

PENGARUH PEMASANGAN *EXHAUST FAN* DI RUANG KELAS 3.8 FAKULTAS TEKNIK UNTIRTA TERHADAP KENYAMANAN *THERMAL* YANG DIHASILKAN

Dwinanto^{1)*}, Imron Rosyadi¹⁾, Rina Lusiani¹⁾, Aswata Wisnuadji¹⁾, Kautsar Ghatra¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jendral Sudirman km. 3 Cilegon 42435

Email: dwinanto@ft-untirta.ac.id

Keywords :

Exhaust fan
Ruang Kelas
Kenyamanan Thermal.

Abstract :

Upaya untuk memasang unit air conditioning sentral pada setiap ruangan kelas tidak dapat langsung dilaksanakan, menunggu proses administrasi institusi. Oleh sebab itu unit fan yang saat ini terpasang dikelas saat ini akan dikombinasikan dengan menggunakan unit exhaust fan. Tujuan yang ingin dicapai mencari beban thermal maksimum kelas yang kemudian dengan ditambahkan exhaust fan, tingkat kenyamanan thermal kelas dapat berpengaruh seberapa besar dari kondisi normal penggunaannya. Kelas akan dilakukan pengisolasian untuk mendapatkan kondisi maksimum, selanjutnya pengecekan kondisi normal saat fan beroperasi, berikutnya pengecekan kenyamanan thermal ruangan dilakukan dengan konfigurasi fan dan exhaust fan. Penambahan unit exhaust fan memberikan pengaruh lebih baik dengan mereduksi beban thermal sebesar 12500 BTU/h.

PENDAHULUAN

Panas merupakan factor yang mempengaruhi tingkat konsentrasi saat belajar di kelas. Penggunaan alat pengkondisian udara AC (*Air Conditioner*) menjadi salah satu cara untuk mengurangi temperatur udara yang panas. Namun AC yang diaplikasikan sering mengalami kerusakan pada bagian outdoor terutama pada kompresor. Daya yang dihasilkan oleh jaringan kampus tidak diketahui jalur penggunaannya (*wiring system*). Sehingga terjadi kenaikan ataupun penurunan daya listrik yang ada diruang kelas yang menyebabkan kerja kompresor berfluktuatif (Relawan, M.Bino., 2015).

Suhu ideal pada suatu ruangan sangat dibutuhkan bagi penghuni untuk dapat melakukan segala kegiatan dengan lancar tanpa ada hambatan sedikit pun. Penghuni akan menginginkan temperatur dan kelembaban yang sesuai pada ruangan agar lebih nyaman dan menghasilkan perasaan menyenangkan (Karyono, 1989). Menurut ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers*, 1989), kenyamanan terbentuk dimana seseorang merasa nyaman dengan keadaan temperatur lingkungannya, yang dalam konteks sensasi digambarkan sebagai kondisi dimana seseorang tidak merasakan kepanasan maupun kedinginan pada lingkungan tertentu.

Penggunaan *exhaust fan* pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengurangi temperatur dalam ruangan kelas dan menghitung tingkat kenyamanan

thermal pada ruang kelas tersebut sebelum dan sesudah pemasangan *exhaust fan*.

Kenyamanan Thermal

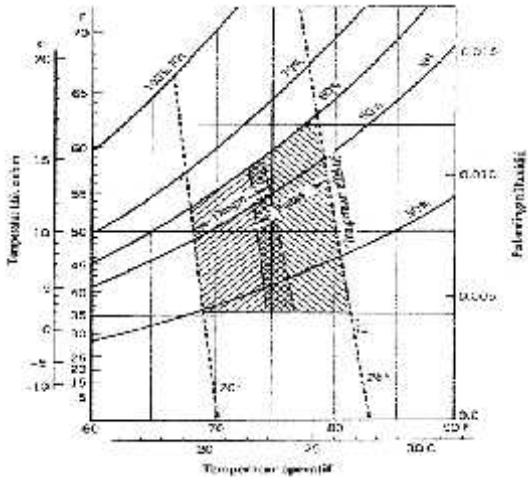
ASHRAE (1989) mendefinisikan kenyamanan thermal sebagai suatu pemikiran di mana kepuasan didapati dari suatu persekitaran thermal. Kenyamanan thermal merupakan kepuasan yang dialami oleh seorang manusia yang menerima suatu keadaan thermal.

