



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA DISTRIBUSI TERMAL PADA RUANG
PRODUKSI INDUSTRI ROKOK PUTIH**

SKRIPSI

ARI KRISTIAWAN

0706198386

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JUNI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA DISTRIBUSI TERMAL PADA RUANG
PRODUKSI INDUSTRI ROKOK PUTIH**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

ARI KRISTIAWAN

0706198386

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

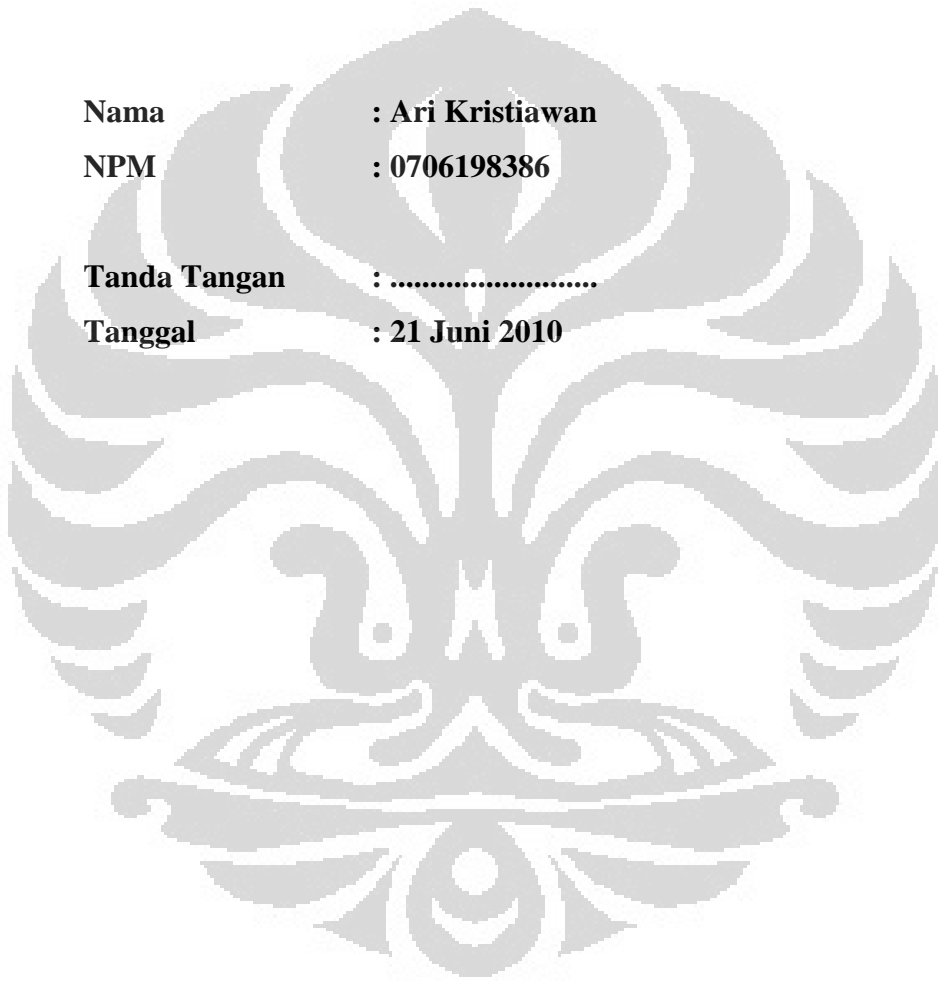
Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Ari Kristiawan

NPM : 0706198386

Tanda Tangan :

Tanggal : 21 Juni 2010







HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Ari Kristiawan
NPM : 0706198386
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisa Distribusi Termal Pada Ruang Produksi Industri
Rokok Putih

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Ahmad Indra Siswantara 
Penguji : Dr. Ir. Engkos Achmad Kosasih MT 
Penguji : Prof. Dr. Ir. Budiarmo M.Eng 
Penguji : Dr. Ir. Warjito M.Eng 

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Juni 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua dan adik saya yang teramat sangat membantu baik moril maupun materiil.
2. Dr. Ir. Ahmad Indra Siswantara, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikirannya untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
3. Syahrini Mulyani yang turut membantu, memotivasi dan menghibur saat sedang menghadapi hambatan selama penulisan skripsi ini.
4. Teman-teman yang selalu membantu dalam segala hal serta memotivasi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dan keikhlasan hati kalian dalam membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapa saja, khususnya tentang beban termal pada sebuah ruang produksi industri rokok. Dengan penuh kerendahan hati saya juga membutuhkan masukan untuk perbaikan karya tulis ini. Masukan atau saran dapat dikirimkan melalui email ari.kristiawan@yahoo.com atau ari.kristiawan@gmail.com.

Depok, 21 Juni 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ari Kristiawan

NPM : 0706198386

Program Studi : Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISA DISTRIBUSI TERMAL PADA RUANG PRODUKSI INDUSTRI
ROKOK PUTIH**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 21 Juni 2010

Yang menyatakan

(Ari Kristiawan)

ABSTRAK

Nama : Ari Kristiawan

Program Studi : Teknik Mesin

Judul : Analisa Distribusi Termal Pada Ruang Produksi Industri Rokok Putih

Pengkondisian termal dan *humidity* pada ruang produksi industri rokok merupakan hal yang sangat penting, tujuannya adalah untuk menghindari kutu tembakau dan mikroorganisme lainnya yang dapat merusak produk, serta untuk mengkondisikan mesin produksi rokok yang merupakan jenis mesin berkecepatan tinggi dan memiliki tingkat kepresisian yang tinggi juga.

Pada pengerjaan skripsi kali ini analisa yang dilakukan adalah simulasi numeric dengan menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik distribusi termal yang terjadi pada ruang produksi rokok putih berdasarkan *air inlet*, *air outlet*, *heat source*.

Kata kunci:

Termal dan *humidity*, Industri rokok, CFD

ABSTRACT

Name : Ari Kristiawan
Study Program : Mechanical Engineering
Title : Analysis of Thermal Distribution at Production Room of Industrial White Cigarette

Thermal conditioning and humidity on the space industrial production of cigarettes is extremely important, the aim is to avoid cigarette beetles and other micro-organisms that may damage the product, as well as to condition a cigarette production machine which is a type of high speed machine and has a high level of accuracy as well.

At this time the workmanship thesis is the analysis carried out numerical simulations using CFD (Computational Fluid Dynamics), which aims to investigate the characteristics of thermal distribution that occur in the production room of white smoke on the water inlet, water outlet, the heat source.

Keywords:

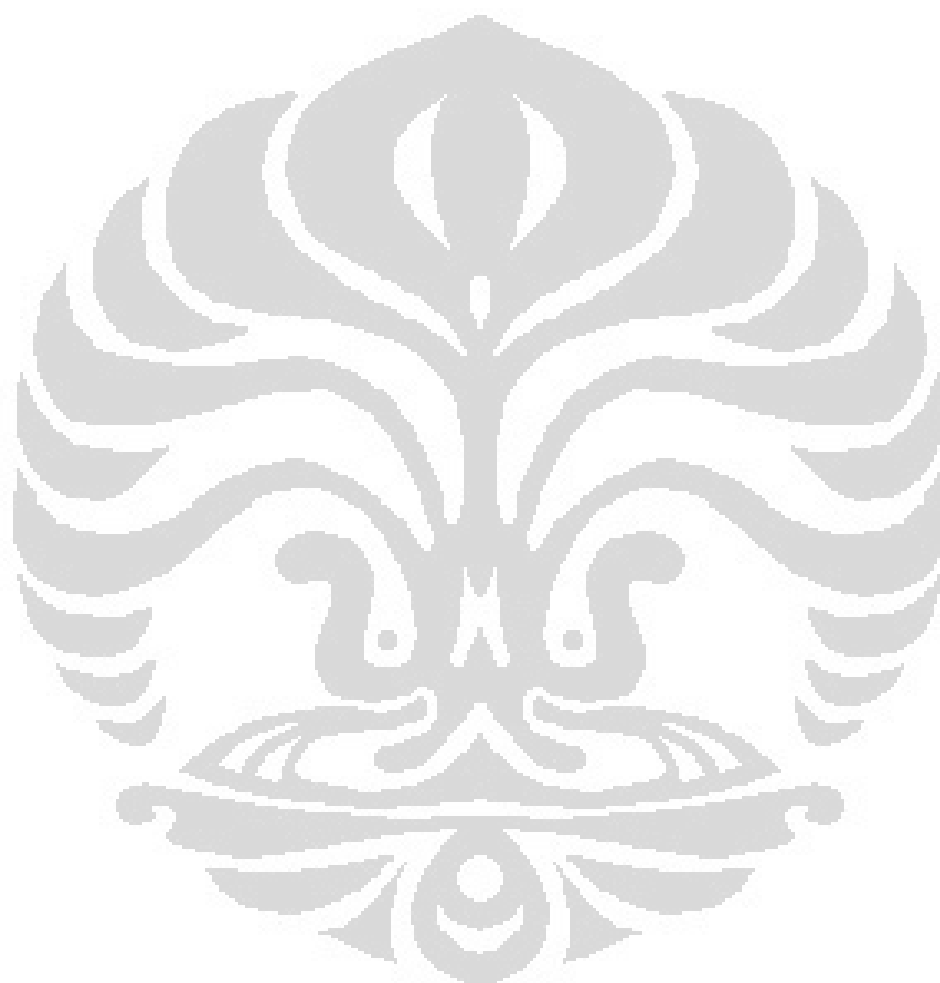
Thermal and humidity, cigarette industry, CFD

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GRAFIK.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Pembatasan Masalah.....	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 STUDI LITERATUR.....	4
2.1 Sistem Tata Udara.....	4
2.1.1 Definisi Sistem Tata Udara.....	4
2.1.2 Prinsip Dasar Sistem Tata Udara.....	4
2.2 Aliran Udara.....	6
2.2.1 Penjelasan Umum.....	6
2.2.2 Mekanisme Aliran Udara.....	7
2.3 Perpindahan Kalor.....	8
2.4 Kenyamanan Termal (<i>Thermal Comfort</i>).....	12
2.4.1 Penjelasan Umum.....	12

2.4.2 Faktor-faktor Yang Berpengaruh Pada Kenyamanan Termal.....	12
2.4.3 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Ketidaknyamanan Termal.....	13
2.4.4 Pengukuran Tingkat Kenyamanan Termal.....	15
2.5 Perhitungan Beban Pendinginan.....	17
2.5.1 Beban Pendinginan Internal.....	18
2.5.2 Beban Pendinginan Eksternal.....	19
2.6 <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	20
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN, PENGAMBILAN DATA DAN SIMULASI.....	22
3.1 Metodologi Penelitian.....	22
3.1.1 Pendahuluan.....	22
3.1.2 Alur Kerangka Penelitian.....	23
3.1.3 Alat Ukur.....	23
3.2 Pengambilan Data.....	25
3.2.1 Cara Pengukuran.....	26
3.2.1.1 Cara Pengukuran Laju Aliran Udara Pada <i>Air Inlet, Air Outlet</i> dan <i>Exhaust</i> Mesin.....	26
3.2.1.2 Cara Pengukuran Temperatur Pada <i>Air Inlet, Air Outlet</i> dan <i>Exhaust</i> Mesin.....	29
3.2.1.3 Pengukuran Temperatur Udara dan Kelembaban Udara Pada Ruang Produksi Dengan Menggunakan <i>Temperature & Humidity Indicator Chiller</i>	29
3.2.1.4 Pengukuran Temperatur Udara dan Kelembaban Udara Pada Ruang Produksi Dengan Menggunakan Thermohygraph.....	30
3.2.1.5 Pengukuran Geometri.....	31
BAB 4 HASIL DAN ANALISA.....	32
4.1 Hasil Pengukuran.....	32
4.1.1 Hasil Pengukuran Aktual <i>Air Inlet</i>	32
4.1.2 Hasil Pengukuran Aktual <i>Air Outlet</i>	57
4.1.3 Hasil Pengukuran Aktual <i>Exhaust</i> Mesin.....	61
4.2 Perhitungan Beban Pendinginan Aktual.....	71
4.3 Simulasi Aliran Udara Pada Ruang Produksi.....	80

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	85
5.1 Kesimpulan.....	85
5.2 Saran.....	86
DAFTAR REFERENSI.....	87
LAMPIRAN.....	88



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan antara PMV, PPD dan sensasi.....	16
Tabel 4.1 Pengukuran temperatur dan <i>velocity</i> diffuser nomor 1-23 di area produksi.....	32
Tabel 4.2 Pengukuran temperatur dan <i>velocity</i> diffuser nomor 24-42 di area produksi.....	36
Tabel 4.3 Pengukuran temperatur dan <i>velocity</i> diffuser nomor 43-70 di area produksi.....	39
Tabel 4.4 Pengukuran temperatur dan <i>velocity</i> diffuser nomor 71-90 di area produksi.....	42
Tabel 4.5 Pengukuran temperatur dan <i>velocity</i> diffuser nomor 91-109 di area produksi.....	44
Tabel 4.6 Pengukuran temperatur dan <i>velocity</i> diffuser nomor 110-136 di area produksi.....	47
Tabel 4.7 Pengukuran temperatur dan <i>velocity</i> diffuser nomor 137-164 di area produksi.....	49
Tabel 4.8 Pengukuran temperatur dan <i>velocity</i> diffuser nomor 165-184 di area produksi.....	52
Tabel 4.9 Pengukuran temperatur dan <i>velocity</i> diffuser nomor 185-207 di area produksi.....	54
Tabel 4.10 Pengukuran temperatur dan <i>velocity Air Outlet</i> nomor 1-21 di area produksi.....	57
Tabel 4.11 Pengukuran <i>exhaust</i> mesin pada LINKUP 1.1.....	64
Tabel 4.12 Pengukuran <i>exhaust</i> mesin pada LINKUP 1.2.....	65
Tabel 4.13 Pengukuran <i>exhaust</i> mesin pada LINKUP 1.3.....	67
Tabel 4.14 Pengukuran <i>exhaust</i> mesin pada LINK UP 2.3.....	69
Tabel 4.15 Pengukuran <i>exhaust</i> mesin pada LINK UP F.2.....	69
Tabel 4.16 Pengukuran <i>exhaust</i> mesin pada LINK UP F.3.....	70
Tabel 4.17 Pengukuran <i>exhaust</i> mesin pada LINK UP F.4.....	70

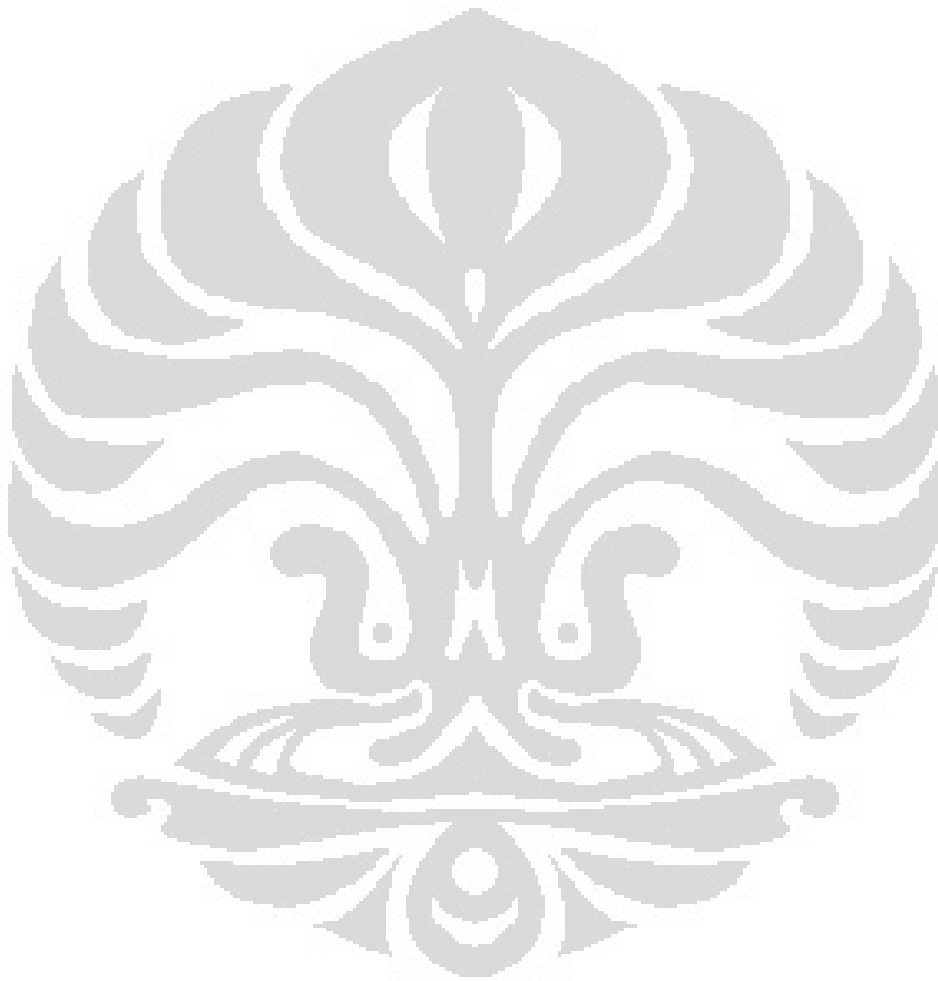
DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Pengukuran temperatur Diffuser nomor 1-23 di area produksi....	34
Grafik 4.2 Pengukuran <i>velocity</i> Diffuser nomor 1-23 di area produksi.....	35
Grafik 4.3 Pengukuran temperatur Diffuser nomor 24-42 di area produksi...	37
Grafik 4.4 Pengukuran <i>velocity</i> Diffuser nomor 24-42 di area produksi.....	38
Grafik 4.5 Pengukuran temperatur Diffuser nomor 43-70 di area produksi...	40
Grafik 4.6 pengukuran <i>velocity</i> Diffuser nomor 43-70 di area produksi.....	41
Grafik 4.7 Pengukuran temperatur Diffuser nomor 71-90 di area produksi...	43
Grafik 4.8 Pengukuran <i>velocity</i> Diffuser nomor 71-90 di area produksi.....	43
Grafik 4.9 pengukuran temperatur Diffuser nomor 91-109 di area produksi.	45
Grafik 4.10 Pengukuran <i>velocity Diffuser</i> nomor 91-109 di area produksi....	46
Grafik 4.11 Pengukuran temperatur <i>Diffuser</i> nomor 110-136 di area produksi.....	48
Grafik 4.12 Pengukuran <i>velocity Diffuser</i> nomor 110-136 di area produksi.	49
Grafik 4.13 Pengukuran temperatur <i>Diffuser</i> nomor 137-164 di area produksi.....	51
Grafik 4.14 Pengukuran <i>velocity Diffuser</i> nomor 137-164 di area produksi..	51
Grafik 4.15 Pengukuran temperatur <i>Diffuser</i> nomor 165-184 di area produksi.....	53
Grafik 4.16 Pengukuran <i>velocity Diffuser</i> nomor 165-184 di area produksi.	54
Grafik 4.17 Pengukuran <i>Temperature Diffuser</i> nomor 165-184 di area produksi.....	56
Grafik 4.18 Pengukuran <i>velocity Diffuser</i> nomor 185-207 di area produksi.	57
Grafik 4.19 Pengukuran <i>Temperature Return AC nomor</i> 1-21 di area produksi.....	60
Grafik 4.20 Pengukuran <i>Velocity Return AC</i> nomor 1-21 di area produksi...	61
Grafik 4.21 Perbandingan Beban Pendinginan.....	79
Grafik 4.22 Perbandingan Total Nilai Beban Pendinginan.....	80

DAFTAR GAMBAR

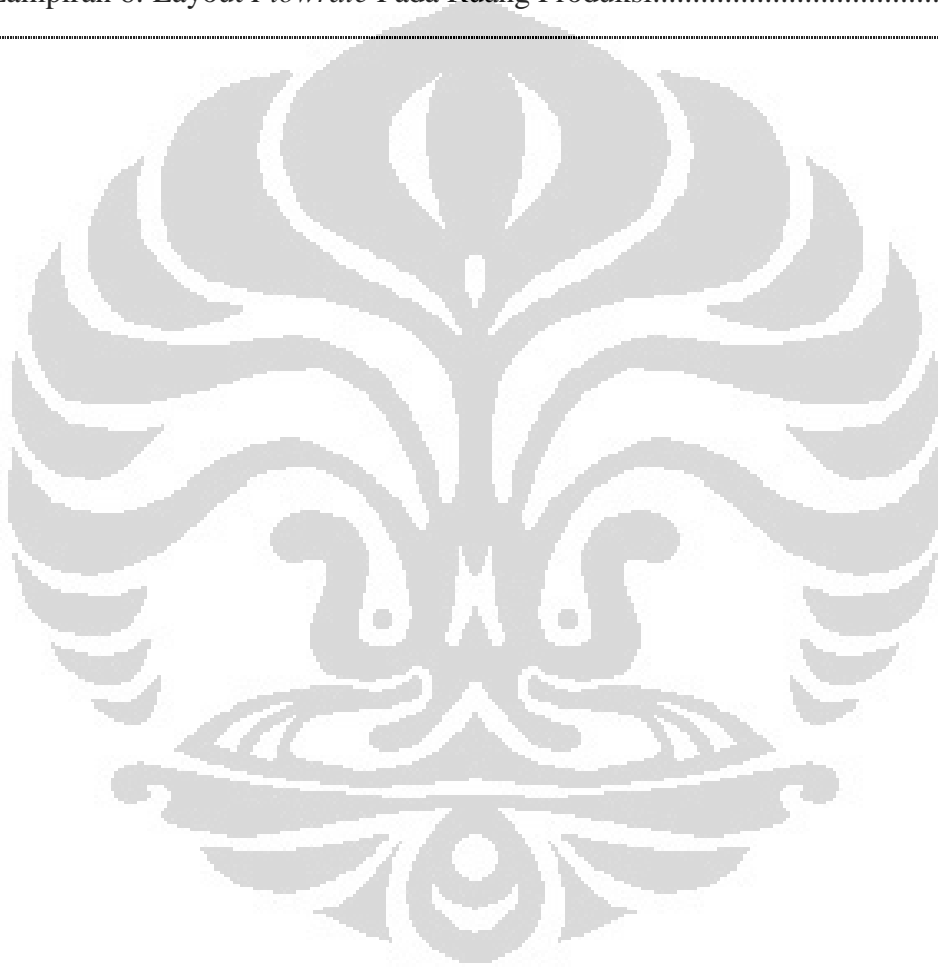
Gambar 2.1	Gambaran skematis siklus refrigerasi kompresi uap.....	5
Gambar 2.2	Gambaran skematis siklus refrigerasi termasuk perubahan tekanannya (Biro Efisiensi Energi, 2004).....	5
Gambar 2.3	Tekanan angin yang terjadi pada bukaan.....	7
Gambar 2.4	Perpindahan kalor.....	9
Gambar 2.5	Aliran kalor dari dua benda solid.....	10
Gambar 2.6	Aliran konveksi pada sebuah bangunan.....	11
Gambar 2.7	Strategi kenyamanan termal dalam diagram psikometrik.....	16
Gambar 2.8	<i>Predicted Mean Vote</i>	17
Gambar 3.1	Hotwire Anemometer.....	24
Gambar 3.2	Thermohygrograph.....	24
Gambar 3.3	<i>Diffuser/grill ducting</i> ruang produksi.....	27
Gambar 3.4	<i>Air Return</i> unit AHU.....	27
Gambar 3.5	Mesin-mesin produksi.....	28
Gambar 3.6	Sensor temperatur dan <i>humidity chiller</i> yang diletakan di ruang produksi.....	30
Gambar 4.1	Letak diffuser nomor 1 – 23 pada ceiling ruang produksi.....	32
Gambar 4.2	Letak diffuser nomor 24 – 42 pada ceiling ruang produksi.....	35
Gambar 4.3	Letak diffuser nomor 43 – 70 pada ceiling ruang produksi.....	38
Gambar 4.4	Letak diffuser nomor 71 – 90 pada ceiling ruang produksi.....	41
Gambar 4.5	Letak diffuser nomor 91 – 109 pada ceiling ruang produksi....	44
Gambar 4.6	Letak diffuser nomor 110 – 136 pada ceiling ruang produksi...	46
Gambar 4.7	Letak diffuser nomor 137 – 164 pada ceiling ruang produksi...	49
Gambar 4.8	Letak diffuser nomor 165 – 184.....	52
Gambar 4.9	Letak diffuser nomor 185 – 207.....	54
Gambar 4.10	<i>LINK UP</i> Mesin pada area produksi.....	62
Gambar 4.11	Distribusi aliran udara pada diffuser.....	81
Gambar 4.12	Daerah yang memiliki laju udara diffuser kecil.....	82
Gambar 4.13	Aliran udara dengan velocity rendah pada daerah yang diberi tanda merah.....	82

Gambar 4.14 Aliran udara dengan velocity besar yang berada pada daerah tengah ruang produksi.....	83
Gambar 4.15 <i>Contour</i> temperature udara pada ruang produksi secara keseluruhan.....	83



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Tabel Kalor Yang Dihasilkan Manusia.....	89
Lampiran 2: Tabel <i>Allowance Factor</i> Lampu.....	90
Lampiran 3: Tabel Konduktivitas Termal Dinding.....	91
Lampiran 4: Tabel Standar Temperatur dan Humidity.....	92
Lampiran 5: Layout Temperatur dan <i>Flowrate</i> Pada Ruang Produksi.....	93
Lampiran 6: Layout <i>Flowrate</i> Pada Ruang Produksi.....	94



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Sistem tata udara pada perusahaan manufaktur terutama pada perusahaan rokok adalah suatu hal yang sangat penting, karena hal tersebut sangat menentukan kualitas produk. Pada perusahaan rokok, dalam usaha menjaga kualitas produk, temperature dan kelembaban di ruang produksi dijaga sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan.. Selain itu mesin yang digunakan pada perusahaan rokok adalah mesin yang membutuhkan presisi tinggi dan merupakan *high speed* mesin, sehingga harus dikondisikan secara baik.

Pada proses pembuatan rokok selain kebersihan, temperature dan kelembaban udara harus dijaga yang bertujuan untuk menghindari kutu tembakau yang hidup di temperature 25 - 37°C. Kutu tembakau merupakan salah satu yang harus dihindari pada industri rokok khususnya rokok putih, karena dapat merusak produk.

Penyebaran udara dingin pada ruang produksi adalah hal yang penting, karena jika udara dingin tidak menyebar dengan baik, maka proses pengkondisian ruangan jadi tidak optimal sehingga ada bagian dari ruangan yang terasa terlalu panas dan ada bagian yang terasa terlalu dingin. Adapun parameter-parameter yang harus dijaga adalah sebagai berikut:

1. Temperatur udara pada ruang produksi harus dijaga pada temperatur 22 ± 3 °C. (*Mechanical System Guidelines of Philip Morris International*)
2. Kelembaban udara pada ruang produksi harus dijaga pada kelembaban $58 \pm 5\%$ RH. (*Mechanical System Guidelines of Philip Morris International*)

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Melihat dari beberapa hal yang melatar belakangi mengenai pengkondisian ruang produksi pada industri rokok putih, maka diperlukan pula penelitian mengenai sistem distribusi udara dingin di ruang tersebut dengan tetap mengacu pada parameter yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Melakukan analisa termal pada sebuah ruang produksi industri pembuatan rokok putih, apakah proses pendinginan ruangan tersebut sudah merata ke seluruh bagian ruangan produksi.

1.4 PEMBATAAN MASALAH

Pada penulisan skripsi ini, penulis membatasi masalah yang akan dibahas pada proses penyebaran udara dingin di dalam ruang produksi industri pembuatan rokok.

1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dilakukan penulis yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian lapangan,

Dalam penelitian lapangan ini, penulis mempelajari semua hal yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, yaitu: melihat trend temperatur dan humidity pada ruangan produksi, melihat *record data* perusahaan mengenai *Air Conditioning* di ruang produksi, bertanya serta menanggapi *complain* dari operator mesin dan orang yang berada di dalam ruang produksi.

2. Penelitian kepustakaan,

Dalam penelitian kepustakaan ini, penulis mempelajari segala macam informasi yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas pada penulisan skripsi dengan membaca buku-buku, diktat, jurnal, *manual book* dan literatur lainnya baik yang ada diperpustakaan, perusahaan maupun mencarinya melalui internet.

3. Pengambilan data yang diperlukan pada ruang produksi rokok. Pengambilan data ini dibagi menjadi dua yaitu: pengambilan data penelitian dan pengambilan data untuk masukkan data pada program CFD (*Computational Fluids Dynamic*).

4. Pengolahan data dari hasil pengukuran

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Skripsi ini dibuat dan diajukan dengan menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 : **Pendahuluan**

Bab ini memuat latar belakang permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan yang digunakan.

BAB 2 : **Landasan Teori**

Bab ini penjelasan secara umum mengenai kualitas udara dalam ruang, penjelasan secara umum mengenai sistem ruang bersih, serta memuat prosedur sistem ruang bersih (*cleanroom*) yang meliputi pengaturan kualitas udara, pengaturan temperatur, pengaturan kelembaban, pengaturan jumlah dan ukuran partikel, pengaturan kebisingan, pengaturan pola aliran udara dan penerangan

BAB 3 : **Metodologi Penelitian, Pengambilan Data dan Simulasi**

Bab ini memuat bagaimana penelitian ini dilakukan, proses pengambilan data di lapangan, dan proses simulasi sebagai validasi dari hasil pengukuran di lapangan.

BAB 4 : **Hasil dan Analisa**

Bab ini memuat hasil-hasil dari pengambilan data aktual, proses komputasi CFD dan analisa dari hasil data aktual di bandingkan dengan standar sistem ruang bersih dengan validasi data menggunakan hasil simulasi CFD.

BAB V : **Kesimpulan dan Saran**

Bab ini memuat kesimpulan yang diambil dari pembahasan sehingga pada akhirnya dapat dikemukakan saran-saran penulis.

BAB 2

STUDI LITERATUR

2.1 Sistem Tata Udara

2.1.1 Definisi Sistem Tata Udara

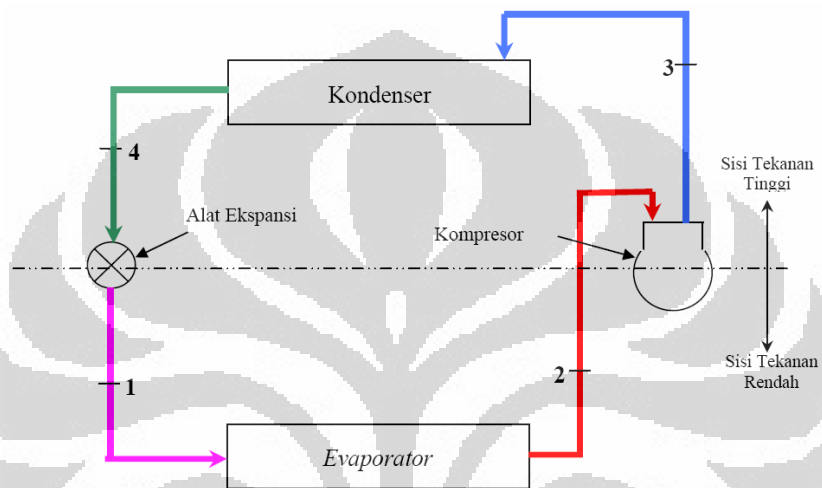
Sistem tata udara adalah proses pendinginan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara dari suatu ruangan tertentu, mengatur aliran udara dan kebersihannya. Sistem tata udara pada dasarnya dibagi menjadi dua jenis yaitu tata udara kenyamanan dan tata udara industri. Tata udara kenyamanan mempunyai fungsi utama untuk mengkondisikan udara ruang agar nyaman bagi manusia. Sistem ini dapat diaplikasikan di rumah, sekolah, pabrik, kantor, tempat ibadah, hotel, pasar, bioskop, mobil, bus, kereta api, pesawat udara, kapal dan lain-lain. Sedangkan tata udara industri biasanya berfungsi untuk:

- ❖ Mengendalikan temperatur ruangan sesuai dengan nilai temperatur yang dipersyaratkan
- ❖ Mengendalikan kelembaban ruangan sesuai dengan nilai kelembaban yang dipersyaratkan
- ❖ Mengendalikan kelembaban dari suatu produk
- ❖ Mengendalikan kepresisian ukuran produk yang sangat tergantung pada temperatur ruangan
- ❖ Mengendalikan laju reaksi kimia dan biokimia
- ❖ Menciptakan udara yang bersih dan tersaring dimana sangat penting artinya untuk produksi yang tergantung pada kesterilan udara

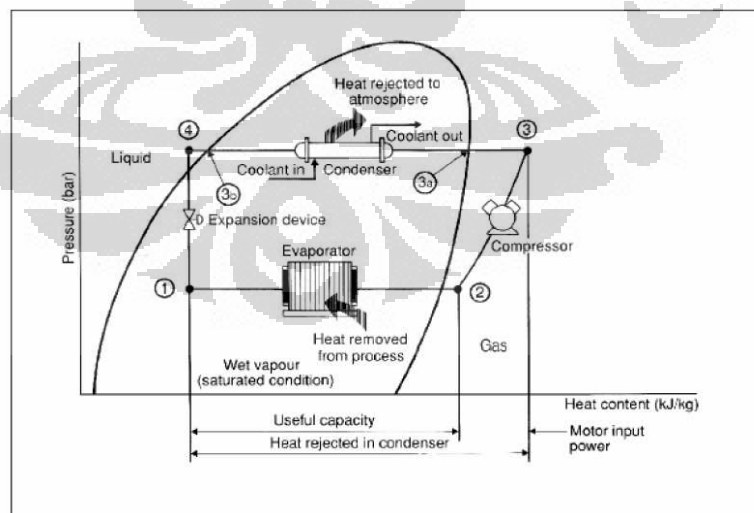
2.1.2 Prinsip Dasar Sistem Tata Udara

Salah satu aspek yang paling penting dari rekayasa lingkungan termal adalah refrigerasi. Refrigerasi merupakan suatu proses penarikan panas/kalor dari suatu ruangan sehingga temperatur ruangan tersebut lebih rendah dari temperatur lingkungannya. Sesuai dengan konsep kekekalan energi, panas tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat dipindahkan ke suatu benda lain yang akan menyerap kalor. Oleh karena itu sistem refrigerasi akan selalu berhubungan dengan proses-

proses aliran panas dan perpindahan panas. Untuk mempelajari sistem refrigerasi dengan baik, maka diperlukan materi-materi pendukung sebagai dasar atau acuan perhitungan dan pertimbangan. Adapun materi materi pendukung yang perlu diketahui antara lain pengetahuan dasar pemilihan bahan dan energi, temperatur dan kelembaban, tekanan, dan pengetahuan dasar mengenai termodinamika dan perpindahan kalor dan massa.



