



TUGAS AKHIR - TF 141581

**ANALISA SIRKULASI UDARA DI PABRIK ASPAL BITUMEN
PLANT GRESIK JAWA TIMUR MENGGUNAKAN SIMULASI
CFD (*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*)**

LINDIA HEVIYANTI
NRP. 2413 100 004

Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT - TF 141581

**ANALYSIS OF AIR CIRCULATION IN ASPHALD BITUMEN
PLANT GRESIK PLANTIK EAST JAVA USING SIMULATION
OF CFD (*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*)**

LINDIA HEVIYANTI
NRP. 2413 100 004

Supervisors :
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2017

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Lindia Heviyanti
NRP : 2413100004
Departemen/ Prodi : Teknik Fisika/ S1 Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya berjudul ANALISA SIRKULASI UDARA DI PABRIK ASPAL BITUMEN PLANT GRESIK JAWA TIMUR MENGGUNAKAN SIMULASI CFD (*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*) adalah bebas plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 28 Juli 2017
Yang membuat pernyataan

Lindia Heviyanti

TUGAS AKHIR

ANALISA SIRKULASI UDARA DI PABRIK ASPAL BITUMEN PLANT GRESIK JAWA TIMUR MENGUNAKAN SIMULASI CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS)

Oleh :

Lindia Heviyanti
NRP 2413 100 004

Surabaya, Juli 2017

Mengetahui,

Pembimbing I



Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIP. 19650309 199002 1001

Menyetujui,

Ketua Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS



Agus Muhammad Hatta, S.T, MSi, Ph.D
NIP. 19780902 200312 1 002

ANALISA SIRKULASI UDARA DI PABRIK ASPAL
BITUMEN PLANT GRESIK JAWA TIMUR
MENGUNAKAN SIMULASI CFD (*COMPUTATIONAL
FLUID DYNAMICS*)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Energi dan Pengkondisian Lingkungan
Program Studi S-1 Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

LINDIA HEVIYANTI
NRP 2413 100 004

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA (Pembimbing I)
2. Ir. Harsono Hadi, MT, Ph.D. (Penguji I)
3. Dr. Ridho Hantoro, ST, MT (Penguji II)
4. Dr. Gunawan Nugroho, ST, MT (Penguji III)

SURABAYA
JULI, 2017

**ANALISA SIRKULASI UDARA DI PABRIK ASPAL
BITUMEN PLANT GRESIK JAWA TIMUR
MENGUNAKAN SIMULASI CFD (*COMPUTATIONAL
FLUID DYNAMICS*)**

Nama : **Lindia Heviyanti**
NRP : **2413 100 004**
Jurusan : **Teknik Fisika FTI-ITS**
Dosen Pembimbing : **Dr. Ir. Totok Suhartanto, DEA**

Abstrak

Di dalam area plant pabrik Aspal terdapat proses pengelasan, pengeringan, dan pengisian drum aspal sebagai sumber keluarnya gas pencemar berupa H₂S yang dapat mengganggu kesehatan pekerja khususnya pada pernapasan. Pada saat ketiga proses tersebut berlangsung, udara di dalam area plant akan bercampur dengan H₂S dan berakumulasi di area plant, sehingga perlu dilakukan perbaikan sirkulasi udara di area plant yaitu berupa penambahan pemasangan *fan* dan *exhaust fan*. Untuk mengevaluasi apakah *fan* dan *exhaust fan* yang terpasang telah menghasilkan sirkulasi udara yang sesuai kebutuhan maka perlu diketahui dengan menggunakan simulasi CFD (Computational Fluid Dynamics). Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa kondisi area plant dengan 14 fan, 7 exhaust fan dinding dan 46 yang telah terpasang, menunjukkan nilai kadar H₂S sebesar 0.0252996 ppm. Dengan melakukan penambahan *fan* sebanyak 4 buah, 1 buah berlokasi di dinding sebelah kanan berdekatan dengan mesin pengering, 1 buah berlokasi di dinding tengah daerah pengisian aspal, dan 2 buah di dekat proses pengelasan, kemudian *exhaust fan* sebanyak 4 buah, 4 buah yang berlokasi di dinding belakang di area pengisian aspal dan 2 buah di dinding kiri area pembuatan tutup drum, didapatkan penurunan nilai kadar H₂S sebesar 0.0014023 - 0.0027219 ppm.

Kata Kunci : Area plant pabrik Aspal, *Fan*, *Exhaust Fan* , Sistem Ventilasi Udara, CFD

**ANALYSIS OF AIR CIRCULATION IN ASPHALD
BITUMEN PLANT GRESIK PLANTIK EAST JAVA
USING SIMULATION OF CFD (COMPUTATIONAL FLUID
DYNAMICS)**

Name : Lindia Heviyanti
NRP : 2413 100 004
Department : Engineering Physics FTI-ITS
Supervisors : Dr. Ir. Totok Suhartanto, DEA

Abstract

In the Asphalt area plant there is a process of welding, draining, and filling of asphalt drums as a source of discharge of pollutant gas is H₂S which can interfere with workers' health especially on breathing. At this time the process, the plant in the air will mix with the H₂S and accumulate in the area plant, so it needs to be done air circulation improvement in the area plant of fan and exhaust fan. For fan and exhaust fan installed with air circulation as needed then need to know by using CFD simulation (Computational Fluid Dynamics). From the simulation results show the condition of the area plant with 14 fan, 7 exhaust fan wall and 46 that have been installed, showing the level of H₂S is 0,0252996 ppm. By adding 4 pieces of fan, 1 piece on the right wall with the machine, 1 fruit in the middle of the asphalt charging, and 2 pieces near the welding process, defecating 4 pieces on the back wall in the asphalt filling area and 2 pieces on the left wall of the drum cover making area, obtained decrease in H₂S level of 0.0014023 - 0.0027219 ppm.

Keywords: Asphalt Area Plant ,Fan, Exhaust Fan , System of Ventilation, CFD

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, serta shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, hingga terselesaikannya Tugas Akhir beserta Laporan Tugas Akhir yang berjudul **ANALISA SIRKULASI UDARA DI PABRIK ASPAL BITUMEN PLANT GRESIK JAWA TIMUR MENGGUNAKAN SIMULASI CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS)**.

Penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian Tugas Akhir dan laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Orang Tua yang selalu memberi dukungan secara moril maupun materil.
2. Bapak Agus Muhamad Hatta, ST, MSi, Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Fisika FTI – ITS.
3. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA., Selaku dosen wali dan dosen pembimbing tugas akhir penulis yang telah memberikan bimbingan kepada penulis.
4. Bapak Ir. Harsono Hadi, MT, Ph.D, selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan.
5. Bapak Dr. Ridho Hantoro, ST, MT, selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan.
6. Bapak Dr. Gunawan Nugroho, ST, MT, selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan.
7. Bapak Angga, Alfian, Ganda, dan ibu Vista yang telah membantu dan telah memberikan izin dalam pengambilan data di Bitument Plant Gresik
8. Teman – Teman S1 Reguler dan Lintas jalur seta teman – teman seperjuangan TA yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terimakasih atas dukungan dan bantuannya.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini tidaklah sempurna, namun semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika khususnya, dan civitas akademik ITS pada umumnya. Selain itu juga semoga dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan Tugas Akhir bagi mahasiswa yang lain.

Surabaya, 28 Juli 2016

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
<i>COVER PAGE</i>	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
LEMBAR PENGESAHAN	iii
Abstrak	xi
<i>Abstract</i>	xviii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI	Error! Bookmark not defined. xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xxvi
DAFTAR TABEL	xxviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Sistematika Laporan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Ventilasi	5
2.2 Kipas (Fan).....	6
2.3 Exhaust Fan.....	6
2.4 Aliran Udara.....	7
2.5 Bau	7
2.6 H ₂ S Di Pabrik.....	10
2.7 Sistem Ventilasi.....	12
2.8 Metode Macfarlance.....	14
2.9 Computational Fluid Dynamics (CFD).....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Studi Literatur	18
3.2 Pengumpulan Data	18
3.2.1 Lay Out Area Plant.....	18
3.2.2 Dimensi Area Plant	19
3.2.3 Lokasi <i>Fan</i> dan <i>Exhaust Fan</i> dan Spesifikasinya	218
3.2.4 Data Operasional <i>Fandan Exhaust Fan</i>	24
3.2.5 Pengaturan.....	25

3.2.6	Perhitungan Paparan Panas Mesin dan Material Bangunan	30
3.3	Simulasi Menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamics)	35
BAB IV	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	49
4.1	Analisa Data.....	49
4.1.1	Kadar Gas H ₂ S Area Plant	49
4.1.2	Pengaruh T dan RH terhadap Gas H ₂ S.....	52
4.1.3	Kadar Gas H ₂ S Keluadengan Standar yang Berlaku ...	52
4.1.4	Mengurangi Kadar H ₂ S	53
4.1.5	Nilai Kadar Gas H ₂ S Area Plant yang Berkurang.....	55
4.1.6	Kadar Gas H ₂ S Area Plant Rekomendasi.....	58
4.1.7	T dan RH Efek dari Pembuangan Gas H ₂ S	61
4.2	Pembahasan.....	61
BAB V	PENUTUP	63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	<i>Flowchart</i>	17
Gambar 3.2	<i>Lay Out</i> Peralatan	18
Gambar 3.3	Dimensi Ruang	19
Gambar 3.4	Dimensi Peralatan.....	20
Gambar 3.5.1	Lokasi <i>Fan</i> di Dinding Depan	21
Gambar 3.5.2	Lokasi <i>Fan</i> di Dinding Tengah Dari Depan	21
Gambar 3.5.3	Lokasi <i>Fan</i> di Dinding Tengah.....	21
Gambar 3.5.4	Lokasi <i>Fan</i> di Dinding Tengah Kecil.....	21
Gambar 3.5.5	Lokasi <i>Fan</i> di Dinding Kanan	22
Gambar 3.5.6	Lokasi <i>Exhaust Fan</i> di Dinding Kiri	22
Gambar 3.5.7	Lokasi <i>Exhaust Fan</i> di Dinding Belakang.....	22
Gambar 3.5.8	Lokasi <i>Cyclone Exhaust Fan</i> di Atap.....	23
Gambar 3.6.1	Lokasi Mesin	25
Gambar 3.6.2	Titik Pengukuran T dan RH Area Plant	26
Gambar 3.6.3	Lokasi Pengukuran Temperatur Dinding	29
Gambar 3.7	Struktur Dinding.....	31
Gambar 3.8	Struktur Lantai.....	33
Gambar 3.9	Struktur Atap	33
Gambar 3.10	<i>Geometry</i> dengan AutoCad 2007	35
Gambar 3.11	<i>Import Geometry</i>	35
Gambar 3.12	<i>Name Selection</i>	36
Gambar 3.13.1	<i>Face Sizing Machine</i>	37
Gambar 3.13.2	<i>Face Sizing Fan and Exhaust</i>	37
Gambar 3.13.3	<i>Face Sizing Body</i>	37
Gambar 3.14	Hasil <i>Meshing</i>	38
Gambar 3.15	Konfigurasi Solver	38
Gambar 3.16	Pengaturan General	39
Gambar 3.17.1	Pengaktifan Energy.....	39
Gambar 3.17.2	Viscous Model.....	40
Gambar 3.17.3	Species Model.....	40
Gambar 3.18	Pengaturan Material	41
Gambar 3.19	<i>Convert RH ke Mass Fraction</i> Kondisi Standar...	42
Gambar 3.20	<i>Initialization</i>	43
Gambar 3.21	Konvergensi.....	43

Gambar 4.1.1	Contur O_2 Mass Fraction pada koordinat $x = 0$ m	50
Gambar 4.1.2	Contur O_2 Mass Fraction pada koordinat $x = 2$ m	51
Gambar 4.1.3	Contur O_2 Mass Fraction pada koordinat $x = 3$ m	51
Gambar 4.1.4	Contur Temperatur Area Plant Variasi.....	54
Gambar 4.1.5	Desain Rekomendasi	55
Gambar 4.1.6	Nilai Kadar Gas H_2S Area Plant.....	55
Gambar 4.1.7	Contur Temperatur Area Plan Rekomendasi.....	56
Gambar 4.1.8	Nilai Kadar O_2 Area Plant	57
Gambar 4.1.9	Contur O_2 Mass Fraction Rekomendasi pada koordinat $x=0$ m	58
Gambar 4.1.10	Contur O_2 Mass Fraction Rekomendasi pada koordinat $x=2$ m	59
Gambar 4.1.11	Contur O_2 Mass Fraction Rekomendasi pada koordinat $x=3.5$ m	59
Gambar 4.1.12	Perbandingan pada $x = 0$ m	60
Gambar 4.1.13	Perbandingan pada $x = 2$ m	60
Gambar 4.1.14	Perbandingan pada $x = 3.5$ m	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil Pemeriksaan NIOSH	10
Tabel 2. 2 Tingkat H ₂ S	11
Tabel 3. 1 Jenis Peralatan	18
Tabel 3. 2 Data Spesifikasi <i>Fan</i> dan <i>Exhaust Fan</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 3 Data <i>Fan</i> dan <i>Exhaust Fan</i> yang Dioperasikan	24
Tabel 3. 4 Data Debit dari <i>Fan</i> dan <i>Exhaust Fan</i>	24
Tabel 3. 5 Pengukuran T dan RH ruang plant	27
Tabel 3. 6 Perhitungan Paparan Panas Mesin dan Material Bangunan	29
Tabel 3. 7 Temperatur Mesin	30
Tabel 3. 8 U Dinding	31
Tabel 3. 9 <i>Heat Flux</i> Dinding Depan	31
Tabel 3.10 <i>Heat Flux</i> Dinding Kanan	32
Tabel 3.11 <i>Heat Flux</i> Dinding Kiri	32
Tabel 3.12 <i>Heat Flux</i> Dinding Tengah.....	32
Tabel 3.13 <i>Heat Flux</i> Dinding Tengah Kecil	32
Tabel 3.14 <i>Heat Flux</i> Dinding Belakang.....	32
Tabel 3.15 U Lantai	33
Tabel 3.16 <i>Heat Flux</i> Lantai.....	33
Tabel 3.17 U Atap Asbes.....	34
Tabel 3.18 <i>Heat Flux</i> Atap Asbes	34
Tabel 3.19 U Atap Fiber	34
Tabel 3.10 <i>Heat Flux</i> Atap Fiber.....	34
Tabel 4.1 Variasi Perlakuan Simulasi terhadap Area Plan	49
Tabel 4.2 Tingkat Ketinggian Kadar O ₂	50
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran T dan RH.....	52
Tabel 4.4 Tingkat Ketinggian Temperatur	53

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Pertamina(Persero) Pabrik Aspal Gresik merupakan salah satu perusahaan yang mengolah produk dari aspal dan bergerak di bagian *supply point* untuk menyalurkan aspal ke seluruh wilayah Unit Pemasaran V yang meliputi Jawa Timur, Bali, NTB, NTT, sampai ke wilayah Unit Pemasaran VI, VII, VIII (Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Irian Jaya) . Selain ada proses pembuatan drum aspal, di pabrik aspal ini juga terdapat proses pengecatan drum tersebut, kemudian pengeringan drum yang telah dicat melalui sistem *drying* dan proses pengisian aspal dalam drum. Di dalam proses-proses tersebut terdapat mesin-mesin yang menghasilkan gas pencemar berupa gas H_2S , menyebabkan udara yang menyebar di area plant mengandung gas H_2S . Akibatnya gas H_2S berakumulasi di dalam plant. Sehingga menghasilkan bau yang sangat menyengat dan berbahaya bagi keselamatan dan kesehatan para pekerja yang berada di area plant pabrik^[1]. Untuk meminimalisir dampak tersebut, diperlukan adanya pengendalian udara di dalam lingkungan kerja area plant pabrik dengan cara melakukan pemasangan sejumlah *fan* dan sejumlah *exhaust fan* dengan memperhatikan lokasi penempatannya, dimana *fan* dan *exhaust fan* ini berfungsi untuk mengatur sirkulasi udara yang sudah bercampur dengan gas H_2S di dalam area plant agar dibuang ke luar dan pada saat bersamaan menarik udara segar dari luar ke dalam area plant. Selain itu juga bisa mengatur volume udara yang akan disirkulasikan pada area plant.