Aspek fisik dari kenyamanan thermal bergantung pada enam faktor utama yang berfungsi sebagai sebuah sistem yang saling berkaitan dipengaruhi oleh faktor psikologis. Berdasarkan ASHRAE (1989), teori persamaan Fanger (Fanger, 1982) dan persamaan Gagge (Markus, Morris, 1980) serta Koenigsberger dkk (1973) variabel yang mempengaruhi kenyamanan thermal yaitu:

1. Temperatur udara
2. Temperature Radiant
3. Kecepatan udara
4. Kelembapan relatif
5. Tingkat metabolisme
6. Insulasi pakaian

Zona Kenyamanan Ruang

ASHRAE (1995) mendefinisikan temperatur efektif sebagai temperatur udara ekuivalen pada lingkungan isothermal dengan kelembaban udara relatif 50%, dimana orang memakai pakaian standar dan melakukan aktifitas tertentu serta menghasilkan temperatur kulit dan kebasahan kulit yang sama.



Gambar 1. Daerah Zona yang Dapat Diterima Sebagai T_{op} , RH yang Memenuhi Kenyamanan dengan met < 1,2 (Sumber : SNI,2001)

a. Musim dingin.

Temperatur operatif (T_{op}) berkisar antara 20°C ~ 23,5°C pada kelembaban udara relatif 60% dan berkisar antara 20,5°C ~ 24,5°C pada 20°C dew point dan dibatasi oleh temperatur efektif 20°C dan 23,5°C.

b. Musim panas.

Temperatur operatif (T_{op}) berkisar antara 22,5°C ~ 26°C pada kelembaban udara relatif 60% dan berkisar antara 23,5°C ~ 27°C pada 20°C dew point dan dibatasi oleh temperatur efektif 23°C dan 26°C.

Beban Pendinginan

Beban pendingin adalah laju panas yang harus dipindahkan dari ruangan ke lingkungan sehingga suhu dan kandungan uap airnya terjaga seperti yang diinginkan. Banyak faktor yang mempengaruhi besarnya beban pendingin ini, misalnya kondisi suhu di luar ruangan, kebocoran udara dari luar ke dalam ruangan, aktifitas di dalam ruangan misalnya terdapat mesin yang menghasilkan panas dan juga lampu listrik, dan jumlah orang yang keluar masuk dari ruangan, dll.

Ada 3 metode perhitungan beban pendinginan;

1. *Total equipment temperature differential/time averaging method* (TETD/TA).
2. *Transfer function methode* (TFM).
3. *Cooling load temperature diffrential* (CLTD).

Dalam tugas akhir ini penulis menggunakan metode *Cooling load temperature diffrential*(CLTD). Metode ini mudah untuk digunakan dan dipahami. Dalam perhitungan beban panas dibagi 2, yaitu yang beban eksternal dan beban internal. Beban eksternal berasal dari konduksi luar ruangan dan beban internal berasal dari panas yang dihasilkan dalam ruangan.

a. Beban Panas External

Beban Panas External untuk ruangan akibatkonduksi, radiasi dan konveksi dapat dihitungdengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Konduksi melalui dinding, jendela dan pintu

$$Q = U \times A \times CLTD_c \tag{1}$$

Dimana :

- Q = Laju kalor (BTU/h)
- U = Koefisien perpindahan panas (BTU/h.ft².F)
- A = Luas Permukaan (ft)
- $CLTD_c = CLTD + LM + (78-Tin)+(Tout-85) = (F)$

Konduksi melalui atap dan lantai

$$Q = A \times U \times \Delta T \tag{2}$$

Dimana :

- Q = Laju kalor (BTU/h)
- A = Luas permukaan (ft²)
- U = Koefisien perpindahan panas (BTU/h.ft².F)
- ΔT = Perbedaan temperatur dalam dan luar ruangan

Radiasi melalui kaca

$$Q = A \times SC \times CLF \times SHGF \tag{3}$$

Dimana :

- Q = Laju kalor (BTU/h)
- A = Luas permukaan (ft²)
- SC = *Shading Coeficient*
- CLF = *Cooling Load Factor*
- $SHGF$ = *Solar Heat Gain Maximum* (BTU/h.ft²)

b. Beban Panas Internal

Beban Panas Internal untuk seluruh gedung akibat penghuni.