Gambar 2.1 Gambaran skematis siklus refrigerasi kompresi uap



Gambar 2.2 Gambaran skematis siklus refrigerasi termasuk perubahannya
(Biro Efisiensi Energi, 2004)

Siklus refrigerasi ditunjukkan dalam Gambar 3 dan 4 dan dapat dibagi menjadi tahapan – tahapan berikut:

- **1 – 2.** Cairan refrigeran dalam *evaporator* menyerap panas dari sekitarnya, biasanya udara, air atau cairan proses lain. Selama proses ini cairan merubah bentuknya dari cair menjadi gas, dan pada keluaran *evaporator* gas ini diberi pemanasan berlebih/*superheated gas*.
- **2 – 3.** Uap yang diberi panas berlebih masuk menuju kompresor dimana tekanannya dinaikkan. Suhu juga akan meningkat, sebab bagian energi yang menuju proses kompresi dipindahkan ke refrigeran.
- **3 – 4.** *Superheated gas* bertekanan tinggi lewat dari kompresor menuju kondenser. Bagian awal proses refrigerasi (3-3a) menurunkan panas *superheated gas* sebelum gas ini dikembalikan menjadi bentuk cairan (3a-3b). Refrigerasi untuk proses ini biasanya dicapai dengan menggunakan udara atau air. Penurunan suhu lebih lanjut terjadi pada pekerjaan pipa dan penerima cairan (3b - 4), sehingga cairan refrigeran didinginkan ke tingkat lebih rendah ketika cairan ini menuju alat ekspansi.
- **4 - 1** Cairan yang sudah didinginkan dan bertekanan tinggi melintas melalui peralatan ekspansi, yang mana akan mengurangi tekanan dan mengendalikan aliran menuju kondenser harus mampu membuang panas gabungan yang masuk *evaporator* dan kondenser. Dengan kata lain: $(1 - 2) + (2 - 3)$ harus sama dengan $(3 - 4)$. Melalui alat ekspansi tidak terdapat panas yang hilang maupun yang diperoleh.

2.2 Aliran Udara

2.2.1 Penjelasan Umum

Aliran udara di dalam suatu bangunan memberikan suatu kenyamanan baik secara termis maupun secara kesehatan. Aliran udara mempengaruhi tingkat kenyamanan termis dengan menurunkan resiko pemanasan lokal dan memperbaiki tingkat evaporasi keringat pada tubuh manusia. Pergerakan udara menimbulkan pelepasan panas oleh permukaan kulit, selama temperatur udara lebih rendah dibandingkan dengan temperatur tubuh manusia. Pada prinsipnya udara di dalam suatu bangunan dapat bergerak karena adanya gaya yang diakibatkan oleh

perbedaan tekanan dan perbedaan temperatur. Besarnya tekanan udara pada suatu bangunan tergantung pada banyak faktor, antara lain: kecepatan aliran udara itu sendiri, ukuran dan bentuk geometri bangunan, serta arah datangnya aliran udara tersebut. Gaya apung (buoyancy, stack effect) adalah gaya gerak udara ke atas akibat perbedaan temperatur.

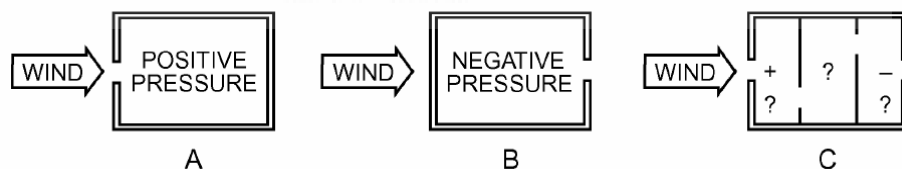
Sirkulasi udara harus dirancang sedemikian rupa agar diperoleh kenyamanan bagi penghuni di dalamnya. Salah satu usaha untuk memperoleh kenyamanan pada suatu bangunan adalah dengan merancang sistem ventilasi yang baik agar udara di dalam ruangan selalu mengalir sehingga udara yang buruk dapat berganti dengan udara yang lebih segar dan bersih. Dengan udara yang selalu bersirkulasi diharapkan kondisi udara di dalam ruangan akan bertambah baik, meliputi kenyamanan termis, kesehatan, dan kualitasnya.

2.2.2 Mekanisme Aliran Udara

Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya aliran udara, diantaranya adalah:

1. Faktor angin karena adanya perbedaan tekanan

Karena adanya hembusan angin yang menerpa bangunan dengan kecepatan dan arah tertentu dapat menimbulkan perbedaan tekanan dan menghasilkan distribusi tekanan pada bangunan, yang akan mengakibatkan terjadinya tekanan positif sehingga aliran udara masuk melalui bukaan atau lubang-lubang pada bangunan bidang penerima angin datang, dan mengakibatkan tekanan negatif sehingga aliran udara keluar dari bangunan bidang yang berlawanan.



Gambar 2.3 Tekanan angin yang terjadi pada bukaan
(ASHRAE 2005 Handbook: Fundamental of HVAC)

Tekanan yang terbentuk akibat angin:

- a. Jika bukaan atau lubang berada pada arah masuk angin, maka tekanan yang terjadi adalah tekanan positif
- b. Jika bukaan atau lubang berada pada arah keluar angin, maka tekanan yang terjadi adalah tekanan negatif
- c. Jika bukaan atau lubang berada pada arah masuk dan keluar angin dengan bentuk dan ukuran yang sama serta posisi bukaan yang simetris, maka tekanan yang terjadi adalah tekanan masuk sama dengan tekanan keluar. Dan jika bentuk dan ukuran bukaan tidak sama antara arah masuk dan keluar, maka salah satu tekanan baik tekanan masuk maupun tekanan keluar akan bernilai positif atau negatif tergantung dari bentuk dan ukuran bukaan atau lubang.

2. Faktor termal

Karena adanya perbedaan temperature di bawah dan atas ruangan dan diluar ruang dengan temperatur di dalam ruangan baik secara vertikal maupun secara horizontal. Secara vertikal maka udara yang lebih dingin akan bergerak ke atas ruangan tersebut atau sebaliknya, hal itu dapat terjadi karena adanya perbedaan massa jenis udara.

Secara horizontal bila suhu udara dalam ruang lebih tinggi daripada udara di luar, maka udara luar akan masuk melalui bukaan atau lubang-lubang yang ada sehingga temperature udara dalam gedung akan menjadi lebih rendah. Bila yang terjadi adalah sebaliknya, maka udara luar yang lebih tinggi akan bergerak keluar gedung melalui bukaan atau lubang-lubang sehingga udara di dalam gedung menjadi lebih panas.

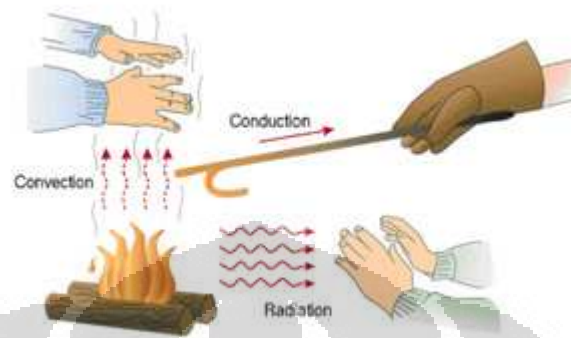
3. Faktor bentuk geometri bangunan

Karena adanya beragam bentuk yang dapat mempengaruhi atau membentuk aliran udara tersebut.

2.3 Perpindahan Kalor (*Heat Transfer*)

Perpindahan kalor adalah ilmu yang menghitung perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material. Ilmu perpindahan kalor tidak hanya mencoba menjelaskan bagaimana energi kalor itu

berpindah dari satu benda ke benda lain, tetapi juga dapat memperkirakan laju perpindahan yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu.



Gambar 2.4 Perpindahan kalor

Perpindahan kalor pada suatu bangunan yang dapat terjadi secara konduksi, konveksi, maupun secara radiasi yang dapat mengakibatkan distribusi udara dan temperature di suatu ruangan dalam bangunan. Berikut penjelasan mengenai perpindahan kalor dalam suatu bangunan:

1) **Perpindahan kalor secara konduksi (*conductive heat transfer*)**

Adalah suatu perpindahan kalor dengan media benda solid. Dimana bagian benda yang lebih temperaturnya lebih tinggi merambatkan kalor ke bagian benda yang lebih temperaturnya lebih rendah melalui kontak langsung.

Perpindahan kalor secara konduksi pada suatu bangunan terjadi diantaranya pada atap, dinding, lantai, dan lain sebagainya. Perpindahan kalor secara konduksi ini sangat tergantung pada nilai konduktivitas termal dari bahan bangunan tersebut, semakin tinggi nilai konduktivitas termalnya, maka semakin cepat perambatan panasnya. Oleh sebab itu pemilihan bahan bangunan harus benar-benar teliti agar temperature ruangan di dalam suatu bangunan dapat terkondisikan sesuai dengan temperature yang diharapkan.

Pengguna bangunan harus benar-benar cermat dalam memilih bahan bangunan yang akan digunakan, karena selain dapat mengkondisikan ruangan sesuai dengan temperature yang diharapkan, dapat pula menghemat energi.



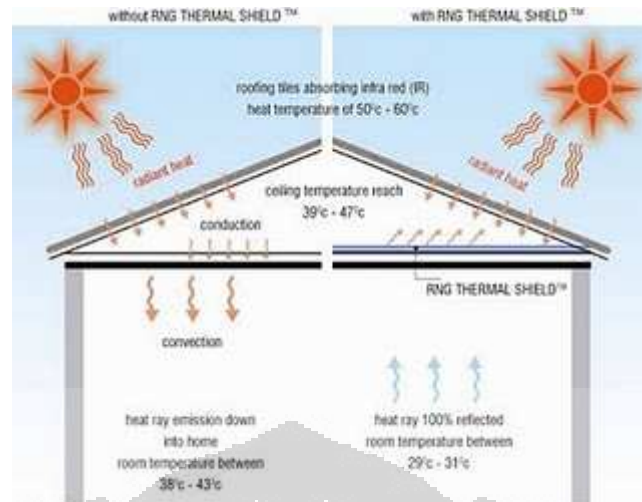
Gambar 2.5 Aliran kalor dari dua benda solid

2) Perpindahan kalor secara konveksi (*convection heat transfer*)

Adalah suatu perpindahan kalor dengan media udara. Dimana benda yang memiliki temperatur tinggi akan menyebarkan kalor melalui udara sehingga udara di sekitar benda tersebut menjadi panas dan benda lain di dekat benda tersebut yang tidak bersinggungan secara langsung temperaturnya akan naik.

Perpindahan kalor secara konveksi pada suatu bangunan terjadi diantaranya pada atap bangunan, dinding, manusia, dan peralatan lainnya serta udara yang bersirkulasi keluar/masuk melalui lubang-lubang atau bukaan ventilasi.

Perpindahan kalor secara konveksi ini sangat tergantung pada volume ruangan dan kecepatan udara yang mengalir. Semakin besar volume ruangan maka semakin lambat perpindahan kalor pada ruangan tersebut, sebaliknya jika volume ruangan semakin kecil maka semakin cepat perpindahan kalor yang terjadi pada ruangan tersebut. Begitu juga dengan kecepatan udara, semakin tinggi kecepatan udara pada suatu ruangan maka semakin cepat pula perpindahan kalor di ruangan tersebut, sebaliknya semakin rendah kecepatan udara maka semakin lambat pula perpindahan kalor yang terjadi.



Gambar 2.6 Aliran konveksi pada sebuah bangunan

3) Perpindahan kalor secara radiasi (*radiative heat transfer*)

Adalah suatu perpindahan kalor dari suatu benda yang memiliki temperature lebih tinggi ke benda lain yang memiliki temperature lebih rendah dengan menggunakan pancaran.

Perpindahan kalor secara konveksi pada suatu bangunan terjadi diantaranya pada radiasi matahari, kalor yang dipancarkan dari tubuh manusia maupun benda lain yang bias menjadi sumber panas.

Perpindahan kalor secara radiasi ini tergantung pada temperature lingkungan dan ruangan, kecepatan udara dan radiasi matahari. Radiasi matahari yang terjadi tergantung pada waktu dan posisi matahari.

Orientasi bangunan selalu dikaitkan dengan kenyamanan *thermal* dan penggunaan energi bangunan. Orientasi bangunan timur-barat pada penelitian ini berarti sisi bangunan yang terbesar menghadap timur dan barat. Hal ini berakibat kedua sisi tersebut mendapat radiasi matahari pagi dan sore yang relatif berpotensi memanaskan ruang-ruang di dalamnya dan menimbulkan ketidaknyamanan *thermal*. Pengguna bangunan dapat terganggu dan membutuhkan berbagai asesoris bangunan seperti pembayang matahari dan pengkondisian udara buatan agar dapat menggunakan ruang tersebut dengan baik. Berbeda dengan bangunan yang berorientasi utara dan selatan, bangunan tidak mendapatkan radiasi matahari sebesar sisi timur dan barat, sehingga ruang-ruang yang menghadap utara dan

selatan lebih nyaman untuk digunakan dan tidak membutuhkan penghalang matahari yang besar atau pengkondisian udara buatan.

2. 4 Kenyamanan Termal (*Thermal Comfort*)

2. 4. 1 Penjelasan Umum

Pengertian dari kenyamanan termal adalah suatu kondisi perasaan puas dari manusia dengan kondisi temperature dari suatu lingkungan ataupun ruangan. Hal ini berarti manusia tersebut merasa nyaman dengan temperature yang dirasakan oleh tubuhnya. Perasaan nyaman tersebut berarti perasaan tidak terlalu panas maupun dingin serta kenyamanan tubuh lainnya.

Kenyamanan dan perasaan nyaman adalah penilaian komprehensif seseorang terhadap lingkungan maupun ruangan yang ditempatinya. Oleh karena itu kenyamanan manusia terhadap temperatur tidak memiliki suatu parameter yang dianggap suatu acuan, melainkan banyak faktor yang mempengaruhi penilaian kenyamanan.

Kenyamanan termal hanya dapat dibatasi pada kondisi tubuh manusia umumnya, yaitu kondisi dimana temperatur tubuh manusia dijaga pada temperatur 37°C dimana pada kondisi tersebut manusia pada umumnya tidak mengeluarkan keringat dan menggigil. Daerah temperatur inilah yang kemudian disebut dengan temperatur netral atau nyaman.

Pada situasi dimana temperatur udara lebih tinggi dari yang diperlukan tubuh maka tubuh akan melepaskan kalor melalui proses penguapan yang berbentuk keringat. Dan pada situasi dimana temperatur udara lebih rendah dari yang diperlukan tubuh, peredaran darah ke permukaan tubuh atau anggota badan. Hal ini merupakan usaha tubuh untuk mengurangi pelepasan kalor ke lingkungan, hal ini akan mengakibatkan berkontraksinya otot-otot dan tubuh akan merasakan menggigil.

2. 4. 2 Faktor-faktor yang berpengaruh pada kenyamanan termal

Berdasarkan teori Fanger bahwa kenyamanan termal hanya ditentukan oleh 4 faktor yang disebabkan oleh lingkungan dan 2 faktor yang disebabkan oleh manusia. Adapun faktor yang disebabkan oleh lingkungan yaitu terdiri dari

temperatur udara, kecepatan udara, kelembaban udara, dan suhu rata-rata permukaan ruang (*mean surface radiant temperature*). Sedangkan faktor yang menentukan kenyamanan yang disebabkan oleh manusia yaitu jenis aktivitas dan pakaian yang dikenakan oleh manusia tersebut. Selain dari ke-6 faktor yang menentukan kenyamanan termal tersebut, faktor-faktor seperti jenis kelamin, usia, letak geografis, bangsa, bentuk tubuh, perubahan temperatur, dan lain sebagainya tidak berpengaruh secara nyata (*statistically significant*) terhadap nilai kenyamanan termal manusia. Kenyamanan dan perasaan nyaman merupakan penilaian komprehensif dari manusia terhadap lingkungan sekitar, oleh karena itu kenyamanan tidak memiliki suatu nilai atau parameter yang dianggap sebagai suatu acuan melainkan banyak faktor yang mempengaruhi kenyamanan. Parameter-parameter yang mempengaruhi tingkat kenyamanan diantaranya adalah aliran udara, kualitas udara, tingkat kebisingan, pencahayaan, lokasi gedung dan bangunan, waktu, material yang digunakan, peralatan dan mesin yang menjadi sumber panas, jumlah orang di dalam suatu ruangan dan lain sebagainya.

2. 4. 3 Faktor-faktor yang mempengaruhi ketidaknyamanan termal

Ketidaknyamanan yang dirasakan oleh manusia walaupun kondisi termal lingkungan dalam kondisi netral biasa disebut dengan istilah ketidaknyamanan setempat (*local discomfort*). Hal ini disebabkan oleh beberapa pengaruh, diantaranya adalah:

1. Radiasi kalor yang tidak merata (*asymmetric thermal radiation*)

Radiasi kalor yang tidak merata pada suatu bangunan dapat mengakibatkan ketidak-merataan distribusi termal pada bangunan tersebut, sehingga di suatu area dalam suatu bangunan terdapat area yang terasa lebih panas dari area lainnya. Hal tersebut mengakibatkan ketidaknyamanan bagi manusia yang berada di dalamnya karena tubuh manusia merasakan perbedaan temperatur yang terlampau tinggi.

2. Perbedaan temperatur udara secara vertikal (*vertical temperatur differential*)

Pada dasarnya udara panas berada di atas karena berat jenisnya lebih besar daripada udara dingin (gaya apung udara/ bouyancy). Jika pada kondisi ruangan

secara alami, kita akan merasakan perbedaan temperatur antara udara di bawah dengan udara di atasnya, dan hal tersebutlah yang menyebabkan perasaan tidak nyaman secara termal bagi manusia di dalamnya.

Perbedaan temperatur udara secara vertikal akan menyebabkan perbedaan temperatur pada tubuh kita, bagian kepala kita akan terasa lebih panas dibandingkan dengan kaki. Secara eksperimen perbedaan temperatur yang paling baik antara kepala dengan kaki manusia adalah 3 °C. Perbedaan temperatur antara kepala dan kaki sebesar 3 °C hanya menghasilkan tingkat ketidak-puasan sebesar 5% dan nilai ini sebagai tingkat yang dapat diterima untuk level aktivitas dimana kebanyakan pengguna ruangan melakukan aktivitasnya dengan duduk.

3. Hembusan udara yang kencang (*draught*)

Gerakan udara dirasakan sebagai aliran udara yang mengakibatkan pendinginan tubuh. Hembusan udara yang terlalu kencang akan mengakibatkan ketidaknyamanan bagi manusia di dalamnya. Jika hembusan udara yang kencang tersebut memiliki temperatur udara yang ekstrim maka tubuh manusia akan merasakan tidak nyaman, hal itu dikarenakan kulit manusia memiliki ambang batas kecepatan yang dirasakan. Dan bila udara dingin yang dihembuskan secara kencang, maka kulit manusia akan menyerap dengan lebih cepat temperatur dingin tersebut. Sebaliknya jika udara panas yang dihembuskan secara kencang, maka manusia yang ada di dalamnya akan lebih cepat berkeringat karena kulit manusia lebih menyerap udara yang panas. Hembusan udara akan terasa sejuk di dalam ruangan jika kecepatannya ideal, yakni 0,1 – 0,15 meter per detik. Jika kecepatan lebih rendah ruangan akan terasa pengap, begitu juga sebaliknya jika kecepatan aliran udara di atas 0,15 meter per detik maka manusia di dalam ruangan akan merasakan ketidaknyamanan.

4. Temperatur lantai (*floor temperature*)

Temperatur permukaan sekelilingnya sebaiknya tidak menyimpang lebih dari 2-3°C dari temperatur udara. Perubahan temperatur udara dapat diseimbangkan dalam ukuran tertentu dengan mengubah temperatur permukaan (temperatur udara yang menurun-temperatur udara yang naik). Diagram pada perbedaan temperatur yang besar timbul suatu gerakan udara yang terlalu tinggi. Permukaan yang kritis terutama jendela. Saluran panas yang besar di lantai

melalui kaki harus dihindari (temperatur lantai lebih besar dari 17 °C). Panas kaki dari suhu dingin kaki adalah perasaan manusia. Kaki telanjang merasa panas dan dingin hanya melalui lapisan dan tebal lapisannya: kaki tidak telanjang merasakan melalui lapisan dan temperatur lantai. Temperatur permukaan langit-langit tergantung pada ketinggian ruang. Suhu yang dirasakan manusia kira-kira dari temperatur udara dalam ruang dan temperatur permukaan sekelilingnya.

Sebaiknya pilih material yang sesuai untuk menghindari konsentrasi pendinginan pada lantai dan juga material yang terlalu banyak menyerap udara dingin karena dapat menambahkan beban pendinginan sehingga mengeluarkan energi yang lebih banyak untuk mengkondisikan ruangan tersebut.

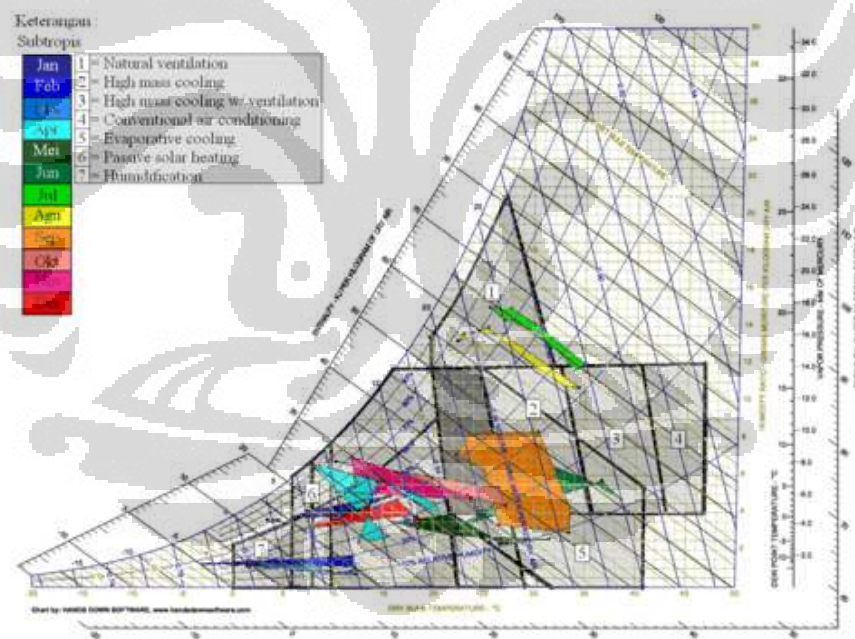
2. 4. 4 Pengukuran tingkat kenyamanan termal

Pada pengukuran tingkat kenyamanan dalam kondisi termis diperlukan suatu parameter acuan yang dapat digunakan untuk memprediksi dan menjadikannya tolak ukur dalam menentukan tingkat kenyamanan manusia yang berada di dalam suatu ruangan. Parameter acuan yang digunakan sebagai tolak ukur yaitu *Predicted Mean Vote (PMV)* dan *Predicted Percentage Dissatisfied (PPD)*. Skala index PMV dikenalkan oleh Profesor Fanger yang berasal dari *University of Denmark* yang mengindikasikan sensasi dingin dan hangat yang dirasakan oleh manusia pada skala +3 sampai -3. PMV berhubungan dengan 6 parameter dan merupakan nilai rata-rata yang menggambarkan bagaimana kondisi termal dirasakan oleh orang banyak mengenai perasaan dingin dan hangat.

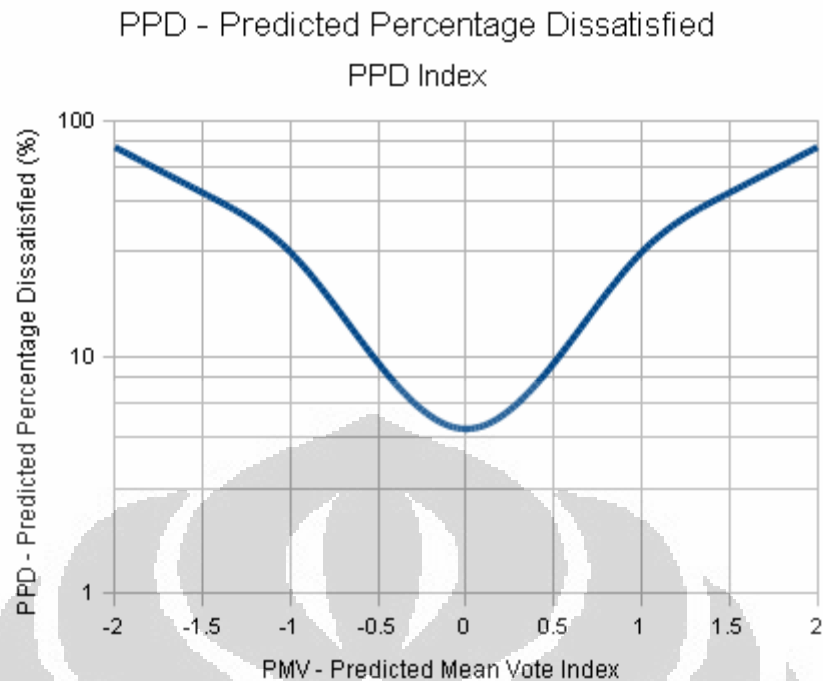
PMV	Thermal Sensation	PPD (%)
+ 3	Hot (Panas)	100
+ 2	Warm (Agak Panas)	75
+ 1	Slightly warm (Hangat)	25
0	Neutral (Netral)	5
- 1	Slightly Cool (Sejuk)	25
- 2	Cool (Agak Dingin)	75
- 3	Cold (Dingin)	100

Tabel 2.1. Hubungan antara PMV, PPD dan sensasi
(Sumber: Anonim, 2008)

PPD memberikan prediksi nilai dari proporsi (dalam Persentase) dari sekelompok manusia yang diperkirakan merasakan ketidaknyamanan secara termis di dalam suatu ruangan tertentu.



Gambar 2.7 Strategi kenyamanan termal dalam diagram psikiometrik
(Sumber: Bioclimate Design Central, 2008)



Gambar 2.8 Predicted Mean Vote

(Sumber: www.engineeringtoolbox.com)

Berdasarkan grafik di atas, kondisi termal dengan nilai PPD sebesar 0% adalah tidak akan pernah tercapai. Begitupun dengan perasaan nyaman dengan nilai PPD sebesar 100% juga tidak akan pernah tercapai, hal tersebut terjadi dikarenakan dengan adanya variasi individu manusia dalam suatu kelompok seperti halnya kurus, gemuk, usia, berat badan, dan lain sebagainya. Sementara rentang suhu nyaman bagi manusia apabila nilai PMV berada diantara + 0,5 hingga - 0,5 dimana pada kondisi tersebut nilai PPD mencapai 10%.

2.5 Perhitungan beban pendinginan

Sebagai faktor utama dalam menentukan kapasitas pendinginan sistem tata udara dan refrigerasi harus dilakukan secara cermat. Perhitungan beban pendinginan yang cermat akan dapat menjamin diperhatikannya sebanyak mungkin peluang penghematan energi pada tahap perencanaan. Perhitungan beban pendinginan maksimum yang terlampaui konservatif, atau terlalu besar faktor keamanannya, akan menyebabkan penentuan kapasitas mesin pendingin yang terlampaui besar. Akibatnya, pada beban parsial, mesin pendingin akan beroperasi

jauh di bawah kapasitasnya. Kondisi ini umumnya akan menyebabkan pemakaian energi yang kurang efisien bagi mesin. Perhitungan beban pendinginan pada perancangan sistem tata udara tujuannya adalah menentukan *volume flow rate* dari suatu sistem tata udara serta menentukan ukuran dan kapasitas dari peralatan HVAC agar diperoleh nilai optimal dari energi yang digunakan. Pada dasarnya beban pendinginan terdiri atas:

1. Beban pendinginan internal
2. Beban pendinginan eksternal

2. 5. 1 Beban Pendinginan Internal

Beban pendinginan internal adalah berasal dari manusia, lampu, motor, mesin dan peralatan yang menimbulkan panas. Pada beban pendinginan internal terdiri dari kalor sensible dan kalor latent.

a. Manusia

Pada dasarnya tubuh manusia memiliki sejumlah kalor yang dilepaskan ke lingkungan melalui proses oksidasi alami. Proses pelepasan kalor pada tubuh manusia ke lingkungan sekitar yaitu melalui konveksi, radiasi, evaporasi dan pernafasan. Pada lampiran 1 menunjukkan panas yang dihasilkan pada tubuh manusia dalam berbagai aktivitas yang dilakukan oleh manusia itu sendiri pada suatu tempat tertentu.

$$\text{Cooling Load (sensible)} = \text{jumlah orang} \times \text{sensible heat}$$

$$\text{Cooling Load (latent)} = \text{jumlah orang} \times \text{latent heat}$$

b. Lampu

Lampu merupakan salah satu sumber panas yang berada di dalam ruangan yang melepaskan panasnya melalui proses radiasi. Kalor yang dihasilkan dari lampu merupakan kalor sensible yang berasal dari perubahan energi listrik menjadi energi cahaya kemudian menjadi energi panas. Secara umum jenis lampu dibedakan atas dua jenis, yaitu tipe *incandescent* dan tipe *non incandescent/fluorescent* yang memiliki nilai faktor penyimpanan seperti yang terlihat pada lampiran 2.

$$\text{Cooling Load (sensible)} = \text{jumlah lampu} \times \text{jumlah power} \times \text{factor}$$

c. Peralatan dan mesin

Pada beberapa peralatan atau bagian dari mesin menghasilkan kalor seperti, motor, *heater*, gesekan antar bagian mesin, dan lain sebagainya. Hal tersebut merupakan sumber kalor yang dapat mempengaruhi kondisi termal pada suatu ruangan. Peralatan dan mesin yang menghasilkan kalor termasuk salah satu dari beban pendinginan internal dari suatu ruangan.

$$\text{Cooling Load (sensible)} = \text{jumlah power} \times \text{factor}$$

2. 5. 2 Beban Pendinginan Eksternal

Beban pendinginan eksternal merupakan beban pendinginan yang berasal dari luar ruangan dan pada umumnya beban pendinginan tersebut berasal dari alam. Adapun yang termasuk beban pendinginan eksternal adalah sebagai berikut:

a. Panas yang masuk dari dinding luar dan atap

Panas yang masuk dari dinding luar dan atap merambat melalui perpindahan kalor secara konduksi dan secara konveksi. Oleh sebab itu pemilihan material sebelum membangun suatu rumah atau gedung perlu diperhatikan agar perambatan kalor baik secara konduksi, konveksi, maupun secara radiasi dapat diminimalisir.

b. Panas matahari yang ditransmisikan melalui fenestrasi

Panas matahari yang ditransmisikan melalui fenestrasi merupakan salah satu beban pendinginan eksternal, hal tersebut dikarenakan sinar matahari langsung mengenai kaca atau jendela sehingga menyebabkan temperatur kaca atau jendela menjadi lebih panas.

c. Panas konduksi dari fenestrasi

Yang dimaksud dengan panas konduksi dari fenestrasi adalah panas dari matahari yang mengenai bagian luar dari kaca atau jendela sehingga membuat kaca atau jendela menjadi lebih panas. Panas yang terdapat pada kaca atau jendela tersebut kemudian dirambatkan ke bagian dalam kaca atau jendela secara konduksi sehingga membuat ruangan menjadi lebih panas.

d. Panas yang masuk melalui dinding partisi dan pintu

Panas yang masuk melalui dinding partisi dan pintu dikarenakan terjadinya fenomena kesetimbangan termal. Hal tersebut terjadi dimana udara yang memiliki temperatur lebih rendah bergerak menuju daerah yang memiliki temperatur yang lebih tinggi, dan hal tersebut bisa dikatakan sebagai rugi energi pada sistem tata udara.

e. Infiltrasi udara luar ke dalam ruangan

Infiltrasi paling sering terjadi karena perbedaan kerapatan udara ruangan. Untuk kasus yang khas di mana massa udara yang mengalir di udara sama dengan massa yang mengalir keluar uap air terkondensasi, ruangan harus tertutup kecuali pada pembukaan tertentu. Jika ruangan dingin tidak diisolasi, mungkin aliran udara secara langsung keluar melalui pintu – pintu karena adanya perubahan udara

2. 6 Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah suatu metode analisis yang meliputi aliran fluida, perpindahan panas, perpindahan massa, serta fenomena lain seperti reaksi kimia, aliran partikel, dan lain sebagainya dengan menggunakan simulasi berbasis komputer. Dengan menggunakan CFD, prediksi aliran fluida di berbagai system dapat dilakukan dengan lebih efektif, efisien dan relative tidak mahal bila dibandingkan dengan aplikasi desain yang menggunakan metode eksperimen, dimana metode tersebut memiliki beberapa hambatan seperti terbentur oleh dana, ketersediaan material, kepresisian dan keakurasian alat ukur, serta pemilihan dalam penggunaan metode yang benar. CFD mencakup berbagai disiplin ilmu termasuk di dalamnya adalah matematika, ilmu computer, fisika, dan *engineering*. Sebelum menggunakan metode CFD dibutuhkan suatu pemahaman tentang dinamika fluida pada suatu permasalahan yang akan diimplementasikan. Dikarenakan kompleksnya permasalahan aliran fluida maka untuk memahami pergerakan fluida, pemahaman sifat-sifat aliran fluida harus terlebih dahulu dipahami. Metode CFD menggunakan analisa numeric yaitu control volume sebagai elemen dari integrasi persamaan-persamaan yang terdiri atas persamaan

keseimbangan massa, momentum dan energi sehingga penyelesaian persamaan untuk benda dua atau tiga dimensi lebih cepat dan dapat dilakukan secara simultan atau bersamaan.

