

TUGAS AKHIR

EFEKTIFITAS PERUBAHAN *AIR CHANGES* TERHADAP PERUBAHAN TEMPERATURE DAN *RH*

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Dalam Meraih Gelar Sarjana Teknik (ST) Pada Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Mercu Buana



Disusun oleh :

AMAT NURYANTO

41306110032

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS MERCU BUANA

2010

LEMBAR PERNYATAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : AMAT NURYANTO
NIM : 410306110032
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Mesin
Universitas : Universitas Mercu Buana

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa Tugas Akhir yang saya buat ini merupakan hasil karya merupakan hasil karya sendiri dan tidak menyadur dari hasil karya orang lain, kecuali dari kutipan-kutipan referensi yang telah di sebutkan sumbernya.

Jakarta, 14 Februari 2010

AMAT NURYANTO

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

EFEKTIFITAS PERUBAHAN *AIR CHANGES*
TERHADAP PERUBAHAN TEMPERATURE DAN *RH*

Disusun Oleh:

AMAT NURYANTO

41306110032

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS MERCU BUANA

Telah di periksa dan di setujui:

Pembimbing Utama

Koordinator Tugas Akhir
Program Studi Teknik Mesin

Ir. Yuriadi Kusuma, M.Sc

Dr. Abdul Hamid, M. Eng.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas ijin-Nya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir berjudul: “ Efektifitas Perubahan *Air Changes* Terhadap Perubahan Temperature dan *RH*” dengan tepat waktu.

Selain tidak lupa kami ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr.Ir.H. Suharyadi. M.S selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Ir. Yuriadi Kusuma M.Sc selaku Pembimbing Utama Tugas Akhir
3. Bapak Dr, Abdul hamid, M. Eng. Selaku Kaprodi Jurusan Teknik Mesin
4. Bapak Nanang Ruhyat, MT. Selaku Koordinator Sidang Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. Ariosuko DH, Selaku Team Penguji Sidang Tugas Akhir
6. Bapak bapak dan Ibu-ibu Dosen yang telah mengajar kami tanpa mengenal lelah.
7. Kedua Orang Tua kami yang telah memberikan dorongan moral maupun material.
8. Calon Istriku “NUR ANI TAUFIQOH” yang telah memberi semangat dan motifasi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
9. Rekan-rekan kerja yang tiada jemu member spirit dan selalu mengingatkan kami.
10. Semua pihak yang telah membantu kami secara langsung maupun tidak langsung.

Akhirnya kritik dan saran dari pembaca sangat kami butuhkan demi kesempurnaan tugas akhir ini, karena tiada gading yang tak retak. Harapan kami semoga tugas akhir ini bisa bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya, dan untuk penulis pada khususnya, serta sebagai jalan awal untuk pengembangan berikutnya.

Jakarta, 14 Februari 2010

AMAT NURYANTO

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan.....	2
1.3 Pokok Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II. DASAR TEORI	
2.1 Definisi dari Penyegaran Udara	
2.1.1 Penyegaran Udara untuk Kenyamanan	6
2.1.2 Penyegaran Udara untuk Industri.....	6
2.2 Teori Kenyamanan	
2.2.1 Temperature Bola Kering dan Temperature Bola Basah dari Udara (<i>Dry Bulb & Wet Balb</i>)	7
2.2.2 Kelembaban Udara Relatif (<i>Relative Humidity/RH</i>).....	8
2.2.3 Pergerakan Aliran Udara / Kecepatan Udara (<i>Air Flow</i>).....	8
2.2.4 Radiasi Permukaan yang Panas.....	9
2.2.5 Aktivitas Orang	10
2.2.6 Pakaian yang Dipakai.....	11
2.2.7 Pengaruh Aktivitas dan Pakaian yang Dipakai Orang terhadap Temperatur Operatif.....	12