Beban panas orang

$$Q_s = q_s \times n \times CLF \tag{4}$$

$$Q_l = q_l \times n \tag{5}$$

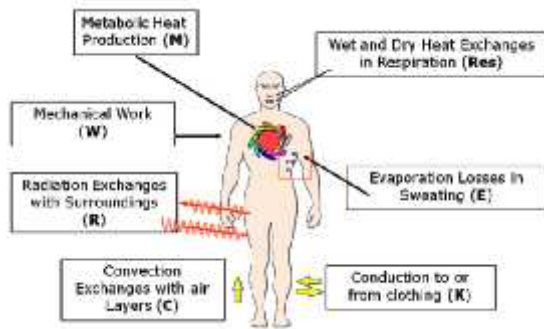
Dimana :

- Q_s, Q_l = *Sensible and Latent Heat Gain* (BTU/h)
- q_s, q_l = Beban panas sensible dan latent per orang (BTU/h)
- n = Jumlah orang
- CLF = *Cooling Load Factor* per orang

Index Thermal PMV dan PPD

Indeks thermal PMV dan PPD menjadi standar baku kenyamanan termal pada ASHRAE 55-2005 dan ISO 7730 (ISO 1994). PMV merupakan indeks yang dikenalkan oleh Professor Fanger dari University of Denmark. Indeks PMV (Predicted Mean Vote) dihitung dari persamaan keseimbangan termal untuk

tubuh manusia, yang melibatkan pertukaran panas internal lingkungan sekitarnya.



Gambar 2. Keseimbangan Panas Tubuh Manusia (Sumber : ISO 7730,2005)

$$PMV = (0,303e^{-0,036 \times M} + 0,028) \times ((M - W) - H - Ec - Cres - Eres) \quad (6)$$

$$H = 3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times ((t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4) - f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a) \quad (7)$$

$$Ec = 3,05 \times 10^{-3} \times (5733 - 6,99 \times (M - W) - p_a) - 0,42 \times ((M - W) - 58,15) \quad (8)$$

$$Cres = 0,0014 \times M \times (34 - t_a) \quad (9)$$

$$Eres = 1,7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - p_a) \quad (10)$$

$$t_{cl} = t_{sk} - I_{cl} \times [3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times \{(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4\} + f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a)] \quad (11)$$

$$t_{sk} = 35,7 - 0,028 \times (M - W) \quad (12)$$

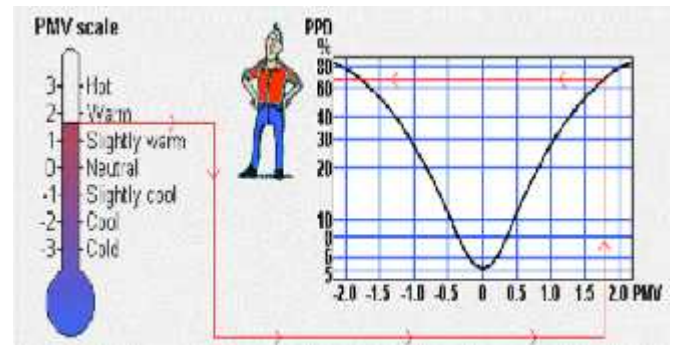
$$f_{cl} = 1,0 + 0,2 I_{cl} \text{ untuk } I_{cl} < 0,5 \text{ clo} \\ 1,05 + 0,1 I_{cl} \text{ untuk } I_{cl} > 0,5 \text{ clo} \quad (13)$$

Dimana :

- M : tingkat metabolisme (W/m²)
- W : daya mekanis efektif (W/m²)
- H : kehilangan panas sensitif
- Ec : pertukaran panas dengan penguapan pada kulit
- Cres : pertukaran panas secara konveksi dalam bernapas
- Eres : pertukaran panas menguapkan bernafas.
- I_{cl} : Isolasi pakaian (clo)
- f_{cl} : Rasio permukaan orang ketika berpakaian, dan tidak berpakaian
- t_a : Suhu udara (°C)
- t_r : Suhu radiasi rata-rata (°C)
- h_c : Konveksi perpindahan panas (W/m²K)
- Pa : Uap air tekanan parsial (Pa)
- t_{cl} : Suhu permukaan pakaian (°C)

PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) merupakan banyaknya orang (dalam presentase) yang tidak puas terhadap lingkungan. Semakin besar presentase PPD makin banyak yang tidak puas. PPD memberikan perkiraan berapa persen penghuni ruangan yang merasa tidak nyaman. Jadi PPD semakin mendekati 0, maka semakin nyaman (Satwiko, 2007). Fanger (1982) menghubungkan nilai PMV dan PPD seperti berikut :

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-(0,03353 \times PMV^4 + 0,2179 \times PMV^2)} \quad (14)$$



Gambar 3. Hubungan antara PPD dan PMV (Sumber : ISO 7730,2005)

Tabel 1. Hubungan antara PMV, Sensasi Thermal dan PPD (Sumber : ISO 7730,2005)

PMV	sensasi thermal	PPD (%)
3	Panas	100
2	hangat	75
1	nyaman hangat	25
0	netral	5
-1	nyaman sejuk	25
-2	sejuk	75
-3	dingin	100

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

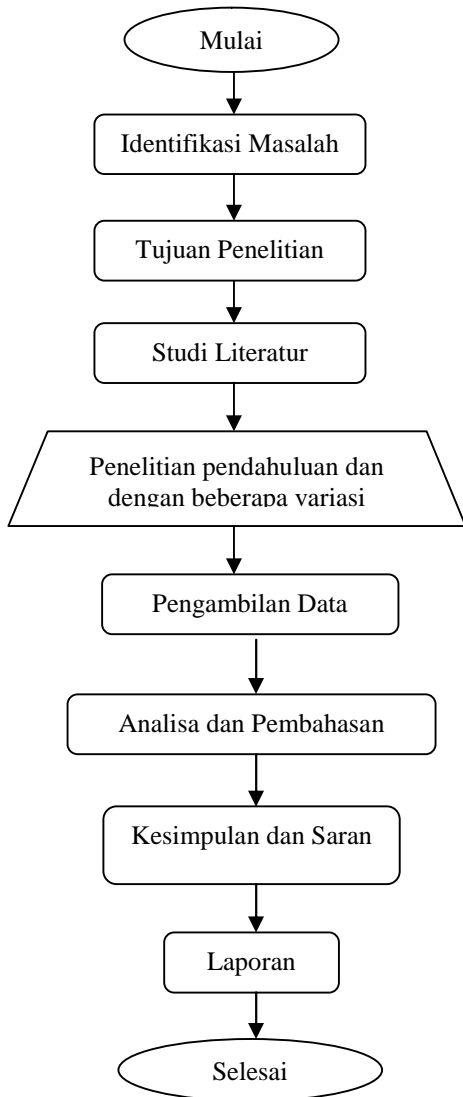
Penelitian ini dilakukan di ruang kelas 3.8 Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penelitian ini berlangsung dari bulan Agustus 2014 sampai November 2014 pada pukul 08.00 – 18.00 WIB dengan rentang waktu pengambilan data 2 jam sekali.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam proses pemasangan meliputi :

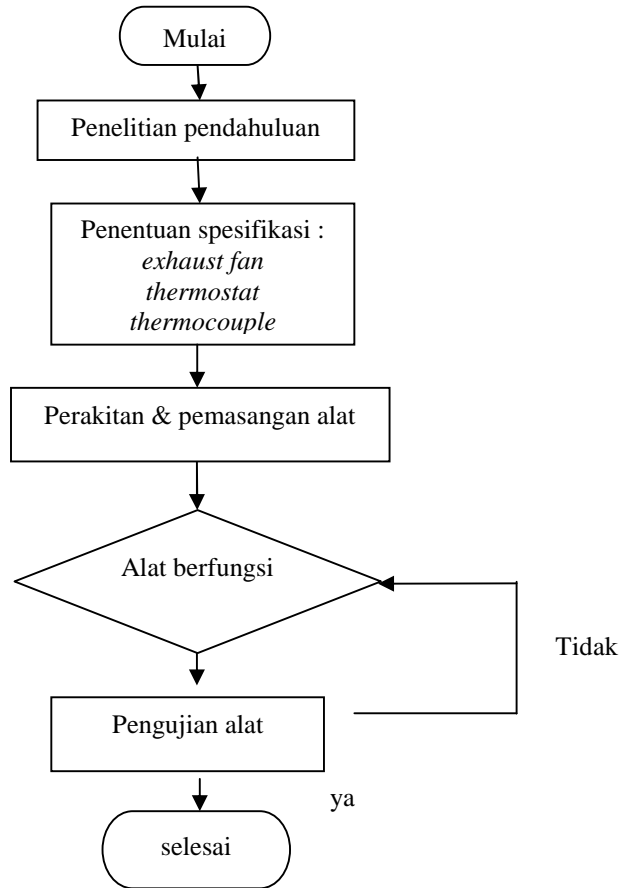
- | | |
|--|--|
| <p>a. Alat</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gergaji kayu • Palu • Pahat • Roll meter • Gunting • Obeng & tespen | <p>b. Bahan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exhaust Fan • Kabel listrik • Steker • Plastik • Paku • Thermostat • Thermocoupleprobe • Solasi • Kayu • Kabel Ties • Power Supply • Mur |
|--|--|