Di dalam literature mekanika fluida umumnya aliran fluida dikategorikan sebagai berikut:

- Aliran viskos dan inviscid
- Aliran *compressible* dan *incompressible*
- Aliran laminar dan turbulen

Untuk memprediksi aliran fluida pada kondisi tertentu, sebuah program CFD harus dapat menyelesaikan persamaan yang mengatur aliran fluida, sehingga pemahaman tentang sifat-sifat dasar aliran yang dimodelkan dan pemahaman tentang persamaan yang mengatur aliran fluida adalah sangat penting. Simulasi adalah teknik penyusunan dari kondisi nyata (sistem) dan kemudian melakukan percobaan pada model yang dibuat oleh sistem. Simulasi merupakan alat yang fleksibel dari model atau kuantitatif sehingga cocok untuk diterapkan untuk menganalisa interaksi masalah yang rumit dari sebuah sistem. Simulasi distribusi udara dan termal pada suatu bangunan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan matematika dan analisa menggunakan program komputer. Parameter yang harus dipertimbangkan dalam simulasi analisis distribusi udara dan termal pada suatu bangunan diantaranya adalah temperatur udara lingkungan (*outdoor ambient temperature*), temperatur udara dalam bangunan (*indoor temperature*), radiasi matahari, laju udara dalam bangunan, material yang digunakan pada bangunan tersebut (konduktivitas termal, emisivitas, koefisien perpindahan panas), jumlah manusia di dalamnya, sumber-sumber panas yang berada di dalam bangunan tersebut, dan lain sebagainya.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN, PENGAMBILAN DATA DAN SIMULASI

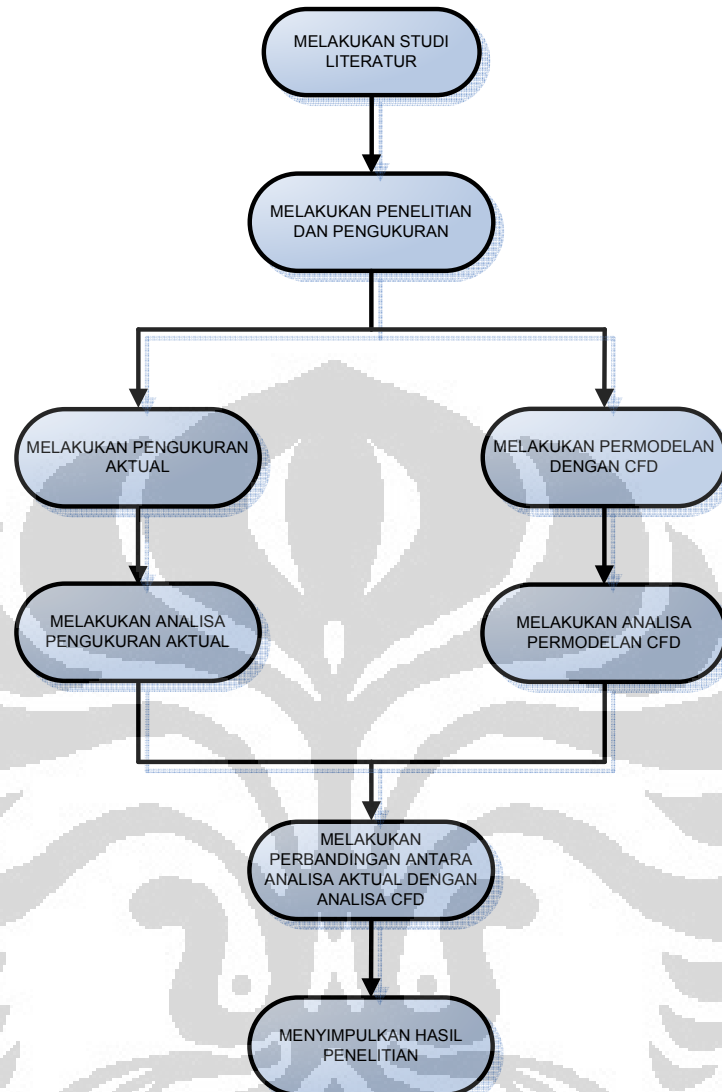
3.1 Metodologi Penelitian

3.1.1 Pendahuluan

Penelitian ini dilakukan pada sebuah pabrik rokok PT X yang memiliki batasan masalah analisa thermal pada ruang produksi dan tidak membahas masalah desain pendinginan pada ruang produksi tersebut. Tujuan dari analisa thermal ini adalah untuk mengetahui proses distribusi udara dingin di ruang produksi tersebut. Hal ini dilakukan karena proses pendinginan di ruang produksi merupakan salah satu upaya untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan dan merupakan salah satu upaya untuk mengkondisikan mesin-mesin produksi yang sangat presisi. Metodologi penelitian yang dilakukan pada analisa tersebut adalah dengan melakukan studi literatur yang akan digunakan sebagai pedoman penelitian, melakukan penelitian dan pengukuran di ruang produksi, melakukan pengolahan data yang dihasilkan dari pengukuran di ruang produksi, melakukan permodelan dengan *Computerized Fluid Dynamic* (CFD), menganalisa permodelan CFD, melakukan perbandingan antara analisa aktual dengan analisa permodelan CFD, dan menyimpulkan hasil dari penelitian. Adapun proses pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengukuran geometri ruangan secara aktual dan membandingkannya dengan *as build drawing* yang dimiliki oleh PT X.
2. Melakukan pengukuran temperatur dan laju (*velocity*) udara dingin yang masuk ke ruang produksi pada tiap-tiap *diffuser* yang berada di ruang produksi.
3. Melakukan pengukuran temperatur dan laju (*velocity*) udara dingin yang keluar ruang produksi pada *air return* menuju *Air Handling Unit*.
4. Melakukan pengukuran temperatur dari sumber panas yang berada di ruang produksi.

3.1.2 Alur Kerangka Penelitian



3.1.3 Alat Ukur

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data dengan cara melakukan pengukuran pada beberapa parameter. Adapun alat ukur yang digunakan untuk proses pengukuran adalah sebagai berikut:

- 1 Hotwire anemometer

Hotwire anemometer adalah sebuah alat ukur yang digunakan untuk mengukur temperatur, laju udara (*velocity*), tekanan udara (*air pressure*). Nilai yang terlihat pada display anemometer adalah angka digital.



Gambar 3.1 Hotwire Anemometer

2 Thermohygrograph

Thermohygrograph adalah sebuah alat ukur yang digunakan untuk mengukur temperatur dan *humidity* dari sebuah ruangan. Nilai yang tertera pada display thermohygrograph adalah sebuah nilai grafik perubahan temperatur dan *humidity*. Pada penelitian ini, *thermohygrograph* digunakan sebagai alat ukur temperatur dan *humidity* pada ruang produksi secara general dan bukanlah pengukuran secara detail pada setiap titik di ruang produksi. *Thermohygrograph* diletakkan di suatu tempat di dalam ruang produksi yang dianggap bisa mewakili temperatur dan *humidity* keseluruhan ruang produksi.



Gambar 3.2 Thermohygrograph

3 Meteran (*Measurement tape*)

Meteran adalah sebuah alat ukur yang digunakan untuk mengukur jarak suatu objek. Dalam hal ini meteran digunakan untuk mengukur volume ruangan, yang terdiri dari panjang ruangan, lebar ruangan, tinggi ruangan, serta jarak antara satu objek ke objek lain.

3.2 Pengambilan Data

Pada proses pengambilan data ini dilakukan pada saat proses produksi rokok berjalan dalam kondisi normal, sehingga pengukuran yang dilakukan di dalam ruang produksi tersebut diharapkan mendapatkan data yang optimal. Adapun data-data yang diukur di dalam ruang produksi tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Data pengukuran volume ruang produksi
- b. Data pengukuran laju udara masuk (*air inlet velocity*), yang diukur pada tiap-tiap *diffuser ducting*.
- c. Data pengukuran temperatur udara masuk (*air inlet temperature*), yang diukur pada tiap-tiap *diffuser ducting*.
- d. Data pengukuran laju udara keluar (*air outlet velocity*), yang diukur pada tiap-tiap *air return AHU*.
- e. Data pengukuran temperatur udara keluar (*air outlet temperature*), yang diukur pada tiap-tiap *air return AHU*.
- f. Data pengukuran kelembaban udara (*air humidity*) ruangan produksi
- g. Data pengukuran temperatur udara ruangan produksi.
- h. Data pengukuran temperatur exhaust mesin yang langsung dibuang ke ruangan produksi.
- i. Data geometri dan *mapping* seluruh *diffuser* yang berada di ruang produksi.
- j. Data geometri dan *mapping* seluruh mesin yang berada di ruang produksi.

3.2.1 Cara Pengukuran

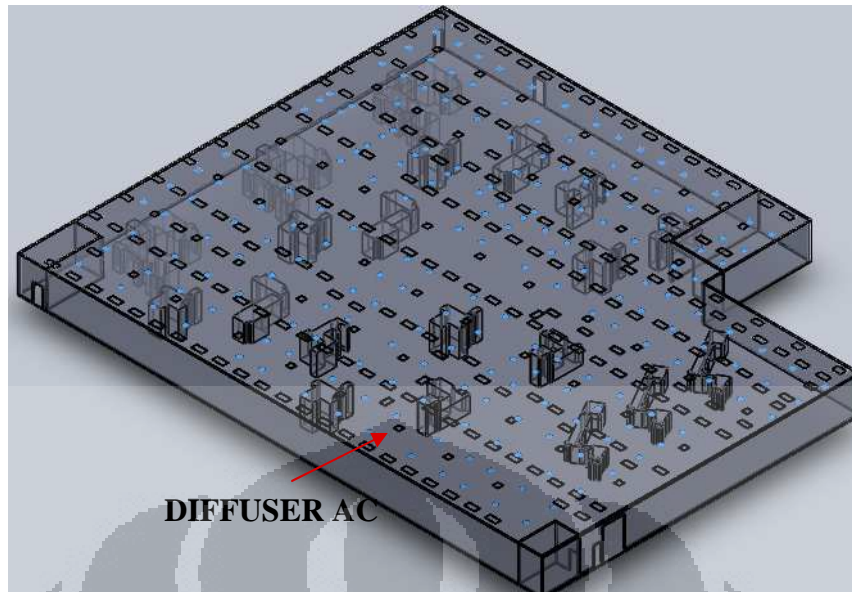
3.2.1.1 Cara Pengukuran Laju Aliran Udara Pada Tiap-tiap *Diffuser*, *Air Return*, dan *Exhaust* Mesin

Pengukuran laju aliran udara ini akan digunakan sebagai data pembandingan serta sebagai masukan ke dalam program *CFD* dan akan digunakan untuk validasi hasil simulasi dari program tersebut. Untuk mengukur laju aliran udara didalam ruang, alat ukur yang digunakan adalah *hotwire anemometer*.

Proses pengambilan data adalah sebagai berikut:

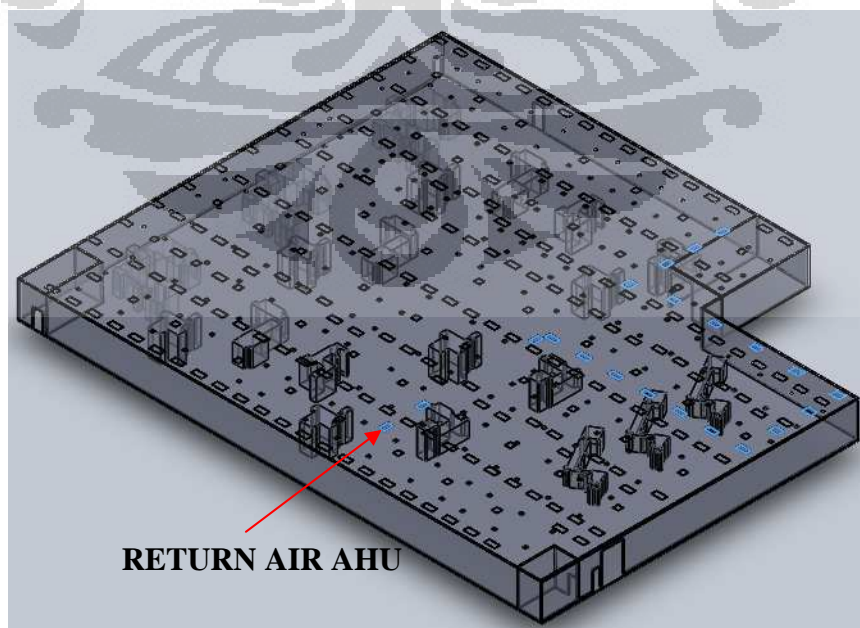
1. Memasang *hotwire* pada display *anemometer*
2. Menyalakan *hotwire anemometer* dengan cara menggeser tombol ke posisi ON
3. Tekan tombol *VELOCITY* untuk mengukur laju aliran udara
4. Meletakkan *hotwire anemometer* ke bagian yang diukur
5. Mendekatkan bagian depan dari *hotwire anemometer* tersebut ke bagian yang ingin diukur kecepatan aliran udaranya. Arah aliran yang ingin diambil harus tegak lurus dengan bagian depan dari *hotwire anemometer*.
6. Memastikan bahwa udara yang mengalir melalui bagian anemometer yang tepat
7. Menekan tombol pengukuran *Velocity* untuk mengukur laju udara
8. Mencatat hasil pengukuran sebanyak sepuluh kali pengukuran dengan jarak waktu 3 menit

Bagian pertama yang diambil data laju aliran fluida dan temperatur bagian masukan dari seluruh *diffuser ducting* yang berada pada bagian atas ruang produksi tersebut. *Diffuser ducting* berfungsi untuk mengeluarkan udara dingin yang dihasilkan dari unit *chiller*.



Gambar 3.3 Diffuser/grill ducting ruang produksi

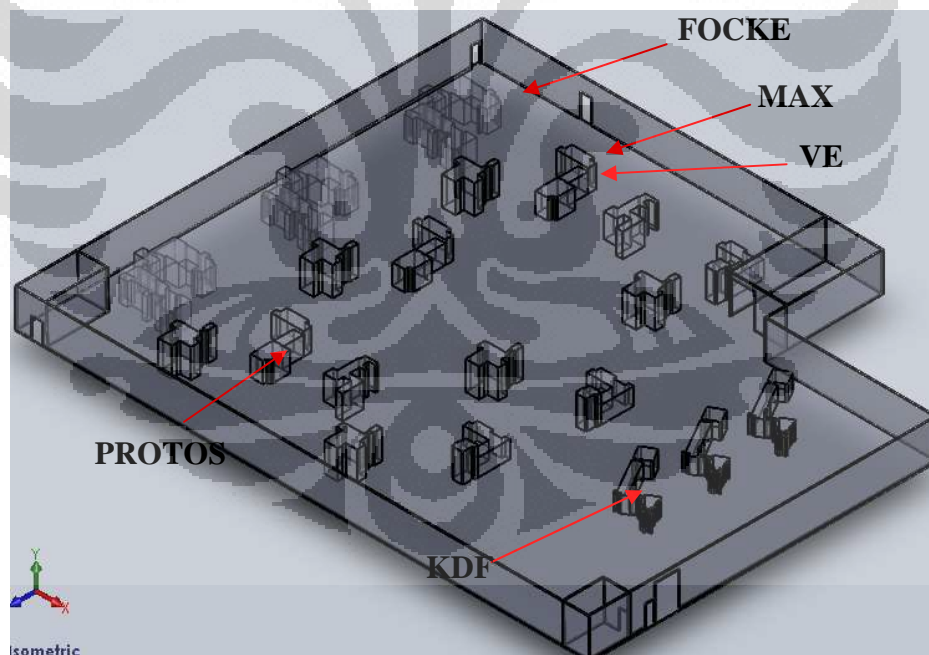
Bagian kedua yang diambil data laju aliran fluida dan temperatur bagian keluaran dari seluruh *air return* AHU yang berada pada bagian atas ruang produksi tersebut. *Air return* AHU merupakan udara yang terhisap kembali ke unit AHU (*Air Handling Unit*) yang bertujuan agar udara di dalam ruang produksi dapat tersirkulasi dengan baik sehingga kualitas udara di dalam ruang produksi dapat terjaga.



Gambar 3.4 Air Return unit AHU

Bagian ketiga yang diambil data laju aliran fluida dan temperatur bagian *exhaust machine* yang berada pada bagian atas tiap-tiap mesin produksi tersebut. Dimana udara panas yang dihasilkan oleh tiap-tiap mesin yang dibuang ke area ruang produksi, hal ini dianggap sangat mempengaruhi sistem distribusi udara dingin di area produksi. Adapun jumlah sumber panas dari mesin-mesin produksi panas antara lain:

Mesin	Linkup 1.1	Linkup 1.2	Linkup 1.3	Linkup 2.3	Linkup F2	Linkup F3	Linkup F4
Focke	2 buah	2 buah	2 buah	-	-	-	-
Protos	1 buah	1 buah	1 buah	-	-	-	-
VE	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah	-	-	-
Max	1 buah	1 buah	1 buah	-	-	-	-
KDF	-	-	-	-	1 buah	1 buah	1 buah



Gambar 3.5 Mesin-mesin produksi

3.2.1.2 Cara Pengukuran Temperatur Udara Pada Tiap-tiap *Diffuser*, *Air Return*, dan *Exhaust* Mesin

Pengukuran temperatur udara ini akan digunakan sebagai data pembanding serta sebagai masukan ke dalam program *CFD* dan akan digunakan untuk validasi hasil simulasi dari program tersebut. Untuk mengukur temperatur udara didalam ruang, alat ukur yang digunakan sama seperti pada pengukuran laju aliran udara yaitu *hotwire anemometer*. Proses pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Memasang *hotwire* pada display *anemometer*
2. Menyalakan *hotwire anemometer* dengan cara menggeser tombol ke posisi ON
3. Tekan tombol *TEMPERATURE* untuk mengukur temperatur udara
4. Meletakkan *hotwire anemometer* ke bagian yang diukur
5. Mendekatkan bagian depan dari *hotwire anemometer* tersebut ke bagian yang ingin diukur kecepatan aliran udaranya. Arah aliran yang ingin diambil harus tegak lurus dengan bagian depan dari *hotwire anemometer*.
6. Memastikan bahwa udara yang mengalir melalui bagian anemometer yang tepat
7. Menekan tombol pengukuran *Temperature* untuk mengukur temperatur udara
8. Mencatat hasil pengukuran sebanyak sepuluh kali pengukuran dengan jarak waktu 3 menit

3.2.1.3 Pengukuran Temperatur Udara dan Kelembaban Udara Pada Ruang Produksi Dengan Menggunakan *Temperature & Humidity Indicator Chiller*

Pengukuran temperatur udara dan kelembaban udara pada ruang produksi menggunakan *temperature & humidity indicator chiller* dilakukan untuk tetap menjaga temperatur udara dan kelembaban udara pada ruang produksi. Pada pengukuran tersebut, indicator diletakan di tempat yang strategis yang dianggap dapat mewakili seluruh area produksi. Biasanya *indicator* diletakan di tengah

ruang produksi dengan syarat tidak diletakkan di dekat mesin atau alat yang mengeluarkan kalor secara ekstrim. *Indicator* tersebut langsung terintegrasi dengan *chiller*, sehingga temperatur udara dan kelembaban udara sebelumnya ditentukan terlebih dahulu dan *chiller* akan mengejar nilai temperatur dan kelembaban udara yang telah diatur. Nilai temperatur dan kelembaban udara di ruang produksi tidak boleh menyimpang jauh dari nilai yang ditentukan. Jika nilai temperatur udara dan kelembaban udara menyimpang terlalu jauh, maka diindikasikan terjadi masalah pada unit *chiller* tersebut. Data yang diperoleh dari thermohygrograph adalah sebuah nilai perubahan temperatur dan kelembaban yang memiliki skala perhitungan tiap jam.



Gambar 3.6 Sensor temperatur dan *humidity chiller* yang diletakkan di ruang produksi

3.2.1.4 Pengukuran Temperatur Udara dan Kelembaban Udara Pada Ruang Produksi Dengan Menggunakan Thermohygrograph

Pengukuran temperatur udara dan kelembaban udara pada ruang produksi dengan menggunakan thermohygrograph merupakan salah satu usaha dari perusahaan untuk memonitor serta menjaga temperatur dan kelembaban udara pada ruang produksi. Thermohygrograph dipasang di area strategis yang dianggap dapat mewakili temperatur dan kelembaban ruang produksi secara keseluruhan, dan thermohygrograph ini tidak berhubungan langsung dengan *chiller* dan digunakan untuk memonitor temperatur udara dan kelembaban udara pada ruang produksi. Hasil yang tercantum pada thermohygrograph adalah berupa nilai temperatur dan kelembaban udara pada ruang produksi. Thermohygrograph ini

merupakan alat pembanding dengan *chiller indicator* yang terpasang di area produksi, sehingga kesalahan pengukuran yang terjadi dapat diminimalisir.

3.2.1.5 Pengukuran Geometri

Pengukuran geometri ini digunakan untuk membuat model bangunan atau ruang produksi yang akan disimulasikan pada CFD. Agar penggunaan simulasi pada program CFD dapat optimal, maka ukuran yang diukur pada bangunan aktual harus benar-benar akurat. Selain pengukuran yang akurat, pembangunan geometri pada sistem CFD harus benar-benar sama dengan kondisi aktualnya, baik secara bentuk maupun ukurannya.

Bagian pertama pada pengukuran geometri ini adalah mengukur ruangan produksi. Alat yang digunakan untuk mengukur geometri adalah meteran. Pada pengukuran ini yang diukur adalah panjang, lebar dan tinggi ruangan, apabila ada tambahan maka tambahan tersebut juga harus diukur panjang dan lebarnya.

Bagian kedua pada pengukuran geometri ini adalah mengukur *diffuser ducting* pada ruang produksi. Pengukuran *diffuser ducting* meliputi pengukuran dimensi *diffuser ducting*, pengukuran jarak antar *diffuser ducting*, pengukuran jarak *diffuser ducting* dengan dinding, dan penghitungan jumlah lampu yang berada pada ruang produksi. Alat ukur yang digunakan pada pengukuran tersebut adalah meteran.

Bagian ketiga pada pengukuran geometri ini adalah mengukur lampu pada ruang produksi. Pengukuran tersebut meliputi pengukuran dimensi tiap-tiap lampu, pengukuran, pengukuran jarak antar lampu, pengukuran jarak antara lampu dengan dinding, dan penghitungan jumlah lampu yang terdapat pada ruang produksi.

Bagian keempat pada pengukuran geometri ini adalah pengukuran mesin-mesin yang berada di ruang produksi. Pengukuran tersebut meliputi pengukuran dimensi tiap-tiap mesin produksi, pengukuran jarak antar mesin produksi, pengukuran jarak antar *LINKUP/LINE* produksi, pengukuran jarak antara mesin produksi terhadap dinding, pengukuran arah mesin produksi karena ada beberapa mesin produksi yang diletakan tidak simetris.

BAB 4

HASIL DAN ANALISA

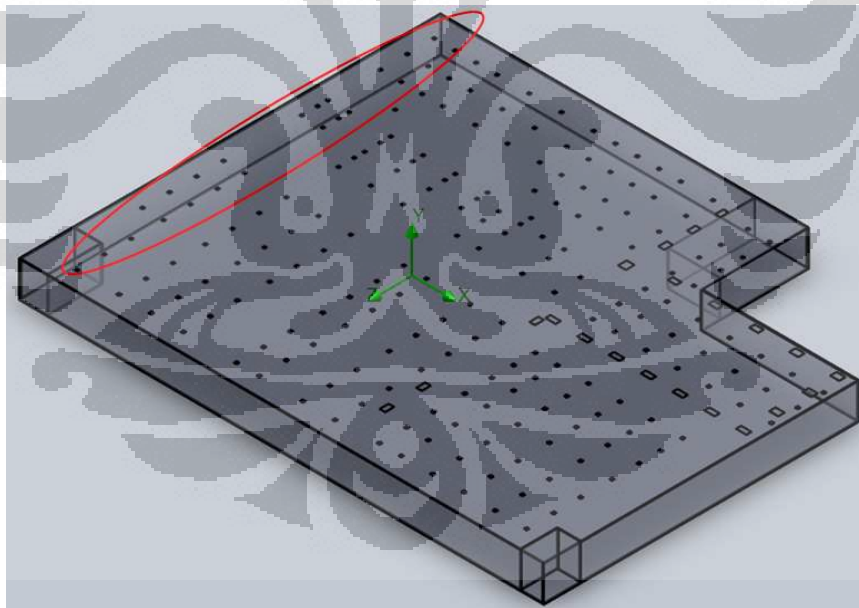
4.1 Hasil Pengukuran

Dari pengukuran yang telah dilakukan di beberapa titik pada area produksi sebuah pabrik pembuatan rokok PT X, maka didapat data sebagai berikut:

4.1.1 Hasil Pengukuran Aktual *Air inlet*

Pengukuran temperatur dan velocity pada diffuser nomor 1 - 23

Pada pengukuran aktual *air inlet* yang diukur di tiap-tiap *Diffuser ducting* pada ceiling area produksi, maka didapat data laju aliran udara dan temperatur udara yang masuk ke area produksi. Berikut data-data yang didapat pada saat pengukuran:



Gambar 4.1 Letak diffuser nomor 1 – 23 pada ceiling ruang produksi

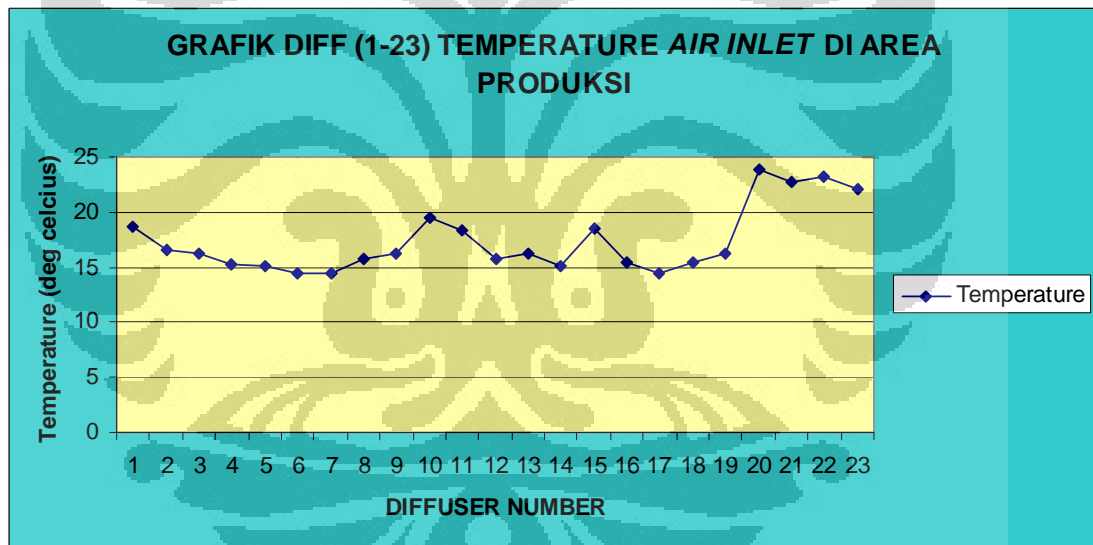
DIFF NO	PARAMETER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG	Flow (CFM)
1	TEMP (deg C)	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	437,85
	VELOCITY (m/s)	2,5	2,2	2,2	2,2	2,2	2,0	2,1	2,7	2,4	2,5	2,3	
2	TEMP (deg C)	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	281,66
	VELOCITY (m/s)	1,6	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5	1,4	1,5	
3	TEMP (deg C)	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	345,93
	VELOCITY (m/s)	2,0	2,0	1,8	1,8	1,7	1,8	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	
4	TEMP (deg C)	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	1.134,47
	VELOCITY (m/s)	5,4	6,3	5,7	5,9	5,8	6,1	6,4	6,2	5,9	5,8	5,9	
5	TEMP (deg C)	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	1.018,72
	VELOCITY (m/s)	5,3	5,3	5,4	5,2	5,4	5,3	5,3	5,5	5,4	5,3	5,3	
6	TEMP (deg C)	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	1.762,63
	VELOCITY (m/s)	9,9	9,5	10,0	9,0	8,4	8,7	8,2	9,7	9,6	9,4	9,2	
7	TEMP (deg C)	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	1.707,14
	VELOCITY (m/s)	9,2	9,3	9,1	8,4	8,2	8,5	9,4	9,1	9,2	9,2	9,0	
8	TEMP (deg C)	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	400,09
	VELOCITY (m/s)	2,4	2,1	2,1	2,0	2,2	1,9	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1	
9	TEMP (deg C)	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	658,68
	VELOCITY (m/s)	3,7	3,3	3,5	3,3	3,6	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	
10	TEMP (deg C)	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	54,16
	VELOCITY (m/s)	0,4	0,3	0,28	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
11	TEMP (deg C)	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	444,14
	VELOCITY (m/s)	2,7	2,7	2,4	2,8	2,1	2,2	2,1	2,1	2,2	2,1	2,3	
12	TEMP (deg C)	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	337,35
	VELOCITY (m/s)	1,9	1,8	1,9	1,7	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	
13	TEMP (deg C)	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	260,30
	VELOCITY (m/s)	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	
14	TEMP (deg C)	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	1.146,48
	VELOCITY (m/s)	5,4	5,7	6,1	6,7	6,0	5,9	6,4	6,3	6,0	5,6	6,0	
15	TEMP (deg C)	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	271,75
	VELOCITY (m/s)	1,4	1,2	1,6	1,6	1,6	1,6	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	
16	TEMP (deg C)	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	400,85
	VELOCITY (m/s)	2,1	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1	2,2	2,1	2,1	
17	TEMP (deg C)	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	1.779,03
	VELOCITY (m/s)	8,7	8,6	9,2	9,5	9,4	9,2	9,5	9,7	9,6	9,9	9,3	
18	TEMP (deg C)	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	1.019,10
	VELOCITY (m/s)	5,8	4,8	5,2	5,0	6,0	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4	5,3	
19	TEMP (deg C)	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	501,16
	VELOCITY (m/s)	2,9	2,9	2,7	2,5	2,5	2,5	2,6	2,5	2,5	2,6	2,6	
20	TEMP (deg C)	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	448,33
	VELOCITY (m/s)	2,2	2,3	2,2	2,3	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,4	2,4	
21	TEMP (deg C)	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	244,86
	VELOCITY (m/s)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,8	1,9	1,9	1,3	
22	TEMP (deg C)	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	79,14
	VELOCITY (m/s)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	

23	TEMP (deg C)	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	205,57
	VELOCITY (m/s)	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,2	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	

Tabel 4.1 Pengukuran temperatur dan *velocity*

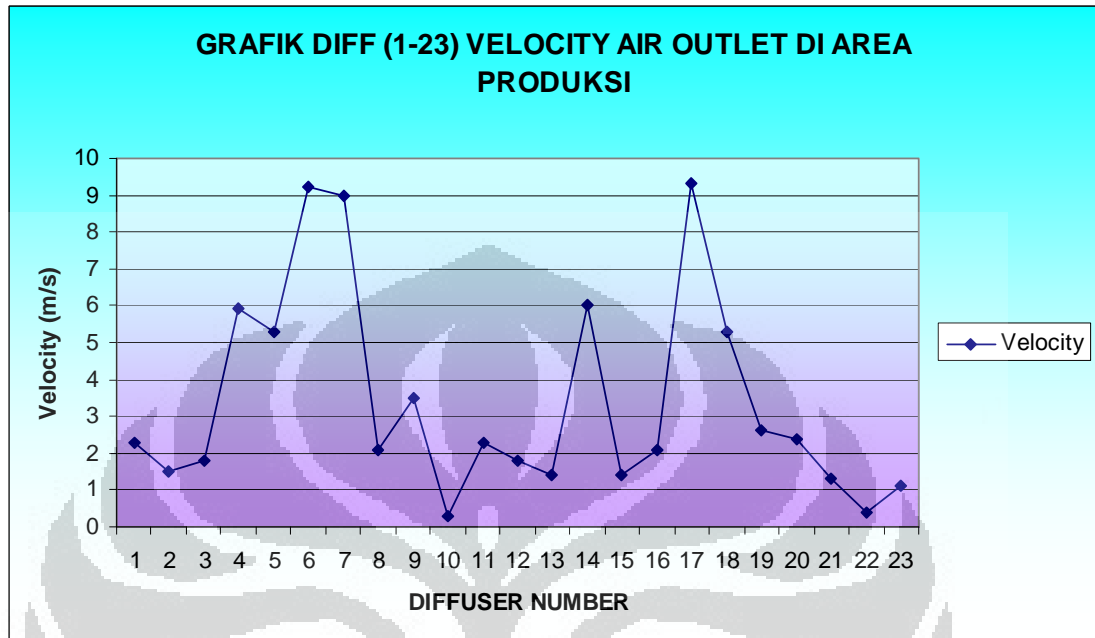
Diffuser nomor 1-23 di area produksi

Untuk nilai temperatur pada *Diffuser* nomor satu sampai dengan nomor sepuluh cenderung terlihat merata, hal tersebut dapat dilihat dari *grafik 4.1* yang menggambarkan nilai temperatur pada *Air Inlet* di dalam area produksi. Distribusi termal pada *Diffuser* nomor satu sampai dengan *Diffuser* nomor sepuluh relatif merata dikarenakan tidak terjadinya fluktuasi yang ekstrim antara *Diffuser* satu dengan *Diffuser* lainnya. Dan pada akhirnya temperatur mengalami kenaikan pada *Diffuser* dua puluh, dan kemudian perlahan-lahan mulai menurun.