2.3	Sistem Pengkondisian Udara	
2.3.1	Sistem Ekspansi Langsung (<i>Direct Expansion / DX</i>)	15
2.3.2	Sistem Ekspansi tak Langsung (<i>Indirect Expansion</i>)	16
2.3.3	Terminal Unit	20
2.3.4	AHU (<i>Air Handling Unit</i>)	20
2.4	Dasar-dasar Psikometrik	
2.4.1	Definisi Istilah dan Plotting pada Diagram	22
2.4.2	Persamaan dalam Psikometrik	23
2.4.3	Proses Pengkondisian Udara	25
2.5	Tingkat Class Standart Kebersihan pada Ruang Steril	26
2.6	Zona Kenyamanan Ruangan	29
2.7	Pengkondisian Udara	
2.7.1	Prosedur Perhitungan Beban Pendingin	30
2.7.2	Fungsi Ruang Dalam Gedung	30
2.7.3	Kondisi Termal Dalam Gedung	30
2.7.4	Data Gedung	31
2.7.5	Data Cuaca dan Iklim	31
2.7.6	Beban Pendingin	31
2.7.7	Metoda Perhitungan Beban Pendinginan	34
2.7.8	Komparasi Metoda Perhitungan Beban Pendinginan	45
2.8	Metode Perhitungan Beban Pendingin dengan Program TRACE 700	
2.8.1	Tahapan dalam Menghitung Beban Kalor	46
2.8.2	Tahapan Pemilihan System Mesin Pendingin	48
2.8.3	Menentukan Beban Pendingin	49
2.8.4	Sistem Temperatur Bola Kering pada Pendinginan Udara Masuk (<i>System Cooling Supply Air Dry Bulb</i>)	50
2.8.5	Area Aliran Udara dan Temperatur Bola Kering Aliran Udara Panas Masuk	52
2.8.6	Sistim Aliran Udara (<i>System Airflow</i>)	53
2.8.7	Sistem Kapasitas Pendingin (<i>System Cooling Capacity</i>)	53
2.8.8	Sistem Kapasitas Pemanasan (<i>System Heating Capacity</i>)	53
2.8.9	Rangkuman Desain Perhitungan	53
2.9	Data-data Tabel yang Diperlukan untuk Perhitungan Beban Pendinginan	55

BAB III. PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN	
3.1	Data-Data Pokok dalam Menghitung Beban..... 61
3.2	Tahapan dalam Penghitungan Beban dengan Program TRACE 700 versi 4.1..... 65
3.3	Data Perhitungan Beban Pendingin dengan Metodologi Perhitungan TETD-TA1 dan CLTD-CLF 85
3.4	Analisa Hasil Data Perhitungan. 86
BAB IV. KESIMPULAN DAN SARAN	
4.1	Kesimpulan 95
4.2	Saran 96
DAFTAR PUSTAKA 98	

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 1.1: Diagram alur kerja perancangan sistem tata udara. (<i>Hand Book of air conditioning sistem, Carrier Company</i>)	4
2. Gambar 2.1: Kebutuhan peningkatan kecepatan udara untuk mengkompensasi kenaikan temperatur udara kering. (<i>SNI 03-6572-2001</i>).....	9
3. Gambar 2.2: Pengaruh clo pakaian yang dipakai terhadap temperatur operatif ruangan. (<i>SNI 03-6572-2001</i>).....	14
4. Gambar 2.3: Temperatur operatif optimal untuk orang yang aktif dalam lingkungan dengan kecepatan udara rendah ($V < 30$ fpm atau 0,15 m/detik). (<i>SNI 03-6572-2001</i>).....	14
5. Gambar 2.4: Sistem ekspansi langsung. (<i>SNI 03-6572-2001</i>).....	15
6. Gambar 2.5: Sistem Paket.	16
7. Gambar 2.6: Sistem air penuh. (<i>SNI 03-6572-2001</i>).....	16
8. Gambar 2.7: Unit fan koil dengan pemasukan udara langsung dari luar. (<i>SNI 03-6572-2001</i>).....	17
9. Gambar 2.8: Sistem udara penuh saluran tunggal	17
10. Gambar 2.9: Sistem udara penuh dua saluran.	18
11. Gambar 2.10: Sistem air udara. (<i>SNI 03-6572-2001</i>).....	19
12. Gambar 2.11: Sistem air udara dengan unit induksi. (<i>SNI 03-6572-2001</i>)	20
13. Gambar 2.12: Horisontal AHU.....	21
14. Gambar 2.13: Vertikal AHU	21
15. Gambar 2.14: Grafik Psikometrik satuan metric (<i>Carrier Handbook</i>)	23
16. Gambar 2.15: Diagram Psikometrik untuk sistem pengkondisian udara ruangan (<i>SNI 03-6572-2001</i>).....	25
17. Gambar 2.16: Daerah zona yang dapat diterima sebagai daerah temperatur operative, dan kelembaban relative yang memenuhi kenyamanan untuk orang-orang yang melakukan aktivitas ringan dengan met $< 1,2$. (<i>SNI 03-6572-2001</i>).	30
18. Gambar 2.17: Contoh beban pendinginan ruangan. (<i>SNI 03-6572-2001</i>).....	32
19. Gambar 2.18: Kurva psikometrik beban pendinginan ruangan dan beban koil pendingin. (<i>SNI 03-6572-2001</i>).....	33