Harapan dari pemasangan *fan* dan *exhaust fan* ini untuk menyerap dan mensirkulasikan gas H_2S tersebut keluar sehingga dapat mengurangi bau menyengat untuk kenyamanan pekerja. Selain itu juga digunakan untuk menurunkan kadar gas H_2S di

tempat kerja sampai batas yang tidak membahayakan bagi keselamatan dan kesehatan pekerja. Kecepatan angin, temperatur, dan *relatif humidity*(RH) adalah bagian dari parameter meteorologi yang dapat mempengaruhi kadar gas H₂S di udara.^[2] Akan tetapi kendala utama didalam penelitian tugas akhir ini adalah belum ada data utama berupa data sirkulasi udara di dalam area plant pabrik drum aspal.

Oleh karena itu, pada penelitian ini perlu dilakukan kajian sirkulasi udara di dalam area plant pabrik drum aspal ketika *fan* dan *exhaust fan* dioperasikan. Sehingga dapat diketahui pola aliran udara didalamnya dan untuk mengetahui pola sirkulasi udara di dalam area plant pabrik drum aspal dengan menggunakan simulasi software CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka permasalahan pada tugas akhir ini adalah :

- a. Apakah pemasangan *fan* dan *exhaust fan* ketika dioperasikan melalui simulasi CFD dapat mensirkulasikan udara bercampur gas H₂S keluar?
- b. Bagaimana mengetahui posisi *fan* dan *exhaust fan* yang dapat mensirkulasikan udara bercampur gas H₂S keluar ?

1.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

- a. Menganalisa sirkulasi udara di dalam pabrik drum aspal ketika *fan* dan *exhaust fan* dioperasikan melalui simulasi CFD.
- b. Melakukan perancangan penempatan *fan* dan *exhaust fan* agar udara di dalam pabrik drum aspal dapat bersirkulasi dengan baik.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Lokasi pengambilan data tugas akhir adalah pabrik drum aspal Bitumen Plant Gresik.
- b. Data *fan* dan *exhaust fan* yang dipergunakan berasal dari pabrik drum aspal Bitumen Plant Gresik.
- c. Simulasi pola aliran udara dilakukan dengan software CFD.
- d. Kondisi operasi di dalam pabrik (misal ; temperatur dan kelembaban relatif) di ukur langsung pada saat mesin-mesin area plant pabrik Aspal beroperasi.

1.4 Sistematika Laporan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab I ini terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika laporan.

BAB II Teori Penunjang

Pada bab II ini dibahas mengenai teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan, seperti sistem sirkulasi udara /aliran udara, sistem ventilasi, *fan*, *exhaust fan* dan *cyclone exhaust fan*, dan pengaruh T dan RH terhadap aliran udara.

BAB III Metodologi Penelitian

Pada bab ini berisi mengenai rancangan dari penelitian yang dilakukan, metode, dan langkah-langkah dalam penelitian.

BAB IV Analisis Data dan Pembahasan

Pada bab ini berisi tentang data hasil penelitian dari simulasi sirkulasi udara di dalam pabrik drum aspal dengan menggunakan software CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

BAB V Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini diberikan kesimpulan tentang tugas akhir yang telah dilakukan berdasarkan data-data yang diperoleh, serta diberikan saran sebagai penunjang maupun pengembangan tugas akhir selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ventilasi

Ventilasi merupakan tempat pergerakan udara melalui lubang bangunan yang terbuka yang terjadi karena adanya perbedaan tekanan di luar suatu bangunan gedung yang disebabkan oleh angin dan karena adanya perbedaan temperatur, sehingga terdapat gas-gas panas yang naik di dalam saluran ventilasi. Pergerakan udara bisa disebabkan masing-masing gaya yang bekerja sendiri atau kombinasi dari keduanya, tergantung pada kondisi atmosfer, rancangan bangunan, dan lokasi (Hellickson & Walker, 1983)

Di industri, ventilasi merupakan salah satu alternatif untuk mengendalikan kondisi lingkungan kerja atau alat kontrol engineering (kerekayasaan) dengan menggunakan aliran udara bersih, guna menghilangkan kontaminan/polutan atau mengurangi konsentrasi dari gas, debu, uap, asap, kabut minyak, dan kotoran di udara dari zona pernapasan perkerja, dan selain itu berfungsi untuk mencairkan konsentrasi kontaminan dalam udara, dan menyediakan udara yang lebih baik.^[3]

Prinsip sistem ventilasi yang digunakan dalam suatu industri adalah membuat suatu proses pertukaran udara di dalam ruang kerja. Pertukaran udara dipengaruhi oleh total bukaan ventilasi, ventilasi bagian mana yang dibuka, kecepatan angin dan perbedaan antara suhu di dalam dengan di luar ruangan. Kecepatan dan arah angin menentukan banyaknya ventilasi yang akan dibuka (Mastalerz, 1926). Semakin sempurna pertukaran udara di dalam ruangan terjadi, semakin baik penurunan suhu ruangan yang terjadi. Pertukaran udara disebut sempurna apabila seluruh udara yang berada dalam suatu ruangan dapat digantikan dengan yang baru (Yuwono *et al.* 2008).^[4]

Pada sistem ventilasi mekanik, pertukaran udara dilakukan dengan cara memasang sistem pengeluaran udara (exhaust system) dan pemasukan udara (supply system) dengan menggunakan fan. Supply system dipasang untuk memasukkan udara ke dalam ruangan, umumnya digunakan untuk menurunkan tingkat konsentrasi kontaminan di dalam lingkungan kerja.^[4]

Ventilasi dalam lingkungan kerja ditujukan untuk :

1. Mengatur kondisi kenyamanan ruangan.
 2. Memperbaruhi udara dengan pencemaran udara ruangan pada batas normal.
 3. Menjaga kebersihan udara dari kontaminasi berbahaya.
- Menurut dokumen induk saat ASHRAE 62-2001, Prosedur

Tingkat Ventilasi mengatur:

1. kualitas udara luar untuk ventilasi diterima
2. di luar ruangan udara pengobatan bila diperlukan
3. santasr ventilasi untuk perumahan, komersial, ruang institusional, kendaraan, dan industri
4. kriteria untuk pengurangan jumlah udara luar saat diresirkulasi udara diperlakukan oleh kontaminan-penghapusan peralatan

Kriteria untuk ventilasi variabel ketika volume udara di ruang dapat digunakan sebagai reservoir untuk mencairkan kontaminan.

2.2 Kipas (Fan)

Kipas adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menghasilkan aliran pada fluida gas seperti udara. Kipas banyak diaplikasikan untuk kenyamanan ruangan (kipas meja/dinding), sistem pendingin pada sistem permesinan, ventilasi, penyedot debu, sistem pengering (dikombinasikan dengan *heater*), membuang gas-gas berbahaya, dan juga *supply* udara untuk proses pembakaran.

Menurut Cheng(2008), bila menggunakan kipas, kisaran suhu yang diperoleh dari investigasi langsung dan tidak langsung adalah 28,2°C dan 27,2°C. Perpindahan panas konvektif yang menciptakan distribusi suhu yang hampir sama diseluruh ruangan berasal dari sirkulasi dengan memakai kipas (Ho, C.J. dan C.C.Lin, 2006) ^[5]

2.3 Exhaust Fan

Exhaust fan berfungsi untuk menghisap udara di dalam ruang untuk dibuang ke luar, dan pada saat bersamaan menarik udara segar di luar ke dalam ruangan. Selain itu exhaust fan juga

bisa mengatur volume udara yang akan disirkulasikan pada ruang untuk mengurangi kelembaban udara dalam ruang.^[6]

Di Industri, *Exhaust Fan* dipasang untuk mengeluarkan udara, beserta kontaminan yang ada di sekitar ruang kerja, biasanya ditempatkan di sekitar ruang kerja atau dekat dengan sumber kontaminan dikeluarkan.

2.4 Aliran Udara

Pola aliran udara di dalam gedung merupakan hasil kombinasi dari sistem ventilasi dan kegiatan penghuni gedung[7]. Menurut Standard Baku Mutu Keputusan Menteri Kesehatan No. 261/No.1405/menkes/SK/XI/2002 kecepatan aliran udara berkisar antara 0,15 - 0,25 ms⁻¹ atau lebih rendah menjadikan bangunan tidak nyaman karena tidak ada pergerakan udara.

Terjadinya aliran udara di dalam bangunan disebabkan karena adanya perbedaan tekanan antara dua tempat pada bangunan. Perbedaan tekanan ini dapat ditimbulkan oleh gaya angin dan gaya termal (Soegijanto, 1999). Perbedaan tekanan menyebabkan adanya pergerakan kontaminan dari area bertekanan tinggi ke area bertekanan rendah melalui celah yang ada. Berikut ini adalah pola alternatif jalur distribusi kontaminan:

1. Sirkulasi lokal dalam ruangan yang mengandung kontaminan
2. Pergerakan udara ke ruang bertekanan lebih rendah
3. Pergerakan kontaminan dari bawah ke atas bangunan gedung
4. Pergerakan udara ke dalam gedung melalui infiltrasi udara luar^[9]

2.5 Bau

Bau sering menunjukkan indikator tentang buruknya kualitas udara dalam ruangan (Pudjiastuti, 1998). Bau yang tidak sedap biasanya timbul akibat senyawa-senyawa organik dan sulfurik. Di pabrik, bau dapat menjadi petunjuk keberadaan suatu zat kimia berbahaya seperti Hidrogen sulfida (H₂S).

Kualitas udara dalam ruang merupakan interaksi yang selalu berubah secara konstan dari beberapa faktor yang mempengaruhi jenis, tingkat, dan pentingnya polutan dalam lingkungan dalam

ruang. Kualitas udara dalam ruang yang baik dapat dicapai dan dipertahankan dengan memperhatikan sistem ventilasi ruangan, desain dan bentuk ruangan, serta manajemen polutan^[10]

Kualitas udara dalam ruangan dapat ditinjau dari beberapa hal antara lain^[10]:

- a. Parameter fisik (suhu, kelembapan, dan pergerakan udara,)
- b. Faktor kimia
- c. Radon dan produk peluruhannya
- d. Mikrobiologi (virus, jamur, dll)

Masalah utama yang sering didapatkan dari berbagai penelitian mengenai kualitas udara dalam ruang meliputi tiga kategori umum yang diurutkan berdasarkan frekuensi kejadiannya, yaitu yang tertinggi adalah gangguan ventilasi, kontaminasi kimia, dan terendah adalah kontaminasi mikrobiologi. Kontaminasi mikrobiologi dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Gangguan kesehatan tersebut menyerang saluran pernafasan, dapat disebabkan oleh bakteri, kapang, protozoa, dan produk-produk mikroba lainnya yang mungkin berasal dari sistem ventilasi. Gangguan kesehatan yang mirip, yaitu demam kelembaban, banyak dilaporkan terjadi di Eropa, yang juga terjadi akibat kontaminasi mikrobiologi dalam sistem ventilasi udara^[1]. Salah satu fenomena gangguan kesehatan yang berkaitan dengan kualitas udara adalah *sick building syndrome* (SBS). SBS merupakan kumpulan gejala yang disebabkan terutama oleh buruknya kualitas udara ruangan yang mengganggu saluran pernafasan.^[11]

Beberapa faktor yang berkaitan dengan kualitas udara dalam ruangan yang perlu diperhatikan dalam hubungannya dengan kejadian SBS menurut Kusnopranto (2002):

1. Kondisi lingkungan dalam ruangan

Kondisi lingkungan yang sangat penting untuk diperhatikan adalah suhu ruangan, kelembapan, dan aliran udara. Ketiga hal tersebut dapat menyebabkan peningkatan absorpsi polutan kimia dalam ruangan, pertumbuhan mikroorganisme di udara, dan meningkatkan bau yang tidak sedap,

Kondisi ruangan yang lembab dengan temperatur tinggi dan aliran udara yang tenang biasanya menebarkan bau kurang sedap karena proses pembusukan oleh mikroorganisme (Mukono, 2005)

Standar temperatur yang direkomendasikan oleh Kementerian Kesehatan RI untuk ruangan industri yaitu berkisar antara 18⁰C sampai 30⁰C[2] ^[12]. Temperatur yang tinggi dalam ruangan kerja bisa ditimbulkan oleh kondisi ruangan, mesin-mesin ataupun alat yang mengeluarkan panas serta panas yang bersumber dari sinar matahari yang memanasi atap pabrik yang kemudian menimbulkan radiasi kedalam ruangan kerja^[13]

Standar kelembaban yang direkomendasikan oleh Kementerian Kesehatan RI untuk ruangan industri yaitu 65% sampai 95% ^[12]. Ruangan yang lembab diakibatkan oleh kurangnya aliran udara dan pertukaran udara dari dan ke dalam ruangan serta tingginya panas dalam ruangan. Ruangan yang lembab dan dinding yang basah akan sangat tidak nyaman dan mengganggu kesehatan manusia (Pudjiastuti, dkk, 1998).

Standar kecepatan alir udara yang direkomendasikan oleh Kementerian Kesehatan RI untuk ruangan industri yaitu 0.15 sampai 0.25 m/s. ^[13] Kecepatan udara lebih rendah menjadikan ruangan tidak nyaman karena tidak ada pergerakan udara. sebaiknya bila kecepatan udara terlalu tinggi akan menyebabkan kebisingan di dalam ruangan (Arismunandar dan Saito, 1991).

2. Konstruksi gedung dan furniture
3. Proses dan alat-alat dalam gedung
4. Ventilasi
5. Status kesehatan pekerja
antara lain alergi/ asma yang diderita pekerja yang bersangkutan, perilaku merokok, pengguna alkohol, dan sebagainya

Untuk dapat mengetahui penyebab SBS ini maka perlu dilakukan penelitian terhadap situasi lingkungan udara di dalam suatu gedung. The National Institute for Occupational Safety and

Health (NIOSH), suatu badan untuk kesehatan dan keselamatan kerja di Amerika Serikat telah memeriksa 466 gedung di negara itu. Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan permintaan dari pemilik/pengguna gedung-gedung itu untuk menilai apakah gedung tempat mereka bekerja masih dalam keadaan sehat atau tidak. Hasil pemeriksaan NIOSH di atas menunjukkan enam sumber utama pencemaran udara di dalam suatu gedung sebagaimana tampak pada tabel di bawah ini.:

Tabel 2.1 Hasil Pemeriksaan NIOSH (Sumber : Laporan NIOSH, 1984)

Dalam Ruang Sumber	Persentase
Pencemaran dari alat-alat di dalam gedung	17%
Pencemaran dari luar gedung	11%
Pencemaran akibat bahan bangunan	3%
Pencemaran mikroba	5%
<u>Gangguan ventilasi</u>	<u>52%</u>
Tidak diketahui	12%

2.6 H₂S Di Pabrik

H₂S adalah rumus kimia dari gas Hidrogen Sulfida yang terbentuk dari 2 unsur Hidrogen dan 1 unsur Sulfur. Satuan ukur gas H₂S adalah ppm (*part per milion*) atau % (1 % = 10.000 ppm). Karakteristik gas H₂S diantaranya adalah:

1. Merupakan jenis gas beracun.
2. Tidak berwarna.
3. Gas yang bisa terbakar / *Flammable gas* dengan nyala api biru, menghasilkan gas SO₂.
4. Dapat larut dalam air atau hidrokarbon.
5. Berat jenis gas H₂S lebih berat dari udara, sehingga gas H₂S akan cenderung terkumpul di tempat / daerah yang rendah.
6. H₂S bersifat korosif sehingga dapat mengakibatkan karat pada peralatan logam.

Dalam waktu singkat gas ini dapat melumpuhkan sistem pernafasan dan dapat mematikan seseorang yang menghirupnya. Gas H₂S bersifat ekstrim racun yang menempati kedudukan kedua setelah Hydrogen sianida (HCN) dan sekitar lima kali lebih beracun dari karbon monoksida (CO). Gas H₂S sangat berbahaya

jika terhirup masuk kesaluran pernafasan. Jika jumlah gas ini yang terserap ke dalam sistem peredaran darah melampaui kemampuan oksidasi dalam darah maka akan menimbulkan keracunan terhadap sistem syaraf. Setelah itu secara singkat segera diikuti terjadinya sesak nafas dan kelumpuhan (paralysis) pernafasan pada konsentrasi tinggi. Sedangkan pada konsentrasi rendah dapat menyebabkan terjadinya gejala-gejala sebagai berikut:

1. Sakit kepala atau pusing.
2. Badan terasa lesu.
3. Hilangnya nafsu makan.
4. Rasa kering pada hidung, tenggorokan dan dada.
5. Batuk – batuk.
6. Kulit terasa perih.