Grafik 4.1 Pengukuran temperatur *Diffuser nomor 1-23* di area produksi

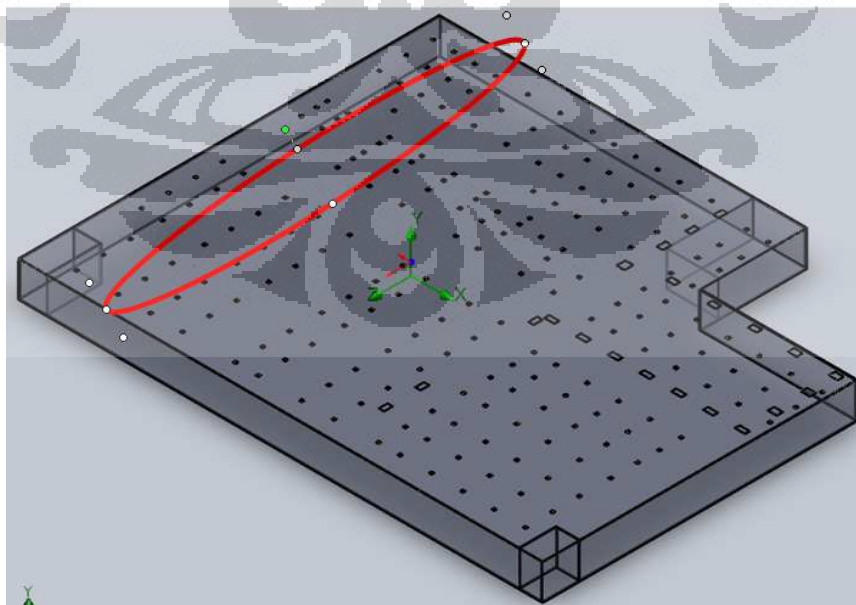
Dari data hasil pengukuran laju udara pada *Diffuser 1-23* (lihat *grafik 4.2*), maka dapat terlihat dengan jelas bahwa terjadi perubahan aliran udara secara fluktuatif, ada beberapa *Diffuser* yang laju udaranya kecil atau bisa dikatakan tidak ada suplai udara untuk ruang produksi, seperti *Diffuser* nomor sepuluh yang hanya memiliki nilai laju udara paling kecil, yaitu 0,3 m/s. Namun pada *diffuser*

nomor tujuh belas terdapat peningkatan laju udara yang sangat signifikan yaitu sebesar 9.3 m/s, seperti yang terlihat pada grafik di bawah ini.



Grafik 4.2 Pengukuran *velocity* Diffuser ducting nomor 1-23 di area produksi

Pengukuran temperatur dan velocity pada diffuser nomor 24 – 42



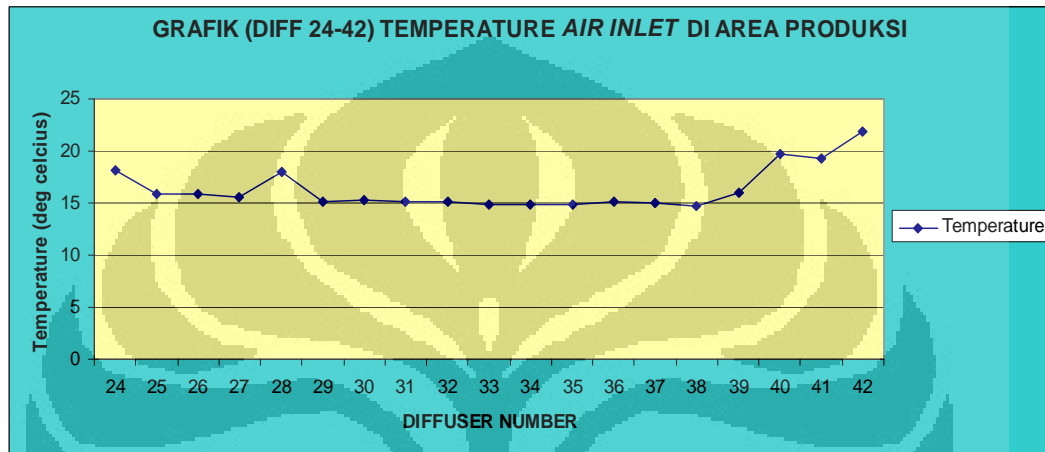
Gambar 4.2 Letak diffuser nomor 24 – 42 pada ceiling ruang produksi

Berikut ini adalah tabel untuk difuser nomor 24-42, terlihat tidak banyak pergerakan temperatur yang meningkat secara ekstrem, pergerakan cenderung stabil. Temperatur tertinggi terjadi pada *Diffuser* nomor empat puluh, dan nilai 19,7 derajat celcius. Sedangkan pada data laju udara, terjadi pergerakan laju udara yang fluktuatif dan laju udara terbesar terjadi pada *Diffuser* nomor tiga puluh lima dengan nilai 4,5 m/s.

DIFF NO	PARAMETER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG	Flow (CFM)
24	TEMP (deg C)	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	339,25
	VELOCITY (m/s)	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,5	1,8	1,7	1,8	1,8	
25	TEMP (deg C)	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	654,86
	VELOCITY (m/s)	3,1	3,1	3,1	3,1	3,3	3,9	3,9	3,7	3,3	3,9	3,4	
26	TEMP (deg C)	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	404,09
	VELOCITY (m/s)	2,3	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1	2,1	2,1	
27	TEMP (deg C)	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	405,81
	VELOCITY (m/s)	2,4	2,3	2,1	2,2	2,0	2,0	2,1	2,1	2,0	2,1	2,1	
28	TEMP (deg C)	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	379,11
	VELOCITY (m/s)	2,0	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	1,9	2,0	
29	TEMP (deg C)	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	762,61
	VELOCITY (m/s)	4,0	4,1	3,9	4,0	3,7	4,1	4,0	4,1	4,1	4,0	4,0	
30	TEMP (deg C)	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	305,12
	VELOCITY (m/s)	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,3	1,5	1,4	1,5	1,6	
31	TEMP (deg C)	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	804,18
	VELOCITY (m/s)	4,3	4,2	4,5	4,5	4,4	4,3	4,2	3,9	3,9	4,1	4,2	
32	TEMP (deg C)	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	587,93
	VELOCITY (m/s)	2,4	2,8	3,1	3,1	3,1	3,0	3,2	3,4	3,4	3,5	3,1	
33	TEMP (deg C)	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	777,10
	VELOCITY (m/s)	4,1	4,2	4,0	4,2	4,1	4,0	4,1	4,0	4,1	4,0	4,1	
34	TEMP (deg C)	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	828,97
	VELOCITY (m/s)	4,6	4,5	4,3	4,3	4,4	4,2	4,4	4,3	4,2	4,3	4,3	
35	TEMP (deg C)	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	856,81
	VELOCITY (m/s)	4,4	4,3	4,1	4,0	4,6	4,9	4,7	4,5	4,6	4,7	4,5	
36	TEMP (deg C)	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	673,93
	VELOCITY (m/s)	3,4	3,4	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,6	3,6	3,5	
37	TEMP (deg C)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	631,98
	VELOCITY (m/s)	3,2	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	
38	TEMP (deg C)	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	734,57
	VELOCITY (m/s)	3,7	3,7	3,9	3,9	4,0	3,7	3,9	4,1	3,9	3,8	3,9	
39	TEMP (deg C)	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	434,60
	VELOCITY (m/s)	2,1	2,0	2,3	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,4	2,5	2,3	
40	TEMP (deg C)	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	63,69
	VELOCITY (m/s)	0,3	0,4	0,2	0,4	0,4	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	

41	TEMP (deg C)	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	69,80
	VELOCITY (m/s)	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	
42	TEMP (deg C)	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	263,93
	VELOCITY (m/s)	1,4	1,5	1,4	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	

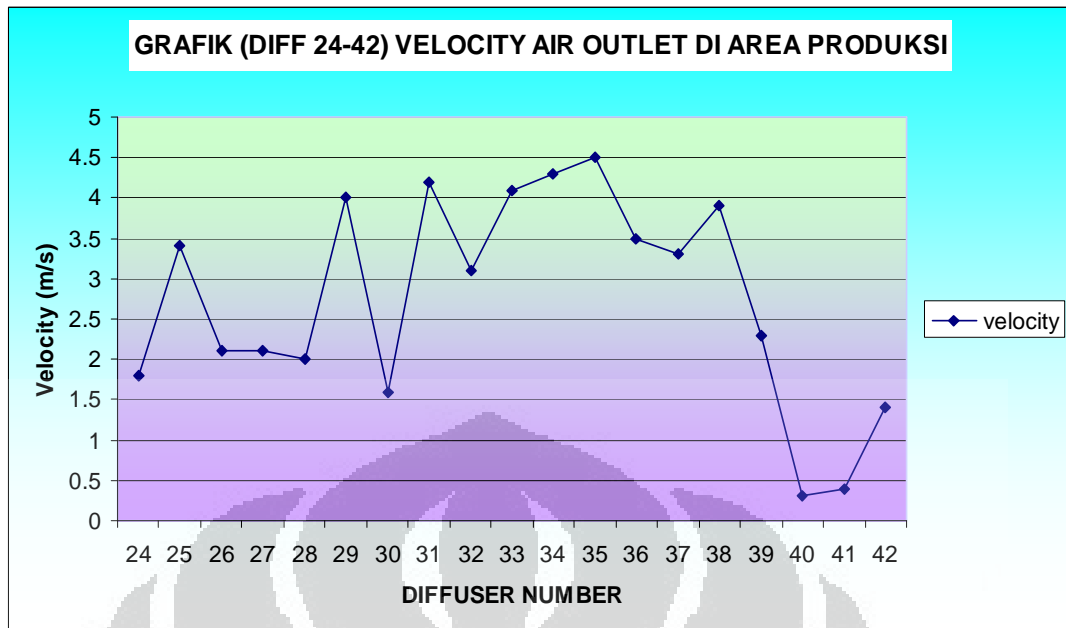
Tabel 4.2 Pengukuran temperatur dan *velocity*
Diffuser 24-42 di area produksi



Grafik 4.3 Pengukuran temperatur *Diffuser* nomor 24-42 di area produksi

Dari grafik pengukuran temperature di atas, pada *Diffuser 24-42*, terlihat cukup stabil, peningkatan temperatur hanya terjadi pada *Diffuser* nomor 28, yaitu sebesar 18 derajat celcius. Dan kemudian mengalami kenaikan kembali pada *Diffuser 40*, yaitu sebesar 19,7 derajat celcius (*Grafik 4.3*).

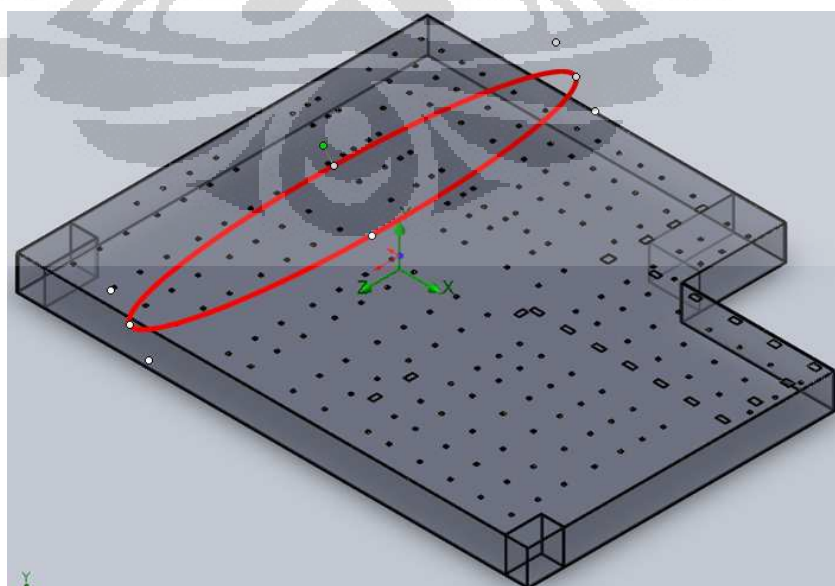
Sedangkan untuk grafik laju udara pada *Diffuser 24-42*, pergerakan terlihat sangat ekstrim, pada tiap *Diffuser* mengalami kenaikan dan penurunan yang sangat signifikan, sampai pada akhirnya pada *Diffuser* nomor empat puluh mencapai nilai terendah hanya sebesar 0.3 m/s.



Grafik 4.4 Pengukuran velocity Diffuser nomor 24-42 di area produksi

Pengukuran temperatur dan velocity pada diffuser nomor 43 - 70

Pada tabel temperature dan laju udara *Diffuser* nomor 43-70, data temperatur terlihat fluktuatif tetapi dengan nilai peningkatan dan penurunan yang sangat kecil. Dan untuk laju udara, mengalami penurunan dan peningkatan yang tidak signifikan.



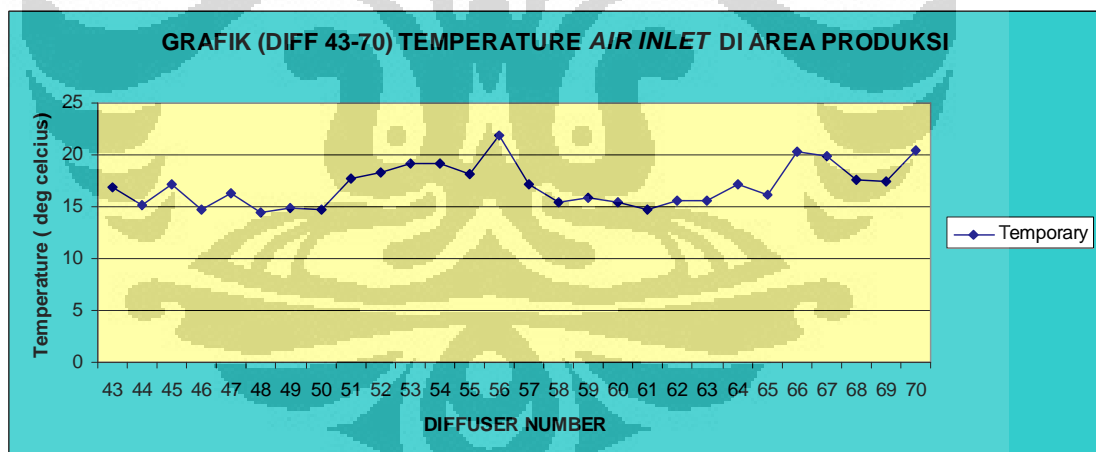
Gambar 4.3 Letak diffuser nomor 43 – 70 pada ceiling ruang produksi

DIFF NO	PARAMETER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG	Flow (CFM)
43	TEMP (deg C)	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	896,86
	VELOCITY (m/s)	4,8	4,2	4,9	4,7	4,8	4,8	4,7	4,8	4,6	4,9	4,7	
44	TEMP (deg C)	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	1.311,63
	VELOCITY (m/s)	6,3	6,6	6,5	6,9	7,4	7,3	7,0	6,9	7,0	6,9	6,9	
45	TEMP (deg C)	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	355,08
	VELOCITY (m/s)	1,9	1,8	1,9	1,8	1,7	1,6	1,9	2,2	1,9	1,9	1,9	
46	TEMP (deg C)	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	1.350,34
	VELOCITY (m/s)	7,2	7,0	7,1	7,1	6,6	7,4	7,6	7,3	7,2	6,2	7,1	
47	TEMP (deg C)	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	69,22
	VELOCITY (m/s)	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	
48	TEMP (deg C)	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	1.631,05
	VELOCITY (m/s)	8,7	8,8	8,5	8,5	8,5	8,4	8,4	8,4	8,7	8,7	8,6	
49	TEMP (deg C)	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	776,53
	VELOCITY (m/s)	4,2	4,1	4,3	4,2	4,1	4,1	4,0	3,8	4,0	4,0	4,1	
50	TEMP (deg C)	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	860,82
	VELOCITY (m/s)	4,5	4,5	4,8	4,6	4,8	4,4	4,4	4,3	4,2	4,6	4,5	
51	TEMP (deg C)	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	390,17
	VELOCITY (m/s)	2,5	2,0	1,9	2,0	1,9	2,1	2,0	2,1	2,0	2,1	2,0	
52	TEMP (deg C)	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	233,23
	VELOCITY (m/s)	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	1,0	1,0	1,0	1,2	
53	TEMP (deg C)	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	276,90
	VELOCITY (m/s)	1,8	1,9	1,3	1,1	1,9	1,8	1,0	1,0	1,1	1,7	1,5	
54	TEMP (deg C)	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	181,74
	VELOCITY (m/s)	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	
55	TEMP (deg C)	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	175,44
	VELOCITY (m/s)	1,1	1,2	1,3	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	
56	TEMP (deg C)	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	98,40
	VELOCITY (m/s)	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
57	TEMP (deg C)	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	664,59
	VELOCITY (m/s)	3,5	3,4	3,7	3,7	3,6	3,4	3,6	3,2	3,6	3,3	3,5	
58	TEMP (deg C)	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	505,54
	VELOCITY (m/s)	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,6	2,7	2,6	2,5	2,5	2,7	
59	TEMP (deg C)	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	328,38
	VELOCITY (m/s)	1,7	1,7	1,8	1,7	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7	1,8	1,7	
60	TEMP (deg C)	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	335,25
	VELOCITY (m/s)	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,8	1,7	1,7	1,8	1,8	
61	TEMP (deg C)	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	1.070,39
	VELOCITY (m/s)	6,3	6,2	5,6	5,5	5,5	5,5	5,4	5,5	5,3	5,2	5,6	
62	TEMP (deg C)	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	241,81
	VELOCITY (m/s)	1,1	1,5	1,4	1,6	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,3	1,3	
63	TEMP (deg C)	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	364,81
	VELOCITY (m/s)	1,7	1,7	1,9	2,0	1,9	2,0	2,2	1,9	1,7	2,0	1,9	
64	TEMP (deg C)	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	738,58
	VELOCITY (m/s)	4,0	4,2	4,0	4,3	4,1	4,1	3,4	3,5	3,8	3,5	3,9	

65	TEMP (deg C)	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	763,75
	VELOCITY (m/s)	3,9	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	3,8	4,2	4,0	4,1	4,0	4,0	
66	TEMP (deg C)	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	105,65
	VELOCITY (m/s)	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	
67	TEMP (deg C)	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	72,66
	VELOCITY (m/s)	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
68	TEMP (deg C)	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	244,09
	VELOCITY (m/s)	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	
69	TEMP (deg C)	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	181,93
	VELOCITY (m/s)	0,9	1,0	0,9	0,9	1,1	1,1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	1,0	
70	TEMP (deg C)	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	148,94
	VELOCITY (m/s)	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	

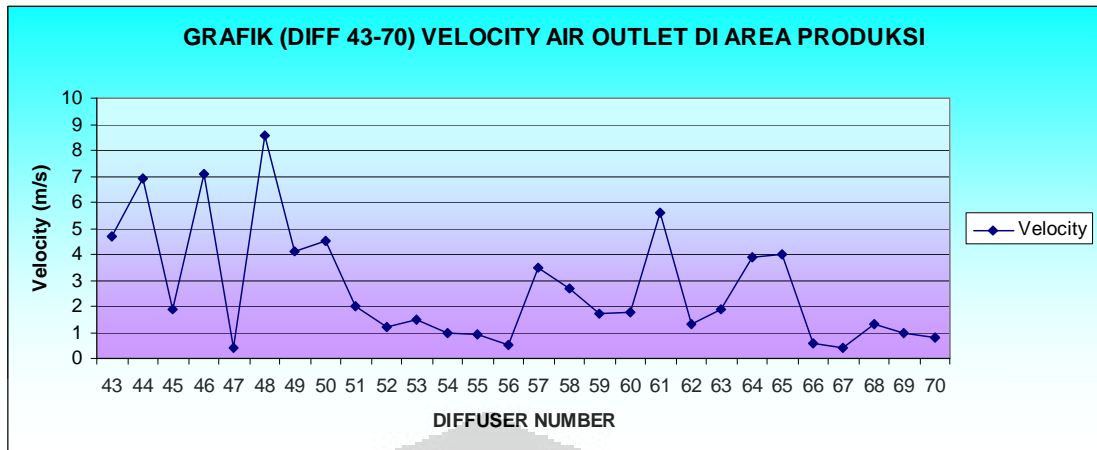
Tabel 4.3 Pengukuran temperatur dan *velocity*
Diffuser 43-70 di area produksi

Pada grafik temperatur untuk *Diffuser* 43-70, mengalami perubahan yang tidak terlalu besar, hanya pada *Diffuser* nomor lima puluh tujuh, terjadi peningkatan dan mencapai 17.1 derajat celcius.



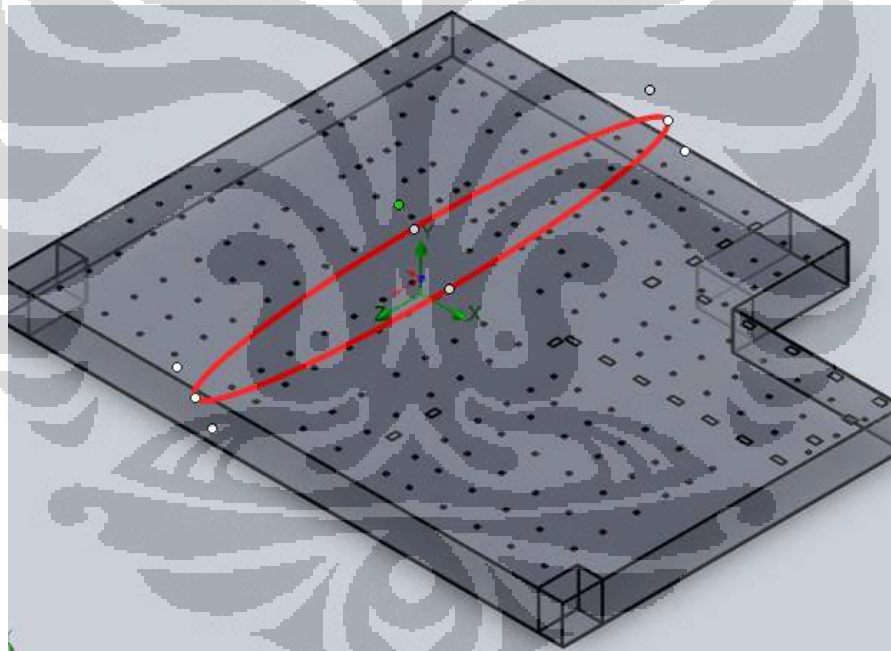
Grafik 4.5 Pengukuran temperatur *Diffuser* nomor 43-70 di area produksi

Laju udara pada *Diffuser* nomor 43-70, mengalami penurunan dan juga peningkatan yang berimbang, namun pada *Diffuser* nomor 49-70, pergerakan tidak terjadi terlalu ekstrem (*Grafik 4.6*).



Grafik 4.6 pengukuran velocity Diffuser nomor 43-70 di area produksi

Pengukuran temperatur dan velocity pada diffuser nomor 71 – 90



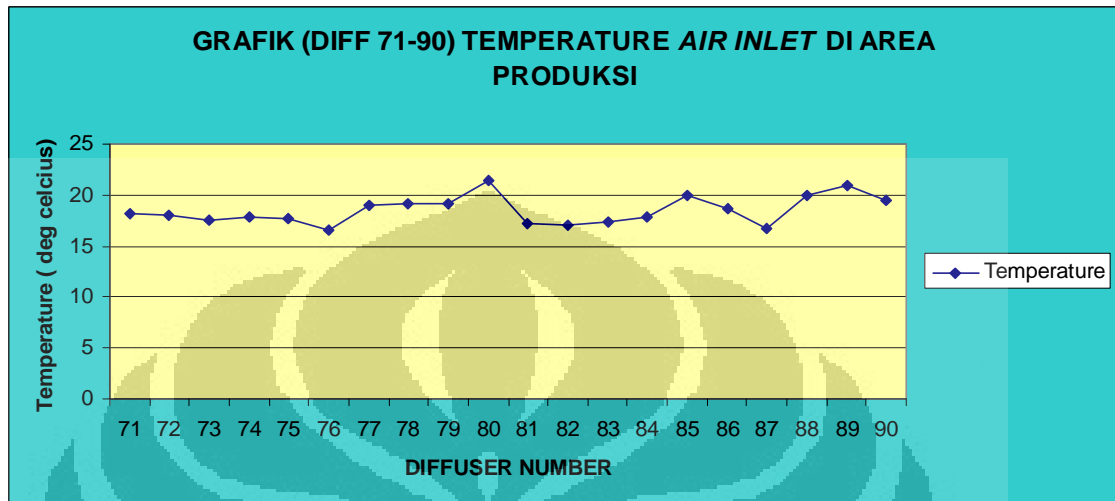
Gambar 4.4 Letak diffuser nomor 71 – 90 pada ceiling ruang produksi

Temperatur pada diffuser 71-90 pun mengalami pencapaian yang stabil pada angka 16 sampai 21 derajat celsius. Untuk laju udara, cukup fluktuatif walaupun tidak terlalu signifikan.

DIFF NO	PARAMETER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG	Flow (CFM)
71	TEMP (deg C)	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	413,25
	VELOCITY (m/s)	2,3	2,4	2,2	2,2	2,2	2,0	2,1	2,0	2,2	2,1	2,2	
72	TEMP (deg C)	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	274,61
	VELOCITY (m/s)	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	
73	TEMP (deg C)	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	487,43
	VELOCITY (m/s)	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,6	2,5	2,6	2,5	2,5	2,6	
74	TEMP (deg C)	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	304,55
	VELOCITY (m/s)	2,0	1,6	1,4	1,6	1,5	1,6	1,6	1,7	1,5	1,5	1,6	
75	TEMP (deg C)	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	251,15
	VELOCITY (m/s)	1,3	1,2	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,3	1,4	1,3	
76	TEMP (deg C)	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	621,11
	VELOCITY (m/s)	3,3	3,0	3,3	3,2	3,1	3,4	3,1	3,7	3,2	3,2	3,3	
77	TEMP (deg C)	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	262,02
	VELOCITY (m/s)	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	
78	TEMP (deg C)	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	150,08
	VELOCITY (m/s)	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	
79	TEMP (deg C)	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	301,11
	VELOCITY (m/s)	1,6	1,6	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,6	
80	TEMP (deg C)	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	86,58
	VELOCITY (m/s)	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	
81	TEMP (deg C)	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	549,02
	VELOCITY (m/s)	2,5	3,1	3,0	3,1	2,8	3,0	2,9	2,8	2,9	2,9	2,9	
82	TEMP (deg C)	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	346,12
	VELOCITY (m/s)	2,0	2,0	1,9	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,8	1,8	1,8	
83	TEMP (deg C)	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	330,48
	VELOCITY (m/s)	2,1	1,9	1,6	1,7	1,7	1,7	1,5	1,8	1,6	1,7	1,7	
84	TEMP (deg C)	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	835,64
	VELOCITY (m/s)	4,5	4,4	4,6	4,4	4,4	4,5	4,0	4,4	4,5	4,2	4,4	
85	TEMP (deg C)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	312,17
	VELOCITY (m/s)	1,7	1,9	1,6	1,8	1,6	1,6	1,6	1,5	1,6	1,4	1,6	
86	TEMP (deg C)	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	1.051,90
	VELOCITY (m/s)	5,7	5,8	5,5	5,5	5,7	5,2	5,5	5,5	5,4	5,4	5,5	
87	TEMP (deg C)	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	1.176,61
	VELOCITY (m/s)	6,3	6,4	6,3	6,0	6,3	6,0	6,1	6,1	6,1	6,2	6,2	
88	TEMP (deg C)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	194,13
	VELOCITY (m/s)	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	
89	TEMP (deg C)	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	94,01
	VELOCITY (m/s)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
90	TEMP (deg C)	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	185,36
	VELOCITY (m/s)	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	

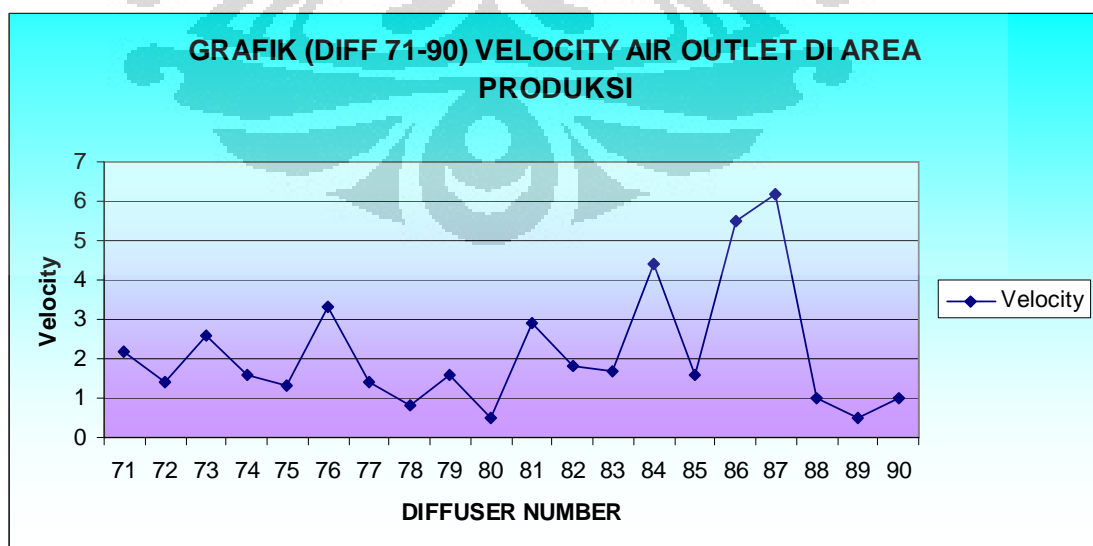
Tabel 4.4 Pengukuran temperatur dan *velocity**Diffuser 71-90* di area produksi

Pada grafik temperatur diffuser nomor 71-90, cenderung stabil. Peningkatan dan penurunan tidak terlalu besar, pada diffuser nomor 80 kenaikan temperatur mencapai titik 21.4 derajat celcius. Lalu menurun kembali menurun pada diffuser 81, dan kemudian stabil pada diffuser 82-84.