Diagram Alir Penelitian



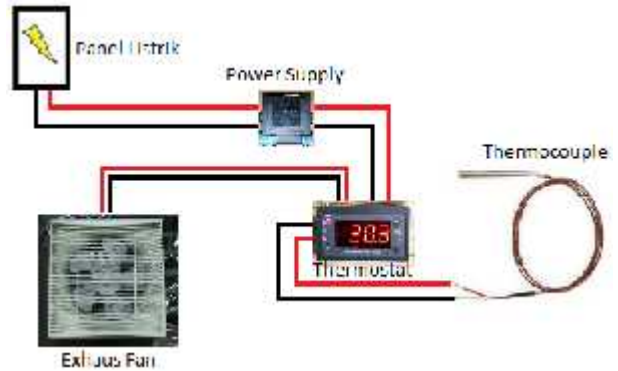
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Diagram Alir Perakitan Alat



Gambar 5. Diagram Alir Perakitan Alat

Rancangan Exhaust Fan dengan Sistem Temperature Kontrol



Gambar 6. Rancangan Exhaust Fan dengan Sistem Temperatur kontrol

Komponen Rancangan Sistem

Komponen sistem ini terdiri dari beberapa alat antara lain, yaitu :

1. Exhaust fan
2. Thermostat digital
3. Thermocouple probe
4. Power supply

Proses Pengambilan Dan Pengolahan Data

Dalam penelitian ini langkah – langkah yang dilakukan dalam pengambilan data yaitu :

1. Pengamatan ruangan
2. Menyiapkan alat ukur, pemasangan *thermometer* di tiap – tiap titik.
3. Pengukuran dimensi ruangan, pintu, jendela, dinding
4. Pengambilan data temperature yaitu :
 - Kondisi awal tanpa *exhaust fan*
 - Kondisi setelah dipasang *exhaust fan*
 - a. Pintu tertutup jendela terbuka
 - b. Pintu tertutup jendela tertutup
 - c. Pintu terbuka jendela terbuka
 - d. Pintu terbuka jendela tertutup
5. Pengambilan data kadar CO₂
6. Melakukan perhitungan beban pendinginan dengan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*) berdasarkan *Air Conditioning Principles and Systems* (2002)
7. Membandingkan data perhitungan beban pendingin dalam grafik.
8. Menentukan nilai insulasi pakaian dan tingkat aktivitas.
9. Melakukan perhitungan zona nyaman dengan menggunakan metode PMV dan PPD
10. Membuat kesimpulan.

Denah dan Titik pengambilan Data

Letak ruang 3.8 pada lantai 3 gedung perkuliahan Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, lebih tepatnya terletak pada posisi 5°59'51.2" lintang selatan dan 106°01'53,9" bujur timur



Gambar 7. Lokasi Laboratorium Prestasi Mesin FT. Untirta (Sumber: Google Earth)