Seseorang yang terkena gas H_2S akan menyebabkan penurunan daya tahan tubuh dan akhirnya menurunkan produktivitas kerja, terutama bila bahaya tersebut terjadi secara berulang-ulang. Kontak langsung seseorang pada daerah H_2S yang berlangsung lama dapat menyebabkan gejala keracunan gas H_2S semakin meningkat. Jika gas H_2S bercampur dengan keringat akan menghasilkan larutan Sulfuric acid yang dapat menyebabkan kulit seperti terbakar.^[14]

Tabel 2.2 Tingkat H_2S

Tingkat H_2S (PPM)	Efek pada manusia
0.13	Bau minimal yang masih terasa
4.6	Mudah dideteksi, bau yang sedang
10	Permulaan iritasi mata
27	Bau yang tidak enak dan tidak dapat ditoleransi lagi
100	Batuk, iritasi mata dan kehilangan rasa penciuman setelah 2 sampai 5 menit
200 - 300	Ditandai dengan konjunktivitis (pembengkakan mata) dan iritasi sistem pernafasan setelah 1 jam kontaminasi.
500 - 700	Kehilangan kesadaran cessasi (berhenti atau berhenti sejerak) sistem respirasi dan kematian
1000-2000	Ketidaksadaran seketika, dengan cessasi awal pernafasan dan kematian dalam beberapa menit. Kematian dapat terjadi meskipun korban segera dibawa ke udara terbuka

2.7 Sistem Ventilasi

Hasil penyelidikan kualitas udara dalam ruang oleh NIOSH memperlihatkan bahwa masalah kualitas udara dalam ruang disebabkan oleh ventilasi sebesar 52% . Masalah ventilasi yang umum meliputi^[15]:

- (1) Suhu dan kelembaban yang ekstrem atau berfluktuasi (disebabkan oleh distribusi udara yang buruk atau rusaknya termostat pada sistem ventilasi),
- (2) Masalah filtrasi udara disebabkan oleh pemeliharaan yang kurang terhadap sistem ventilasi udara dan terjadinya perbedaan tekanan udara di ruangan,
- (3) Tidak cukup suplai udara segar dari luar ke dalam ruang
- (4) Distribusi dan pertukaran udara yang buruk yang menyebabkan tidak meratanya distribusi udara (stratifikasi udara), atau terlalu banyak maupun minimnya aliran udara.

Kondisi lingkungan bangunan yang minim aliran udara dapat menggunakan sistem ventilasi mekanik untuk menciptakan pertukaran udara di dalam ruang. Prinsip dasar ventilasi mekanis ini adalah menggunakan kipas sebagai *supply* aliran udara. Penggunaan kipas pada kecepatan tertentu serta posisi yang tepat memaksa adanya pergerakan udara di dalam ruang.

Penelitian yang dilakukan Rizk (2012) menemukan bahwa dengan menerapkan kipas *supply* di dinding ruang dapat menurunkan suhu ruang 5⁰C hingga 8⁰C dengan kondisi suhu udara luar berkisar 27⁰C. Selain pengaruh suhu dan pertukaran udara di dalam ruang, ventilasi mekanik memiliki pengaruh yang cukup besar pada daerah yang memiliki kelembaban yang cukup tinggi.

Melalui sistem ventilasi mekanis perencana dapat lebih mudah untuk menentukan letak, posisiserta besarnya aliran udara yang masuk dan yang keluar. Perencanaan sistem ventilasi mekanis dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu:

- a. *supply ventilation system*,
- b. *exhaustventilation system*, dan
- c. *supply-exhaust ventilation system*.

Pembagian metode sistem ventilasi tersebut didasari prinsip kerja kipas yang akan digunakan. Prinsip kerja :

- a. *supply ventilation system* adalah memasukkan udara segar ke dalam ruangan dengan menggunakan kipas. Kecepatan dan banyaknya udara dari luar yang masuk tergantung dari spesifikasi kipas yang digunakan.
- b. Pada *exhaust ventilation system*, prinsip kerja aliran udaranya adalah dengan mengeluarkan udara panas atau kotor dari ruangan dengan menggunakan kipas. Proses pengeluaran udara ini akan mengakibatkan tekanan udara di dalam ruangan turun menjadi lebih kecil, sehingga udara segar dari luar yang memiliki tekanan lebih besar akan masuk ke dalam ruangan melalui ventilasi yang tersedia. Kecepatan dan banyaknya udara keluar tergantung dari kapasitas kipas tersebut. Pada umumnya *exhaust ventilation* dipergunakan untuk ruangan yang mempunyai sumber panas yang mengakibatkan kenaikan pada suhu ruangan dan ruangan yang terkontaminasi oleh udara kotor serta ruangan yang sulit untuk menerima akses udara segar dari luar.
- c. *Supply-exhaust ventilation system* merupakan kombinasi antara *supply ventilation system* dengan *exhaust ventilation system* yaitu untuk memasukkan maupun mengeluarkan udara dengan menggunakan kipas. Penempatan kipas dilakukan sedemikian rupa sehingga udara segar dari luar masuk ke dalam ruangan akan dikeluarkan lagi setelah menjadi panas atau kotor mengalir melalui seluruh ruangan yang diganti udaranya.^[16]

2.8 Metode Macfarlance

Untuk menganalisis kondisi kecepatan angin *internal* pada bangunan *existing* dan modifikasi, digunakan standar kecepatan angin berdasarkan metoda Macfarlane dan hasil penelitian Prianto dan Depecker (2001:21)

Semakin tidak nyaman, kecepatan angin yang dibutuhkan semakin tinggi. Dari hasil studi yang dilakukan oleh Macfarlance, telah dibuat sebuah persamaan untuk menghitung kecepatan angin yang dibutuhkan untuk kenyamanan termal dan telah memasukkan unsur temperatur dan kelembaban, yaitu^[17]:

$$C = 0.15 \left\{ D - 27.2 + \left(\frac{[R - 60]}{10} \right) \times 0.56 \right\} m/s$$

Keterangan:

Cv = kec. pergerakan angin untuk memperbaiki kenyamanan termal (m/s)

DBT = *Dry-Bulb Temperature*/temperatur bola kering ($^{\circ}C$)

RH = *Relative humidity*/kelembaban relatif (%).

2.9 Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan suatu bidang ilmu perhitungan aliran suatu fluida yang sedang berkembang yang memanfaatkan teknologi komputer untuk melakukan perhitungan secara numerik (metode numerik) dalam memecahkan berbagai permasalahan yang diperlukan dalam suatu aliran fluida.^[18] Prinsipnya adalah suatu ruang yang berisi fluida yang akan dilakukan penghitungan dibagi menjadi beberapa bagian, hal ini sering disebut dengan sel dan prosesnya dinamakan *meshing*. Bagian-bagian yang terbagi tersebut merupakan sebuah kontrol penghitungan. Kontrol-kontrol penghitungan ini merupakan pembagian ruang atau *meshing*. Pada setiap titik kontrol penghitungan akan dilakukan penghitungan dengan batasan *domain* dan *boundary condition* yang telah ditentukan.

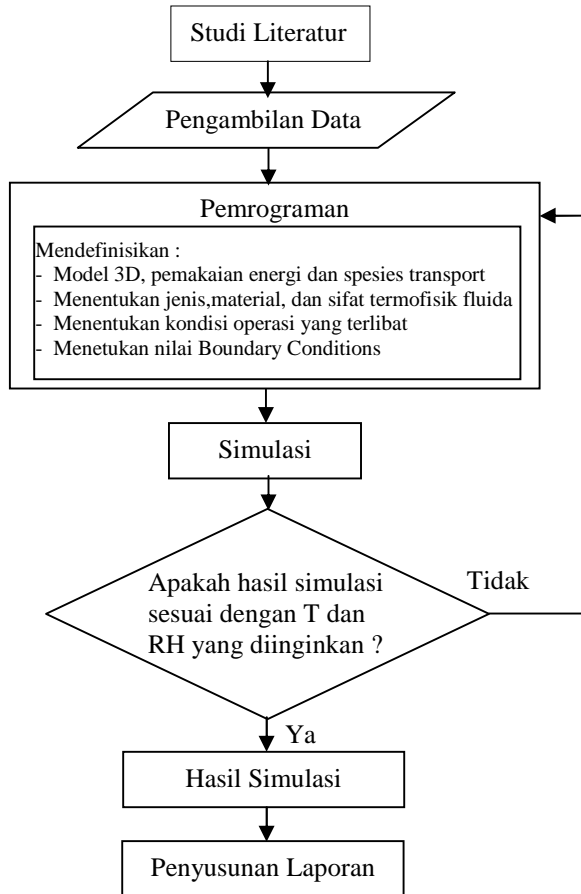
Dalam tugas akhir ini akan digunakan *software CFD*. Secara umum proses penghitungan CFD terdiri atas 3 bagian utama yaitu^[17] :

1. Pre-Processor
2. Solver
3. Post-Process

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini ditampilkan dengan sebuah diagram alir (*flowchart*) pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 *Flowchart*

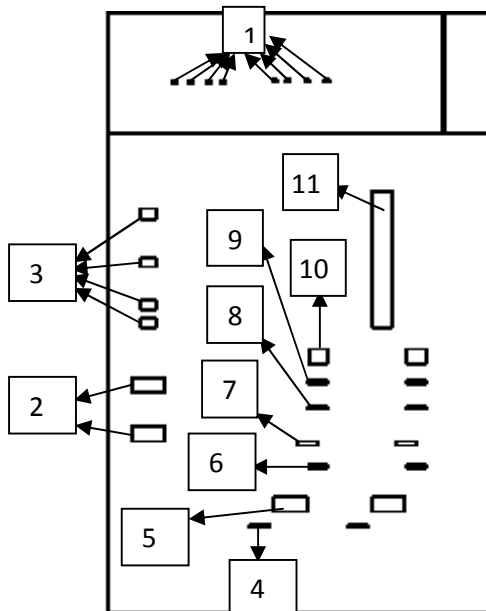
3.1 Studi Literatur

Studi literatur dimaksud untuk membangun pemahaman awal hingga mendalam secara teoritis terhadap materi yang mendukung pada penelitian tugas akhir ini antara lain hubungansistem ventilasi terhadap T, RH, dan aliran udara. Kemudian hubungan T, RH, dan aliran udara terhadap bau.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang diperlukan dalam tugas akhir ini yakni berupa data *lay out* area plant, jumlah dan spesifikasi *fan* dan *exhaust fan*, data operasional *fan* dan pabrik, temperatur dalam plant, dan kondisi saat peralatan-peralatan dalam plant beroperasi. Data tersebut ditunjukkan sebagai berikut.

3.2.1 Lay Out Area Plant



Tabel 3.1 Jenis Peralatan

No	Jenis
1	Mesin filling
2	Mesin press 150 mton
3	Mesin press 60 mton
4	Mesin roll
5	Mesin pengelas
6	Mesin flange
7	Mesin corrugating body drum
8	Mesin penyatu body
9	Mesin pemeriksa kebocoran
10	Mesin pengecat
11	Mesin pengeringan cat drum

Gambar 3.2 Lay Out Peralatan

3.2.1 Dimensi Area Plan

Dimensi ruang



Gambar 3.3 Dimensi Ruang

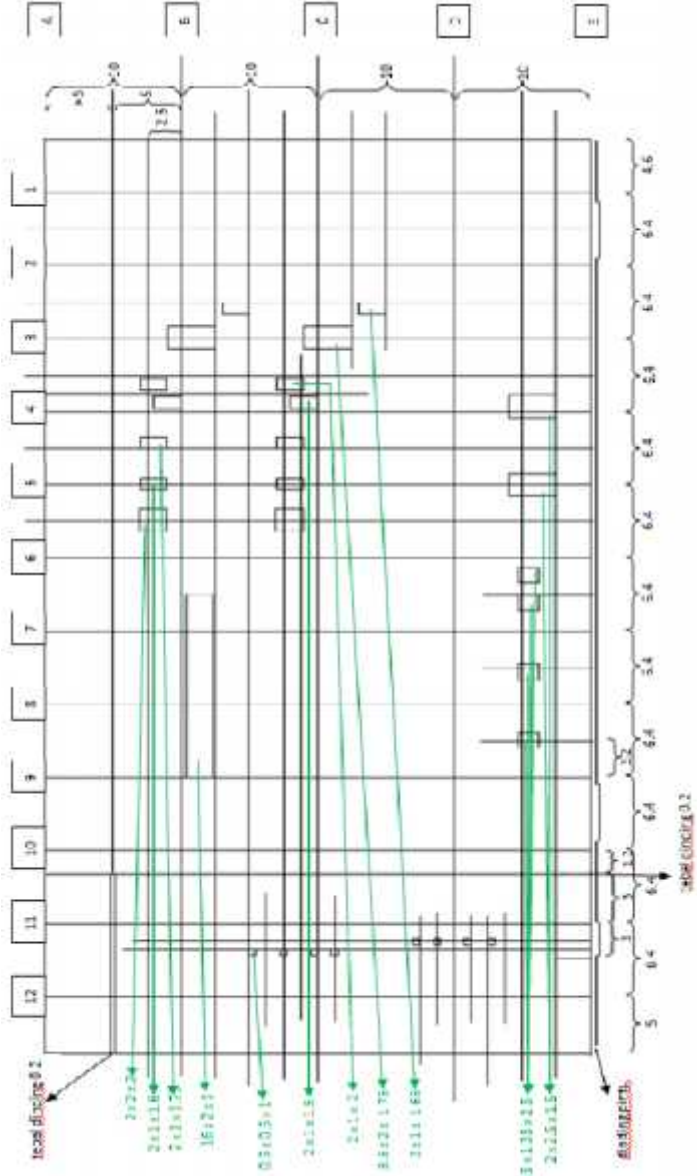
Luas ruang

$$\begin{aligned}
 &= \text{Luas prisma segitiga atap kecil} + (\text{luas balok atap} - \text{prisma segitiga atap kecil}) + \text{luas prisma atap besar} + \text{luas balok dinding} \\
 &= [(2 \times \text{luas alas}) + \text{luas selubung}] + [2(6.4 \times 1 + 6.4 \times 80 + 1 \times 80) - 534.4] + [(2 \times \text{luas alas}) + \text{luas selubung}] + 2(40 \times 80 + 40 \times 5.965 + 80 \times 5.965) \\
 &= 534.4 + 661.6 + 3440.04 + 7831.6 \\
 &= 12467.64 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Volume ruang

$$\begin{aligned}
 &= \text{Volum prisma segitiga atap kecil} + (\text{volum balok kecil} - \text{prisma segitiga atap kecil}) + \text{volum prisma atap besar} + \text{volum balok dinding} \\
 &= [(1/2 \times \text{alas segitiga} \times \text{tinggi segitiga}) \times \text{tinggi prisma kecil}] + [(p \times l \times t) - (1/2 \times \text{alas segitiga} \times \text{tinggi segitiga}) \times \text{tinggi prisma kecil}] + [(1/2 \times \text{alas segitiga} \times \text{tinggi segitiga}) \times \text{tinggi prisma besar}] + p \times l \times t \\
 &= 27297.6 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dimensi peralatan

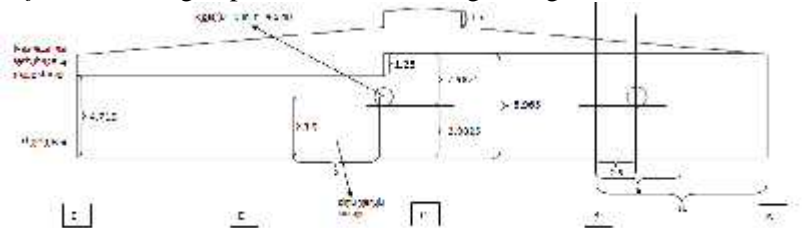


Gambar 3.4 Dimensi Peralatan

3.2.3 Lokasi *Fan* dan *Exhaust Fan* dan Spesifikasinya

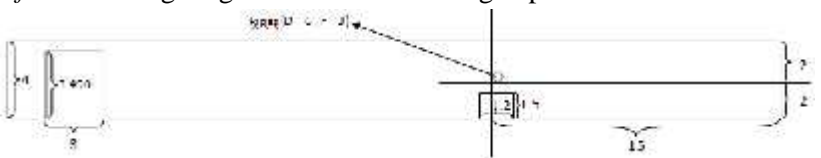
Lokasi *Fan*

2 *fan* di dinding depan dilihat dari ruang storage



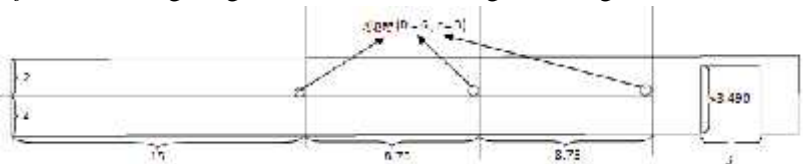
Gambar 3.5.1 Lokasi *Fan* di Dinding Depan