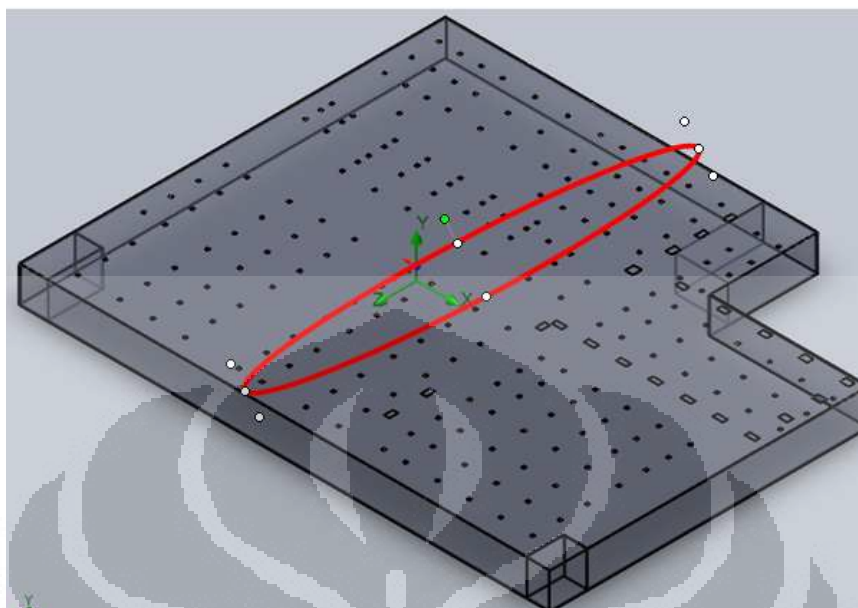
Grafik 4.7 Pengukuran temperatur Diffuser nomor 71-90 di area produksi

Pada grafik 4.8, tetap mengalami perubahan yang fluktuatif . dan perubahan yang paling signifikan terjadi pada diffuser 87 laju udara mencapai 6,2 m/s, kemudian menurun drastis pada diffuser 88, laju udara hanya mencapai 1,0 m/s.



Grafik 4.8 Pengukuran velocity Diffuser nomor 71-90 di area produksi

Pengukuran temperatur dan velocity pada diffuser nomor 91 – 109



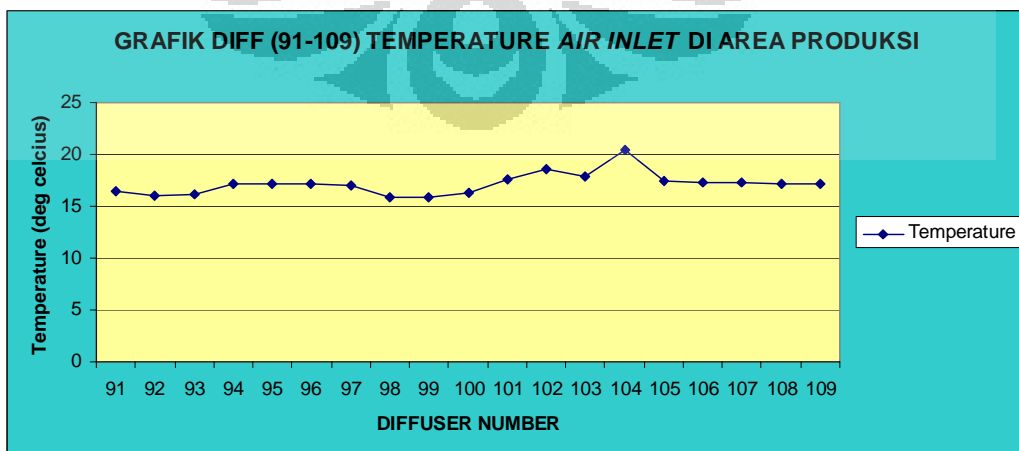
Gambar 4.5 Letak diffuser nomor 91 – 109 pada ceiling ruang produksi

DIFF NO	PARAMETER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG	Flow (CFM)
91	TEMP (deg C)	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	1.480,97
	VELOCITY (m/s)	7,5	7,3	7,6	7,7	7,6	8,0	8,2	8,1	7,8	8,0	7,8	
92	TEMP (deg C)	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	1.532,46
	VELOCITY (m/s)	7,8	7,9	8,0	7,9	7,9	8,1	8,3	7,9	8,4	8,2	8,0	
93	TEMP (deg C)	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	1.420,33
	VELOCITY (m/s)	7,4	7,4	7,6	7,4	7,3	7,4	7,4	7,6	7,5	7,5	7,4	
94	TEMP (deg C)	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	459,20
	VELOCITY (m/s)	2,4	2,5	2,5	2,3	2,4	2,3	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	
95	TEMP (deg C)	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	442,42
	VELOCITY (m/s)	2,2	2,3	2,3	2,4	2,3	2,3	2,2	2,4	2,3	2,4	2,3	
96	TEMP (deg C)	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	434,22
	VELOCITY (m/s)	2,1	2,2	2,2	2,4	2,3	2,2	2,3	2,3	2,4	2,3	2,3	
97	TEMP (deg C)	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	581,82
	VELOCITY (m/s)	2,9	2,9	2,9	3,1	3,4	3,0	3,1	3,3	2,9	3,0	3,1	
98	TEMP (deg C)	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	290,63
	VELOCITY (m/s)	1,5	1,7	1,7	1,7	1,5	1,6	1,4	1,3	1,5	1,4	1,5	
99	TEMP (deg C)	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	354,32
	VELOCITY (m/s)	2,1	2,0	1,7	1,6	2,0	1,9	1,8	1,9	1,8	1,9	1,9	
100	TEMP (deg C)	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	937,48
	VELOCITY (m/s)	4,8	4,8	5,0	4,9	5,0	5,0	4,9	5,0	5,1	4,8	4,9	

101	TEMP (deg C)	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	471,60
	VELOCITY (m/s)	2,3	2,0	2,6	2,5	2,6	2,6	2,7	2,5	2,6	2,4	2,5	
102	TEMP (deg C)	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	251,15
	VELOCITY (m/s)	1,2	1,3	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,3	
103	TEMP (deg C)	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	153,51
	VELOCITY (m/s)	1,0	1,0	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,7	0,8	
104	TEMP (deg C)	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	74,37
	VELOCITY (m/s)	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
105	TEMP (deg C)	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	582,01
	VELOCITY (m/s)	3,3	3,4	3,2	3,2	3,1	3,0	2,9	3,0	3,0	2,4	3,1	
106	TEMP (deg C)	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	707,49
	VELOCITY (m/s)	3,7	3,7	3,7	3,5	3,5	3,4	4,0	3,8	3,9	3,9	3,7	
107	TEMP (deg C)	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	707,49
	VELOCITY (m/s)	3,6	3,5	3,5	3,7	3,7	3,7	3,8	3,7	3,9	3,9	3,7	
108	TEMP (deg C)	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	717,03
	VELOCITY (m/s)	3,4	3,4	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,8	
109	TEMP (deg C)	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	688,42
	VELOCITY (m/s)	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7	3,8	3,6	

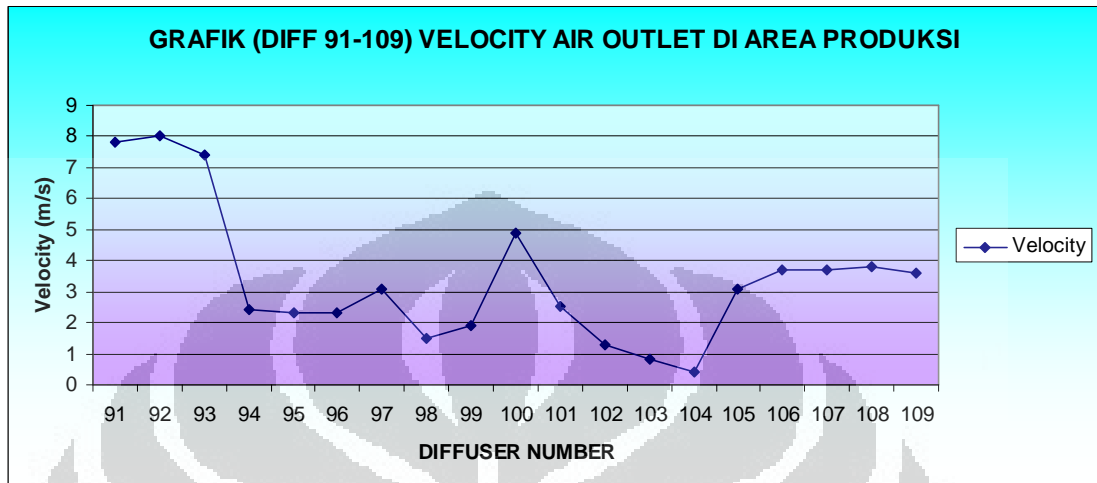
Tabel 4.5 Pengukuran temperatur dan *velocity* Diffuser 91-109 di area produksi

Berikut adalah grafik dari temperatur udara di area produksi, nomor diffuser 91-109, kenaikannya hanya pada diffuser 104, yaitu mencapai temperatur 20,5 derajat celcius. Kemudian pada diffuser nomor 105- 109, temperatur cenderung stabil (lihat grafik 4.9).



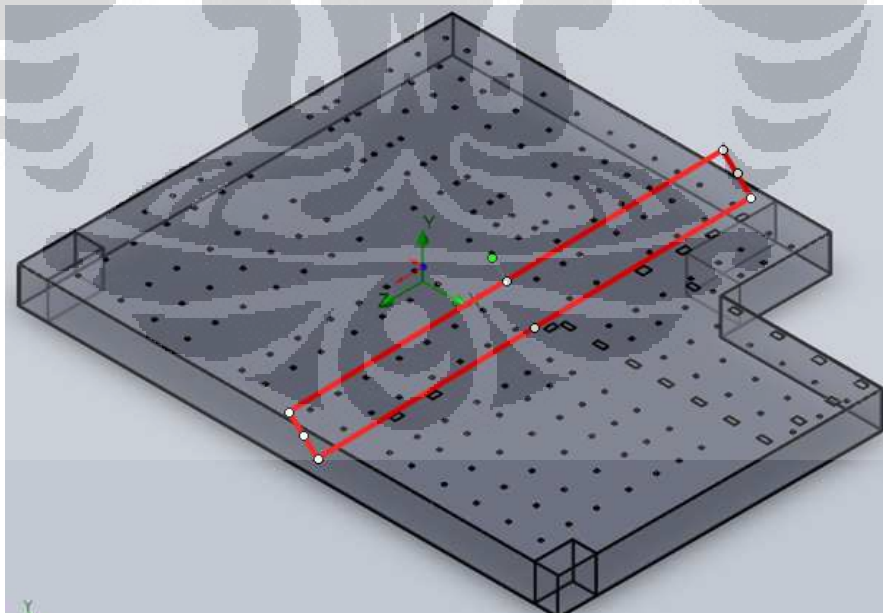
Grafik 4.9 pengukuran temperatur Diffuser nomor 91-109 di area produksi

Untuk laju udara pada diffuser 94, mengalami penurunan yang signifikan dari diffuser 93, sedangkan pada diffuser 94-96 laju udara tetap sama, hanya sebesar 2,3 dan 2,4 m/s, seperti yang terlihat pada *grafik 4.10*.



Grafik 4.10 Pengukuran *velocity* Diffuser nomor 91-109 di area produksi

Pengukuran temperatur dan velocity pada diffuser nomor 110 - 136



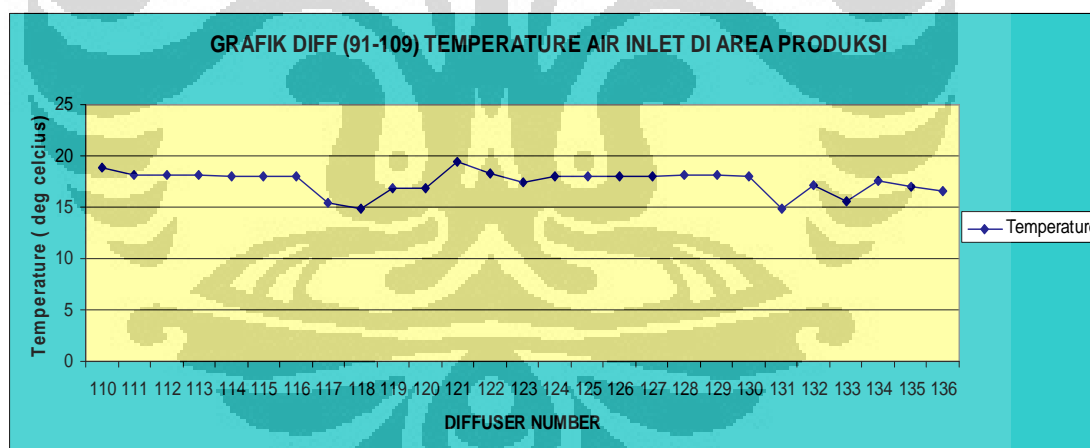
Gambar 4.6 Letak diffuser nomor 110 – 136 pada ceiling ruang produksi

DIFF NO	PARAMETER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG	Flow (CFM)
110	TEMP (deg C)	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	301,11
	VELOCITY (m/s)	1,4	1,5	1,7	1,6	1,7	1,7	1,5	1,7	1,6	1,5	1,6	
111	TEMP (deg C)	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	359,66
	VELOCITY (m/s)	2,0	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,9	1,9	1,9	
112	TEMP (deg C)	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	290,82
	VELOCITY (m/s)	1,6	1,6	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	
113	TEMP (deg C)	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	312,75
	VELOCITY (m/s)	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	
114	TEMP (deg C)	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	380,25
	VELOCITY (m/s)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
115	TEMP (deg C)	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	386,36
	VELOCITY (m/s)	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
116	TEMP (deg C)	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	386,93
	VELOCITY (m/s)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,0	2,1	2,1	2,1	2,0	
117	TEMP (deg C)	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	918,03
	VELOCITY (m/s)	5,1	5,0	5,0	4,5	4,4	4,7	4,9	4,9	4,9	4,8	4,8	
118	TEMP (deg C)	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	1.628,76
	VELOCITY (m/s)	8,8	8,7	8,4	8,5	8,8	8,7	8,7	8,4	8,1	8,4	8,5	
119	TEMP (deg C)	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	748,30
	VELOCITY (m/s)	4,1	4,2	3,6	3,6	3,7	3,8	3,6	4,1	4,2	4,3	3,9	
120	TEMP (deg C)	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9	357,18
	VELOCITY (m/s)	2,0	2,0	2,1	1,7	1,7	1,9	2,1	1,7	1,6	2,0	1,9	
121	TEMP (deg C)	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	128,72
	VELOCITY (m/s)	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	
122	TEMP (deg C)	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	250,58
	VELOCITY (m/s)	1,3	1,3	1,4	1,3	1,2	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3	
123	TEMP (deg C)	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	210,15
	VELOCITY (m/s)	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,1	
124	TEMP (deg C)	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	453,67
	VELOCITY (m/s)	2,4	2,5	2,4	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,4	2,4	
125	TEMP (deg C)	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	463,02
	VELOCITY (m/s)	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,7	2,6	2,4	2,3	2,4	
126	TEMP (deg C)	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	456,72
	VELOCITY (m/s)	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,4	2,4	
127	TEMP (deg C)	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	458,63
	VELOCITY (m/s)	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	
128	TEMP (deg C)	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	590,40
	VELOCITY (m/s)	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	
129	TEMP (deg C)	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	628,54
	VELOCITY (m/s)	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	
130	TEMP (deg C)	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	623,78
	VELOCITY (m/s)	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	
131	TEMP (deg C)	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	1.040,26
	VELOCITY (m/s)	5,9	5,6	5,1	5,3	5,5	5,5	5,5	5,4	5,3	5,5	5,5	

132	TEMP (deg C)	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	849,37
	VELOCITY (m/s)	4,5	4,5	4,5	4,7	4,8	4,5	4,5	4,2	4,1	4,3	4,5	
133	TEMP (deg C)	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	868,44
	VELOCITY (m/s)	4,6	4,5	4,5	4,4	4,6	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,6	
134	TEMP (deg C)	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	220,83
	VELOCITY (m/s)	1,0	1,2	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	
135	TEMP (deg C)	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	224,07
	VELOCITY (m/s)	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,2	
136	TEMP (deg C)	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	212,63
	VELOCITY (m/s)	1,2	1,2	1,0	1,0	0,9	1,3	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	

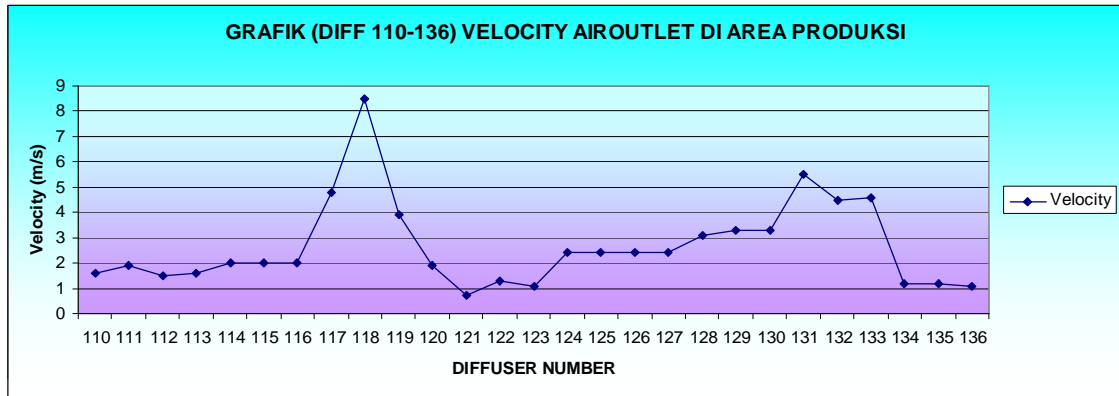
Tabel 4.6 Pengukuran temperatur dan *velocity*
Diffuser 110-136 di area produksi

Pada data temperatur dan laju udara pada diffuser 110-136, pada diffuser 110-116 temperatur cenderung stabil, lalu pada diffuser 117-118 mengalami penurunan temperatur. Dan pada diffuser 123-130 laju udara kembali stabil berkisar diangka 2.4 m/s.



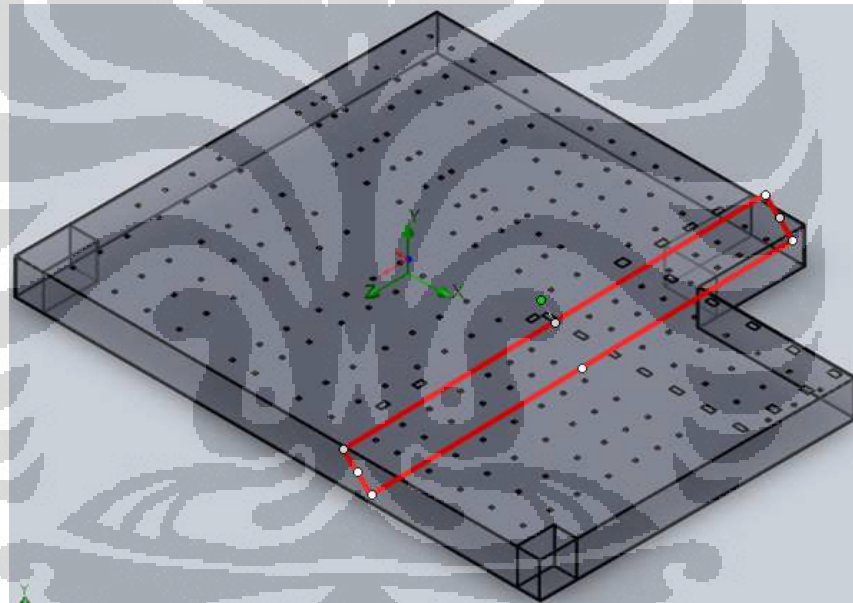
Grafik 4.11 Pengukuran temperatur *Diffuser* nomor 110-136 di area produksi

Pada grafik laju udara (Grafik 4.12), pada diffuser 110- 136, cenderung stabil, perlahan mengalami peningkatan pada diffuser 117 dan 118, namun pada diffuser 119-121, turun dengan drastis, setelah itu laju udara mengalami kestabilan. Dan pada diffuser 133, mencapai penurunan yang cukup ekstrim.



Grafik 4.12 Pengukuran *velocity* Diffuser nomor 110-136 di area produksi

Pengukuran temperatur dan velocity pada diffuser nomor 137 - 164



Gambar 4.7 Letak diffuser nomor 137 – 164 pada ceiling ruang produksi

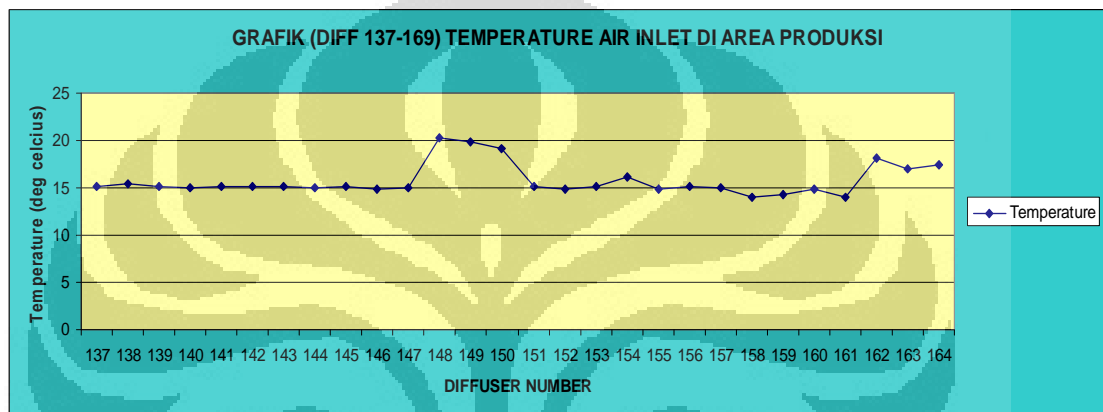
Data temperatur pada diffuser 137-164, tetap stabil dan untuk diffuser terendah adalah 148-149 dengan nilai 0,4 derajat celcius.

DIFF NO	PARAMETER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG	Flow (CFM)
137	TEMP (deg C)	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	782,25
	VELOCITY (m/s)	3,8	3,7	4,0	4,0	3,9	4,1	4,5	4,3	4,5	4,3	4,1	
138	TEMP (deg C)	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	545,21
	VELOCITY (m/s)	2,9	3,0	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,7	2,8	3,1	2,9	

139	TEMP (deg C)	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	663,25
	VELOCITY (m/s)	3,8	3,7	3,7	3,8	3,6	3,4	3,5	3,1	3,2	3,0	3,5	
140	TEMP (deg C)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	1.127,60
	VELOCITY (m/s)	6,4	6,3	5,9	5,8	6,0	5,8	5,9	5,7	5,7	5,8	5,9	
141	TEMP (deg C)	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	659,63
	VELOCITY (m/s)	3,4	3,2	3,3	3,4	3,3	3,4	3,9	3,7	3,4	3,6	3,5	
142	TEMP (deg C)	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	656,01
	VELOCITY (m/s)	3,5	3,5	3,3	3,5	3,4	3,4	3,4	3,5	3,4	3,5	3,4	
143	TEMP (deg C)	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	670,31
	VELOCITY (m/s)	4,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,8	3,4	3,4	3,5	
144	TEMP (deg C)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	522,52
	VELOCITY (m/s)	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,7	2,8	2,7	2,8	2,7	
145	TEMP (deg C)	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	424,31
	VELOCITY (m/s)	2,6	2,5	2,6	2,6	2,0	2,4	1,9	2,1	1,8	1,8	2,2	
146	TEMP (deg C)	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	869,78
	VELOCITY (m/s)	3,7	3,6	3,9	4,1	4,9	4,8	4,9	5,0	5,4	5,3	4,6	
147	TEMP (deg C)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	796,36
	VELOCITY (m/s)	4,5	4,4	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,2	4,0	4,2	4,2	
148	TEMP (deg C)	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	79,90
	VELOCITY (m/s)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
149	TEMP (deg C)	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	68,08
	VELOCITY (m/s)	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
150	TEMP (deg C)	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	98,78
	VELOCITY (m/s)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,9	0,5	
151	TEMP (deg C)	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	586,21
	VELOCITY (m/s)	3,0	3,2	2,8	3,3	3,0	3,1	3,2	3,0	3,1	3,1	3,1	
152	TEMP (deg C)	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	619,58
	VELOCITY (m/s)	3,3	3,3	3,3	3,2	3,3	3,2	3,2	3,3	3,2	3,3	3,2	
153	TEMP (deg C)	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	455,39
	VELOCITY (m/s)	2,9	2,8	2,3	2,4	2,5	2,3	2,3	2,3	2,2	2,1	2,4	
154	TEMP (deg C)	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	110,03
	VELOCITY (m/s)	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	
155	TEMP (deg C)	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	833,36
	VELOCITY (m/s)	4,4	4,7	4,6	4,4	4,4	4,1	4,3	4,4	4,2	4,3	4,4	
156	TEMP (deg C)	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	610,62
	VELOCITY (m/s)	3,3	3,3	3,5	3,3	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	3,1	3,2	
157	TEMP (deg C)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	786,25
	VELOCITY (m/s)	4,8	4,4	4,5	4,4	3,7	3,9	4,5	3,8	3,7	3,7	4,1	
158	TEMP (deg C)	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	1.275,97
	VELOCITY (m/s)	6,6	6,7	6,7	6,6	6,7	6,6	6,7	6,7	6,8	6,7	6,7	
159	TEMP (deg C)	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	538,73
	VELOCITY (m/s)	2,7	2,8	3,0	3,2	3,1	2,9	2,8	2,8	2,7	2,3	2,8	
160	TEMP (deg C)	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	407,14
	VELOCITY (m/s)	2,4	2,2	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,0	2,2	2,1	
161	TEMP (deg C)	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	967,61
	VELOCITY (m/s)	5,2	5,1	5,1	5,0	4,9	5,0	5,1	5,1	5,2	5,1	5,1	

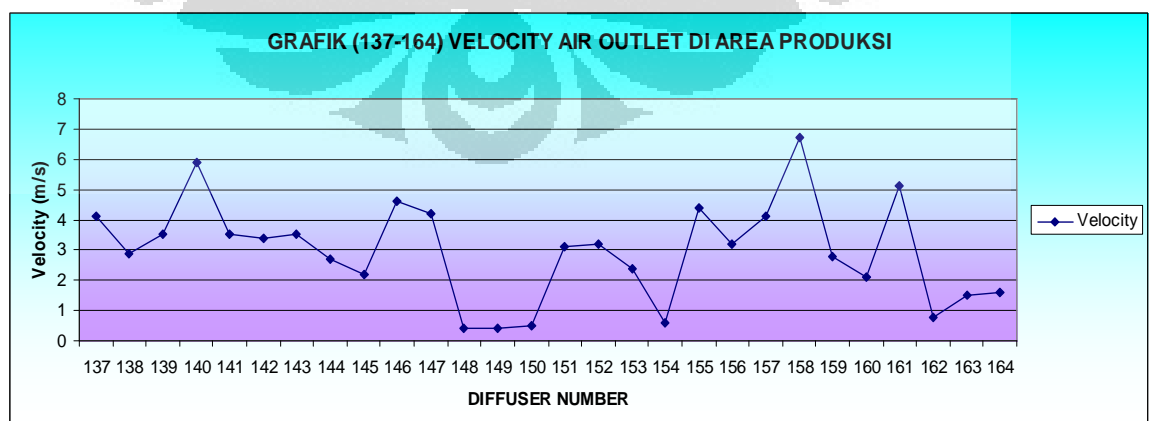
162	TEMP (deg C)	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	159,81
	VELOCITY (m/s)	0,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	
163	TEMP (deg C)	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	287,77
	VELOCITY (m/s)	1,6	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	
164	TEMP (deg C)	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	313,13
	VELOCITY (m/s)	1,6	1,6	1,7	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	

Tabel 4.7 Pengukuran temperatur dan *velocity*
Diffuser 137-164 di area produksi



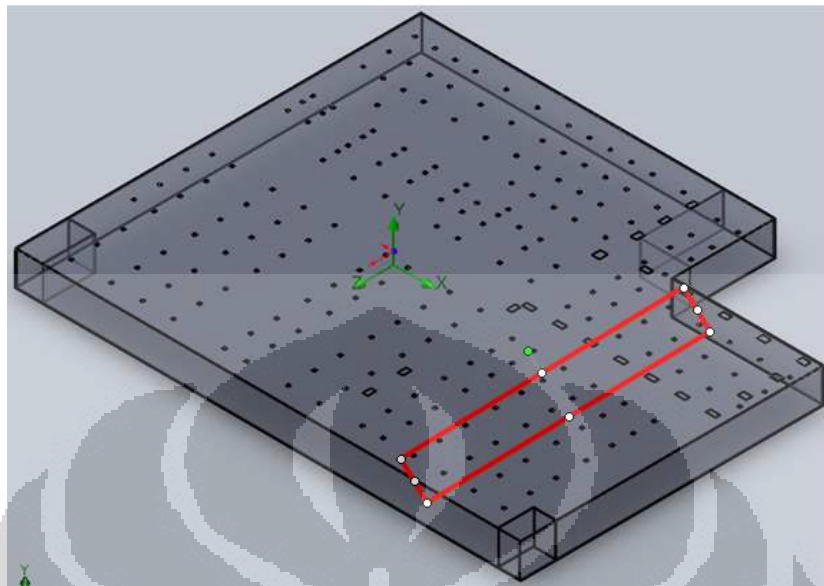
Grafik 4.13 Pengukuran temperatur *Diffuser* nomor 137-164 di area produksi

Laju udara pada diffuser 137-164, bergerak dan terus berubah. Pada diffuser 145-150, mengalami penurunan yang sangat signifikan, begitupun yang terjadi pada diffuser 154 dan 162, laju udara hanya mencapai 0,6 m/s dan 0,8 m/s.