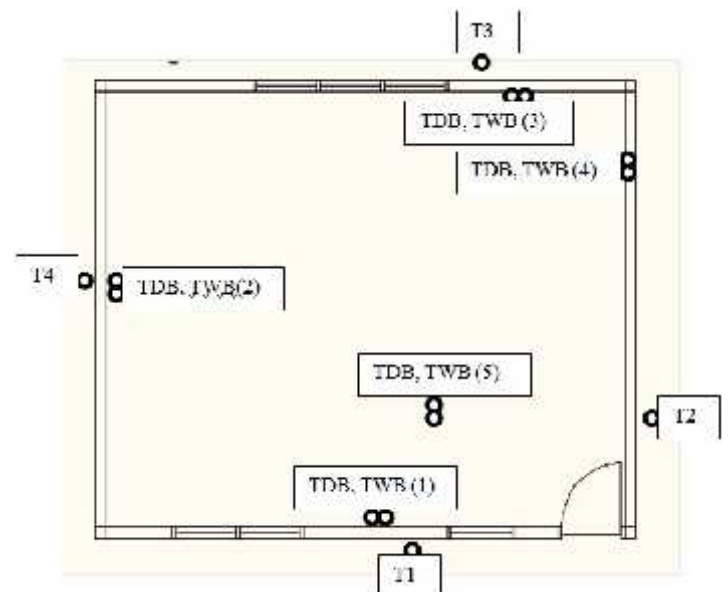
HASIL DAN PEMBAHASAN

Beban Pendinginan Total

Merupakan hasil dari penghitungan beban panas eksternal dan internal dengan menggunakan rumus (1) sampai (5) didapat beban pendinginan rata – rata perhari. Hasil dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 2. Beban Pendinginan Total

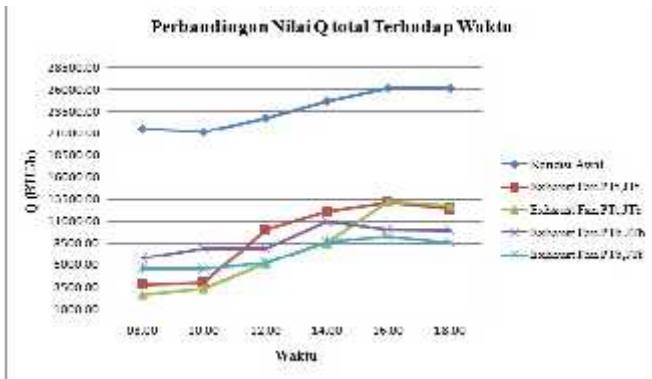
Waktu	Beban Pendingin Total (RTU/h)				
	Kondisi Awal	Exhaust Fan P _{T1} J _{T1}	Exhaust Fan P _{T1} J _{Tb}	Exhaust Fan P _{Tb} J _{Tb}	Exhaust Fan P _{Tb} J _{Tt}
08.00	21488.07	3730.59	2588.14	6799.75	5548.07
10.00	21206.98	3973.01	3286.37	7889.73	5474.72
12.00	22732.82	10098.37	6184.56	7929.28	6233.71
14.00	24708.03	12138.09	8543.04	10974.44	8663.70
16.00	26140.81	13129.97	13262.57	10198.55	9289.28
18.00	26106.07	12394.75	12793.96	9934.89	8613.13
Rata - Rata	23730.56	9244.130923	7776.412623	8939.44017	7304.10105



Gambar 8. Denah Laboratorium Prestasi Mesin dan Titik Pengambilan Data

dimana :

- TDB : Temperature bola kering (°C)
- TWB : Temperature bola basah (°C)
- T₁ : Temperature sisi depan (°C)
- T₂ : Temperature sisi samping kanan / ruang asisten dan dosen (°C)
- T₃ : Temperature sisi belakang (°C)
- T₄ : Temperature sisi kiri / dekat wc (°C)
- T₅ : Kecepatan udara dehumidifier (m/s)



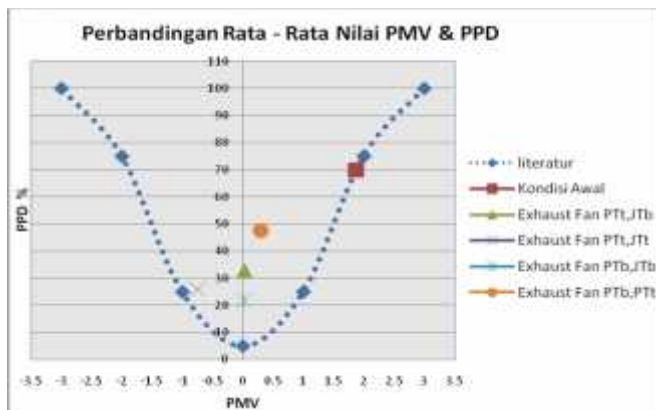
Gambar 9. Grafik Beban Pendinginan Total

Dari hasil diatas pada tabel 2 dan grafik pada gambar 9 dapat dilihat terjadi beban puncak pada perlakuan pintu tertutup jendela tertutup. Yaitu sebesar 5025,40167 BTU/h.