20. Gambar 2.19: Perbedaan besarnya penambahan kalor sesaat dan beban pendinginan sesaat. (<i>SNI 03-6572-2001</i>)	35
21. Gambar 2.20: Perhitungan Beban Pendinginan dengan Metoda TFM/CLTD/CLF dan TETD/TA. (<i>SNI 03-6572-2001</i>)	45
22. Gambar 3.1: Denah Grouping HVAC General Lantai Satu (<i>As-Build Drawing proyek FIMA</i>)	62
23. Gambar 3.2: Denah Grouping HVAC Ruang Filling Lantai Satu (<i>As-Build Drawing proyek FIMA</i>)	62
24. Gambar 3.3: Denah Instalasi Penerangan Ruang Filling Lantai Satu (<i>As-Build Drawing proyek FIMA</i>)	63
25. Gambar 3.4: Denah Grouping Stop Kontak Ruang Filling Lantai Satu (<i>As-Build Drawing proyek FIMA</i>)	63
26. Gambar 3.5: Informasi tentang Proyek (<i>Project Information</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	65
27. Gambar 3.6: Udara cuaca setempat (<i>Weather</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	66
28. Gambar 3.7: Beban kalor Internal (<i>Internal Load Templates</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	66
29. Gambar 3.8: Aliran Udara (<i>Airflow Templates</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	67
30. Gambar 3.9: Pengatur suhu (<i>Thermostat Templates</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	67
31. Gambar 3.10: Konstruksi ruangan (<i>Construction Templates</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	68
32. Gambar 3.11: Ruangan (<i>Room Templates</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	68
33. Gambar 3.12: Membuat Ruang Filling pada Lembar Tunggal (<i>Create Rooms – Single Sheet</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	69
34. Gambar 3.13: Membuat Ruang Air Lock 1 pada Lembar Tunggal (<i>Create Rooms – Single Sheet</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	70
35. Gambar 3.14: Membuat Ruang Air Lock 2 pada Lembar Tunggal (<i>Create Rooms – Single Sheet</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	70
36. Gambar 3.15: Membuat Ruang White Clean pada Lembar Tunggal (<i>Create Rooms – Single Sheet</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	71
37. Gambar 3.16: Partisi dan Lantai Ruang Filling (<i>Partitions & Floors</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	71
38. Gambar 3.17: Partisi dan Lantai Ruang Air Lock 1 (<i>Partitions & Floors</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	72