Grafik 4.14 Pengukuran *velocity* *Diffuser* nomor 137-164 di area produksi

Pengukuran temperatur dan velocity pada diffuser nomor 165 – 184



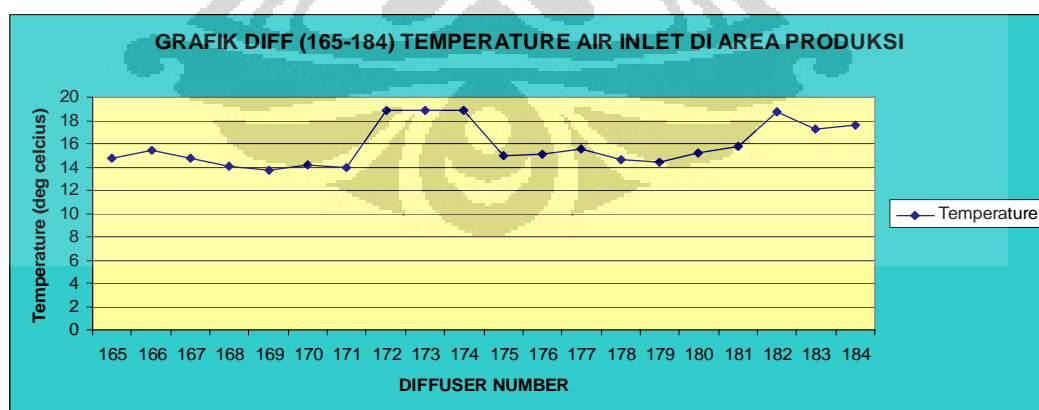
Gambar 4.8 Letak diffuser nomor 165 – 184

DIFF NO	PARAMETER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG	Flow (CFM)
165	TEMP (deg C)	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	463,21
	VELOCITY (m/s)	2,5	2,5	2,6	2,7	2,3	2,3	2,5	2,3	2,3	2,3	2,4	
166	TEMP (deg C)	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	433,84
	VELOCITY (m/s)	2,3	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,3	2,1	2,2	2,3	2,3	
167	TEMP (deg C)	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	708,64
	VELOCITY (m/s)	3,4	3,5	4,0	3,9	3,6	3,7	3,8	3,6	3,8	3,9	3,7	
168	TEMP (deg C)	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	531,86
	VELOCITY (m/s)	2,8	2,7	2,8	2,7	2,6	2,9	2,8	2,8	2,8	3,0	2,8	
169	TEMP (deg C)	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	644,75
	VELOCITY (m/s)	3,4	3,3	3,6	3,4	3,4	3,3	3,5	3,3	3,3	3,4	3,4	
170	TEMP (deg C)	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	451,58
	VELOCITY (m/s)	2,7	2,7	2,4	2,3	2,4	2,4	2,3	2,0	2,0	2,5	2,4	
171	TEMP (deg C)	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	540,82
	VELOCITY (m/s)	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,8	
172	TEMP (deg C)	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	153,89
	VELOCITY (m/s)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	
173	TEMP (deg C)	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	160,00
	VELOCITY (m/s)	0,9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,7	0,8	
174	TEMP (deg C)	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	168,77
	VELOCITY (m/s)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	
175	TEMP (deg C)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	610,05
	VELOCITY (m/s)	2,9	3,0	3,0	3,4	3,5	3,2	3,1	3,4	3,2	3,3	3,2	
176	TEMP (deg C)	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	632,93

	VELOCITY (m/s)	2,7	2,7	3,6	3,3	3,4	3,5	3,5	3,3	3,4	3,7	3,3	
177	TEMP (deg C)	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	185,55
	VELOCITY (m/s)	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	1,0	
178	TEMP (deg C)	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	370,72
	VELOCITY (m/s)	1,9	2,0	1,9	2,0	1,9	1,9	2,0	1,9	2,0	1,9	1,9	
179	TEMP (deg C)	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	398,56
	VELOCITY (m/s)	2,2	2,2	2,1	2,2	2,2	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	
180	TEMP (deg C)	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	365,00
	VELOCITY (m/s)	1,6	1,8	1,9	2,1	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	2,0	1,9	
181	TEMP (deg C)	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	336,39
	VELOCITY (m/s)	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,8	1,8	1,7	1,8	1,7	1,8	
182	TEMP (deg C)	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	202,90
	VELOCITY (m/s)	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	
183	TEMP (deg C)	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	298,83
	VELOCITY (m/s)	1,6	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6	1,5	1,6	1,7	1,5	1,6	
184	TEMP (deg C)	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	149,32
	VELOCITY (m/s)	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	

Tabel 4.8 Pengukuran temperatur dan *velocity*
Diffuser 165-184 di area produksi

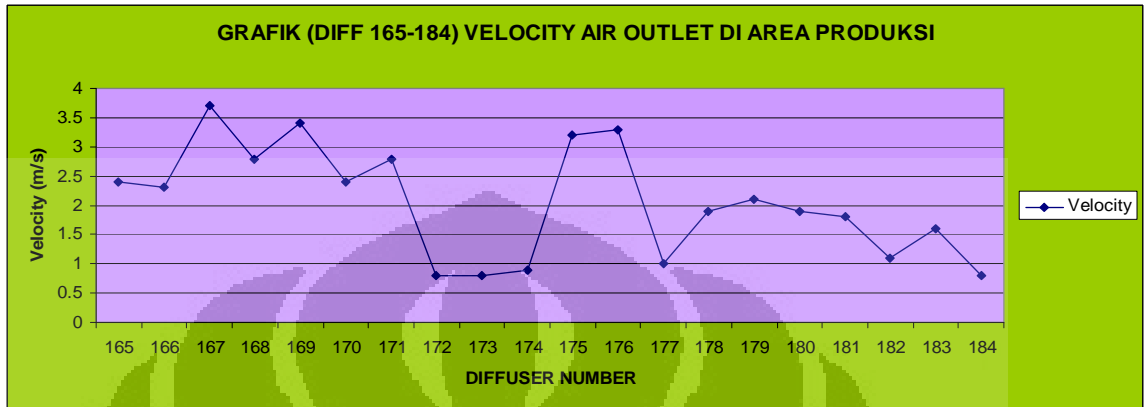
Pada grafik temperatur diffuser nomor 165-184, ada beberapa diffuser yang meningkat temperaturnya, sehingga berpengaruh juga kepada laju udara. Laju udara yang dihasilkan pun semakin besar, walaupun pada beberapa diffuser, temperatur tetap stabil.



Grafik 4.15 Pengukuran temperatur *Diffuser* nomor 165-184 di area produksi

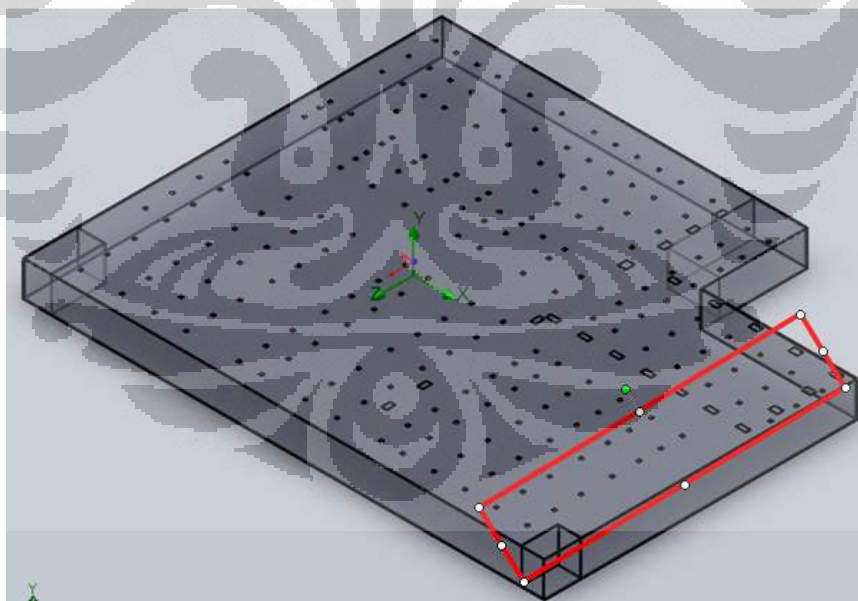
Untuk laju udara pada diffuser 165-184, terlihat sangat fluktuatif. Peningkatan dan penurunan terjadi pada tiap-tiap diffuser. Dan diffuser yang laju

udaranya sangat rendah adalah diffuser nomor 172 dan 184, hanya sebesar 0,8 m/s. untuk diffuser yang lain laju udara nya pun tetap mengalami penurunan dan peningkatan.



Grafik 4.16 Pengukuran *velocity* Diffuser nomor 165-184 di area produksi

Pengukuran temperatur dan velocity pada diffuser nomor 185 – 207



Gambar 4.9 Letak diffuser nomor 185 – 207

DIFF NO	PARAMETER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG	Flow (CFM)
185	TEMP (deg C)	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	233,61
	VELOCITY (m/s)	1,1	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	

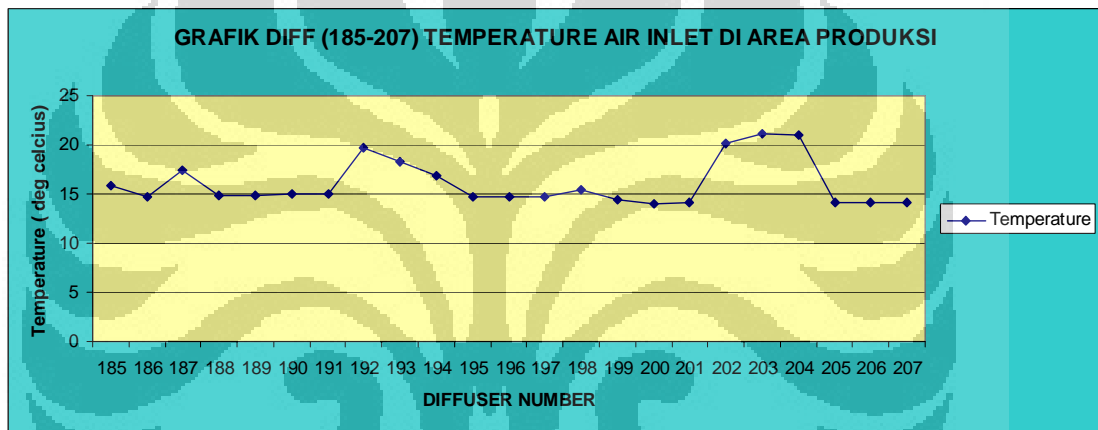
186	TEMP (deg C)	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	516,22
	VELOCITY (m/s)	2,8	2,8	2,5	2,6	2,4	2,5	2,7	3,0	2,8	2,9	2,7	
187	TEMP (deg C)	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	109,27
	VELOCITY (m/s)	0,7	0,4	0,4	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	
188	TEMP (deg C)	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	239,33
	VELOCITY (m/s)	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2	1,3	
189	TEMP (deg C)	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	14,9	263,55
	VELOCITY (m/s)	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	
190	TEMP (deg C)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	284,33
	VELOCITY (m/s)	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
191	TEMP (deg C)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	326,10
	VELOCITY (m/s)	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	
192	TEMP (deg C)	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	189,56
	VELOCITY (m/s)	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	
193	TEMP (deg C)	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	237,04
	VELOCITY (m/s)	1,4	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	
194	TEMP (deg C)	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	440,52
	VELOCITY (m/s)	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,3	2,2	2,3	2,3	2,3	
195	TEMP (deg C)	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	1.158,88
	VELOCITY (m/s)	5,8	5,8	6,3	6,0	6,3	6,1	6,2	6,0	6,1	6,1	6,1	
196	TEMP (deg C)	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	1.145,72
	VELOCITY (m/s)	5,8	5,9	5,9	5,9	6,0	6,2	6,1	6,0	6,1	6,2	6,0	
197	TEMP (deg C)	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	1.166,51
	VELOCITY (m/s)	6,2	6,3	5,9	6,3	6,1	6,2	6,0	6,0	6,1	6,2	6,1	
198	TEMP (deg C)	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	187,84
	VELOCITY (m/s)	1,1	1,1	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	
199	TEMP (deg C)	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4	408,48
	VELOCITY (m/s)	2,7	2,3	2,2	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	2,1	2,0	2,1	
200	TEMP (deg C)	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	435,37
	VELOCITY (m/s)	2,1	2,0	2,1	2,5	2,5	2,3	2,5	2,2	2,3	2,4	2,3	
201	TEMP (deg C)	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	545,40
	VELOCITY (m/s)	4,0	3,9	2,6	2,9	2,7	2,4	2,7	2,5	2,5	2,6	2,9	
202	TEMP (deg C)	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	289,48
	VELOCITY (m/s)	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
203	TEMP (deg C)	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	110,22
	VELOCITY (m/s)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
204	TEMP (deg C)	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	196,61
	VELOCITY (m/s)	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
205	TEMP (deg C)	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	1.102,62
	VELOCITY (m/s)	5,8	5,8	5,9	5,9	5,6	5,6	5,7	5,7	5,8	5,9	5,8	
206	TEMP (deg C)	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	1.091,94
	VELOCITY (m/s)	5,6	5,6	5,5	5,6	5,8	5,7	5,9	5,9	5,8	5,9	5,7	

207	TEMP (deg C)	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	1.052,66
	VELOCITY (m/s)	5,4	5,5	5,5	5,5	5,5	5,6	5,6	5,5	5,5	5,6	5,5	5,5	

Tabel 4.9 Pengukuran temperatur dan *velocity*

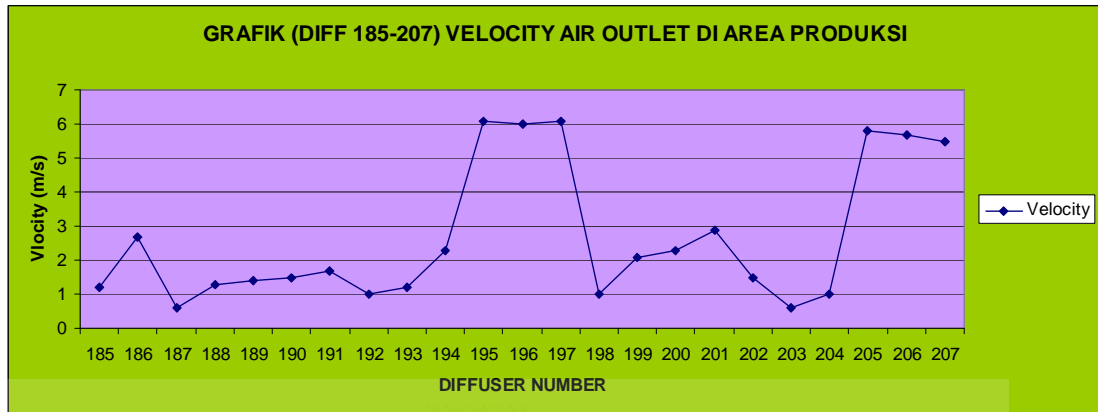
Diffuser 185-207 di area produksi

Dari data temperatur dan laju udara pada diffuser 185-207, terlihat ada pergerakan temperatur yang signifikan. Seperti yang terlihat pada diffuser nomor 192, temperatur 19,7 derajat celcius, dan temperatur tertinggi terjadi pada diffuser nomor 203 yaitu sebesar 21,2 m/s. Lalu kembali menurun pada diffuser 205-207, mencapai titik temperatur paling rendah yaitu 14,2 dan 14,1 derajat celcius.



Grafik 4.17 Pengukuran temperatur *Diffuser ducting nomor 185-207* di area produksi

Dan laju udara pada diffuser 185-207 pun menunjukkan pergerakan yang aktif, dengan peningkatan dan penurunan yang drastis, hal ini terjadi dikarenakan temperature pada diffuser nomor 185-207 juga bergerak meningkat dan menurun dengan cukup besar.



Grafik 4.18 Pengukuran *velocity* Diffuser nomor 185-207 di area produksi

4.1.2 Hasil Pengukuran Aktual *Air Outlet*

Pada pengukuran aktual *air outlet* dilakukan pengukuran di *air return AHU*, maka didapat data laju aliran udara dan temperatur udara yang keluar area produksi. Berikut data-data yang didapat pada saat pengukuran:

PENGUKURAN	1		2		3	
	TEMP.	VELOCITY	TEMP.	VELOCITY	TEMP.	VELOCITY
1	24,4	2,26	24,6	3,72	23,2	4,45
2	24,4	2,27	24,5	3,81	23,2	3,72
3	24,4	2,67	24,4	3,82	23,2	4,32
4	24,4	2,95	24,4	3,78	23,2	4,28
5	24,4	2,48	24,4	3,4	23,2	4,25
6	24,4	2,78	24,4	3,86	23,2	4,19
7	24,4	2,51	24,4	3,69	23,2	4,36
8	24,4	2,34	24,4	3,79	23,2	4,08
9	24,4	2,46	24,4	3,71	23,2	3,95
10	24,4	2,29	24,4	3,39	23,2	4,07
AVERAGE	24,4	2,501	24,43	3,697	23,2	4,167
AREA (m²)	0,6		0,6		0,7	
FLOW RATE (CFM)	3179,59		4700,10		6180,56	

PENGUKURAN	4		5		6	
	TEMP.	VELOCITY	TEMP.	VELOCITY	TEMP.	VELOCITY
1	23,5	2,53	24,6	0,18	24,8	0,14
2	23,5	2,49	24,6	0,19	24,8	0,22
3	23,5	2,32	24,6	0,27	24,8	0,18
4	23,5	2,39	24,6	0,32	24,8	0,27
5	23,5	2,36	24,6	0,22	24,8	0,24

6	23,5	2,4	24,6	0,25	24,8	0,25
7	23,5	2,36	24,6	0,29	24,8	0,19
8	23,5	2,22	24,6	0,21	24,8	0,24
9	23,5	2,28	24,6	0,32	24,8	0,21
10	23,5	2,41	24,6	0,28	24,8	0,23
AVERAGE	23,5	2,376	24,6	0,253	24,8	0,217
AREA (m²)	0,9		0,6		0,6	
FLOW RATE (CFM)	4531,01		321,65		275,88	

PENGUKURAN	7		8		9	
	TEMP.	VELOCITY	TEMP.	VELOCITY	TEMP.	VELOCITY
1	23,8	0,19	23,4	0,23	22,7	11,2
2	23,8	0,22	23,4	0,24	22,7	11,2
3	23,8	0,21	23,4	0,3	22,7	11,1
4	23,8	0,16	23,4	0,31	22,7	11,4
5	23,8	0,26	23,4	0,3	22,7	11,2
6	23,8	0,29	23,4	0,35	22,7	11
7	23,8	0,3	23,4	0,32	22,7	10,9
8	23,8	0,26	23,4	0,36	22,7	11,1
9	23,8	0,31	23,4	0,29	22,7	11,2
10	23,8	0,28	23,4	0,32	22,7	10,9
AVERAGE	23,8	0,248	23,4	0,302	22,7	11,12
AREA (m²)	0,6		0,63		0,63	
FLOW RATE (CFM)	315,29		404,74		14902,93	

PENGUKURAN	10		11		12	
	TEMP.	VELOCITY	TEMP.	VELOCITY	TEMP.	VELOCITY
1	22,4	10,5	23,3	10,7	23,1	10,6
2	22,4	10,4	23,3	10,5	23,1	10,5
3	22,4	10,1	23,3	10,7	23,1	10,7
4	22,4	10,4	23,3	10,8	23,1	10,8
5	22,4	10,1	23,3	10,3	23,1	10,4
6	22,4	10,4	23,3	10,7	23,1	10,2
7	22,4	10,1	23,3	10,6	23,1	10,1
8	22,4	10	23,3	10,6	23,1	10,2
9	22,4	10,3	23,3	10,4	23,1	10,4
10	22,4	10,2	23,3	10,2	23,1	10,3
AVERAGE	22,4	10,25	23,3	10,55	23,1	10,42
AREA (m²)	0,63		0,63		0,63	
FLOW RATE (CFM)	13736,96		14139,02		13964,80	

PENGUKURAN	13		14		15	
	TEMP.	VELOCITY	TEMP.	VELOCITY	TEMP.	VELOCITY
1	22,9	8,61	22,7	7,3	23,1	2,05
2	22,9	8,37	22,7	7,24	23,1	2,07
3	22,9	8,85	22,7	7,27	23,1	2,08
4	22,9	9,01	22,7	7,4	23,1	2,06
5	22,9	8,95	22,7	7,21	23,1	2,15
6	22,9	9,03	22,7	7,21	23,1	2,09
7	22,9	8,96	22,7	7,28	23,1	2,1
8	22,9	8,86	22,7	7,3	23,1	2,19
9	22,9	9,11	22,7	7,14	23,1	2,1
10	22,9	8,81	22,7	7,37	23,1	2,14
AVERAGE	22,9	8,856	22,7	7,272	23,1	2,103
AREA (m²)	0,63		0,63		0,6	
FLOW RATE (CFM)	11868,74		9745,87		2673,60	

PENGUKURAN	16		17		18	
	TEMP.	VELOCITY	TEMP.	VELOCITY	TEMP.	VELOCITY
1	20,7	2,35	22,3	1,65	23,6	2,42
2	20,7	2,33	22,3	1,8	23,6	2,41
3	20,7	2,42	22,3	1,7	23,6	2,55
4	20,7	2,43	22,3	2,16	23,6	2,57
5	20,7	2,31	22,3	2,4	23,6	2,5
6	20,7	2,34	22,3	2,37	23,6	2,51
7	20,7	2,26	22,3	2,58	23,6	2,53
8	20,7	2,12	22,3	2,58	23,6	2,52
9	20,7	2,28	22,3	2,78	23,6	2,6
10	20,7	2,27	22,3	2,63	23,6	2,63
AVERAGE	20,7	2,311	22,3	2,265	23,6	2,524
AREA (m²)	0,6		0,6		0,7	
FLOW RATE (CFM)	2938,04		2879,56		3743,64	

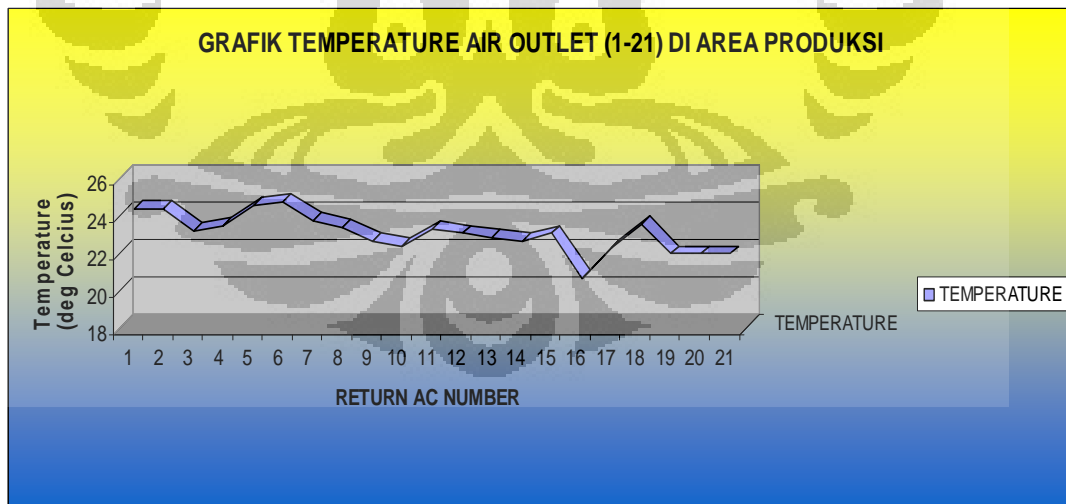
PENGUKURAN	19		20		21	
	TEMP.	VELOCITY	TEMP.	VELOCITY	TEMP.	VELOCITY
1	22	4,83	22	4,83	22	6,38
2	22	4,72	22	4,72	22	6,36
3	22	4,69	22	4,69	22	6,31
4	22	4,8	22	4,8	22	6,44
5	22	4,86	22	4,86	22	6,49
6	22	4,9	22	4,9	22	6,3
7	22	4,81	22	4,81	22	6,48
8	22	4,78	22	4,78	22	6,21
9	22	4,94	22	4,94	22	6,5
10	22	4,86	22	4,86	22	6,43
AVERAGE	22	4,819	22	4,819	22	6,39
AREA (m²)	0,7		0,7		0,7	

FLOW RATE (CFM)	7147,62	7147,62	9477,75
----------------------------	----------------	----------------	----------------

Tabel 4.10 Pengukuran temperature, velocity *Air Outlet* nomor 1-21 pada area produksi

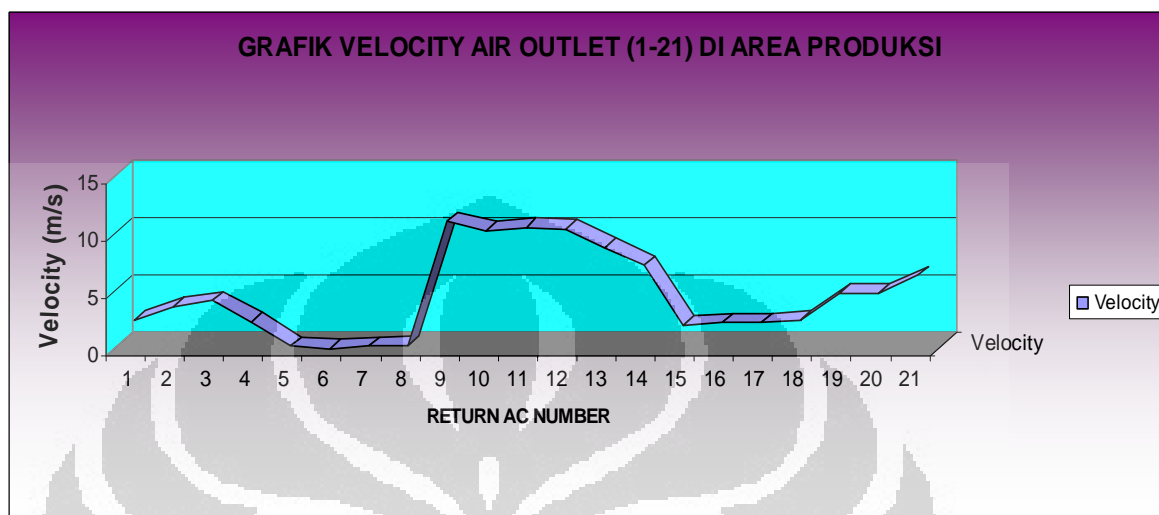
Dari hasil pengukuran temperatur, dapat dilihat bahwa pada return AC nomor 3 terjadi penurunan temperatur pada titik 23,2 derajat celcius, namun perlahan meningkat pada return AC nomor 4, 5 dan 6. Sedangkan dari hasil pengukuran laju aliran udara, terjadi penurunan yang drastis, dari return AC nomor 4 dan 5, sampai pada akhirnya mencapai titik terendah 0,217 m/s pada return AC nomor 6.

Kemudian hasil pengukuran return AC 8-14, terlihat temperatur menurun pada return AC nomor 9 menurun ke titik 22,7 derajat celcius, lalu terjadi penurunan pada titik 22,4 pada return AC nomor 10, dan mulai meningkat pada return AC nomor 11, dan kemudian menurun. Pada grafik laju aliran udara, terjadi peningkatan yang ekstrem pada return AC nomor 9, yaitu mencapai 11,12 m/s.



Grafik 4.19 Pengukuran *Temperature Return AC nomor 1-21* di area produksi

Pada grafik temperatur *air outlet* nomor 1 sampai dengan 21, pada *air outlet* nomor 16 turun pada titik 20,7 derajat celcius, lalu pada *air outlet* nomor 17 dan 18 temperatur meningkat. Dapat dilihat pada grafik 4.17 dan 4.18.



Grafik 4.20 Pengukuran *Velocity Return AC* nomor 1-21 di area produksi

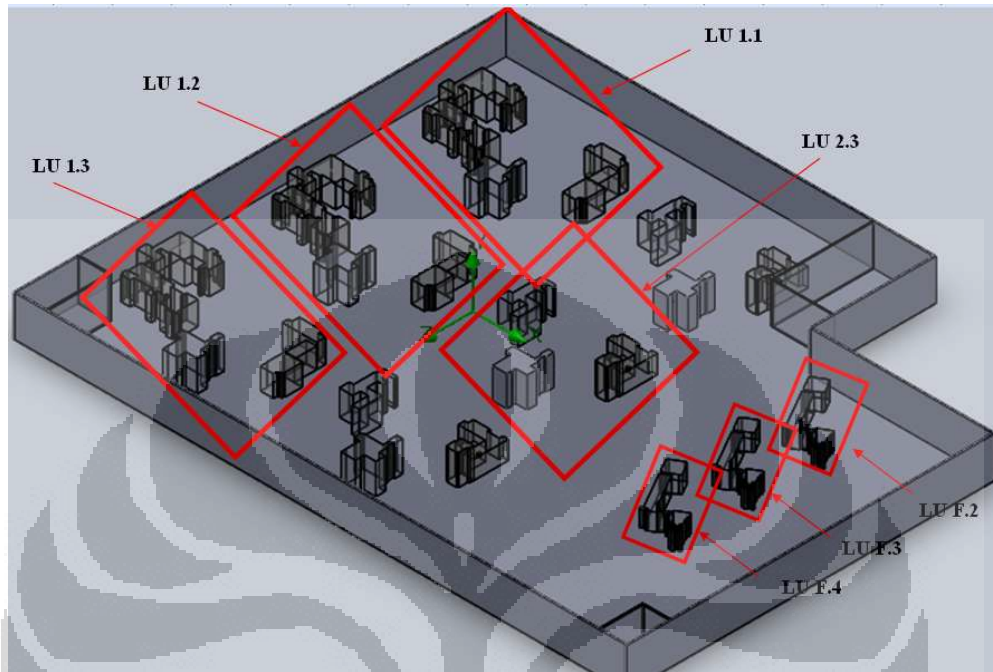
Jika dilihat dari grafik *velocity air outlet* nomor 1 sampai dengan nomor 21, maka dapat terlihat fluktuasi yang cukup signifikan. Ada beberapa *air outlet* yang memiliki nilai *velocity* sangat rendah, yaitu pada nomor 5, nomor 6, nomor 7, dan nomor 8. Selain itu ada beberapa *air outlet* yang memiliki nilai *velocity* yang tinggi yaitu pada nomor 9, nomor 10, nomor 11, dan nomor 12.

4.1.3 Pengukuran aktual *exhaust* Mesin

Salah satu yang mempengaruhi distribusi termal pada ruang produksi industri rokok putih adalah sumber kalor yang berada pada ruangan tersebut. Dalam hal ini yang dimaksud dengan sumber kalor yang terdapat pada ruang tersebut adalah kalor yang dihasilkan dari mesin-mesin produksi.

Ada beberapa bagian mesin yang menghasilkan kalor, misalnya seperti motor listrik, heater, gesekan antar bagian mesin, dan lain sebagainya. Sumber-sumber kalor tersebut yang menyebabkan terjadinya perbedaan temperatur lokal antar wilayah di area produksi. Ada beberapa wilayah yang temperaturnya lebih

tinggi dari wilayah lainnya, dan ada pula beberapa wilayah yang temperaturnya lebih rendah. Hal tersebut dipengaruhi oleh jumlah sumber kalor pada setiap mesin, serta nilai temperatur pada setiap bagian mesin.



Gambar 4.10 *LINK UP* Mesin pada area produksi

Secara umum area produksi dibagi menjadi 9 (sembilan) *LINE/LINK UP* produksi. Adapun mesin-mesin yang menghasilkan kalor pada setiap *LINK UP* adalah sebagai berikut:

1. *LINK UP* 1.1, terdiri atas beberapa bagian mesin yaitu:
 - Mesin Protos 100
 - Mesin VE/SE
 - Mesin Max
 - Mesin Focke
2. *LINK UP* 1.2, terdiri atas beberapa bagian mesin yaitu:
 - Mesin Protos 100
 - Mesin VE/SE
 - Mesin Max
 - Mesin Focke
3. *LINK UP* 1.3, terdiri atas beberapa bagian mesin yaitu:
 - Mesin Protos 100

- Mesin VE/SE
 - Mesin Max
 - Mesin Focke
4. *LINK UP* 1.3, terdiri atas:
 - Mesin Protos 80
 5. *LINK UP* F.2, terdiri atas:
 - Mesin KDF Filter
 6. *LINK UP* F3, terdiri atas:
 - Mesin KDF Filter
 7. *LINK UP* F4, terdiri atas:
 - Mesin KDF Filter

Pada pengukuran sumber-sumber kalor yang terdapat pada setiap mesin, maka dilakukan pengukuran temperatur dan velocity pada setiap *exhaust* mesin yang dianggap sebagai sumber kalor. Berikut pengukuran temperatur dan velocity pada *exhaust* mesin pada setiap sumber kalor:

Pengukuran pada LINK UP 1.1

Dari data pengukuran pada link up 1.1, dapat terlihat bahwa pada mesin protos 100, temperatur mencapai 40.68 derajat celcius dengan laju udara 0,585 m/s, sedangkan pada mesin Max, temperatur mencapai nilai paling tinggi yaitu sebesar 54,41 derajat celcius, dengan laju udara 6,05 m/s.

Dan untuk mesin SE, temperatur berada pada suhu 37,59 derajat celcius dengan laju udara 3,681 m/s. Pada mesin Focke 1, temperatur berada pada suhu 34,98 derajat celcius, dengan laju udara sebesar 5,931 m/s. Sedangkan pada mesin Focke 2, temperatur lebih rendah dari mesin Focke 1, yaitu berada pada suhu 33,58 derajat celcius, dengan laju udara yang juga lebih rendah dari mesin Focke 1, yaitu sebesar 4,237 m/s.

