur ruangan turun menjadi 26,8°C dengan RH 49,7%. Kondisi udara di dalam ruangan yang dicapai ini sangat bagus karena sudah termasuk di dalam standar kenyamanan termal SNI.

Sistem pengujian 3.1 dilakukan dengan memanaskan udara ruangan hingga mencapai temperatur 40°C. Pemanasan ini berlanjut selama pengujian yang dilakukan dengan membakar 5 batang lilin di dalam ruangan. Setelah itu kedalam ruangan dimasukkan udara yang sudah didinginkan oleh cooler dengan air es melalui bantuan *blower*. Temperatur udara yang masuk ke ruangan memiliki suhu rata-rata 15,5°C dengan RH rata-rata 79,8 %, Temperatur awal ruangan adalah 40°C dengan RH 48,6%. Setelah pengkondisian mencapai 4 jam pengujian temperatur ruangan pengkondisian turun menjadi 20,9°C dengan RH 60,6%. Kondisi udara di dalam ruangan yang dicapai sangat bagus karena sudah termasuk di dalam standar kenyamanan termal SNI.

Sistem pengujian 3.2 dilakukan dengan memanaskan udara di dalam ruangan pengkondisian hingga mencapai temperatur ruangan 55°C. setelah itu dikondisikan dengan cara memasukan udara yang sudah didinginkan *cooler* es bersentuh langsung dengan udara pendingin didalam suatu kotak saluran

yang ukurannya 50 cm (P) x 40 cm (L) x 30 cm (T). Aliran udara pendingin dimasukkan ke dalam ruang pengujian dengan bantuan *blower*. Temperatur udara di dalam ruangan tetap dijaga dengan pemanasan membakar 10 batang lilin. Temperatur udara masuk ke ruangan pengujian memiliki suhu rata-rata 16,5°C dengan RH rata-rata 78,8 %. Setelah 4 jam pengujian temperatur ruangan turun menjadi 22,8°C dengan RH 61,9%. Kondisi udara di dalam ruangan yang dicapai sangat bagus karena sudah termasuk di dalam standar kenyamanan termal SNI.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan pembahasan pada penelitian dengan 6 Sistem instalasi pengkondisian udara ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem pengkondisian yang temperatur awal ruangan 40°C, setelah dikondisikan dengan dimasukkan udara pendingin dengan air 26,5°C dan RH 62,1,7 % selama 4 jam temperatur ruangan turun menjadi 26,8°C dengan RH 49,7%. Hasilnya bagus, karena sudah termasuk di dalam standar kenyamanan termal SNI.
2. Sistem pengkondisian yang temperatur ruangan dari 40°C dan pemanasan ruangan terus berlanjut dengan pembakaran lilin 5 batang mampu dengan pendinginan udara memakai es dengan bantuan penukar kalor menurunkan temperatur udara mencapai 21°C selama 4 jam dengan RH sekitar 60%.
3. Sistem pengkondisian yang temperatur ruangan dari 40°C dan pemanasan ruangan terus berlanjut dengan pembakaran lilin 5-15 batang mampu dengan pendinginan udara memakai es dengan pencampuran, dapat menurunkan temperatur udara mencapai 21-24°C selama 4 jam dengan RH sekitar 62%.
4. Dari segi RH lebih baik menggunakan sistem pendinginan udara dengan bantuan penukar kalor dibandingkan dengan menggunakan sistem campuran langsung udara es. Tetapi sistem penukar kalor lebih banyak butuh es 10 kali dari kebutuhan es campuran langsung.

Daftar Pustaka

- [1] ASHRAE Standard, 2001, *Foundamentals Handbook CD*, Englewood, Colorado 80112-5776 USA.
- [2] Charles Arnold, 1984, *Teknik Energi Surya*, Teknik Mesin Unsyiah, Banda Aceh.
- [3] Syuhada A., 2008, *Global Waring dan Produktivitas Manusia: Suatu Kajian dari Sudut Kenyamanan Thermal*, *Orasi Ilmiah Pengukuhan Guru Besar Fakultas Teknik*, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- [4] Soegiyanto, 1999, *Bangunan di Indonesia dengan iklim tropis lembab ditinjau dari aspek fisika bangunan*, *Dirjen Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan*, Bandung.

- [5] Mahruza M., 2009, *Analisa Pengkondisian Udara Untuk Kenyamanan Thermal pada Ruang Intensif (ICU) di Rumah Sakit Umum DR. Zainul Abidin Banda Aceh*, *Tugas Akhir Teknik Mesin*, Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.