Nilai PMV dan Presentase PPD

Tabel 4. Nilai Perbandingan PMV dan Presentase PPD Terhadap Waktu

Waktu	Kondisi Awal		Exhaust Fan PT1,JTb		Exhaust Fan PT1,JTt		Exhaust Fan PTb,JTb		Exhaust Fan PTb,JTt	
	PMV	PPD	PMV	PPD	PMV	PPD	PMV	PPD	PMV	PPD
08.00	1.94	73.81	-1.70	61.74	-1.97	75.42	-1.45	48.25	-1.74	63.90
10.00	1.87	70.64	-0.80	18.58	-0.79	18.08	-0.56	11.58	-0.21	5.90
12.00	2.12	81.80	1.57	54.54	0.15	5.48	0.82	19.18	2.09	80.77
14.00	2.08	80.04	1.28	39.43	0.01	5.00	1.17	33.58	2.67	96.32
16.00	1.83	68.68	0.48	9.83	-0.63	13.44	0.54	11.12	0.15	5.47
18.00	1.39	44.91	-0.64	13.68	-1.28	39.20	-0.38	8.07	-1.17	33.61
Rata - Rata	1.87	69.98	0.031	32.97	-0.752	26.10	0.0238	21.96	0.2954	47.66



Gambar 10. Grafik Perbandingan Nilai PMV dan Presentase PPD

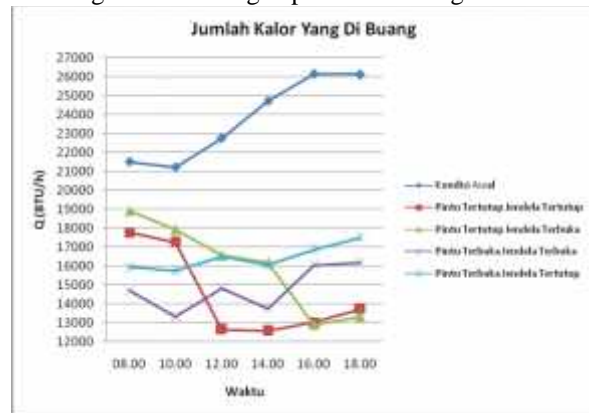
Pada tabel dan grafik diatas menunjukkan hasil rata – rata kenyamanan termal terbaik yaitu pada kondisi pintu terbuka jendela terbuka.

KESIMPULAN DAN SARAN

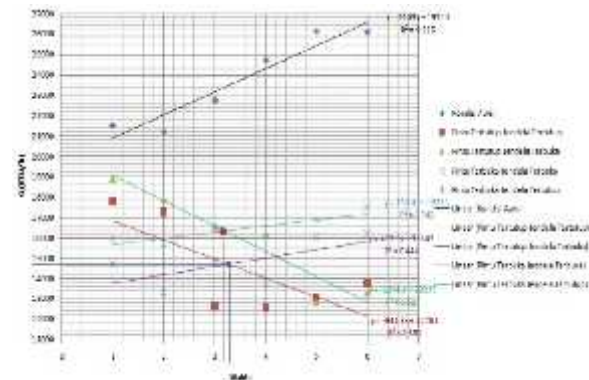
Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai analisa pengkondisian udaran dan kenyamanan thermal pada ruang 3.8 Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Jumlah kalor yang dibuang ditentukan dengan perhitungan beban pendinginan, dibawah ini adalah hasil dari jumlah kalor yang dibuang dari dalam ruangan sesuai dengan perlakuan ruangan :



Gambar 11. Grafik Jumlah Kalor Yang Dibuang



Gambar 12. Grafik Penentuan Jumlah Kalor Pada Titik Temu

Dari hasil data diatas didapat bahwa jumlah kalor terbesar yang dapat dibuang dengan menggunakan *exhaust fan* adalah pada perlakuan pintu tertutup jendela terbuka. Didapatkan hasil bahwa jumlah kalor yang dapat dibuang mencapai nilai 18900,53 BTU/h pada jam 08.00. Titik temu merah merupakan titik temu terbesar dengan jumlah kalor yang dibuang sama pada perlakuan yang berbeda , terdapat pada jam 12.20 WIB sebesar 16729,44 BTU/h, sedangkan titik temu biru adalah titik temu terendah dengan jumlah kalor yang dibuang sama pada perlakuan yang berbeda terdapat pada jam 12.36 WIB sebesar 15192,64 BTU/h.