PROTOS 100				MAX			
LINK UP 1.1	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY	LINK UP 1.1	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY
	1	40,5	0,51		1	54	5,91
	2	40,6	0,6		2	54,8	5,67
	3	40,4	0,58		3	53,9	6,05
	4	40,4	0,59		4	54,4	6,47
	5	40,5	0,61		5	54,5	6,04
	6	40,7	0,57		6	54,2	6,39
	7	40,6	0,63		7	54,4	5,72
	8	40,8	0,58		8	54,4	6,25
	9	41	0,6		9	54,5	6,47
	10	41,3	0,58		10	55	5,53
AVERAGE		40,68	0,585	AVERAGE		54,41	6,05
AREA (m ²)		0,0576		AREA (m ²)		0,013225	
FLOW RATE (m ³ /s)		0,033696		FLOW RATE (m ³ /s)		0,08001125	
ENERGY		0,565252961		ENERGY		2,447011023	

SE				FOCKE 1			
LINK UP 1.1	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY	LINK UP 1.1	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY
	1	37,4	3,62		1	35	6,25
	2	37,3	3,64		2	35	5,79
	3	37,5	3,6		3	35	6,12
	4	37,5	3,63		4	34,9	5,73
	5	37,6	3,81		5	35	5,51
	6	37,6	3,52		6	35	6,07
	7	37,7	3,8		7	34,8	6,12
	8	37,8	3,67		8	34,9	5,93
	9	37,7	3,52		9	35,1	5,89
	10	37,8	4		10	35,1	5,9
AVERAGE		37,59	3,681	AVERAGE		34,98	5,931
AREA (m ²)		0,0576		AREA (m ²)		0,09	
FLOW RATE (m ³ /s)		0,2120256		FLOW RATE (m ³ /s)		0,53379	
ENERGY		2,897852043		ENERGY		5,894421981	

FOCKE 2			
1.1	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY
	1	33,5	3,95
	2	33,5	3,96

3	33,6	3,97
4	33,6	4,63
5	33,6	4,32
6	33,6	4,55
7	33,6	4,51
8	33,6	4,37
9	33,6	4,04
10	33,6	4,07
AVERAGE	33,58	4,237
AREA (m²)	0,09	
FLOW RATE (m³/s)	0,38133	
ENERGY	3,673964306	

Tabel 4.11 Pengukuran *exhaust* mesin pada LINKUP 1.1

Hasil pengukuran link up 1.2, pada mesin Protos 100, temperatur hanya mencapai 38,85 derajat celcius, dengan laju udara hanya mencapai 0,076 m/s. Sedangkan pada mesin Max, temperatur mencapai suhu paling tinggi dibandingkan dengan mesin lainnya, yaitu mencapai 51,85 derajat celcius, dengan laju udara sebesar 5,938 m/s. Mesin SE temperatur berada lebih rendah dari mesin Max, yaitu sebesar 43,42 derajat celcius, dengan laju udara sebesar 3,212 m/s. Dan pada mesin Focke 1, mencapai suhu lebih tinggi dari Mesin Focke 2 yaitu sebesar 33,13 derajat celcius, dengan laju udara mencapai 6,673 m/s. Dan pada mesin Focke 2, temperatur berada pada suhu 31,14 derajat celcius, dengan laju udara 5,481 m/s, seperti dapat dilihat pada tabel 4.9.

PROTOS 100				MAX			
LINK UP 1.2	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY	LINK UP 1.2	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY
	1	38,5	0,06		1	51,7	5,94
	2	38,4	0,07		2	51,8	5,86
	3	38,9	0,08		3	51,8	5,91
	4	39	0,05		4	51,9	5,99
	5	39,1	0,03		5	51,7	6,02
	6	38,9	0,04		6	51,9	6,05
	7	39	0,09		7	51,9	5,81
	8	38,9	0,03		8	51,8	5,95
	9	38,8	0,17		9	52	5,89

	10	39	0,14		10	52	5,96
AVERAGE	38,85	0,076		AVERAGE	51,85	5,938	
AREA (m²)	0,0576			AREA (m²)	0,013225		
FLOW RATE (m³/s)	0,0043776			FLOW RATE (m³/s)	0,07853005		
ENERGY	0,065377902			ENERGY	2,199528145		

SE				FOCKE 1			
LINK UP 1.2	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY	LINK UP 1.2	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY
	1	43,5	3,29		1	33,1	6,39
	2	43,3	3,33		2	33,1	6,51
	3	43,7	3,17		3	33,2	6,68
	4	43	3,09		4	33	6,93
	5	43,3	3,14		5	33,1	6,51
	6	43,5	2,92		6	33,2	6,74
	7	43,5	3,22		7	33,1	6,79
	8	43,4	3,3		8	33,2	6,67
	9	43,5	3,28		9	33,1	6,76
	10	43,5	3,38		10	33,2	6,75
AVERAGE	43,42	3,212		AVERAGE	33,13	6,673	
AREA (m²)	0,0576			AREA (m²)	0,09		
FLOW RATE (m³/s)	0,1850112			FLOW RATE (m³/s)	0,60057		
ENERGY	3,613397134			ENERGY	5,514458363		

FOCKE 2			
LINK UP 1.2	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY
	1	31,2	5,27
	2	31,2	5,43
	3	31,1	5,45
	4	31,1	5,4
	5	31,1	5,53
	6	30,9	5,51
	7	31,2	5,46
	8	31,2	5,57
	9	31,2	5,61
	10	31,2	5,58
AVERAGE	31,14	5,481	

AREA (m ²)	0,09
FLOW RATE (m ³ /s)	0,49329
ENERGY	3,542166516

Tabel 4.12 Pengukuran *exhaust* mesin pada LINKUP 1.2

Pada data pengukuran link up 1.3, mesin Max mencapai temperatur paling tinggi dibandingkan dengan ke-4 mesin yang lain pada link up 1.3, yaitu mencapai suhu 52,86 derajat celcius dengan laju udara 5,968 m/s. Sedangkan suhu terendah dicapai oleh mesin Focke 1, yaitu pada suhu 32,02 derajat celcius, dengan laju udara 3,88 m/s. Dan laju udara terendah dicapai oleh mesin Protos 100 dengan nilai hanya 0,538 m/s, dan temperatur mencapai 39,05 derajat celcius. Pada mesin SE, temperatur mencapai nilai 41,12 derajat celcius dengan laju udara 3,204 m/s, dan pada mesin Focke 2, temperatur mencapai 32,11 derajat celcius, dengan laju udara mencapai nilai tertinggi yaitu sebesar 8,603 m/s.

PROTOS 100				MAX			
LINK UP 1.3	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY	LINK UP 1.3	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY
	1	38,9	0,54		1	52,7	5,8
	2	38,9	0,53		2	52,7	5,93
	3	39	0,5		3	52,8	5,83
	4	39	0,57		4	52,8	6,01
	5	39	0,52		5	52,8	5,95
	6	39,1	0,59		6	52,9	6,02
	7	39,1	0,55		7	52,9	5,92
	8	39,1	0,49		8	53	6,04
	9	39,2	0,55		9	53	6,11
	10	39,2	0,54		10	53	6,07
AVERAGE		39,05	0,538	AVERAGE		52,86	5,968
AREA (m ²)		0,0576		AREA (m ²)		0,013225	
FLOW RATE (m ³ /s)		0,0309888		FLOW RATE (m ³ /s)		0,0789268	
ENERGY		0,469039814		ENERGY		2,290811064	

SE				FOCKE 1			
LINK UP 1.3	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY	LINK UP 1.3	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY
	1	41	3,22		1	32,1	4,41
	2	41	3,3		2	32	4,33
	3	41,1	3,11		3	32	3,88
	4	41,1	3,32		4	31,9	3,93
	5	41,1	2,86		5	31,9	3,52
	6	41,1	3,26		6	32	3,94
	7	41,2	3,29		7	32	3,84
	8	41,2	3,28		8	32,1	3,73
	9	41,2	3,24		9	32,1	3,66
	10	41,2	3,16		10	32,1	3,56
AVERAGE		41,12	3,204	AVERAGE		32,02	3,88
AREA (m ²)		0,0576		AREA (m ²)		0,09	
FLOW RATE (m ³ /s)		0,1845504		FLOW RATE (m ³ /s)		0,3492	
ENERGY		3,177512014		ENERGY		2,816547329	

FOCKE 2			
LINK UP 1.3	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY
	1	32,1	8,47
	2	32	8,68
	3	32	8,56
	4	32	8,59
	5	32,1	8,71
	6	32,2	8,55
	7	32,1	8,77
	8	32,2	8,53
	9	32,2	8,57
	10	32,2	8,6
AVERAGE		32,11	8,603
AREA (m ²)		0,09	
FLOW RATE (m ³ /s)		0,77427	
ENERGY		6,315121879	

Tabel 4.13 Pengukuran *exhaust* mesin pada LINKUP 1.3

Berikut adalah data hasil pengukuran temperatur dan laju udara pada link up 2.3, dengan mesin Protos 80, temperatur mencapai 34,26 derajat celcius dengan laju udara sebesar 2,014 m/s, seperti terlihat pada tabel 4.11.

PROTOS 80			
LINK UP	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY
LINK UP 2.3	1	34,2	2,07
	2	34,1	2
	3	34,2	2,02
	4	34,2	1,99
	5	34,2	2
	6	34,3	2,05
	7	34,3	2,01
	8	34,3	1,98
	9	34,4	2,03
	10	34,4	1,99
AVERAGE		34,26	2,014
AREA (m²)		0,0576	
FLOW RATE (m³/s)		0,1160064	
ENERGY		1,19700995	

Tabel 4.14 Pengukuran *exhaust* mesin pada LINK UP 2.3

Pada mesin KDF yang berada di link up F.2, temperatur yang dicapai adalah sebesar 51,97 derajat celcius dengan laju udara yang cukup tinggi yaitu sebesar 8,642 m/s.

KDF			
LINK UP F.2	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY
LINK UP F.2	1	51,3	8,49
	2	51,4	8,97
	3	51,5	8,55
	4	51,8	7,65
	5	52	7,97
	6	52,1	9,02
	7	52,2	9,21
	8	52,3	8,93
	9	52,5	8,89
	10	52,6	8,74
AVERAGE		51,97	8,642
AREA (m²)		0,0576	

FLOW RATE (m³/s)	0,4977792
ENERGY	14,00224466

Tabel 4.15 Pengukuran *exhaust* mesin pada LINK UP F.2

Di link up F.3, mesin KDF juga mencapai suhu tinggi yaitu sebesar 57,382 derajat celcius, dengan laju udara yang juga tinggi yaitu sebesar 8,085 m/s.

KDF			
LINK UP	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY
LINK UP F.3	1	57,3	7,86
	2	57,38	8,06
	3	57,38	8,12
	4	57,38	8,03
	5	57,38	8,15
	6	57,4	7,61
	7	57,4	8,26
	8	57,4	8,18
	9	57,4	8,27
	10	57,4	8,31
AVERAGE		57,382	8,085
AREA (m²)		0,0576	
FLOW RATE (m³/s)		0,465696	
ENERGY		15,6344753	

Tabel 4.16 Pengukuran *exhaust* mesin pada LINK UP F.3

Kemudian pada link up F.4, mesin KDF mencapai suhu yang juga tinggi yaitu sebesar 54,258 derajat celcius dengan laju udara yang juga tinggi yaitu 8,091 m/s.

KDF			
LINK UP	PENGUKURAN	TEMP.	VELOCITY
LINK UP F.4	1	54,2	8,23
	2	54,2	8,2

	3	54,24	8,07
	4	54,24	7,88
	5	54,25	7,94
	6	54,25	8,16
	7	54,3	8,12
	8	54,3	8,08
	9	54,3	8,02
	10	54,3	8,21
	AVERAGE	54,258	8,091
	AREA (m²)	0,0576	
	FLOW RATE (m³/s)	0,4660416	
	ENERGY	14,18186521	

Tabel 4.17 Pengukuran *exhaust* mesin pada LINK UP F.4

4.2 Perhitungan Beban Pendinginan Aktual

Setelah dilakukan pengambilan data secara aktual, maka dilakukan pula perhitungan aktual kondisi termal ruangan produksi PT X. Berikut data yang diperoleh pada pengukuran aktual kondisi termal ruang produksi tersebut.

Pengambilan data hari Selasa 20 April 2010

Suhu lingkungan 32,2 °C

Pengukuran temperature ruangan

WAKTU	12:00	14:00	16:00
SET POINT TEMPERATURE (deg Celcius)	24	24	24
TEMPERATUR AKTUAL (deg Celcius)	24,2	24,3	23,7
SET POINT HUMIDITY (% RH)	58	58	58
HUMIDITY AKTUAL (% RH)	56,7	58,1	59,4

Lampu

Lampu	TYPE	POWER (WATT)	QUANTITY	TOTAL POWER
	FLUORESCENT	36	752	27072
	FLUORESCENT	250	52	13000
				40072

Lama pengoperasian lampu 24 jam

Material atap (*ceiling*) Gypsum

Asumsi jumlah manusia 30 orang

Dinding

Material dinding Brick common 8 inch

ARAH	LEBAR	TINGGI	LUAS
UTARA	42	4	168
TIMUR	0	0	0
SELATAN	60	4	240
BARAT	48	4	192

Perhitungan beban pendinginan pada pukul 12:00

Kondisi	DB (°C)	WB (°C)	%RH	Kg/Kg
Lingkungan	32,2	27	66	0,0205
Ruangan	24,2	19,5	60	0,012
Perbedaan	8	8,5	6	0,0085

Solar and Trans Gain Wall

Jenis	Luas (m ²)	U-Faktor	ETD	Total (UA x ETD)
Dinding Utara	168	0,581	6,5	634,452
Dinding Timur	0	0,581	6,5	0
Dinding Selatan	240	0,581	6,5	906,36
Dinding Barat	192	0,581	6,5	725,088
				2265,9

Trains Gain-Except Wall

Jenis	Luas	U-Faktor	ETD	Total
Partisi	192	1,65	4	1267,2
Atap	2592	0,514	6,5	8659,872
				9927,072

Kalor Sensible

Manusia = 30 * 80 watt = 2400 Watt

Lampu

LAMPU	TYPE	ALLOWANCE FACTOR	TOTAL POWER	SENSIBLE HEAT
	FLUORESCENT	0,97	27072	26259,84
FLUORESCENT	1,25	13000	16250	
TOTAL			40072	42509,84

Mesin

LINK UP	ENERGY						
	PROTOS	MAX	SE	FOCKE 1	FOCKE 2	KDF	SUB TOTAL

1.1	0,5653	2,4470	2,8979	5,8944	3,6740		15,4785
1.2	0,0654	2,1995	3,6134	5,5145	3,5422		14,9349
1.3	0,4690	2,2908	3,1775	2,8165	6,3151		15,0690
2.3	1,1970						1,1970
F.2						14,0022	14,0022
F.3						15,6345	15,6345
F.4						14,1819	14,1819
						TOTAL	90,4981

Cooling load (mesin) = 90,4981 KJ/s = 904176.1 Watt

Kalor sensible ruangan = Solar & Trains Gain Wall + Trains Gain Except Wall + Kalor sensible Manusia + Kalor sensible Lampu + Kalor sensible mesin

$$= 2265,9 + 9927,072 + 2400 + 42509,84 + 904176,1$$

$$= 961278,7029 \text{ Watt}$$

Kalor sensible ruangan = Solar & Trains Gain Wall + Trains Gain Except Wall + Kalor sensible Manusia + Kalor sensible Lampu + Kalor sensible mesin

$$= 2265,9 + 9927,072 + 2400 + 42509,84 + 90,4981$$

$$= 57193,3101 \text{ Watt}$$

Perhitungan beban pendinginan pada pukul 14:00

Kondisi	DB (°C)	WB (°C)	%RH	Kg/Kg
Lingkungan	32,2	27	66	0,0205
Ruangan	24,2	19,5	60	0,012
Perbedaan	8	8,5	6	0,0085

Solar and Trans Gain Wall

Jenis	Luas (m ²)	U-Faktor	ETD	Total (UA x ETD)
Dinding Utara	168	0,581	7	683,256
Dinding Timur	0	0,581	7	0
Dinding Selatan	240	0,581	7	976,08
Dinding Barat	192	0,581	7	780,864
				2440,2

Trains Gain-Except Wall

Jenis	Luas	U-Faktor	ETD	Total
Partisi	192	1,65	4	1267,2
Atap	2592	0,514	7	9326,016
				10593,216

Kalor Sensible

Manusia = 30 * 80 watt = 2400 Watt

Lampu

LAMPU	TYPE	ALLOWANCE FACTOR	TOTAL POWER	SENSIBLE HEAT
	FLUORESCENT	0,97	27072	26259,84
FLUORESCENT	1,25	13000	16250	
	TOTAL		40072	42509,84

Mesin

LINK UP	ENERGY						
	PROTOS	MAX	SE	FOCKE 1	FOCKE 2	KDF	SUB TOTAL
1.1	0,5653	2,4470	2,8979	5,8944	3,6740		15,4785
1.2	0,0654	2,1995	3,6134	5,5145	3,5422		14,9349
1.3	0,4690	2,2908	3,1775	2,8165	6,3151		15,0690
2.3	1,1970						1,1970
F.2						14,0022	14,0022
F.3						15,6345	15,6345
F.4						14,1819	14,1819
TOTAL							90,4981

Cooling load (mesin) = 90,4981 KJ/s = 904176.1 Watt

Kalor sensible ruangan = Solar & Trains Gain Wall + Trains Gain Except
Wall + Kalor sensible Manusia + Kalor sensible
= 2440,2 + 10593,216 + 2400 + 42509,84 +
904176.1
= 962209,8541 Watt

Perhitungan beban pendinginan pada pukul 16:00

Kondisi	DB (°C)	WB (°C)	%RH	Kg/Kg
Lingkungan	32,2	27	66	0,0205
Ruangan	24,2	19,5	60	0,012
Perbedaan	8	8,5	6	0,0085

Solar and Trans Gain Wall

Jenis	Luas (m ²)	U-Faktor	ETD	Total (UA x ETD)
Dinding Utara	168	0,581	6,5	634,452
Dinding Timur	0	0,581	6,5	0
Dinding Selatan	240	0,581	6,5	906,36
Dinding Barat	192	0,581	6,5	725,088
				2265,9

Trains Gain-Except Wall

Jenis	Luas	U-Faktor	ETD	Total
Partisi	192	1,65	4	1267,2
Atap	2592	0,514	6,5	8659,872
				9927,072

Kalor Sensible

Manusia = 30 * 80 watt = 2400 Watt

Lampu

LAMPU	TYPE	ALLOWANCE FACTOR	TOTAL POWER	SENSIBLE HEAT
	FLUORESCENT	0,97	27072	26259,84
FLUORESCENT	1,25	13000	16250	
TOTAL			40072	42509,84

Mesin

LINK UP	ENERGY						
	PROTOS	MAX	SE	FOCKE 1	FOCKE 2	KDF	SUB TOTAL
1.1	0,5653	2,4470	2,8979	5,8944	3,6740		15,4785

1.2	0,0654	2,1995	3,6134	5,5145	3,5422	14,9349
1.3	0,4690	2,2908	3,1775	2,8165	6,3151	15,0690
2.3	1,1970					1,1970
F.2					14,0022	14,0022
F.3					15,6345	15,6345
F.4					14,1819	14,1819
TOTAL						90,4981

Cooling load (mesin) = 90,4981 KJ/s = 904176.1 Watt

Kalor sensible ruangan = Solar & Trains Gain Wall + Trains Gain Except Wall + Kalor sensible Manusia + Kalor sensible Lampu + Kalor sensible mesin

$$= 2265,9 + 9927,072 + 2400 + 42509,84 + 904176,1$$

$$= 961278,7029 \text{ Watt}$$

Perbandingan Perhitungan Pada Beberapa Waktu Pengukuran

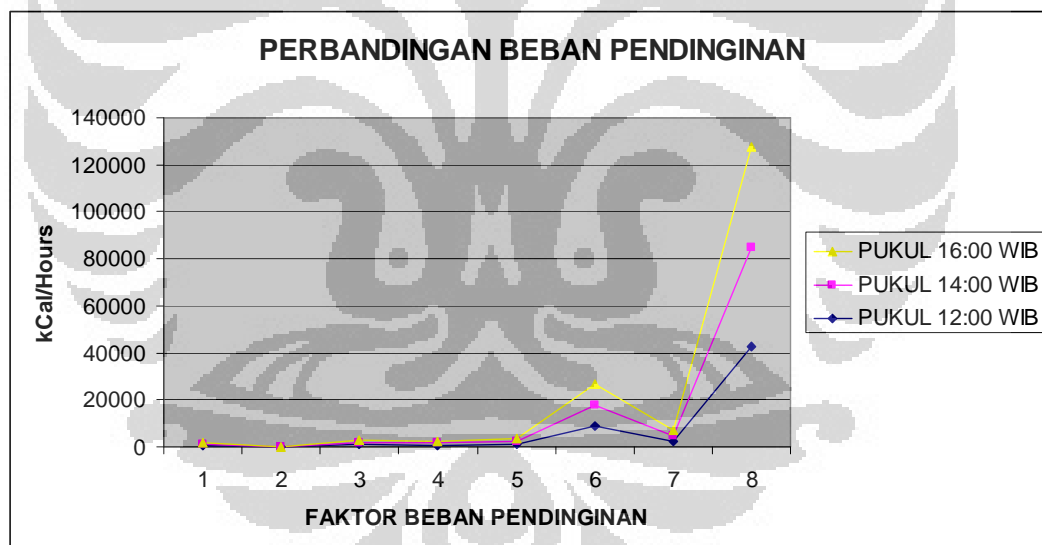
Setelah dilakukan perhitungan aktual pada beberapa waktu pengukuran, yaitu pada pukul 12:00 WIB, pukul 14:00 WIB, dan pukul 16:00 WIB maka dapat dibuat perbandingan perhitungan. Berikut perbandingan perhitungan beban pendinginan pada pukul 12:00 WIB, pukul 14:00 WIB, dan pukul 16:00 WIB.

NO	JENIS	BEBAN PENDINGINAN		
		12:00	14:00	16:00
1	Dinding Utara	634,452	683,256	634,452
2	Dinding Timur	0	0	0

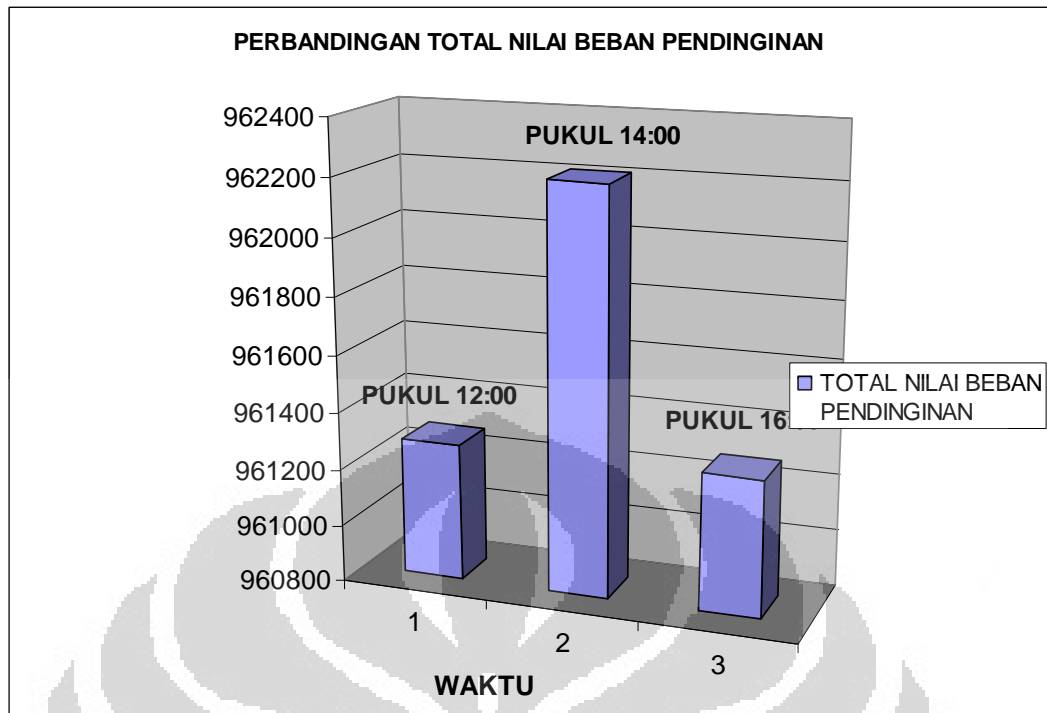
3	Dinding Selatan	906,36	976,08	906,36
4	Dinding Barat	725,088	780,864	725,088
5	Partisi	1267,2	1267,2	1267,2
6	Atap	8659,872	9326,016	8659,872
7	Manusia	2400	2400	2400
8	Lampu	42509,84	42509,84	42509,84
TOTAL		57102,812	57943,256	57102,812

Tabel Perbandingan perhitungan beban pendinginan pada ruang produksi

Dari tabel perbandingan perhitungan beban pendinginan pada ruang produksi di atas, maka dapat terlihat bahwa beban pendinginan terbesar atau bisa dikatakan beban tertinggi adalah beban pendinginan pada pukul 14:00 WIB



Grafik 4.21 Perbandingan Beban Pendinginan

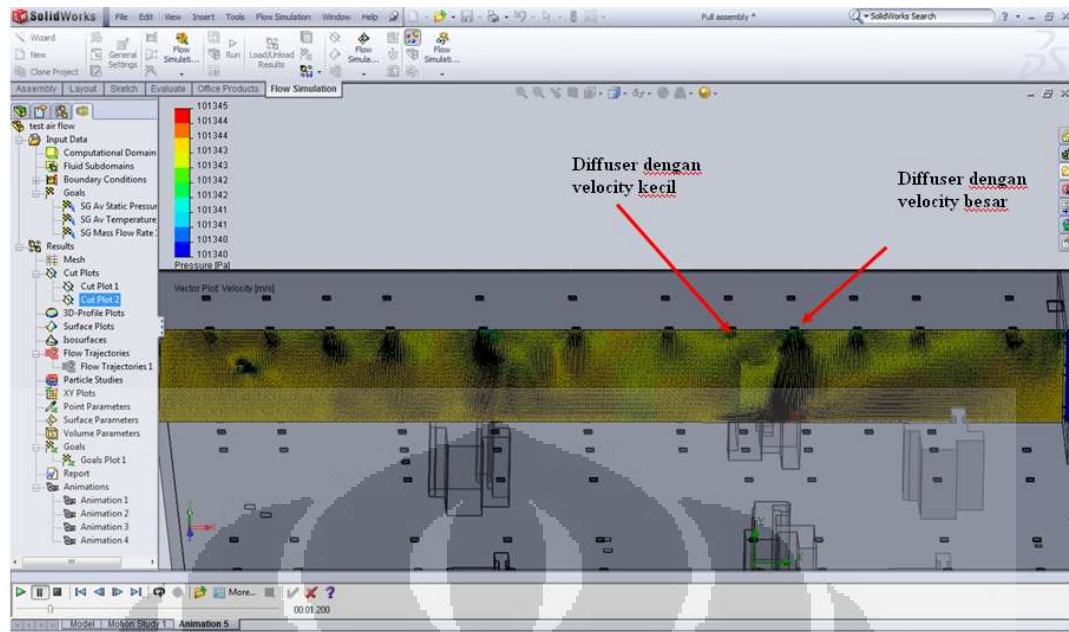


Grafik 4.22 Perbandingan Total Nilai Beban Pendinginan

4.3 Simulasi aliran udara pada ruang produksi

Pada simulasi aliran ini terlihat secara jelas aliran yang terjadi pada ruang produksi industri rokok putih PT X. Dimana arah aliran terlihat mengalir dari air inlet pada diffuser di atas ceiling ke arah bawah.

Pada simulasi aliran udara tersebut juga terlihat jelas laju aliran pada tiap-tiap diffuser, dimana diffuser yang memiliki laju udara besar maka akan nampak arah dan besar panah terlihat besar, sebaliknya pada diffuser yang memiliki laju udara kecil maka arah dan besar panah akan terlihat kecil.

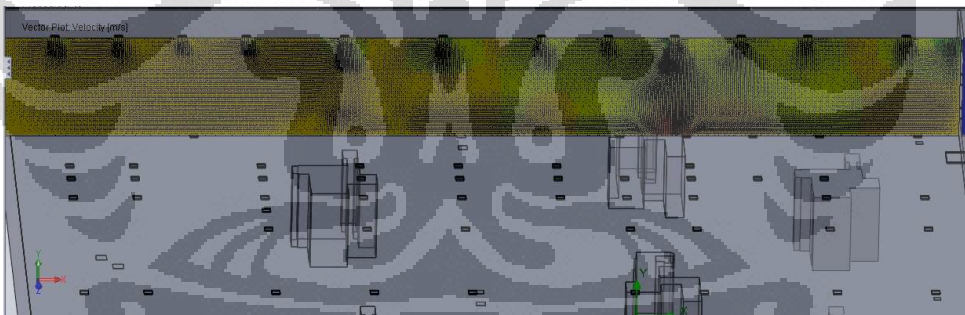


Gambar 4.11 Distribusi aliran udara pada diffuser

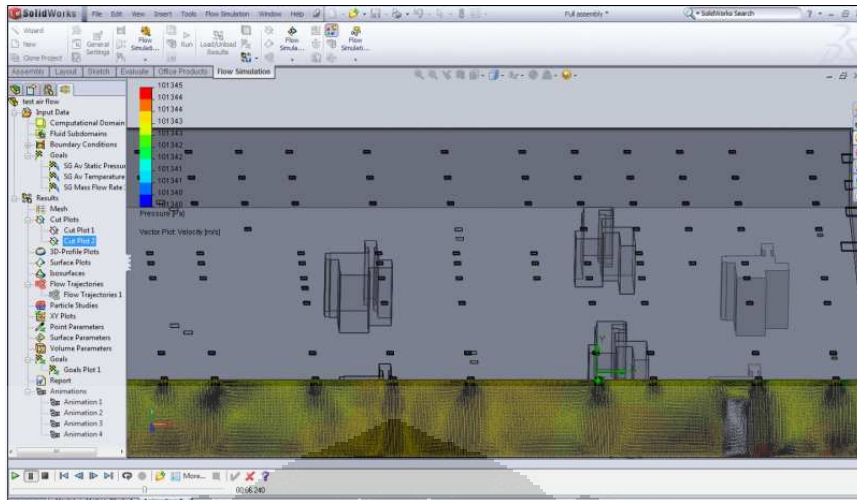
Dari hasil pengukuran aktual dan simulasi, maka dapat terlihat diffuser yang memiliki laju udara kecil dan laju udara besar. Dan juga terdapat pula beberapa wilayah yang diffusernya memiliki laju udara kecil, seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 4.12 Daerah yang memiliki laju udara diffuser kecil

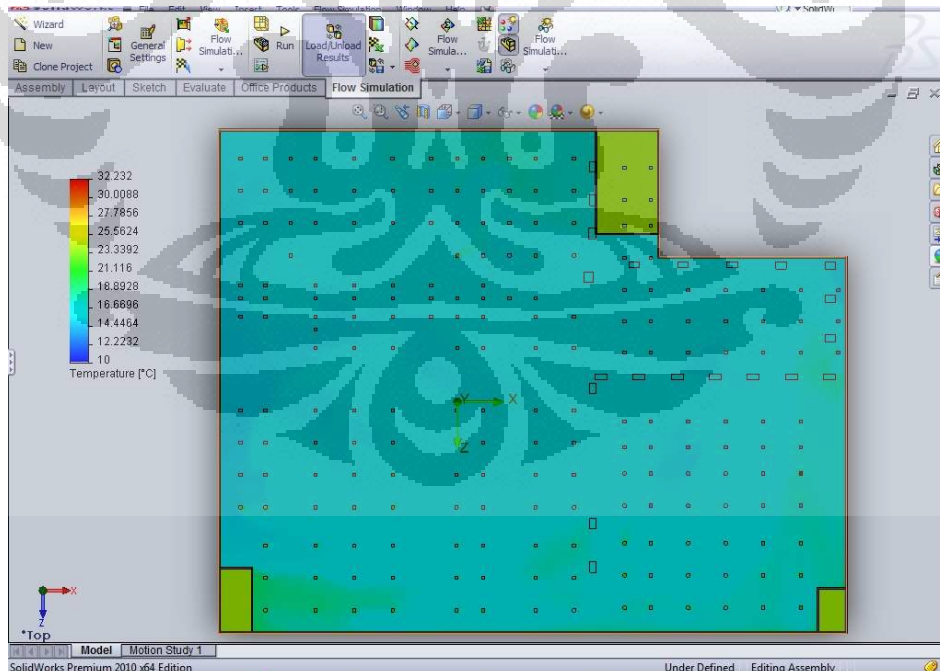


Gambar 4.13 Aliran udara dengan velocity rendah pada daerah yang diberi tanda merah.