1 *fandi* dinding tengah dilihat dari dinding depan



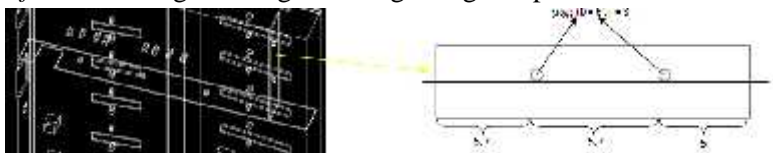
Gambar 3.5.2 Lokasi *Fan* di Dinding Tengah Dari Depan

3 *fan* di dinding tengah dilihat dari dinding belakang



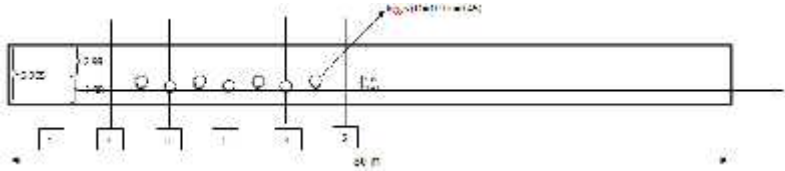
Gambar 3.5.3 Lokasi *Fan* di Dinding Tengah

2 *fan* di dinding di ruang belakang menghadap ke kiri



Gambar 3.5.4 Lokasi *Fan* di Dinding Tengah Kecil

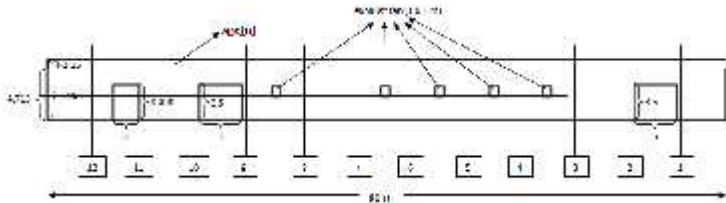
7 fan di dinding samping kanan dilihat dari dinding depan



Gambar 3.5.5 Lokasi *Fan* di Dinding Kanan

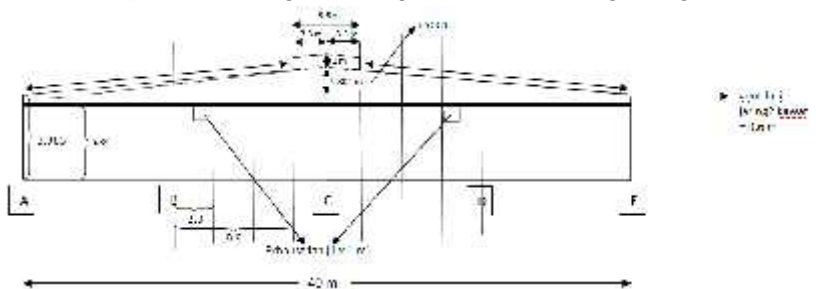
Lokasi *Exhaust Fan*

5 *exhaust fan* di dinding samping kiri dilihat dari dinding depan



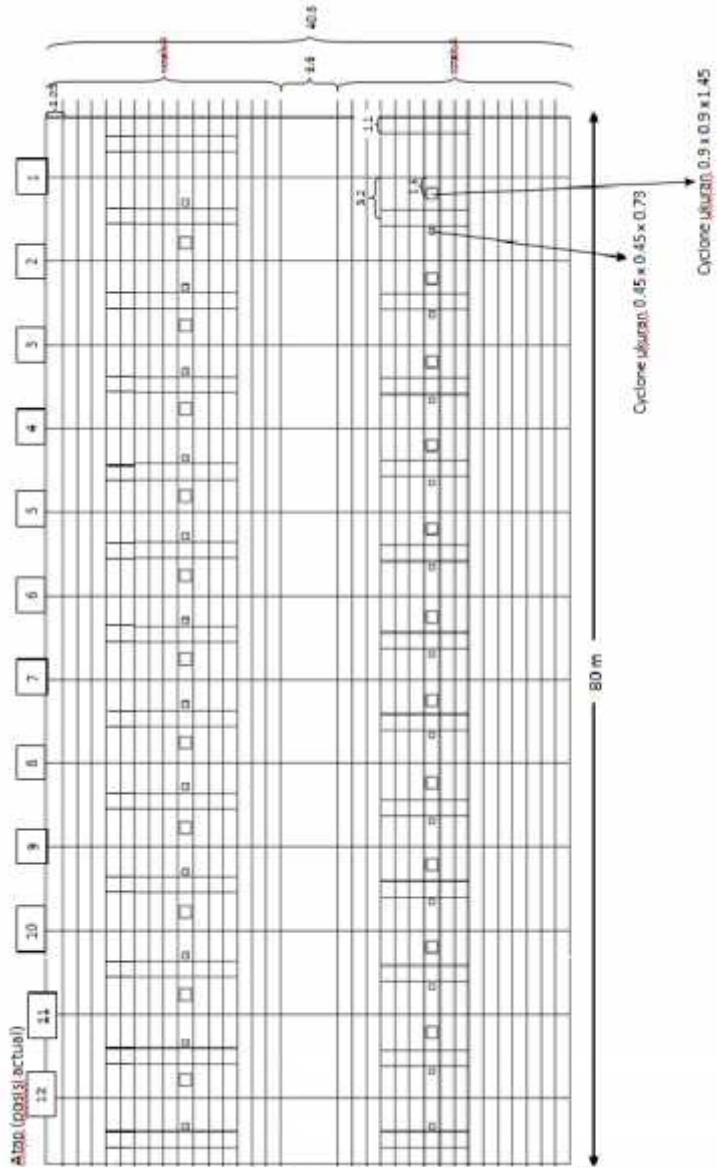
Gambar 3.5.6 Lokasi *Exhaust Fan* di Dinding Kiri

2 *exhaust fan* di dinding belakang dilihat dari luar gedung



Gambar 3.5.7 Lokasi *Exhaust Fan* di Dinding Belakang

Lokasi Cyclone Exhaust Fan



Gambar 3.5.8 Lokasi Cyclone Exhaust Fan di Atap

Spesifikasi *Fan* dan *Exhaust Fan*Tabel 3.2 Data Spesifikasi *Fan* dan *Exhaust Fan*

Jenis	Spesifikasi
<i>Fan</i>	Merk : Krisbow Model: APK90-E1 Ukuran : 900mm(36") Daya : 630W Tegangan/Frekuensi: 220V ~ 50Hz Kapasitas Udara: 380 m ³ /min
<i>Exhaust fan</i>	Ukuran: 38 inch Noise: 55 db Power: 0.75 KW Voltase 380 (3 phase dan 220 (1 phase) Daya hisap 32.000 m ³ /jam
<i>cyclone</i>	a. tipe L-90 DF Diameter Turbin = 90 cm (36") Kapasitas hisap 169.56 m ³ /min b. tipe L-45 DF Diameter Turbin = 45 cm (18") Kapasitas hisap 42.39 m ³ /min

3.2.3 Data Operasional *Fan* dan *Exhaust Fan*a. Jumlah *Fan* dan *Exhaust Fan* yang DioperasikanTabel 3.3 Data *Fan* dan *Exhaust Fan* yang Dioperasikan

Jenis	Jumlah	Lokasi
<i>Fan</i>	10	dinding depan, kanan, dan tengah
	4	dinding tengah dan kanan
<i>Exhaust fan</i>	5	dinding kiri
	2	dinding belakang
<i>Cyclone</i>	22(L-90)	Atap
<i>Exhaust fan</i>	24(L-45)	

b. Debit dari *Fan* dan *Exhaust Fan*Tabel 3.4 Data Debit dari *Fan* dan *Exhaust Fan*

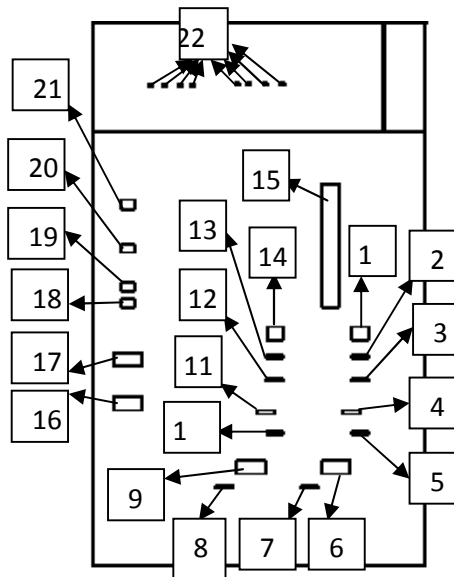
Jenis	Debit
<i>Fan</i>	380 m ³ /min = 7.286kg/sec
<i>Exhaust fan</i>	32000 m ³ /jam = 10.23kg/sec
<i>Cyclone</i>	<i>cyclone</i> L-45 DF = 0.8127 kg/sec dan
<i>Exhaust fan</i>	<i>cyclone</i> L-90 DF = 3.251 kg/sec

3.2.4 Pengukuran

Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali pada tanggal 28 Maret 2017, terdiri dari pengukuran temperatur mesin, T dan RH ruang plant, dan temperatur dinding, atap, dan lantai bangunan plant, dengan lokasi pengukuran sebagai berikut.

a. Pengukuran Temperatur Mesin

Pengukuran temperatur mesin ini dilakukan dengan menembakkan termometer inframerah ke sisi badan mesin. Berikut gambar lokasi mesin yang akan diukur.

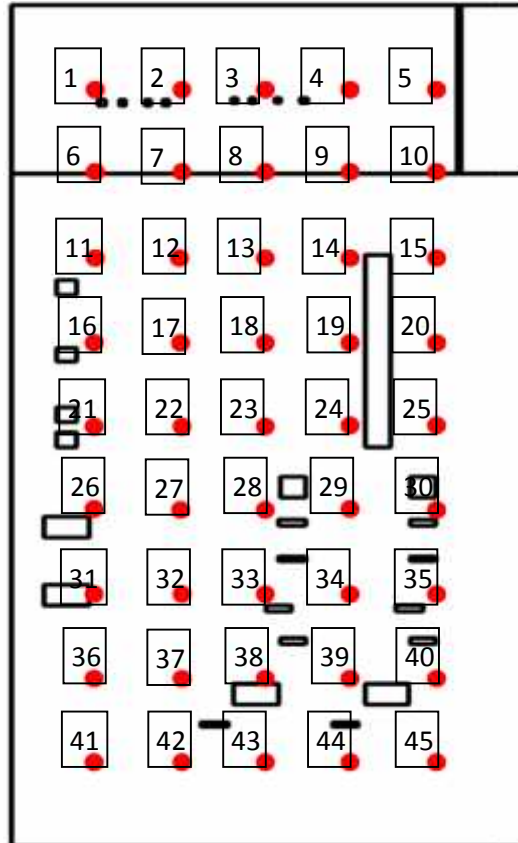


Gambar 3.6.1 Lokasi Mesin

b. Pengukuran T dan RH Area Plant

Pengukuran T dan RH ruang plant ini dilakukan selama satu hari untuk 3 kondisi waktu yang berbeda yaitu pagi hari (07.30 - 08.00), siang hari (13.00 - 13.30), dan sore hari (15.00 - 15.30). Pengukuran dilakukan di 45 titik pada

area plan dan berjarak 1.5 meter dari tanah terhadap alat ukur, dengan pengukuran T menggunakan termometer ruangan dan pengukuran RH menggunakan RHmeter. Gambar di bawah ini menunjukkan posisi titik-titik pengukuran T dan RH.



Gambar 3.6.2 Titik Pengukuran T dan RH Area Plan

Tabel 3.5 Pengukuran T dan RH Area Plant

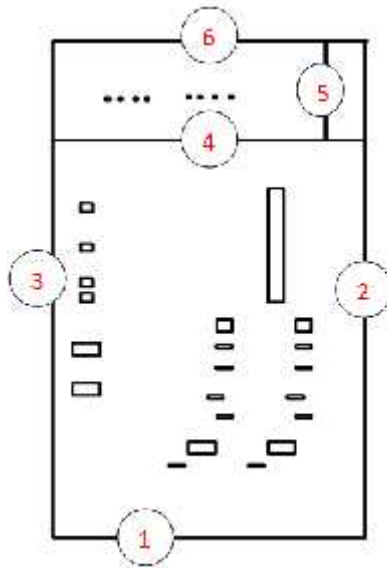
No	07.30		13.30		15.00	
	T	RH	T	RH	T	RH
1	31.9	63.4	37.5	41.1	32.5	57.2
2	32	61.5	37.5	41.2	33.1	55.9
3	31.6	62.5	36.9	41.6	33.1	55.8
4	31.5	62.7	36.5	43.5	33.2	55.4
5	31.6	62.8	36.3	42.9	33.3	55.2
6	30.1	67.5	36.6	43.2	32.9	57.1
7	30.4	67	36.5	43.8	32.7	57.1
8	30.4	67.3	36.6	43.6	32.6	57.2
9	30.3	67.6	36.5	43.8	32.6	57
10	31.6	63.6	36.3	44.3	32.5	57.3
11	31.1	63.7	36.5	42.5	32	57.2
12	30.5	67.4	36.8	41.9	32.6	56.8
13	30.6	66.7	36.6	43.6	32.8	56.5
14	30.4	67.5	36.6	43.3	33.2	55.5
15	31.4	63.6	36.9	42.5	33.3	55.1
16	31.2	64.2	36.5	43.6	31.9	58.1
17	30.6	66.3	36.6	43.5	32.5	57
18	30.6	67	36.6	43.3	32.8	56.8
19	30.5	67.3	36.6	43.2	33.5	53.7
20	31.5	63.8	37	41.1	33.2	55.5
21	31.1	63.9	36.5	43.5	32	58
22	30.7	66.3	36.1	43.7	32.7	57.5
23	30.6	66.1	36.7	43.3	33.1	56.2
24	30.6	66.2	36.7	43.4	33.7	54.1
25	30.3	67	36.1	44	33.3	56
26	31.1	64.3	36.5	43.5	32.1	58
27	30.8	66.3	36.4	43.9	32.5	56.1
28	30.6	66.5	36.5	43.5	34	53.5
29	30.7	66.5	36.2	44.3	34.6	50.6

Lanjutan Tabel 3.5

No	07.30		13.30		15.00	
	T	RH	T	RH	T	RH
30	30.4	67.4	35.9	45.4	35	49.3
31	31.2	65.3	36.5	43.8	32.3	57.7
32	30.7	66.6	36.6	43.2	32.5	57.5
33	30.5	67.4	36.3	44.5	33.7	55.1
34	30.6	67	36	44.8	34.4	51.6
35	30.3	68.5	35.6	45.8	34.8	49.2
36	31.3	64.8	36.6	43.6	34.5	50
37	30.6	67	36.6	43.5	34	50.9
38	30.7	65.3	36.1	45.1	34.3	50.3
39	30.5	67.6	35.9	44.8	34.4	50
40	30.1	68.5	35.4	46.5	34.4	50.3
41	29.2	71.4	34.7	48.5	33.5	53.3
42	29.4	71	34.9	47.6	33.6	53.4
43	29.7	70	34.9	47.3	33.8	51.5
44	29.9	68.4	35.1	47.1	34	51.2
45	30	68	35.3	46.8	34.3	50.4

Pengukuran Temperatur Dinding, Atap dan Lantai

Pengukuran temperatur dinding, atap dan lantai ini dilakukan menggunakan termometer inframerah sebanyak 3 kali seperti pada pengukuran mesin, perbedaannya yaitu jika dinding maka termometer inframerah ditembakkan ke dinding dalam dan dinding luar, kemudian untuk atap maka termometer inframerah ditembakkan ke atap dalam dan atap luar, dan lantai maka tepatnya termometer inframerah ditembakkan tengah-tengah areah plant dan lantai luar. Berikut gambar lokasi penembakkan termometer inframerah terhadap dinding dan data temperatur dinding, lantai dan atap.