39. Gambar 3.18: Partisi dan Lantai Ruang Air Lock 2 (<i>Partitions & Floors</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	72
40. Gambar 3.19: Partisi dan Lantai Ruang White Clean (<i>Partitions & Floors</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	73
41. Gambar 3.20: Sistem Skematik (Create Sistem – Schematic), (<i>TRACE 700</i> <i>versi 4.1</i>).....	73
42. Gambar 3.21: Penunjukan Ruangan dan Area (<i>Assign Zones and Rooms</i>), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	74
43. Gambar 3.22: Parameter Perubahan Beban dengan Metodologi TETD-TA1 (Change Load Parameters), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	75
44. Gambar 3.23: Kalkulasi dan Penampilan Data Hasil Perhitungan TETD-TA1 (Calculate and View Results), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	75
45. Gambar 3.24: Parameter Perubahan Beban dengan Metodologi CLTD-CLF (Change Load Parameters), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	78
46. Gambar 3.25: Kalkulasi dan Penampilan Data Hasil Perhitungan CLTD-CLF (Calculate and View Results), (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	78
47. Gambar 3.26: Kurva Coil Entering and Leaving Air DB/WB (<i>TRACE 700 versi</i> <i>4.1</i>).....	87
48. Gambar 3.27: Kurva Coil Entering and Leaving Air Humidity (<i>TRACE 700</i> <i>versi 4.1</i>).....	87
49. Gambar 3.28: Kurva Total Cooling Load and Coil Sensible (<i>TRACE 700 versi</i> <i>4.1</i>).....	88
50. Gambar 3.29: Kurva Total Cooling Flow (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>).....	88
51. Gambar 3.30: Diagram Skematik Distribusi Udara AHU-P.1-5 White (C) (<i>As-</i> <i>Build Drawing proyek FIMA</i>)	93
52. Gambar 3.31: Kurva psikrometrik system aliran udara (<i>Psycrometric Analyser</i> <i>McQuay</i>).....	94

DAFTAR TABEL

1. Tabel 2.1: Kondisi temperatur dan kelembaban untuk penyegaran udara industri. (<i>Penyegaran Udara, Wiranto Arismunandar hal. 3</i>).....	7
2. Tabel 2.2: Kecepatan udara dan kesejukan. (<i>SNI 03-6572-2001</i>).....	8
3. Tabel 2.3: Laju Pertambahan Kalor dari Penghuni dalam Ruang yang Dikondisikan. (<i>SNI 03-6572-2001</i>)	10
4. Tabel 2.4: Isolasi termal untuk beberapa jenis baju. (<i>SNI 03-6572-2001</i>).....	11
5. Tabel 2.5: Macam Metabolik Pembangkit Panas untuk Beragam Aktivitas. (<i>SNI 03-6572-2001</i>).....	13
6. Tabel 2.6: Perbandingan antara batas konsentrasi jumlah partikel per satuan volume dengan tingkat Class kebersihan. (<i>2007 ASHRAE Handbook CD, Clean Space</i>).....	27
7. Tabel 2.7: Pertukaran udara per jam dibandingkan kecepatan aliran udara vertical, tinggi ruangan dan Class kebersihan. (<i>2007 ASHRAE Handbook CD, Clean Space</i>).....	27
8. Tabel 2.8: Kriteria dalam tiap-tiap standart class kebersihan. (<i>2007 ASHRAE Handbook CD, Clean Space</i>)	28
9. Tabel 2.9: Perhitungan pertukaran udara (<i>Air Changes</i>) pada tiap-tiap standart class kebersihan. (<i>2007 ASHRAE Handbook CD, Clean Space</i>)	28
10. Tabel 2.10: Rata-rata representative pada kalor dan kandungan air yang dihasilkan oleh manusia. dalam berbagai aktivitas. (<i>2001 ASHRAE Handbook CD</i>)	55
11. Tabel 2.11: Berbagai Properti Lampu Tabung Type 1. (<i>2001 ASHRAE Handbook CD</i>)	56
12. Tabel 2.12: Berbagai Properti Lampu Tabung Type 2. (<i>2001 ASHRAE Handbook CD</i>)	57
13. Table 2.13: Faktor pemakaian mesin Gas, factor radiasi dan factor beban kalor. (<i>2001 ASHRAE Handbook CD</i>)	57
14. Table 2.14: Faktor pemakaian mesin listrik, factor radiasi dan factor beban kalor. (<i>2001 ASHRAE Handbook CD</i>)	58