2. Tingkat kenyamanan thermal pada ruang 3.8 Fakultas Teknik UNTIRTA pada saat kondisi awal berada pada nilai PMV diatas 2 dengan sensasi hangat dan nilai PPD 81,803 % yang membuktikan bahwa pada kondisi tersebut orang yang ada didalam ruangan merasa hangat dan tidak nyaman. Sedangkan pada saat setelah dipasang *exhaust fan* dan perlakuan ruangan pintu terbuka jendela terbuka nilai PMV menunjukkan angka diantara - 1,45 hingga 1,17 dan nilai PPD 8 % - 48 %. Dengan kondisi tersebut ada peningkatan kenyamanan yang dirasakan oleh penghuni berkisar pada kondisi nyaman sejuk hingga keadaan menuju nyaman hangat.

Saran

1. Untuk meningkatkan nilai kenyamanan thermal alangkah baiknya menambahkan AC atau alat pendingin ruangan lainnya agar terciptanya sensasi sejuk.
2. Harus tepat waktu dalam pengambilan data dan selang waktunya di perkecil supaya mendapatkan data aktual yang akurat.
3. Lebih difokuskan besarnya bukaan pintu dan jendela pada masing – masing kondisi ruangan dengan bukaan $\frac{1}{4}$ untuk jendela 1 untuk pintu.
4. Tambahkan varian fan dan parameter seberapa cepat kerja fan untuk menciptakan kondisi nyaman

DAFTAR PUSTAKA

- Susanti, Lusi. Nike, Aulia.(2013).*Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Sekolah SMA Negeri di Kota Padang*. Padang : Universitas Andalas
- ASHRAE.1989. “*Handbook of Fundamental Chapter 8* ”*Physiological Principles, Comfort, and Health*. USA: ASHRAE.
- ASHRAE.(2009).*Handbook of Fundamental Inch-Pound Edition*. USA: ASHRAE.
- ASHRAE.(1997).*Handbook of Fundamentals*.USA : ASHRAE
- Boutet, Terry S. 1987. *Controlling Air Movement - A Manual For Architects and Builders*.New York: McGraw-Hill Book Co.
- Fanger. 1970 .*Thermal Comfort, Analysis and Application in Environmental Engineering*. Denmark: Danish Technical Press.
- Fanger. 1982. *Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering*. Malabar: Robert E. Krieger Publishing Company.
- ISO 7730. 2005 . *Moderate Thermal Environments Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort (2nd ed.)*. Geneva: International Organizations for Standardization.
- Szokolay. 1973. *Manual of Tropical Housing and Building*. India: Orient Longman.
- Pita, Edward G. (2002). *Air Conditioning Principle And System (4th ed.)*. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Dimas Ludovicus, AP dkk. (2014). *Analisa Beban Pendingin dan Kenyamanan Thermal Terhadap Pengaruh Pemasangan Exhaust Fan pada Ruang Laboratorium Prestasi Mesin*. Cilegon : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Relawan, Bino dkk. (2015). *Pengaruh Penambahan Unit Stabilizer Terhadap COP Unit Penyejuk Udara di Ruang Jurusan Teknik Mesin FT. UNTIRTA*. Cilegon : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Ajis dkk. 2015. *Penambahan Unit Dehumidifier Terhadap Kenyamanan Termal Diruang Laboratorium Prestasi Mesin*. Cilegon : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Fanger. (1982). *Thermal Comfort, Analysis and Application in Environmental Engineering*. Malabar : Robert E. Krieger Publishing Company.
- SNI 03-6572-2001. (2001). *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. Jakarta.
- Afendi, Achmad Arif. (2012). *Perhitungan Beban Pendinginan, Pemilihan dan Pemasangan Air Conditioning di Ruang AUTOCAD*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Stoecker, W. F dan J. W. Jones. (1992). *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Edisi Kedua*. Jakarta : Erlangga