Gambar 3.6.3 Lokasi Pengukuran Temperatur Dinding

Tabel 3.6 Suhu Dinding, Lantai, dan Atap

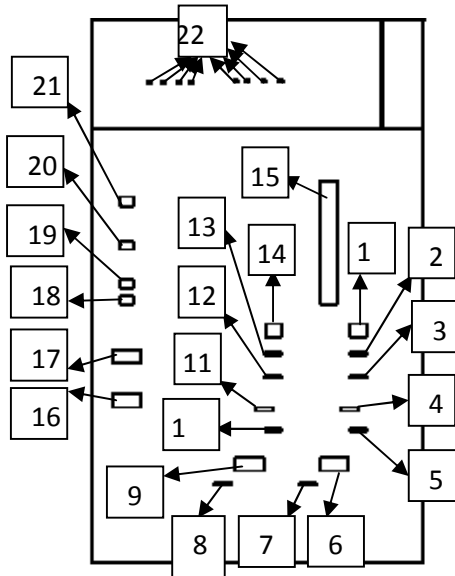
No	Jenis	Pagi		Siang		Sore	
		07.30		13.30		15.00	
		T _{luar} (⁰ C)	T _{dalam} (⁰ C)	T _{luar} (⁰ C)	T _{dalam} (⁰ C)	T _{luar} (⁰ C)	T _{dalam} (⁰ C)
1	Dinding depan	30.2	29.4	34	32.6	33.4	32.6
2	Dinding kanan	29.8	29.4	34.8	32.6	34	32.6
3	Dinding kiri	29.4	29.2	33.8	33.4	33.4	33
4	Dinding tengah	29.4	28.8	32.6	32.4	33.2	32.6
5	Dinding tengah kecil	31.4	29.4	34.4	32.6	33.4	32.6
6	Dinding belakang	31.8	29.4	33.6	32.6	33.2	32.6
7	Lantai	33	32	33.6	32.3	33.4	32.1
8	Atap material asbes	38.8	34	40.2	32.7	43.4	36
9	Atap untuk papan fiber	44.2	36.8	57	43	50.3	39.3

3.2.5 Perhitungan Paparan Panas Mesin dan Material Bangunan

a. Paparan Panas Mesin

Panas yang dipaparkan oleh mesin dapat dilihat dari temperaturnya. Berikut temperatur mesin beserta lokasi mesinnya

Tabel 3.7 Temperatur Mesin



Gambar 3.6.1 Lokasi Mesin

No	⁰ C	K
1	34.8	307.8
2	34.13	307.13
3	37.7	310.7
4	35.5	308.5
5	36	309
6	37.1	310.1
7	35.2	308.2
8	33.8	306.8
9	36.8	309.8
10	33.4	306.4
11	32.8	305.8
12	35.4	308.4
13	33.2	306.2
14	33.2	306.2
15	35.2	306.2
16	33.2	306.2
17	33.2	306.2
18	30.8	303.8
19	30.8	303.8
20	30.4	303.4
21	30.2	303.2
22	38.13	311.13

b. Paparan Panas Material Bangunan

Panas yang dipaparkan material bangunan area plant dapat diketahui dari nilai *heat flux*nya. Berikut perhitungan *heat flux* material bangunan yang terdiri dari dinding, lantai, dan atap.

Rumus untuk *heat flux* :

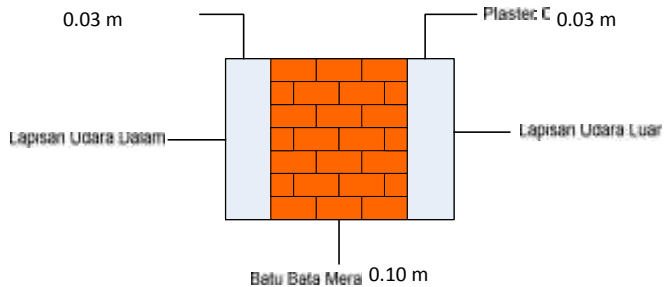
$$\text{heat flux} = \frac{C}{L} \frac{lt}{p} \frac{(Q)}{(A)}$$

dimana :

$$\text{cooling load} = Q = U \times A \times \Delta t$$

maka,

Dinding



Gambar 3.7 Struktur Dinding

Tabel 4.4 Tabel U dinding

No	Bahan	Tebal (m)	Resistensi per meter	Resistensi
1	Lapisan udara luar	-	0,044	0,044
2	Cement plaster, 3 cm	0,03	1,39	0,0417
3	Batu bata merah, 10 cm	0,10	1,24	0,124
4	Cement plaster, 3 cm	0,03	1,39	0,0417
5	Lapisan udara dalam	-	0,11	0,11
R_{Tot}				0,3614

$$U_d = \frac{1}{R} = \frac{1}{0.3} = 2.77 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Tabel 4.5 Tabel *Heat Flux* Dinding Depan

No	Waktu	Q(w)	A(m)	Heat Flux(W/m ²)
1	Pagi	434.56	196.1	2.2
2	Siang	566.57	196.1	3.88
3	Sore	434.56	196.1	2.2

Tabel 4.6 Tabel *Heat Flux* Dinding Kanan

No	Waktu	Q(w)	A(m ²)	<i>Heat Flux</i> (W/m ²)
1	Pagi	528.7	477.2	1.1
2	Siang	2908.06	477.2	6.09
3	Sore	1850.58	477.2	3.88

Tabel 4.7 Tabel *Heat Flux* Dinding Kiri

No	Waktu	Q(w)	A(m ²)	<i>Heat Flux</i> (W/m ²)
1	Pagi	181	326.73	0.55
2	Siang	362.02	326.73	0.9
3	Sore	362.02	326.73	0.9

Tabel 4.8 Tabel *Heat Flux* Dinding Tengah

No	Waktu	Q(w)	A(m ²)	<i>Heat Flux</i> (W/m ²)
1	Pagi	248.5	149.53	1.6
2	Siang	82.8	149.53	0.55
3	Sore	248.5	149.53	1.6

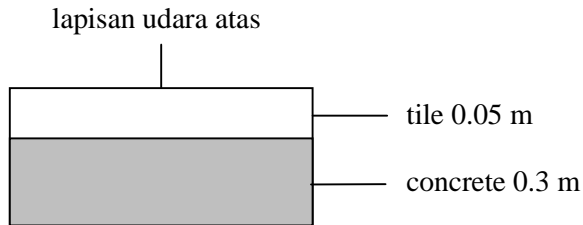
Tabel 4.9 Tabel *Heat Flux* Dinding Tengah Kecil

No	Waktu	Q(w)	A(m ²)	<i>Heat Flux</i> (W/m ²)
1	Pagi	363.4	65.6	5.5
2	Siang	327.08	65.6	4.9
3	Sore	145.4	65.6	2.2

Tabel 4.10 Tabel *Heat Flux* Dinding Belakang

No	Waktu	Q(w)	A(m ²)	<i>Heat Flux</i> (W/m ²)
1	Pagi	1406.7	211.6	6.6
2	Siang	586.1	211.6	2.77
3	Sore	351.7	211.6	1.6

Lantai



Gambar 3.8 Struktur Lantai

Tabel 4.11 U Lantai

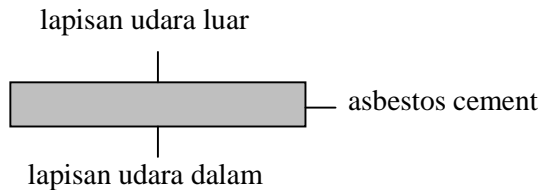
No	Bahan	Tebal (m)	Resistansi per meter	Resistansi
1	Lapisan udara atas	-	0,044	0,044
2	Tile	0,05	0,009	0,00045
3	Concrete	0,3	0,77	0.231
R_{Total}				0,27545

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,2} = 3.63$$

Tabel 4.12 Tabel *Heat Flux* Lantai

No	Waktu	Q(w)	A(m ²)	<i>Heat Flux</i> (W/m ²)
1	Pagi	11616	3200	3.63
2	Siang	15100.8	3200	4.7
3	Sore	15100.8	3200	4.7

Atap



Gambar 3.9 Struktur Atap

Tabel 4.13 U Atap Asbes

No	Bahan Atap Asbes	Tebal (m)	Resistansi per meter	Resistansi
1	Lapisan udara luar	-	0,044	0,044
2	Asbestos cement flashing	0,44	1.19	0,5236
5	Lapisan udara dalam	-	0,11	0,11
U_{Tot}				0,6776

Tabel 4.14 Tabel *Heat Flux* Atap Asbes

No	Waktu	Q(w)	A(m ²)	<i>Heat Flux</i> (W/m ²)
1	Pagi	31334.4	4410.815	7.1
2	Siang	55488	4410.815	12.5
3	Sore	48307.2	4410.815	10.9

Tabel 4.15 U Atap Fiber

No	Bahan Atap Fiber	Tebal (m)	Resistansi per meter	Resistansi
1	Lapisan udara luar	-	0.25	0,25
2	Papan Fiber glass	0,06	11	0,66
5	Lapisan udara dalam	-	0,68	0,68
Total				1.59

Tabel 4.16 Tabel *Heat Flux* Atap Fiber

No	Waktu	Q(w)	A(m ²)	<i>Heat Flux</i> (W/m ²)
1	Pagi	5966.67	225.225	26.5
2	Siang	11288.3	225.225	50.1
3	Sore	8869.4	225.225	39.38

3.3 Simulasi Menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamics)

Simulasi di area plant menggunakan CFD dilakukan melalui 3 kondisi. Kondisi yang akan diberikan pada simulasi ini yaitu :

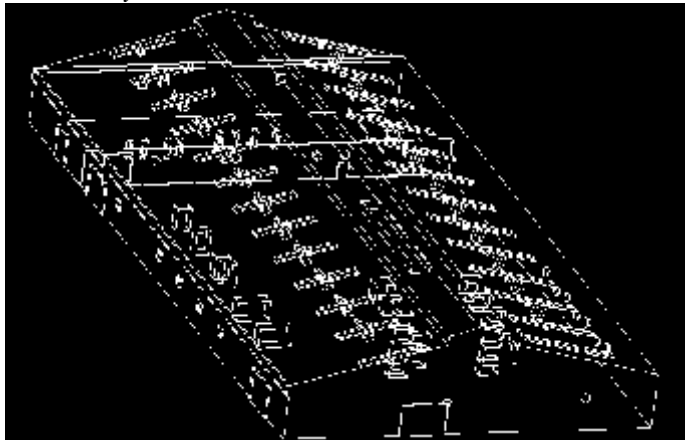
1. Kondisi standar
2. Kondisi *actual*, dan
3. Kondisi rekomendasi

Langkah-langkah melakukan simulasi CFD adalah sebagai berikut :

a. Melakukan *Desain geometry*

Desain *geometry* dibuat menggunakan AutoCAD 2007 dengan ukuran ;

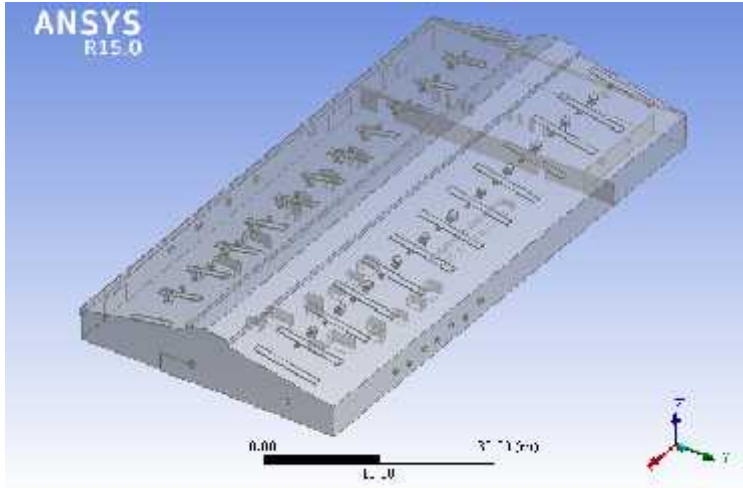
- a. diameter *fan* sebagai *inlet* adalah 0.9 meter
- b. panjang *exhaust fan* adalah 1x1 meter
- c. diameter *cyclone* 45 L = 0.45 meter dan 90 L = 0.9 meter



Gambar 3.10 *Geometry* dengan AutoCad 2007

b. Melakukan *Import geometry* dari AutoCad ke CFD

Import geometry dilakukan dengan **Import Eksternal Geometry File** pada menu File yang terdapat di Geometry CFD



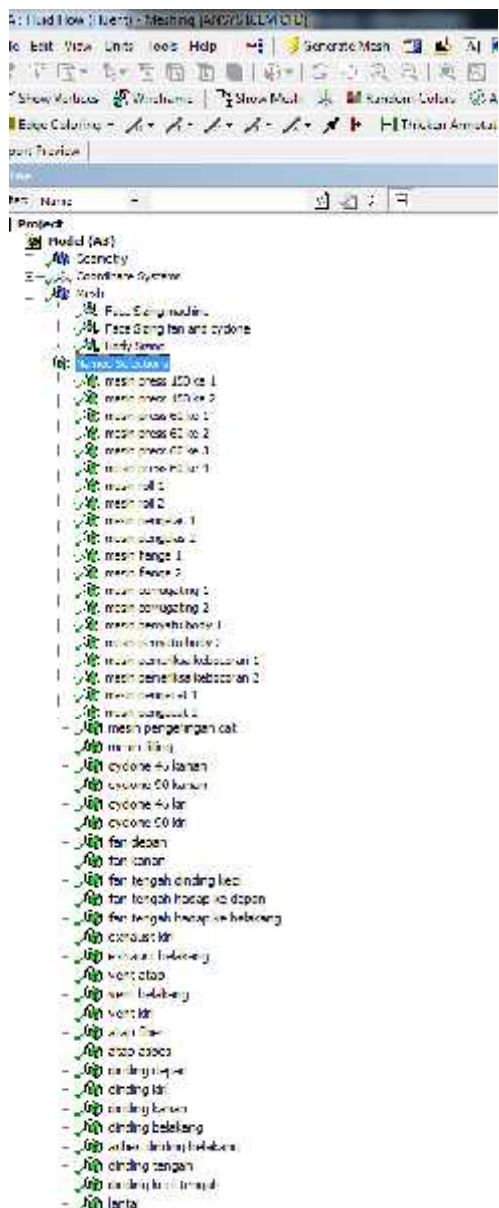
Gambar 3.11 *Import Geometry*

c. Melakukan *Meshing*

Setelah membuat geometri, langkah selanjutnya adalah melakukan pembagian objek menjadi bagian-bagian kecil (*grid*) yang prosesnya disebut *meshing*. *Meshing* ini akan sangat mempengaruhi waktu iterasi pada solver, ukuran *mesh* juga dibatasi oleh kemampuan komputasi yang digunakan. *Meshing* dilakukan dengan langkah-langkah :

1. *Name Selection*

Memberikan nama pada setiap *boundary* yang akan diinputkan parameternya.

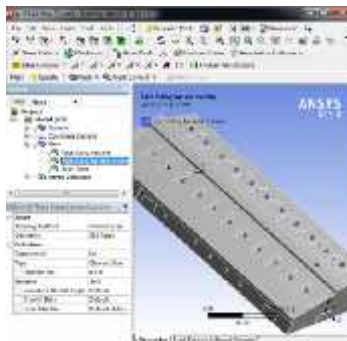


Gambar 3.12 Name Selection

2. Pengaturan *Mesh*
Ada 3 jenis pengaturan yang dilakukan yaitu *Face Sizing Machine*



Gambar 3.13.1 *Face Sizing Machine*
Face Sizing Fan and Exhaust

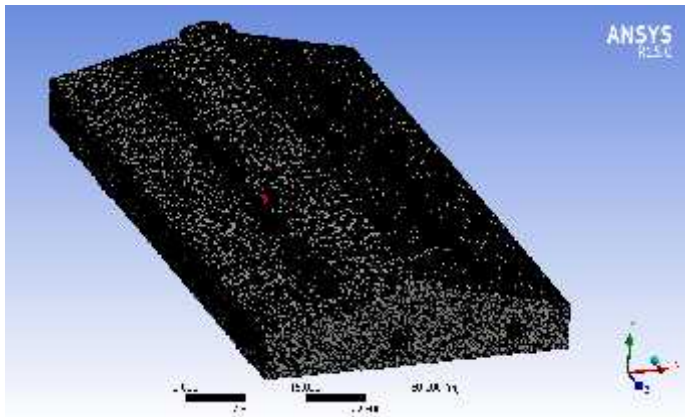


Gambar 3.13.2 *Face Sizing Fan and Exhaust*
Face Sizing Body



Gambar 3.13.3 *Face Sizing Body*

Berikut hasil *meshing* setelah melakukan pengaturan *sizing*nya

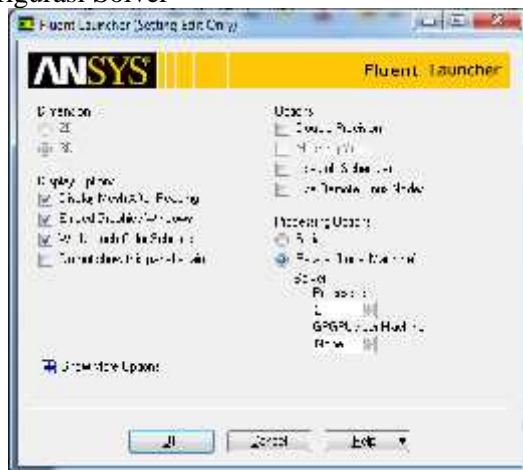


Gambar 3.14 Hasil *Meshing*

d. Melakukan *Setup*

Setup dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

1. Konfigurasi Solver



Gambar 3.15 Konfigurasi Solver

Jumlah *processes* menyesuaikan jumlah *core prosesor* PC yang digunakan.