Gambar 4.14 Aliran udara dengan velocity besar yang berada pada daerah tengah ruang produksi

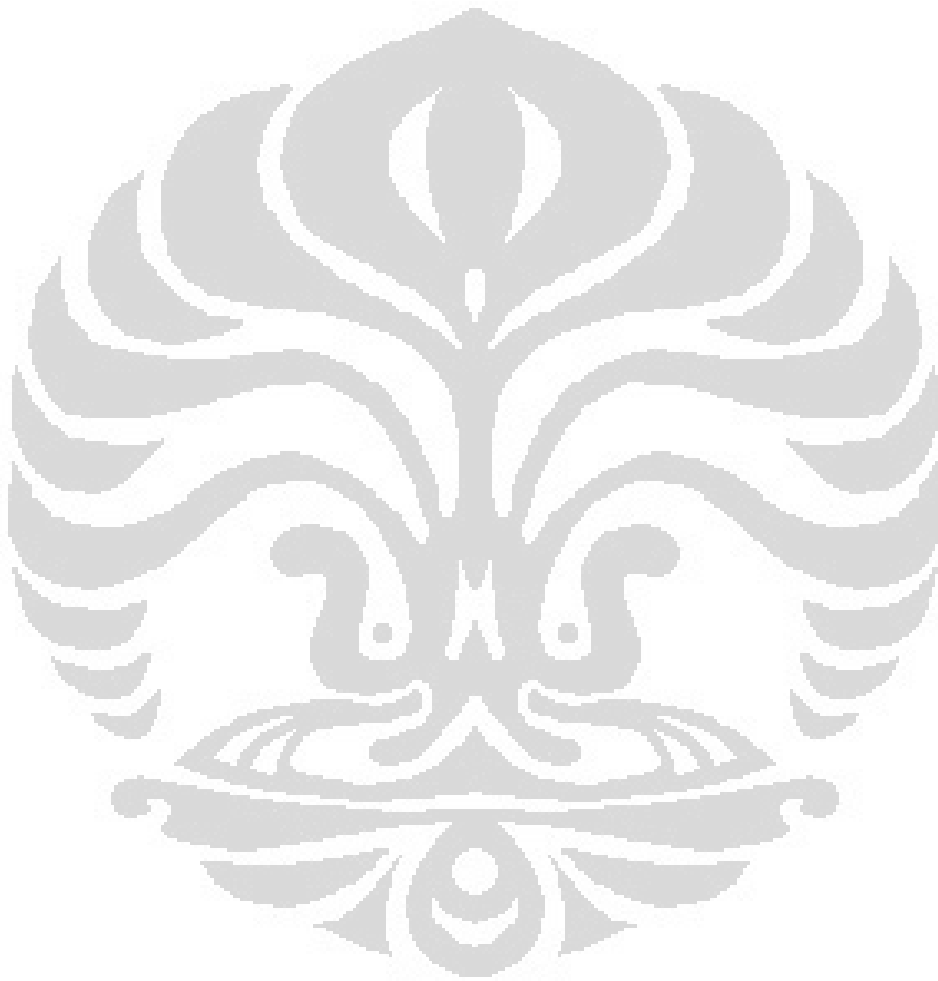
Pada gambar di atas terlihat bahwa daerah pinggir memiliki laju udara yang lebih rendah dari pada daerah yang lebih ke tengah. Sehingga aliran udara tidak terdistribusi secara baik, sehingga daerah yang memiliki diffuser dengan velocity rendah secara aktual akan terasa lebih panas.



Gambar 4.15 *Contour* temperatur udara pada ruang produksi secara keseluruhan

Setelah melihat *contour* temperatur udara di area produksi secara keseluruhan, maka dapat terlihat bahwa secara umum temperatur udara pada

ruang produksi sudah hampir merata, hanya saja ada beberapa area yang memang memiliki temperatur lebih tinggi. Hal tersebut diakibatkan oleh temperatur udara yang keluar melalui tiap-tiap diffuser. Selain itu sumber kalor terdapat di area produksi juga sangat mempengaruhi perbedaan temperatur pada tiap-tiap area di area produksi.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

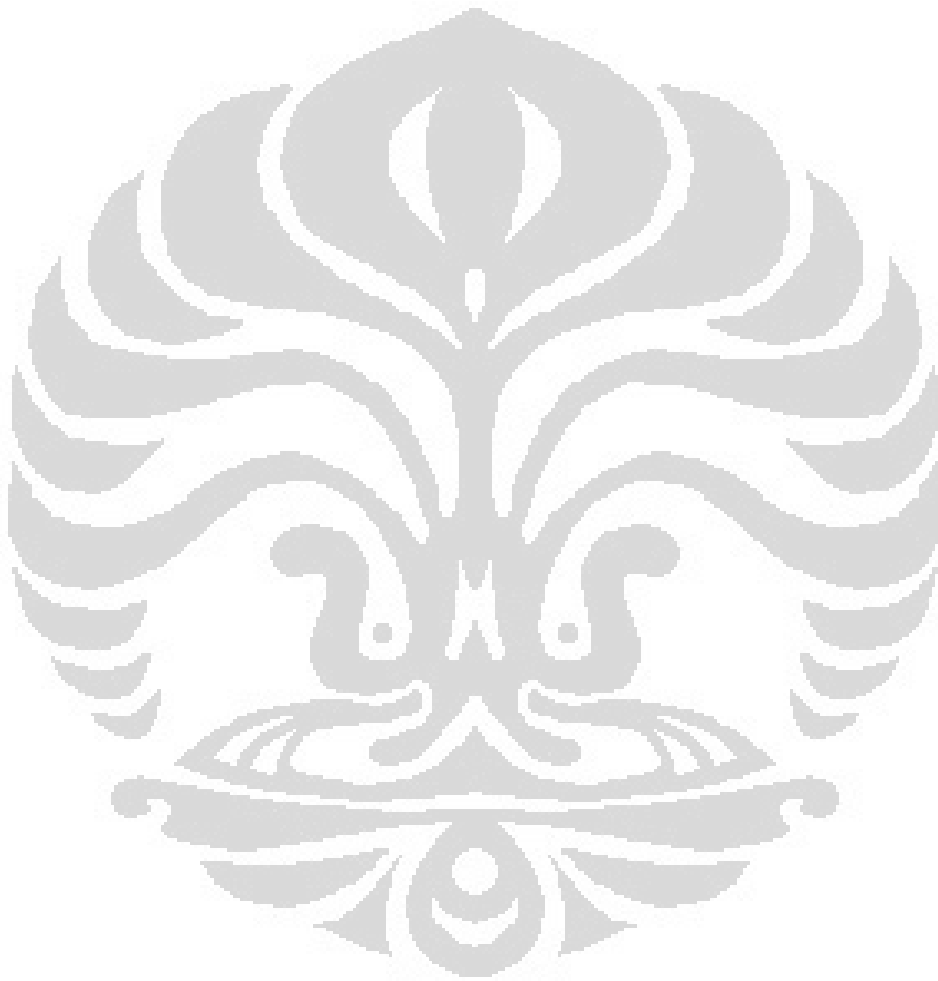
5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan pada industri rokok PT X, maka dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Sebagian besar proses pendinginan di area produksi pada industri rokok PT X merata.
- b. Ada beberapa udara masuk (*air inlet*) yang tidak berjalan secara normal, itu diindikasikan dengan nilai laju aliran udara (*air velocity*) yang kecil.
- c. Terdapat beberapa area yang penyebaran dinginnya tidak baik, itu diindikasikan dari temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang lain.
- d. Ada beberapa udara keluar (*air outlet*) yang tidak berjalan normal, hal itu diindikasikan dari kecilnya nilai laju aliran udara (*air velocity*) pada daerah tersebut.
- e. Proses instalasi ducting AC yang tidak baik sangat mempengaruhi penyebaran proses pendinginan.
- f. Looses pada ducting sangat mempengaruhi penyebaran proses pendinginan di area produksi PT X, Adapun looses yang sangat berpengaruh pada ducting AC tersebut adalah:
 - ❖ Panjang ducting
 - ❖ Banyaknya elbow pada ducting
 - ❖ Kebocoran insulation pada ducting AC
 - ❖ Kebocoran udara pada ducting AC
- g. Perbedaan panas yang dihasilkan dari tiap-tiap area sangat mempengaruhi proses pendinginan pada area produksi, seperti:
 - ❖ Panas yang dihasilkan oleh mesin yang berbeda tipe dan jenis
 - ❖ Perbedaan jumlah orang
 - ❖ Ada atau tidak nya sumber panas tambahan di tiap-tiap area, seperti heater, panel listrik, dan lain-lain

5.2 Saran

Pada hasil pengukuran dan simulasi di area ruang produksi industri rokok, terjadi ketidakmerataan distribusi termal. Untuk mengatasi masalah tersebut sebaiknya dilakukan perbaikan pada sistem aliran pada ruang produksi, baik perbaikan dalam instalasi maupun penambahan alat agar terjadi pemerataan distribusi termal pada ruang tersebut. Selain itu pemilihan material juga perlu diperhatikan agar perambatan panas dapat diminimalisir.



DAFTAR REFERENSI

ASHRAE 2005 – HVAC Fundamental Handbook. 2005.

ASHRAE 2007 – HVAC Applications. 2007.

ASHRAE 2008 – System and Equipment of HVAC. 2008.

Heizo Saito; terjemahan Wiranto Arismunandar. *Penyegaran Udara*. Pradnya Paramitha. Jakarta. 2002.

Holman, JP. *Perpindahan Kalor*. Erlangga. Jakarta. 1994.

Mechanical System Guidelines, Philip Morris Engineering. Laussane. 2006.

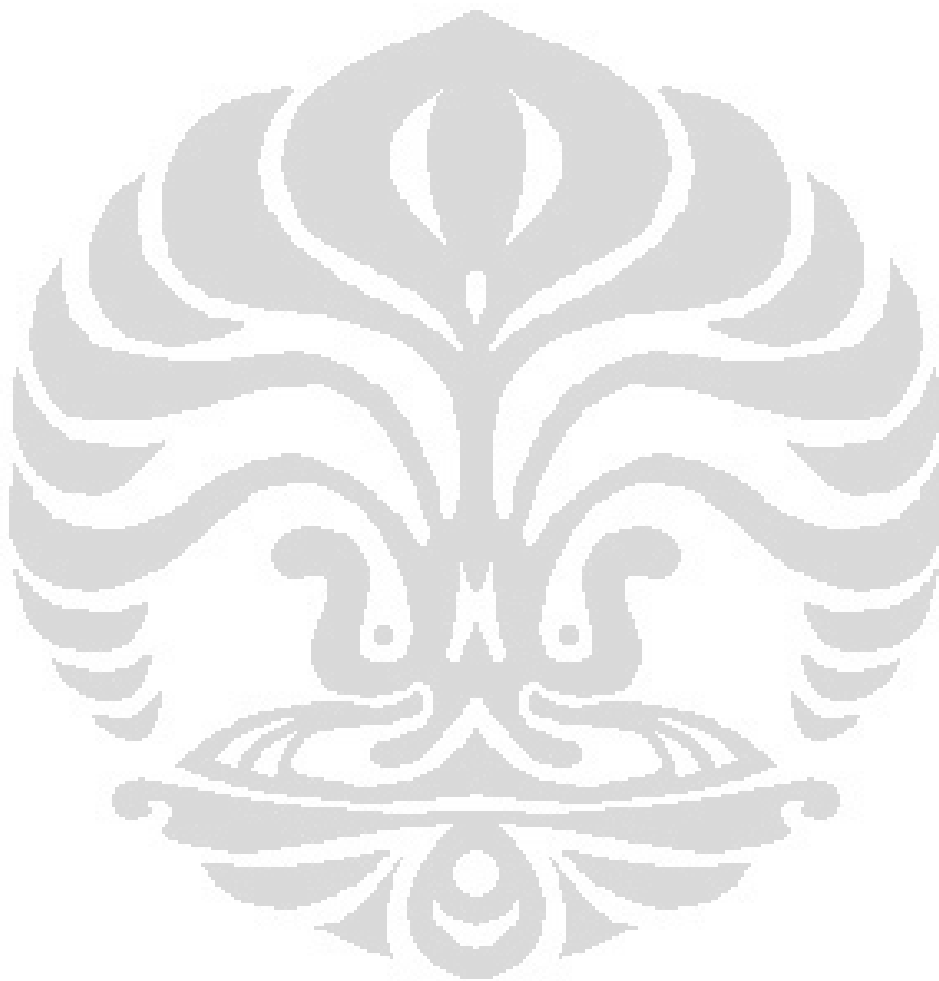
Munson, Bruce. R; Young Donald. *Fluid Mechanics*. Erlangga. Jakarta. 2002.

Pita, Edward G. *Air Conditioning Principles and Systems*. John Wiley and Sons. New York. 1981

Yulius, Ferdinand. *Analisis Micro Climate dengan Metode Computational Fluid Dynamics serta Perhitungan Beban Pendinginan pada Bangunan dengan Metode Carrier*. Skripsi. Teknik Mesin, UI.Depok. 2009.

Wang, Shan K. *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*. Mc Graw Hill. 2000.

LAMPIRAN



Lampiran 1: Tabel Kalor Yang Dihasilkan Manusia

30.4 2005 ASHRAE Handbook—Fundamentals (SI)

Table 1 Representative Rates at Which Heat and Moisture Are Given Off by Human Beings in Different States of Activity

Degree of Activity	Total Heat, W		Sensible Heat, W	Latent Heat, W	% Sensible Heat that is Radiant ^b	
	Adult Male	Adjusted, M/F ^a			Low V	High V
Seated at theater	115	95	65	30		
Seated at theater, night	115	105	70	35	60	27
Seated, very light work	130	115	70	45		
Moderately active office work	140	130	75	55		
Standing, light work; walking	160	130	75	55	58	38
Walking, standing	160	145	75	70		
Sedentary work	145	160	80	80		
Light bench work	235	220	80	140		
Moderate dancing	265	250	90	160	49	35
Walking 4.8 km/h; light machine work	295	295	110	185		
Bowling ^d	440	425	170	255		
Heavy work	440	425	170	255	54	19
Heavy machine work; lifting	470	470	185	285		
Athletics	585	525	210	315		

Notes:

1. Tabulated values are based on 24°C room dry-bulb temperature. For 27°C room dry bulb, the total heat remains the same, but the sensible heat values should be decreased by approximately 20%, and the latent heat values increased accordingly.
 2. Also refer to Table 4, Chapter 8, for additional rates of metabolic heat generation.
 3. All values are rounded to nearest 5 W.
- ^a Adjusted heat gain is based on normal percentage of men, women, and children for the application listed, with the postulate that the gain from an adult female is 85% of that for an adult male, and that the gain from a child is 75% of that for an adult male.
- ^b Values approximated from data in Table 6, Chapter 8, where V is air velocity with limits shown in that table.
- ^c Adjusted heat gain includes 18 W for food per individual (9 W sensible and 9 W latent).
- ^d Figure one person per alley actually bowling, and all others as sitting (117 W) or standing or walking slowly (231 W).

Lampiran 2: Tabel Allowance Factor Lampu

Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations

30.5

Table 2 Typical Nonincandescent Light Fixtures

Description	Ballast	Watts/Lamp	Lamps/Fixture	Lamp Watts	Fixture Watts Special	Allowance Factor	Description	Ballast	Watts/Lamp	Lamps/Fixture	Lamp Watts	Fixture Watts Special	Allowance Factor
Compact Fluorescent Fixtures													
Twin, (1) 5 W lamp	Mag-Std	5	1	5	9	1.80	Twin, (2) 40 W lamp	Mag-Std	40	2	80	85	1.06
Twin, (1) 7 W lamp	Mag-Std	7	1	7	10	1.43	Quad, (1) 13 W lamp	Electronic	13	1	13	15	1.15
Twin, (1) 9 W lamp	Mag-Std	9	1	9	11	1.22	Quad, (1) 26 W lamp	Electronic	26	1	26	27	1.04
Quad, (1) 13 W lamp	Mag-Std	13	1	13	17	1.31	Quad, (2) 18 W lamp	Electronic	18	2	36	38	1.06
Quad, (2) 18 W lamp	Mag-Std	18	2	36	45	1.25	Quad, (2) 26 W lamp	Electronic	26	2	52	50	0.96
Quad, (2) 22 W lamp	Mag-Std	22	2	44	48	1.09	Twin or multi, (2) 32 W lamp	Electronic	32	2	64	62	0.97
Quad, (2) 26 W lamp	Mag-Std	26	2	52	66	1.27							
Fluorescent Fixtures													
(1) 450 mm, T8 lamp	Mag-Std	15	1	15	19	1.27	(4) 1200 mm, T8 lamp	Electronic	32	4	128	120	0.94
(1) 450 mm, T12 lamp	Mag-Std	15	1	15	19	1.27	(1) 1500 mm, T12 lamp	Mag-Std	50	1	50	63	1.26
(2) 450 mm, T8 lamp	Mag-Std	15	2	30	36	1.20	(2) 1500 mm, T12 lamp	Mag-Std	50	2	100	128	1.28
(2) 450 mm, T12 lamp	Mag-Std	15	2	30	36	1.20	(1) 1500 mm, T12 HO lamp	Mag-Std	75	1	75	92	1.23
(1) 600 mm, T8 lamp	Mag-Std	17	1	17	24	1.41	(2) 1500 mm, T12 HO lamp	Mag-Std	75	2	150	168	1.12
(1) 600 mm, T12 lamp	Mag-Std	20	1	20	28	1.40	(1) 1500 mm, T12 ES VHO lamp	Mag-Std	135	1	135	165	1.22
(2) 600 mm, T12 lamp	Mag-Std	20	2	40	56	1.40	(2) 1500 mm, T12 ES VHO lamp	Mag-Std	135	2	270	310	1.15
(1) 600 mm, T12 HO lamp	Mag-Std	35	1	35	62	1.77	(1) 1500 mm, T12 HO lamp	Mag-ES	75	1	75	88	1.17
(2) 600 mm, T12 HO lamp	Mag-Std	35	2	70	90	1.29	(2) 1500 mm, T12 HO lamp	Mag-ES	75	2	150	176	1.17
(1) 600 mm, T8 lamp	Electronic	17	1	17	16	0.94	(1) 1500 mm, T12 lamp	Electronic	50	1	50	44	0.88
(2) 600 mm, T8 lamp	Electronic	17	2	34	31	0.91	(2) 1500 mm, T12 lamp	Electronic	50	2	100	88	0.88
(1) 900 mm, T12 lamp	Mag-Std	30	1	30	46	1.53	(1) 1500 mm, T12 HO lamp	Electronic	75	1	75	69	0.92
(2) 900 mm, T12 lamp	Mag-Std	30	2	60	81	1.35	(2) 1500 mm, T12 HO lamp	Electronic	75	2	150	138	0.92
(1) 900 mm, T12 ES lamp	Mag-Std	25	1	25	42	1.68	(1) 1800 mm, T8 lamp	Electronic	40	1	40	36	0.90
(2) 900 mm, T12 ES lamp	Mag-Std	25	2	50	73	1.46	(2) 1800 mm, T8 lamp	Electronic	40	2	80	72	0.90
(1) 900 mm, T12 HO lamp	Mag-Std	50	1	50	70	1.40	(3) 1500 mm, T8 lamp	Electronic	40	3	120	106	0.88
(2) 900 mm, T12 HO lamp	Mag-Std	50	2	100	114	1.14	(4) 1500 mm, T8 lamp	Electronic	40	4	160	134	0.84
(2) 900 mm, T12 lamp	Mag-ES	30	2	60	74	1.23	(1) 1800 mm, T12 lamp	Mag-Std	55	1	55	76	1.38
(2) 900 mm, T12 ES lamp	Mag-ES	25	2	50	66	1.32	(2) 1800 mm, T12 lamp	Mag-Std	55	2	110	122	1.11
(1) 900 mm, T12 lamp	Electronic	30	1	30	31	1.03	(3) 1800 mm, T12 lamp	Mag-Std	55	3	165	202	1.22
(1) 900 mm, T12 ES lamp	Electronic	25	1	25	26	1.04	(4) 1800 mm, T12 lamp	Mag-Std	55	4	220	244	1.11
(1) 900 mm, T8 lamp	Electronic	25	1	25	24	0.96	(1) 1800 mm, T12 HO lamp	Mag-Std	85	1	85	120	1.41
(2) 900 mm, T12 lamp	Electronic	30	2	60	58	0.97	(2) 1800 mm, T12 HO lamp	Mag-Std	85	2	170	220	1.29
(2) 900 mm, T12 ES lamp	Electronic	25	2	50	59	1.00	(1) 1800 mm, T12 VHO lamp	Mag-Std	160	1	160	180	1.13
(2) 900 mm, T8 lamp	Electronic	25	2	50	46	0.92	(2) 1800 mm, T12 VHO lamp	Mag-Std	160	2	320	330	1.03
(2) 900 mm, T8 HO lamp	Electronic	25	2	50	56	1.00	(2) 1800 mm, T12 lamp	Mag-ES	55	2	110	122	1.11
(2) 900 mm, T8 VHO lamp	Electronic	25	2	50	70	1.40	(4) 1800 mm, T12 lamp	Mag-ES	55	4	220	244	1.11
(1) 1200 mm, T12 lamp	Mag-Std	40	1	40	55	1.38	(2) 1800 mm, T12 HO lamp	Mag-ES	85	2	170	194	1.14
(2) 1200 mm, T12 lamp	Mag-Std	40	2	80	92	1.15	(4) 1800 mm, T12 HO lamp	Mag-ES	85	4	340	388	1.14
(3) 1200 mm, T12 lamp	Mag-Std	40	3	120	140	1.17	(1) 1800 mm, T12 lamp	Electronic	55	1	55	68	1.24
(4) 1200 mm, T12 lamp	Mag-Std	40	4	160	184	1.15	(2) 1800 mm, T12 lamp	Electronic	55	2	110	108	0.98
(1) 1200 mm, T12 ES lamp	Mag-Std	34	1	34	48	1.41	(3) 1800 mm, T12 lamp	Electronic	55	3	165	176	1.07
(2) 1200 mm, T12 ES lamp	Mag-Std	34	2	68	82	1.21	(4) 1800 mm, T12 lamp	Electronic	55	4	220	216	0.98
(3) 1200 mm, T12 ES lamp	Mag-Std	34	3	102	109	0.98	(1) 2400 mm, T12 ES lamp	Mag-Std	60	1	60	75	1.25
(4) 1200 mm, T12 ES lamp	Mag-Std	34	4	136	164	1.21	(2) 2400 mm, T12 ES lamp	Mag-Std	60	2	120	128	1.07
(1) 1200 mm, T12 ES lamp	Mag-ES	34	1	34	43	1.26	(3) 2400 mm, T12 ES lamp	Mag-Std	60	3	180	203	1.13
(2) 1200 mm, T12 ES lamp	Mag-ES	34	2	68	72	1.06	(4) 2400 mm, T12 ES lamp	Mag-Std	60	4	240	256	1.07
(3) 1200 mm, T12 ES lamp	Mag-ES	34	3	102	115	1.13	(1) 2400 mm, T12 ES HO lamp	Mag-Std	95	1	95	112	1.18
(4) 1200 mm, T12 ES lamp	Mag-ES	34	4	136	144	1.06	(2) 2400 mm, T12 ES HO lamp	Mag-Std	95	2	190	227	1.19
(1) 1200 mm, T8 lamp	Mag-ES	32	1	32	35	1.09	(3) 2400 mm, T12 ES HO lamp	Mag-Std	95	3	285	380	1.33
(2) 1200 mm, T8 lamp	Mag-ES	32	2	64	71	1.11	(4) 2400 mm, T12 ES HO lamp	Mag-Std	95	4	380	454	1.19
(3) 1200 mm, T8 lamp	Mag-ES	32	3	96	110	1.15	(1) 2400 mm, T12 ES VHO lamp	Mag-Std	185	1	185	205	1.11
(4) 1200 mm, T8 lamp	Mag-ES	32	4	128	142	1.11	(2) 2400 mm, T12 ES VHO lamp	Mag-Std	185	2	370	380	1.03
(1) 1200 mm, T12 ES lamp	Electronic	34	1	34	32	0.94	(3) 2400 mm, T12 ES VHO lamp	Mag-Std	185	3	555	585	1.05
(2) 1200 mm, T12 ES lamp	Electronic	34	2	68	60	0.88	(4) 2400 mm, T12 ES VHO lamp	Mag-Std	185	4	740	760	1.03
(3) 1200 mm, T12 ES lamp	Electronic	34	3	102	92	0.90	(2) 2400 mm, T12 ES lamp	Mag-ES	60	2	120	123	1.03
(4) 1200 mm, T12 ES lamp	Electronic	34	4	136	120	0.88	(3) 2400 mm, T12 ES lamp	Mag-ES	60	3	180	210	1.17
(1) 1200 mm, T8 lamp	Electronic	32	1	32	32	1.00	(4) 2400 mm, T12 ES lamp	Mag-ES	60	4	240	246	1.03
(2) 1200 mm, T8 lamp	Electronic	32	2	64	60	0.94	(2) 2400 mm, T12 ES HO lamp	Mag-ES	95	2	190	207	1.09
(3) 1200 mm, T8 lamp	Electronic	32	3	96	93	0.97	(4) 2400 mm, T12 ES HO lamp	Mag-ES	95	4	380	414	1.09

Lampiran 3: Tabel Konduktivitas Termal Dinding

30.24

2005 ASHRAE Handbook—Fundamentals (SI)

Table 17 Wall Conduction Time Series (CTS)

Wall Number =	CURTAIN WALLS			STUD WALLS				EIFS			BRICK WALLS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U-Factor, W/(m ² -K)	0.428	0.429	0.428	0.419	0.417	0.406	0.413	0.668	0.305	0.524	0.571	0.377	0.283	0.581	0.348	0.628	0.702	0.514	0.581	0.389
Total R	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.4	1.5	3.3	1.9	1.7	2.7	3.5	1.7	2.9	1.6	1.4	1.9	1.7	2.6
Mass, kg/m ²	31.0	20.9	80.0	25.5	84.6	25.6	66.7	36.6	38.3	130.9	214.1	214.7	215.8	290.6	304.0	371.7	391.5	469.3	892.2	665.1
Thermal Capacity, kJ/(m ² -K)	30.7	20.4	67.5	24.5	73.6	32.7	61.3	36.7	38.8	120.6	177.8	177.8	177.8	239.1	253.5	320.9	312.7	388.4	784.9	580.5
Hour	Conduction Time Factors, %																			
0	18	25	8	19	6	7	5	11	2	1	0	0	0	1	2	2	1	3	4	3
1	58	57	45	59	42	44	41	50	25	2	5	4	1	1	2	2	1	3	4	3
2	20	15	32	18	33	32	34	26	31	6	14	13	7	2	2	2	3	3	4	3
3	4	3	11	3	13	12	13	9	20	9	17	17	12	5	3	4	6	3	4	4
4	0	0	3	1	4	4	4	3	11	9	15	15	13	8	5	5	7	3	4	4
5	0	0	1	0	1	1	2	1	5	9	12	12	13	9	6	6	8	4	4	4
6	0	0	0	0	1	0	1	0	3	8	9	9	11	9	7	6	8	4	4	5
7	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	7	7	9	9	7	7	8	5	4	5
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	5	5	7	8	7	7	8	5	4	5
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	4	6	7	7	6	7	5	4	5
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	3	5	7	6	6	6	5	4	5
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	2	4	6	6	6	6	5	5	5
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	2	3	5	5	5	5	5	5	5
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	2	2	4	5	5	4	5	5	5
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	2	4	5	5	4	5	5	5
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	3	4	4	3	5	4	4
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	3	4	4	3	5	4	4
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	2	3	4	3	4	4	4
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	3	3	2	4	4	4
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	3	3	2	4	4	4
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	3	3	2	4	4	4
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	2	1	4	4	4
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	2	1	4	4	3
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	4	3
Total Percentage	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Layer ID from outside to inside (see Table 19)	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01	F01 F01 F01
	F09 F08 F10	F08 F10 F11	F07 F06 F06	M01 M01 M01	M01 M01 M01	M01 M01 M01	M01 M01 M01	M01 M01 M01	M01 M01 M01	M01 M01 M01	M01 M01 M01	M01 M01 M01	M01 M01 M01	M01 M01 M01	M01 M01 M01	M01 M01 M01	M01 M01 M01	M01 M01 M01	M01 M01 M01	M01 M01 M01
	F04 F04 F04	G03 G03 G03	I01 I01 I01	F04 F04 F04	F04 F04 F04	F04 F04 F04	F04 F04 F04	F04 F04 F04	F04 F04 F04	F04 F04 F04	F04 F04 F04	F04 F04 F04	F04 F04 F04	F04 F04 F04	F04 F04 F04	F04 F04 F04	F04 F04 F04	F04 F04 F04	F04 F04 F04	F04 F04 F04
	I02 I02 I02	I04 I04 I04	G03 G03 G03	I01 G03 I01	I01 I01 I01	M03 M03 M03	I04 M05 M01	M13 M16 I04	G01 G01 G01	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02
	F04 F04 F04	G01 G01 G01	F04 I04 M03	G03 I04 G03	M03 I04 M05	M01 M13 M16	I04 G01	G01 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02
	G01 G01 G01	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02	F02 F02 F02
	F02 F02 F02	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
Wall Number Descriptions																				
1. Spanel glass, insulation board, gyp board										11. Brick, insulation board, sheathing, gyp board										
2. Metal wall panel, insulation board, gyp board										12. Brick, sheathing, batt insulation, gyp board										
3. 25 mm stone, insulation board, gyp board										13. Brick, insulation board, sheathing, batt insulation, gyp board										
4. Metal wall panel, sheathing, batt insulation, gyp board										14. Brick, insulation board, 200 mm LW CMU										
5. 25 mm stone, sheathing, batt insulation, gyp board										15. Brick, 200 mm LW CMU, batt insulation, gyp board										
6. Wood siding, sheathing, batt insulation, 13 mm wood										16. Brick, insulation board, 200 mm HW CMU, gyp board										
7. 25 mm stucco, sheathing, batt insulation, gyp board										17. Brick, insulation board, brick										
8. EIFS finish, insulation board, sheathing, gyp board										18. Brick, insulation board, 200 mm LW concrete, gyp board										
9. EIFS finish, insulation board, sheathing, batt insulation, gyp board										19. Brick, insulation board, 300 mm HW concrete, gyp board										
10. EIFS finish, insulation board, sheathing, 200 mm LW CMU, gyp board										20. Brick, 200 mm HW concrete, batt insulation, gyp board										

Lampiran 4: Tabel Standar Temperatur dan Humidity

SCHEDULE M1 – HVAC Design Criteria

Type	No.	Room/Area	Summer design Temp. °C	Winter design Temp. °C	Relative Humidity ^{2,3,4}	Ventilatio
Primary	1	Primary Processing	26	18	NA	X
	2	Casing Kitchen	26	18	NA	X
	3	Flavouring Kitchen	25	18	NA	X
	4	Dust Collection	30	18	NR	X
	5	Cut Filter Storage	22+/-3	22+/-3	58+/-5	X
	6	QA Labs (General) QA Conditioning Lab	22+/-2 22+/-1	22+/-2 22+/-1	60+/-5 60+/-3	X X
	7	QA Offices	25	20	50+/-5 S 25+/-5 W	X
	8	Workshops	25	18	Na	X
Secondary	9	Secondary Processing	22+/-3	22+/-3	58+/-5	X
	10	Filter Making	22+/-3	22+/-3	58+/-5	X
	11	NTM Buffer Store	22+/-3	22+/-3	58+/-5	X
	12	Ripping	22+/-3	22+/-3	58+/-5	X
	13	Dust Collection	30	18	NR	X
	14	Glue Room	na	18	NR	X
	15	Process Control Rooms	22	22	50+/-5	X
	16	Factory Floor Offices	25	20	NR	X
	17	Relax Rooms	25	20	NR	X
	18	Training Rooms	25	20	50+/-5 S 25+/-5 W	X
	19	Spare Parts	30	18	NR	X
	20	Workshops	25	18	NR	X
Admin.	21	Admin Offices	25	20	50+/-5 S 25+/-5 W	X
	22	Canteen	25	20	NR	X
	23	Kitchen	25	18	NR	X
	24	Personnel Lockers	-	20	NR	X
	25	Computer Room	22	22	50+/-5	X
	26	Gate House	25	20	NR	X
	27	Control room	22	22	50+/-5	X
Warehouse	28	Warehouse (RT/BBS)	30	5	NA	X
	29	Warehouse (NTM)	30	12 ⁵	NA	X
	30	Warehouse (FG)	30	12 ⁵	NA	X
	31	Shipping Area	30	12 ⁵	NA	X
	32	Receiving Area	30	12 ⁵	NA	X
	33	Palletising Area	30	12 ⁵	NA	X
	34	Battery/Charging Room	na	12 ⁵	NR	X
	35	Sticker Room	28	12	NR	X
	36	Waste Room	30	5	Na	X
	37	Warehouse Offices	25	20	NR	X
38	Hazard Store buffer area	28	18	NA	X	
39	Hazard Store	25	18	NA	X	
Diet	40	Main Process areas ⁶	24+/-3	24+/-3	58+/-5	X
	41	Compressor room ⁶	30	20	NR	X
	42	Control room	22	22	50+/-5	X
	43	Furnace room	35	20	NR	X
	44	QA Lab	22+/-2	22+/-2	60+/-5	X
Utility & Misc.	45	Boiler Room	35	18	NR	X
	46	Pump Room	35	5	NR	X
	47	Mech. Rooms	30	18	NR	X
	48	Elect. Rooms	35	5	NR	X
	49	Toilets	na	18	NR	X

Notes :

- The temperature and humidity criteria stated above are for design of mechanical systems and they are subject to change based on the local weather conditions and local codes
- RH values implies the use of humidifier equipment to condition room
- NA indicates that room relative humidity is only monitored and not controlled
- NR indicated that room relative humidity is neither monitored nor controlled
- The lower temperature of 5°C is acceptable for all warehouses with the exception of NTM where ink is stored. The value of 12°C shall be used only for design of heating system.
- Rooms requiring additional ventilation systems for Co2 removal and discharge