15. Tabel 2.15: Rata-rata efisiensi dan hubungan data representasi pada tipe motor listrik. (2001 ASHRAE Handbook CD)	58
16. Tabel 2.16: Rata-rata penambahan kalor yang direkomendasikan pada aplikasi tipikal alat-alat masak Type 1. (2001 ASHRAE Handbook CD)	59
17. Tabel 2.17: Rata-rata penambahan kalor yang direkomendasikan pada aplikasi tipikal alat-alat masak Type 2. (2001 ASHRAE Handbook CD)	60
18. Tabel 3.1: Daftar Kalkulasi Metodologi TETD-TA1, tingkat pergantian udara 20x. (TRACE 700 versi 4.1)	76
19. Tabel 3.2: Nilai beban pendingin Metodologi TETD-TA1, tingkat pergantian udara 20x. (TRACE 700 versi 4.1)	77
20. Tabel 3.3: Daftar kalkulasi Metodologi CLTD-CLF, tingkat pergantian udara 20x. (TRACE 700 versi 4.1)	79
21. Tabel 3.4: Nilai beban pendingin Metodologi CLTD-CLF, tingkat pergantian udara 20x. (TRACE 700 versi 4.1)	80
22. Tabel 3.5: Nilai beban pendingin Metodologi TETD-TA1, tingkat pergantian udara 40x. (TRACE 700 versi 4.1)	81
23. Tabel 3.6: Nilai beban pendingin Metodologi CLTD-CLF, tingkat pergantian udara 40x. (TRACE 700 versi 4.1)	81
24. Tabel 3.7: Nilai beban pendingin Metodologi TETD-TA1, tingkat pergantian udara 60x. (TRACE 700 versi 4.1)	82
25. Tabel 3.8: Nilai beban pendingin Metodologi CLTD-CLF, tingkat pergantian udara 60x. (TRACE 700 versi 4.1)	82
26. Tabel 3.9: Nilai beban pendingin Metodologi TETD-TA1, tingkat pergantian udara 80x. (TRACE 700 versi 4.1)	83
27. Tabel 3.10: Nilai beban pendingin Metodologi CLTD-CLF, tingkat pergantian udara 80x. (TRACE 700 versi 4.1)	83
28. Tabel 3.11: Nilai beban pendingin Metodologi TETD-TA1, tingkat pergantian udara 100x. (TRACE 700 versi 4.1)	84
29. Tabel 3.12: Nilai beban pendingin Metodologi CLTD-CLF, tingkat pergantian udara 100x. (TRACE 700 versi 4.1)	84
30. Tabel 3.13: Tabel Beban pendingin dengan tingakat air changes 20x sampai 100x dengan Metodologi TETD-TA1. (TRACE 700 versi 4.1)	85
31. Tabel 3.14: Tabel Beban pendingin dengan tingakat air changes 20x sampai 100x dengan Metodologi CLTD-CLF. (TRACE 700 versi 4.1)	86

32. Tabel 3.15: Nilai beban pendingin pada Ruang Filling, tingkat pergantian udara 60x. (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	91
33. Tabel 3.16: Nilai beban pendingin pada Ruang Airlock 1, tingkat pergantian udara 60x. (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	91
34. Tabel 3.17: Nilai beban pendingin pada Ruang Airlock 2, tingkat pergantian udara 60x. (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>)	92
35. Tabel 3.18: Nilai beban pendingin pada Ruang White Clean, tingkat pergantian udara 60x. (<i>TRACE 700 versi 4.1</i>).....	92

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A : Data Perhitungan Beban Kalor Pendingin dengan Program TRACE 700 versi 4.1 dan Psychrometric Analyzer version 6.8 Mc Quay.
- LAMPIRAN B : As Build Drawing Installasi Tata Udara dan Penerangan Ruang Filling.
- LAMPIRAN C : Catalogue Filter Product Camfil Farr.
- LAMPIRAN D : Konversi Satuan dari British (I-P) ke Satuan Metric (SI) versi ASHRAE.