2. General



Gambar 3.16 Pengaturan *General*

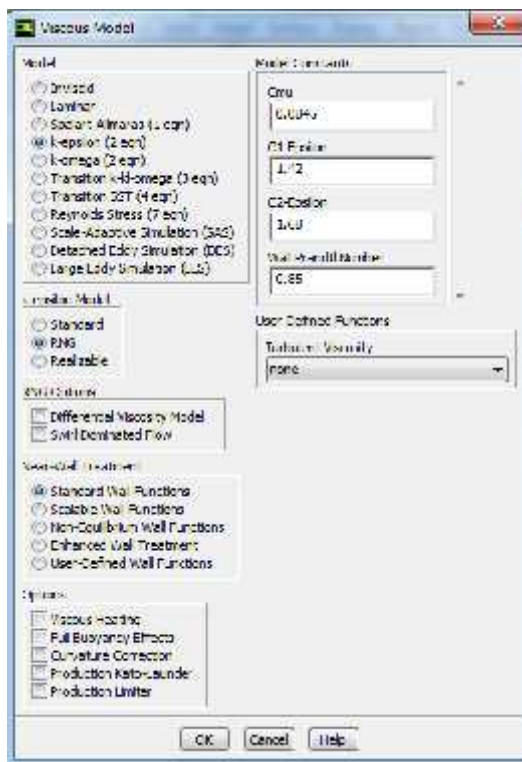
3. Models

Model turbulence yang digunakan adalah model *turbulence* k-epsilon RNG, dimana cocok untuk mensimulasikan konveksi termal. Sedangkan untuk memodelkan *moisture air* (kelembaban), diaktifkan persamaan *species transport*. Sehingga keseluruhan persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

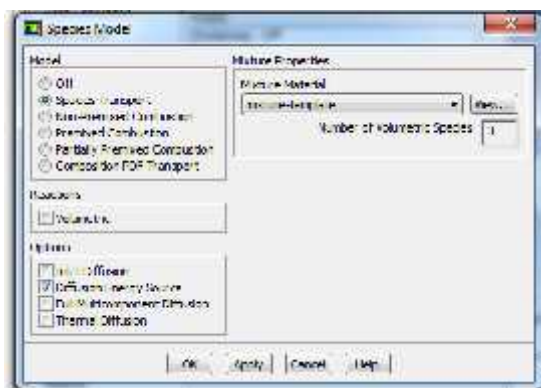
1. Persamaan Kontinuitas
2. Persamaan Momentum arah x, y, dan z
3. Persamaan Energi
4. Persamaan Turbulen kinetik energi
5. Persamaan Turbulen disipasi
6. Persamaan *Species Transport*



Gambar 3.17.1 Pengaktifan *Energy*



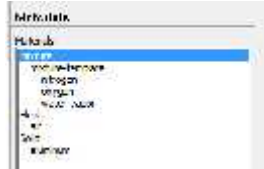
Gambar 3.17.2 Pengaturan *Viscous Model*



Gambar 3.17.3 Pengaturan *Species Model*

3. Material

Material fluida yang digunakan berupa udara dengan komposisi NO_2 , O_2 , dan H_2O dinamakan mixtur template. Gambar dibawah ini merupakan parameter mixture-template untuk memodelkan kelembaban :



Gambar 3.18 Pengaturan Material

4. *Boundary Condition*

Boundary Condition digunakan untuk menspesifikasi kondisi fluida pada *surfaces* dan untuk mendefinisikan simulasi alirannya. Pada *boundary* ini terdapat 4 tipe yaitu *velocity inlet*, *exhaust fan*, *pressure outlet* dan *wall*. Langkah-langkah input data pada *boundary condition* adalah sebagai berikut ;

1. *Plant Area Plant* tanpa pengoperasian *fan* dan *exhaust fan*

Pada kondisi ini data yang diinputkan adalah :

Velocity inlet :pintu

Data yang diinputkan pada boundary ini adalah :

kecepatan angin : 0.1 m/s

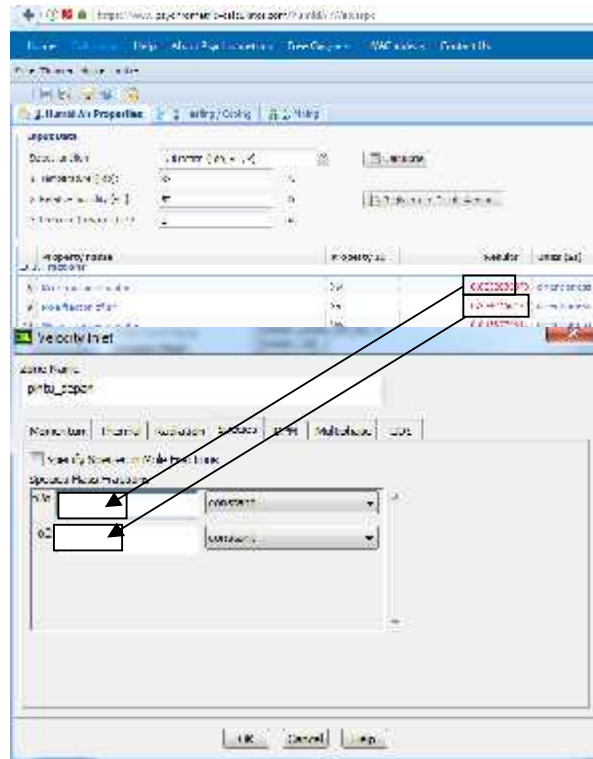
T : 306 K (rata-rata T)

RH (dalam massfraction) :50% (rata-rata RH)

RH diconvert ke *mass fraction* untuk diinputkan ke simulasi menjadi :

O_2 : 0.9747166

H_2O : 0.0252833



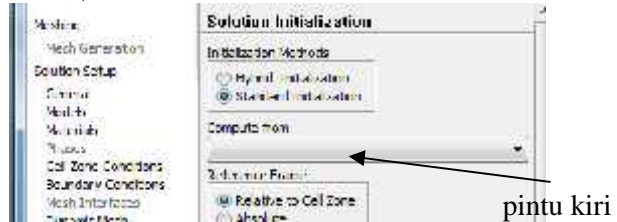
Gambar 3.19 Convert RH ke Mass Fraction

Wall : dinding, atap, lantai, dan mesin
 Data yang diinputkan pada boundary ini adalah
 Dinding, atap dan lantai : *Heat flux*
 Mesin : Temperatur

Pressure outlet : vent
 Data yang diinputkan pada boundary ini hanya
 tingkat RH :

O ₂	: 0.9747166
H ₂ O	: 0.0252833

Kemudian, melakukan *Solution Initialization*



Gambar 3.20 *Initialization*

2. *Plant Area Plant* dengan pengoperasian *fan* dan *exhaust fan*

Pada kondisi ini data yang diinputkan adalah :
Velocity inlet :fan

Data yang diinputkan pada boundary ini adalah :
kecepatan angin (v)= 6.3 m/s

T : 306 K (rata-rata T)

RH :

O₂ : 0.9747166

H₂O : 0.0252833

Pressure outlet : vent

Data yang diinputkan pada boundary ini hanya RH.

RH :

O₂ : 0.9747166

H₂O : 0.0252833

Exhaust Fan (Exhaust fan dan cyclone)

Data yang diinputkan pada boundary ini adalah

mass flow : 10.23kg/s (*exhaust fan*) dan

3.251kg/s (*cycloneL 90*) dan

0.8127 (*cycloneL 45*)

T : 306 K (rata-rata T)

RH :

O₂ : 0.9747166

H₂O : 0.0252833

Wall : dinding, atap, lantai, dan mesin

Data yang diinputkan pada boundary ini adalah

Dinding, atap dan lantai : *Heat flux*

Mesin : Temperatur

Heat flux dan temperatur menyesuaikan kondisi *actual* yang disimulasikan.

3. *Plant* Rekomendasi

Pada kondisi ini data yang diinputkan sama dengan pada simulasi *plant* area pandangan pengoperasian *fan* dan *exhaust fan*. perbedaannya terletak pada desain geometrinya karena diberi tambahan *fan* dan *exhaust fan*.

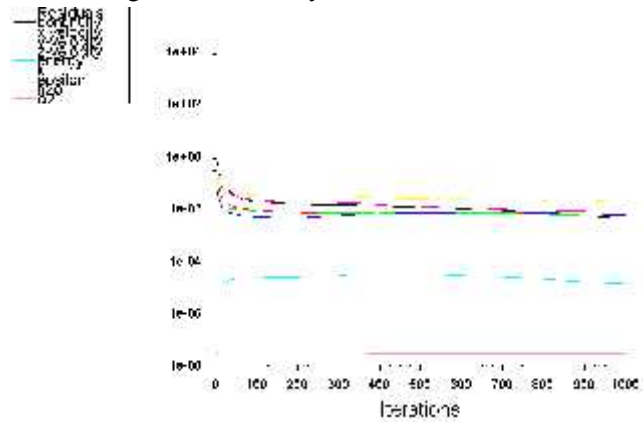
Kemudian, melakukan *Solution Initialization*

5. *Solver*

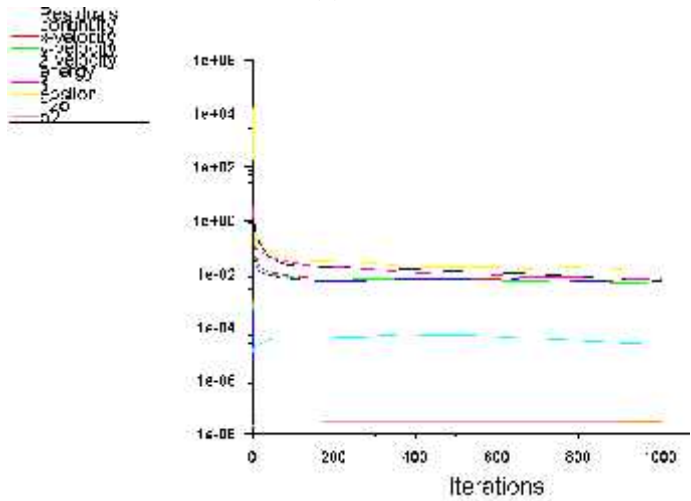
Pada tahap ini dilakukan penentuan banyaknya step iterasi. Penentuan step ini akan mempengaruhi lama dari *solver* dalam melakukan perhitungan. Menurut AEA *technology* tahap verifikasi dalam menentukan berhasil atau tidaknya simulasi selama proses perhitungan dengan pendekatan CFD dilakukan dengan tahapan yaitu konvergen. Konvergensi menunjukkan *error* apabila selama proses iterasi grafik yang terjadi naik turun dan cenderung datar, tidak mengalami penurunan. Konvergensi menunjukkan prematur apabila iterasi berhenti sebelum waktu yang ditentukan. Konvergensi yang normal terjadi apabila pada grafik, iterasi yang terjadi cenderung turun dan berhenti setelah waktu yang ditentukan.

Solver pada simulasi ini dilakukan dengan penentuan banyaknya iterasi adalah 1000 iterasi agar mencapai

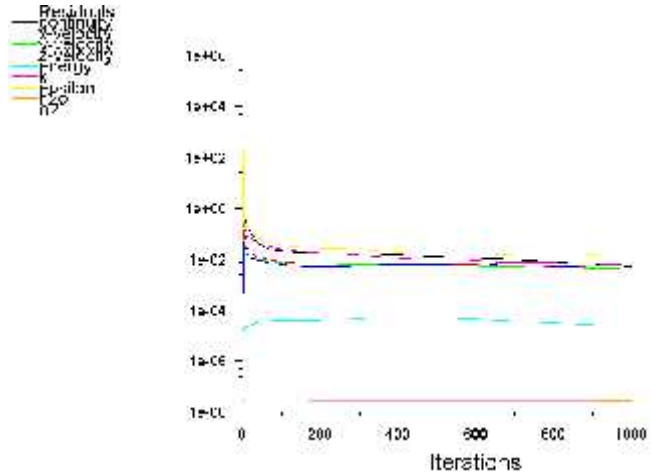
konvergensi lebih baik. Gambar di bawah ini merupakan hasil konvergensi simulasinya.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.21(a) dan (b) Variasi (c) Rekomendasi *Plant*

6. *Result*

Tahap terakhir yaitu *result file* yang merupakan hasil dari simulasi yang telah dilakukan, berupa gambar (*visual*) atau berupa data-data numerik (angka)

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil simulasi pengaruh penambahan *fan* dan *exhaust fan* terhadap sirkulasi udara area plan untuk mengurangi kadar H₂S yang dipengaruhi temperatur dan kelembaban relatif. Simulasi ini dilakukan dengan 2 *plant*, yaitu simulasi perlakuan pada area plan dan rekomendasi pada area plan. Data temperatur dan kelembaban relatif pada simulasi ini disesuaikan berdasarkan data rata-rata dari lapangan.

4.1.1 Kadar Gas H₂S Area Plan

Pada *plant* perlakuan area plan, dilakukan simulasi dengan variasi :

Tabel 4.1 Tabel Variasi Perlakuan Simulasi terhadap Area Plan

Variasi	Keterangan
1	Tanpa mengoperasikan <i>fan</i> dan <i>exhaust fan</i>
2	Dengan mengoperasikan <i>fan</i> dan <i>exhaust fan</i> yang terdapat di area plan

Kecepatan angin yang digunakan pada variasi 1 adalah 0.1 m/s dengan arah angin dari pintu plan yang datang dari timur. Hal ini sesuai dengan rata-rata kecepatan angin di dalam area plan berdasarkan data dari lapangan (hampir tidak ada sirkulasi). Sedangkan kecepatan angin yang digunakan pada variasi 2 bersumber dari *fan* sebesar 6,3 m/s dari data spesifikasi *fan* yang digunakan, dengan perhitungannya sebagai berikut :

$$P = 1/2 \times \rho \times A \times v^3$$
$$630 = 1/2 \times 1.225 \times 0.64 \times v^3$$
$$v = 6.3 \text{ m/s}$$

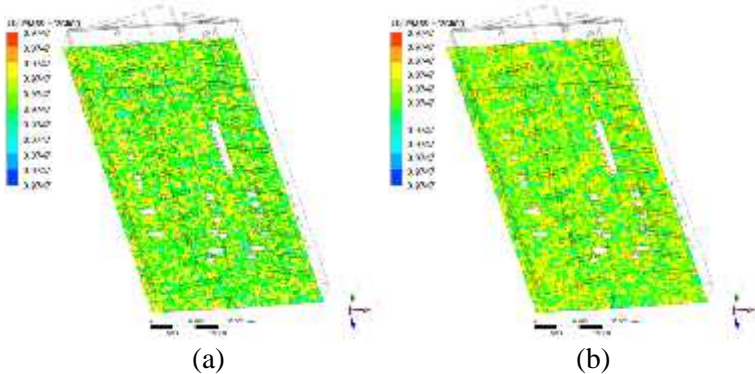
Area plan yang melakukan proses pengelasan, pengeringan, dan pengisian drum aspal sebagai sumber keluarnya H₂S diasumsikan menyebarnya H₂S ke udara paling tinggi di ketinggian 2 m dari permukaan tanah. Komposisi kandungan dari

udara terdiri dari O_2 dan N_2 . Sehingga melalui contour O_2 Mass Fraction di bawah ini dapat diamati kadar H_2S di area plan.

Dengan keterangan tingkat ketinggian kadar O_2 adalah :

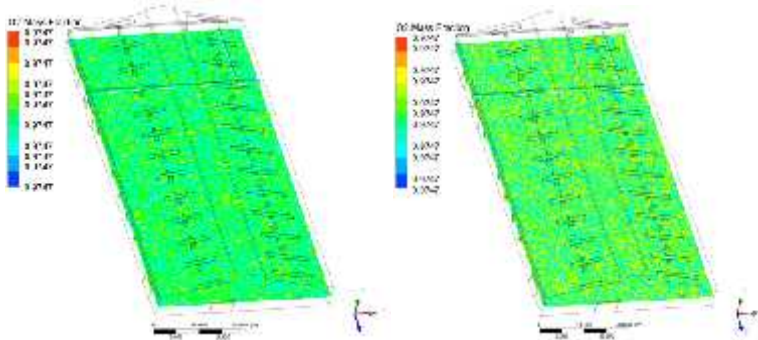
Tabel 4.2 Tingkat Ketinggian Kadar O_2

Warna	Keterangan
Merah	kadar O_2 tinggi
Kuning	kadar O_2 agak tinggi
Hijau	kadar O_2 sedang
biru muda	kadar O_2 agak rendah
biru tua	kadar O_2 rendah



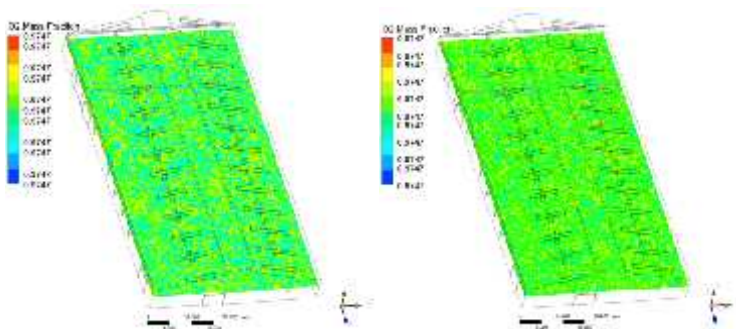
Gambar 4.1.1 Contour O_2 Mass Fraction pada koordinat $x = 0$ m pada (a) Variasi 1 dan (b) Variasi 2

Dari gambar di atas, dapat diketahui untuk variasi 1 memiliki warna yang cenderung hijau, terdapat warna biru muda dan sedikit warna kuning serta sangat sedikit warna merahnya. Sedangkan pada variasi 2 memiliki warna kuning dan warna merah lebih banyak dibandingkan pada variasi 1. Maka variasi 2 memiliki kadar O_2 lebih banyak dibandingkan variasi 1. Dari hal ini variasi 1 memiliki kadar H_2S lebih banyak dibandingkan variasi 2.



Gambar 4.1.2 Contur O_2 Mass Fraction pada koordinat $x = 2$ m pada (a) Variasi 1 dan (b) Variasi 2

Dari gambar di atas, dapat diketahui untuk variasi 1 terdiri dari warna biru, hijau, kuning dan sangat sedikit warna merah. Sedangkan pada variasi 2 cenderung memiliki warna kuning dan warna biru lebih sedikit dibandingkan pada variasi 1. Maka variasi 2 memiliki kadar O_2 lebih banyak dibandingkan variasi 1. Dari hal ini variasi 1 memiliki kadar H_2S lebih banyak dibandingkan variasi 2.



Gambar 4.1.3 Contur O_2 Mass Fraction pada koordinat $x = 2.5$ m pada (a) Variasi 1 dan (b) Variasi 2

Dari gambar di atas, dapat diketahui untuk variasi 1 cenderung warna biru, dan sedikit warna kuning. Sedangkan pada variasi 2 cenderung memiliki warna hijau dan warna kuning lebih

banyak dibandingkan pada variasi 1. Maka variasi 2 memiliki kadar O_2 lebih banyak dibandingkan variasi 1. Dari hal ini variasi 1 memiliki kadar H_2S lebih banyak dibandingkan variasi 2.

4.1.2 Pengaruh T dan RH terhadap Gas H_2S

Berdasarkan hasil pengukuran T dan RH di lapangan :

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran T dan RH

Waktu	T	RH
Pagi	29,2 - 32	61.5 - 71.4
Siang	33.9 - 37.5	41 - 58.1
Sore	31.4 - 33.4	59 - 63.6

Tabel 4.3 merupakan hasil pengukuran T dan RH area plan yang menyatakan bahwa T dan RH di setiap titik pengukuran bervariasi. Hal ini disebabkan pengukuran T dan RH di setiap titik pengukuran dilakukan tidak dalam waktu yang sama, sehingga akan mempengaruhi konsentrasi gas H_2S .

T sangat dipengaruhi oleh radiasi sinar matahari dan panas dari mesin. Sedangkan T mempengaruhi kelembaban yang akan berpengaruh terhadap produksi gas H_2S . Pengaruh T terhadap kadar H_2S di udara adalah semakin tinggi T maka kadar H_2S di udara adalah semakin menurun karena saat T meningkat akan terjadi pemuain udara dan mengakibatkan pengenceran kadar H_2S sehingga kadar H_2S yang terukur lebih kecil. (Lakitan,2002).

4.1.3 Kadar Gas H_2S Keluar dengan Standar yang Berlaku

Standar baku mutu gas H_2S menurut KepMenLH No. 50 Tahun 1996 tentang baku tingkat kebauan yaitu 0.02 ppm. Berdasarkan simulasi dapat diketahui kadar oksigen di udara 0.097, maka sisanya adalah kadar H_2S yaitu sebesar 0.03 ppm melebihi baku mutu yang telah ditentukan.

Kadar gas H_2S dipengaruhi oleh kecepatan angin, dimana arah angin dan kecepatan angin memegang peranan penting dalam proses pengenceran (dari H_2S yang kadarnya sangat kental di udara menjadi lebih rendah) dan pemindahan. Menurut Davis et al. (2004), arah angin menentukan ke mana arah mengalir atau Bergeraknya gas yang terkontaminasi/ tercemar yaitu H_2S di atas permukaan. Jika arah angin secara kontinu menyebar ke berbagai

arah maka area sebaran H₂S semakin luas, sedangkan apabila arah angin dominan tetap bergerak hanya ke satu arah tertentu, maka daerah tersebut akan memiliki tingkat paparan H₂S yang tinggi (Liptak et al., 2000). Sehingga semakin tinggi kecepatan angin maka kadar gas H₂S semakin rendah, karena angin mampu mendistribusikan H₂S dari satu tempat ke tempat lain tergantung besarnya kecepatan angin.

4.1.4 Mengurangi Kadar H₂S

Metode untuk mengurangi kadar gas H₂S pada area plan dapat dilakukan dengan menambah kecepatan angin menggunakan *fan* sehingga gas H₂S akan terhambur, kemudian mengeluarkan H₂S keluar menggunakan *exhaust fan*. Kondisi ini mengakibatkan kadar paparan gas H₂S di udara akan berkurang karena area paparan gas H₂S akan melebar.

Kebutuhan akan kecepatan angin yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang dikemukakan Macfarlane (Deviana, 2001) dalam (Sukawi, 2002)

$$Av = 0.15 [DBT - 27.2 + (RH-60/10) \times 0.56]$$

dimana :

Av : Kecepatan angin yang dibutuhkan (m/s)

DBT : Temperatur Udara Kering (°C)

RH : Kelembaban Relatif (%)

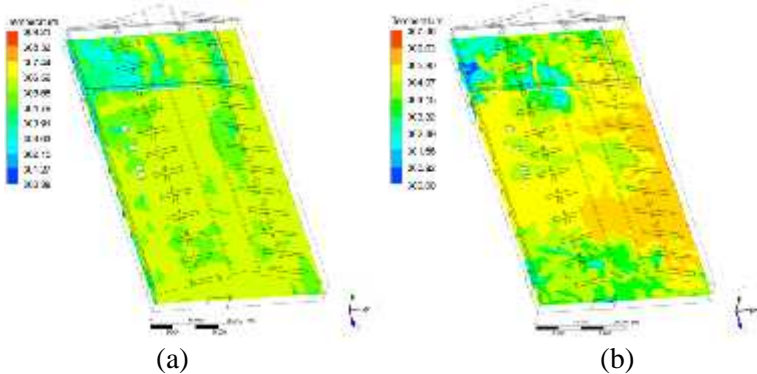
Bila nilai DBT area plan adalah 33⁰C (nilai rata-rata temperatur area plan) dan RH adalah 50% (nilai rata-rata kelembaban relatif area plan), maka akan diperoleh nilai Cv = 0.8 m/s. Kemudian melakukan berbagai macam variasi jumlah dan posisi pemasangan *fan* dan *exhaust fan* untuk mendapatkan nilai perbaikan sirkulasi udara minimal 0.8 m/s.

Simulasi variasi jumlah dan posisi pemasangan *fan* dan *exhaust fan* dilakukan dengan menganalisa contour temperatur yang didapat dari hasil simulasi temperatur area plan. Dengan keterangan tingkat ketinggian temperatur adalah :

Tabel 4.3 Tingkat Ketinggian Temperatur

Warna	Keterangan
Merah	Temperatur sangat tinggi
Kuning	Temperatur agak tinggi

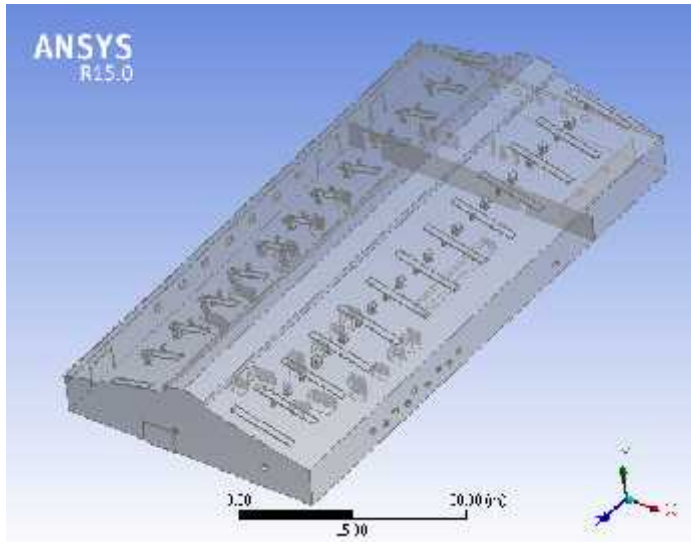
Hijau	Temperatur tinggi
biru	Temperatur yang dianjurkan



Gambar 4.1.4 Contur Temperatur (a) Variasi 1 dan (b) Variasi 2

Berdasarkan gambar hasil simulasi temperatur di atas, untuk variasi 1 menunjukkan area plan cenderung berwarna hijau ke kuning dengan kisaran temperatur antara 29-36⁰C. Sedangkan variasi 2 menunjukkan area plan memiliki warna hijau ke orange dengankisaran temperatur antara 29-34⁰C.

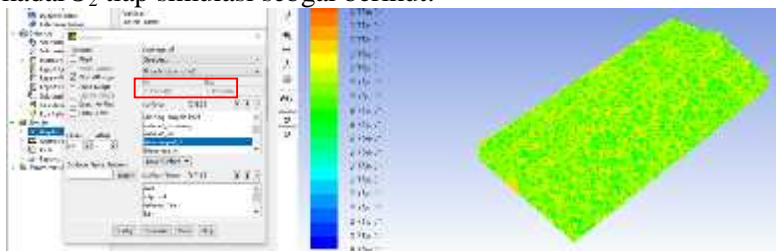
Warna hijau ke merah pada variasi 2 menjadi sumber variasi posisi penambahan pemasangan *fan* dan *exhaust fan* pada simulasi sampai mendapatkan perbaikan sirkulasi sebesar 0.8 m/s. Kemudian setelah melakukan beberapa variasi, didapatkan perbaikan sirkulasi sebesar 0.8 m/s pada simulasi dengan penambahan pemasangan 4 *fan* dan 6 *exhaust fan* yang dapat dilihat sebagai berikut desainnya :



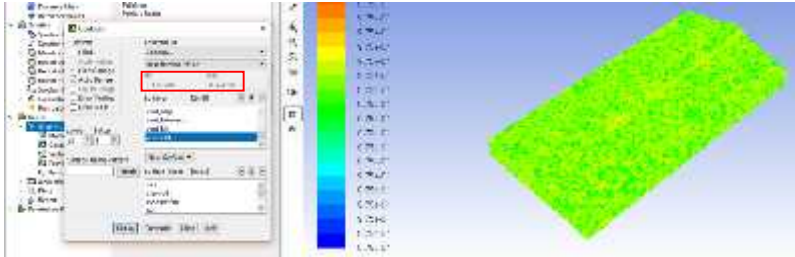
Gambar 4.1.5 Desain Rekomendasi Penambahan *Fan* dan *Exhaust Fan*

4.1.5 Nilai Kadar Gas H_2S Area Plan yang Berkurang

Dari kedua simulasi yang telah dilakukan, didapatkan perbandingan nilai kadar O_2 yang dimiliki area plan untuk dianalisa nilai kadar gas H_2S yang berkurang setelah dilakukan penambahan pemasangan 4 *fan* dan 6 *exhaust fan*. Dengan nilai kadar O_2 tiap simulasi sebagai berikut:



(a)

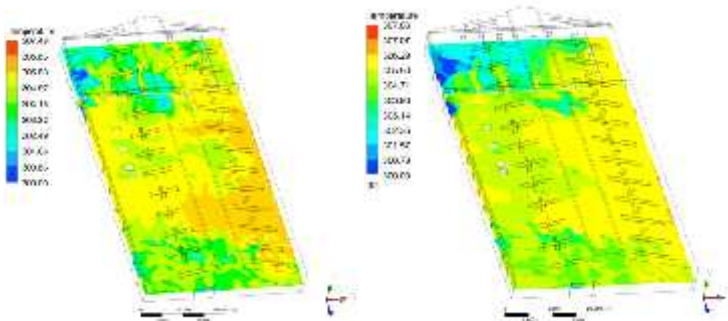


(b)

Gambar 4.1.6 Nilai Kadar Gas H_2S Area Plan (a) Variasi 2, (b) Rekomendasi *Plant*

Berdasarkan gambar diatas, dapat diketahui nilai kadar gas H_2S menggunakan rumus gas $H_2S = 1 - \text{kadar } O_2 \text{ area plan}$, untuk gambar 4.1.7 (a) area plan memiliki kadar gas H_2S sebesar $1 - 0.9747004 = 0.0252996$ dan gambar 4.1.7 (b) area plan memiliki kadar gas H_2S sebesar $1 - 0.9747005 = 0.0252995$. Terlihat kadar gas H_2S rata-rata turun sebesar $0.0000001 - 0.0000013$ ppm ketika temperatur $33^\circ C$.

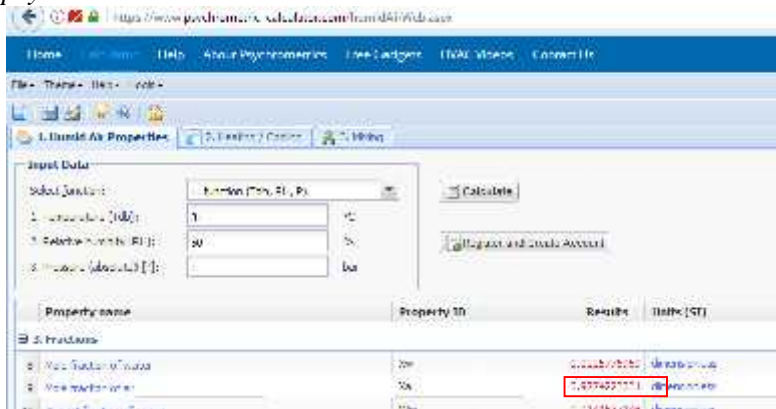
Sedangkan berdasarkan penurunan temperatur dengan perbandingan hasil simulasi contour temperatur rekomendasi *plant* dengan variasi 2 adalah sebagai berikut.



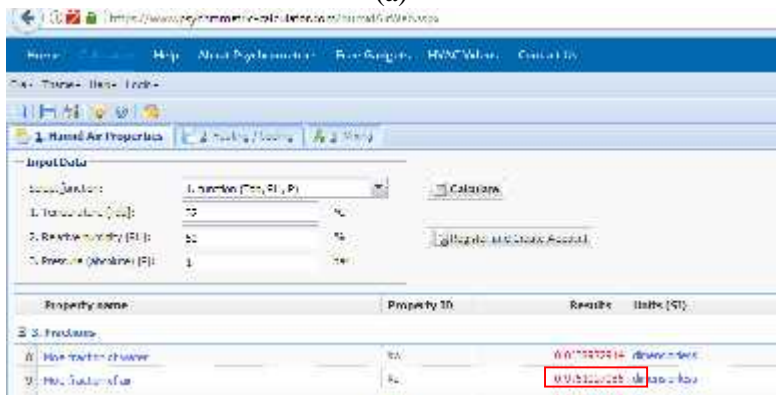
Gambar 4.1.7 Contur Temperatur Area Plan (a) Variasi 2, (b) Rekomendasi *Plant*

Berdasarkan gambar di atas, terlihat bahwa pada variasi 2 berwarna orange dan pada rekomendasi *plant* berwarna kuning.

selain itu pada variasi 2 berwarna kuning, pada rekomendasi *plant* berwarna hijau. Hal ini menunjukkan bahwa rekomendasi *plant* sudah cukup mengurangi suhu 1- 2⁰C menjadi 31- 32⁰C. Menurut *psychrometric calculator* :



(a)



(b)

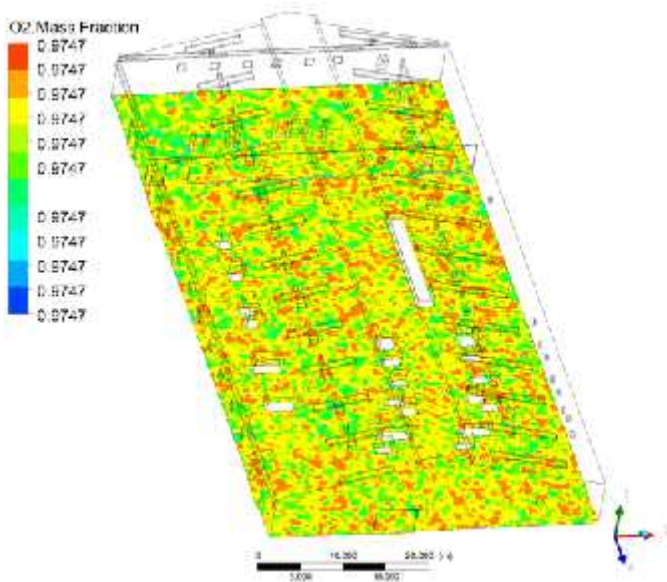
Gambar 4.1.8 Nilai Kadar O₂ Area Plan (a) Berkurang 2⁰C, (b) Berkurang 1⁰C

Dari gambar di atas diketahui bahwa area plan berkurang 2⁰C maka memiliki kadar gas H₂S sebesar 1- 0.9774223 = 0.0225777 ppm dan mengalami penurunan kadar gas H₂S sebesar 0.0252996 - 0.0225777 = 0.0027219 ppm. Sedangkan area plan

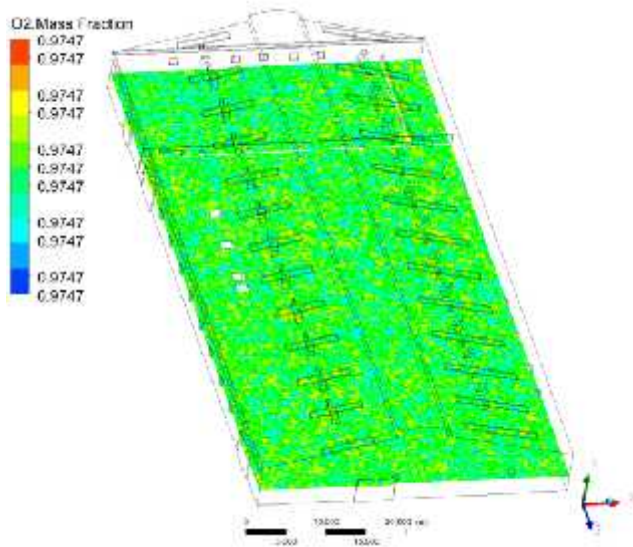
berkurang 1°C maka memiliki kadar gas H_2S sebesar $1 - 0.9761027 = 0.0238973$ ppm dan mengalami penurunan kadar gas H_2S sebesar $0.0252996 - 0.0238973 = 0.0014023$ ppm. Dari hal ini dapat diketahui nilai penurunan kadargas H_2S sebesar $0.0014023 - 0.0027219$ ppm.

4.1.6 Kadar Gas H_2S Area Plan Rekomendasi

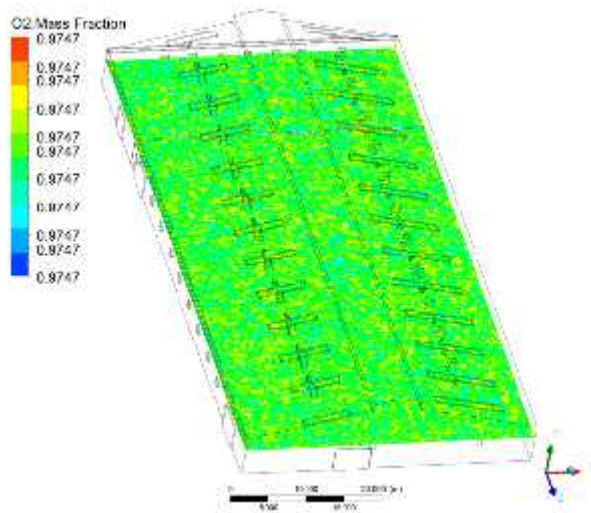
Pada simulasi *plant* rekomendasi yaitu dengan penambahan pemasangan 4 *fan* dan 6 *exhaust fan*, didapatkan contour O_2 Mass Fraction sebagai berikut untuk dapat diamati dan dibandingkan kadar H_2S rekomendasi area plan dengan sebelumnya.



Gambar 4.1.9 Contour O_2 Mass Fraction Rekomendasi pada koordinat $x = 0$ m

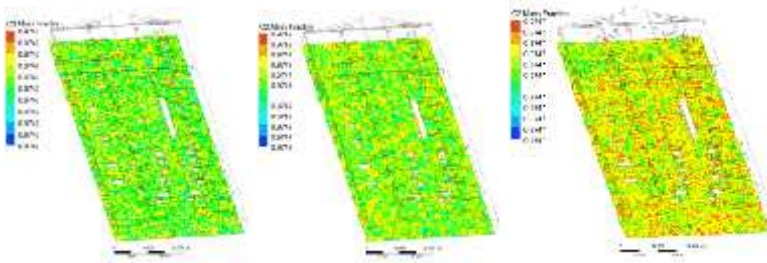


Gambar 4.1.10 Contur O_2 Mass Fraction Rekomendasi pada koordinat $x = 2$ m



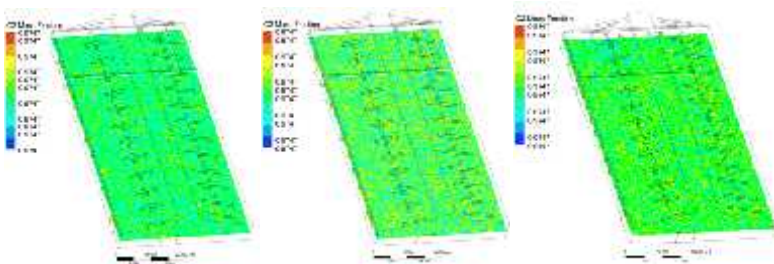
Gambar 4.1.11 Contur O_2 Mass Fraction Rekomendasi pada koordinat $x = 2.5$ m

Berikut perbandingannya,



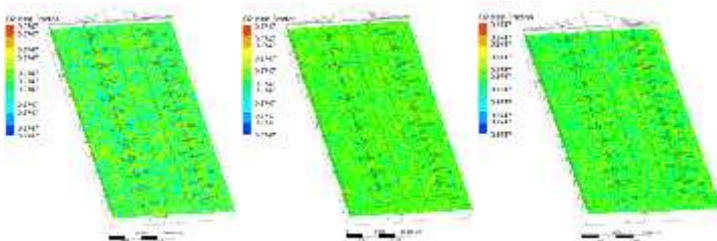
Gambar 4.1.12 Perbandingan pada $x = 0$ m

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa *plant* rekomendasi cenderung memiliki kadar O_2 lebih banyak, maka memiliki kadar H_2S yang lebih sedikit.



Gambar 4.1.13 Perbandingan pada $x = 2$ m

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa *plant* rekomendasi memiliki kadar O_2 sedikit lebih banyak, maka memiliki kadar H_2S yang lebih sedikit.



Gambar 4.1.14 Perbandingan pada $x = 3.5$ m

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa *plant* rekomendasi memiliki kadar O_2 hampir sama dengan sebelum rekomendasi, hal ini karena pada ketinggian udara di atas 2 m yaitu di atas ketinggian paling banyak persebaran H_2S di udara.

4.1.6 T dan RH Efek dari Pembuangan Gas H_2S

Terpaparnya gas H_2S dipacu oleh udara panas sekitar. Semakin panas udara sekitar maka T semakin tinggi dan RH semakin rendah. Pembuangan gas H_2S yang dilakukan melalui peningkatan kecepatan angin menggunakan *fan* akan menyirkulasikan udara panas keluar, maka T akan turun dan RH akan naik.

4.2 Pembahasan

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, area plan tidak berada dalam kondisi standar yang ditentukan untuk pabrik yaitu baku mutu gas pencemar yang terkandung di udara area plan yaitu H_2S melebihi baku mutu yang telah ditentukan oleh KepMenLH No. 50 Tahun 1996 tentang baku tingkat kebauan untuk pabrik. Selain itu, simulasi menunjukkan temperatur rata-rata area plan diatas temperatur yang disarankan untuk area pabrik yaitu $33^{\circ}C$ dengan kelembaban relatif rata-rata 50%. Hal ini menunjukkan bahwa area plan memerlukan perbaikan sirkulasi udara untuk mengurangi kadar gas H_2S . Perbaikan sirkulasi udara dilakukan dengan peningkatan kecepatan angin, dimana arah angin dan kecepatan angin memegang peranan penting dalam proses pengenceran (dari H_2S yang kadarnya sangat kental di udara menjadi lebih rendah). Arah angin menentukan ke mana arah mengalir atau Bergeraknya gas H_2S di atas permukaan.

Penambahan *fan* dan *exhaust fan* dibutuhkan sebagai salah satu upaya peningkatan kecepatan angin dalam memperbaiki sirkulasi udara pada area plan. Persamaan yang dikemukakan Macfarlane sebagai acuan penentuan kebutuhan kecepatan angin pada area plan dengan temperatur $33^{\circ}C$ dan relatif humidity 50% sebesar 0.8 m/s.

Dengan pertimbangan tersebut, maka dilakukan simulasi menggunakan CFD dengan berbagai macam variasi jumlah dan

posisi pemasangan dari *fan* dan *exhaust fan* dan didapatkan solusi yang dapat direkomendasikan yaitu penambahakan 4 *fan* dan 6*exhaust fan*. Penambahan *fan* sebanyak 4 buah, 1 buah berlokasi di dinding sebelah kanan berdekatan dengan mesin pengering, 1 buah berlokasi di dinding tengah daerah pengisian aspal, dan 2 buah di dekat proses pengelasan. Sedangkan *exhaust fan* sebanyak 6 buah, 4 buah yang berlokasi di dinding belakang di area pengisian aspal dan 2 buah di dinding kiri area pembuatan tutup drum.

Perbaikan tersebut akan dapat menurunkan suhu ruang sekitar 1 - 2⁰C dan mengurangi gas H₂S sebesar 0.0014023 - 0.0027219 ppm.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari Tugas Akhir ini yakni sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil simulasi CFD pada area plan, didapatkan kondisi sirkulasi udara yang belum sesuai dengan standar untuk pabrik. Baku mutu gas pencemar yang terkandung dalam udara di area plan yaitu H_2S melebihi baku mutu yang telah ditentukan yaitu 0.0252996 ppm. Adapun rekomendasi perbaikanyang diberikan adalah perbaikan sirkulasi udara dengan menambah *fan* sebanyak 4 buah dan *exhaust fan* sebanyak 6 buah.
2. Berdasarkan pada hasil analisis CFD menunjukkan bahwa pada simulasi rekomendasi *plant* yaitu dengan penambahan 4 *fandan* 6*exhaust fan* didapatkan sirkulasi berjalan lebih lancar. Penambahan *fan* sebanyak 4 buah, 1 buah berlokasi di dinding sebelah kanan berdekatan dengan mesin pengering, 1 buah berlokasi di dinding tengah daerah pengisian aspal, dan 2 buah di dekat proses pengelasan.Sedangkan*exhaust fan*sebanyak buah, 4 buah yang berlokasi di dinding belakang di area pengisian aspal dan 2 buah di dinding kiri area pembuatan tutup drum. Hal tersebut diketahui dari membandingkan contourhasil simulasi persebaran kadargas H_2S pada variasi 1dan variasi 2. Didapatkan hasil simulasi persebaran kadar gas H_2S pada rekomendasi *plant*menurunkan kadar gas H_2S sebesar 0.0014023 - 0.0027219 ppm.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Agar dilakukan variasi perbandingan antara luasan *fandanexhaust fan*, agar dapat diketahui kecepatan aliran udara yang maksimum.
2. Agar dilakukan pengujian langsung di area plan untuk memperoleh gambaran kecepatan *fan* dan*exhaust fan*pada

area plan sehingga diperoleh hasil perbandingan dengan metode simulasi CFD

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pusat Pengembangan Dan Pemberdayaan Pendidik Dan Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif & Elektronika Malang. Available: [//www.vedcmalang.com/pppptkboemlg/index.php/departemen-bangunan-30/1162-peranan-sistem-ventilasi-dalam-lingkungan-pabrik](http://www.vedcmalang.com/pppptkboemlg/index.php/departemen-bangunan-30/1162-peranan-sistem-ventilasi-dalam-lingkungan-pabrik)
- [2] Dea Budi Istantinova, Pengaruh Kecepatan Angin, Kelembaban, Dan Suhu Udara Terhadap Konsentrasi Gas Pencemar Sulfur Dioksida (SO₂) Dalam Udara Ambien Di Sekitar Pt Inti General Yaja Steel Semarang
- [3] Ir. Latar Muhammad Arief, MSc. Dilution (general) industrial ventilation/ ventilasi penceran udara. Available: [//www.scribd.com/doc/127506751/DILUSI-VENTILASI](http://www.scribd.com/doc/127506751/DILUSI-VENTILASI)
- [4] Drs. Yurizal Rahman, M.K.K.K. Model Numerik Pergerakan Udara Dalam Ruangan Dengan Menggunakan *Computational Fluid Dynamics*.
- [5] Available journal.uajy.ac.id/6931/3/MTA202035.pdf
- [6] Arsa Dwi Prasetyo. VENTILASI. Available: civitas.uns.ac.id/arsadwi/07/2016/12/14/7/
- [7] Available; [://www.waterlinecooling.com/INDO29Air%20Change.html](http://www.waterlinecooling.com/INDO29Air%20Change.html)
- [8] Oktri Mohammad Firdaus. Analisis Pengaruh Lingkungan Kerja Terhadap Aktivitas Pekerja.
- [9] Available; repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/59223/5/Chapter%20II.pdf
- [10] Laila Fitria. Kualitas Udara Dalam Ruang Perpustakaan Universitas "X" Ditinjau Dari Kualitas Biologi, Fisik, Dan Kimiawi
- [11] Drs. Yurizal Rahman, M.K.K.K. . Model Numerik Pergerakan Udara Dalam Ruangan Dengan Menggunakan *Computational Fluid Dynamics*
- [12] KepMenKesRINo.1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri.

- [13] Kristoffel Colbert Pandiangan. analisis perancangan sistem ventilasi dalam meningkatkan kenyamanan termal pekerja di ruangan formulasi pt xyz
- [14] Available; oilandgasmanagement.net/gas-h2s-yang-mematikan/
- [15] Lunau F, Reynolds GL. *Indoor Air Quality and Ventilation*. London: Selper Ltd., 1990
- [16] Sibero, Ivan Christopel (2015) *Meminimalkan Penimbunan Kalor Dengan Ventilasi Silang Mekanis*
- [17] Hedy c. indrani. kinerja ventilasi pada hunian rumah susun dupak [bangunrejo surabayaAvailablejournal.uajy.ac.id/6931/2/MTA102035.pdf](http://bangunrejo.surabayaAvailablejournal.uajy.ac.id/6931/2/MTA102035.pdf)
- [18] M.Syahril Gultom : simulasi sirkulasi udara di dalam suatu ruang ibadah, 2007 U
- [19] Closed House Menggunakan CFD. Available; [//repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/60435/9/F09hms.pdf](http://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/60435/9/F09hms.pdf)

