

PEMILIHAN DESAIN RUANG KANTOR UNTUK MENGHASILKAN INDOOR AIR QUALITY YANG OPTIMAL DENGAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Aldan Kusuma Wibawa¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail: aldankusuma20@gmail.com

Abstrak

Kualitas udara dalam kantor merupakan faktor risiko yang mempengaruhi kesehatan pekerja. Menurunnya kondisi kualitas udara dalam kantor dapat menyebabkan flu, pusing, gangguan pernapasan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui desain yang menghasilkan kualitas udara dalam ruang perkantoran yang baik dengan parameter faktor fisik dan faktor kimia serta melakukan evaluasi berdasarkan Peraturan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Nomor 48 tahun 2016 tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja Perkantoran. Penelitian ini merupakan penelitian observasional yang dilakukan pada salah satu kantor yang berada di kawasan industri Cikarang Selatan, Kabupaten Bekasi. Desain yang diteliti sebanyak 3 desain dengan simulasi menggunakan software Ansys. Parameter pengukuran yang dilakukan meliputi Suhu, Kelembaban, PM_{2.5}, HCHO dan CO₂. Desain ke-3 merupakan desain yang terbaik ditinjau dari polutan yang terdapat dalam ruang kantor dan mampu menciptakan indoor air quality yang lebih optimal dibandingkan dengan desain existing, desain uji 1 dan desain uji 2.

Kata kunci: kualitas udara, observasional, desain

Abstract

Indoor air quality is a risk factor affecting to health employee. Decrease of indoor air quality can cause flu, headache, and respiratory disorder. Purpose of research for determine design of office room with a good air quality with parameter physical and chemical factor and do evaluation based on Regulation of Ministry Of Health Of The Republic Of Indonesia Number 48 Of 2016 about health and safety working of office. This research is an observational study. Locate the office in Cikarang Selatan industrial area, Bekasi city. Writer use 3 room design and will be simulate using Ansys software. Measurement parameters include temperature, humidity, PM_{2.5}, HCHO and CO₂. From 3 design tested, 3rd design is the best design in terms of the pollutants contained in the office room. Able to create more optimal indoor air quality compared to the existing design, 1st design and 2nd design.

Keywords: Air quality, observational, design

1. PENDAHULUAN

Di kantor yang diteliti oleh penulis mengalami beberapa masalah dalam kualitas udara. Masalah yang utama adalah bau tak sedap yang tercium setiap memasuki ruangan tersebut. Diantaranya yaitu bau makanan karena beberapa karyawan yang makan didalam ruangan pada jam istirahat dan aroma tersebut tidak kunjung menghilang bahkan hingga jam pulang kantor yaitu jam 4 sore. Selain bau tak sedap suhu diruangan kantor juga belum memenuhi standart kenyamanan yang ditetapkan oleh Permenkes yaitu 18 – 30°C dan ASHRAE yaitu 22 – 26°C. Ruang kantor ini memang belum dilengkapi dengan sistem tata udara yang baik, hanya menggunakan 1 unit AC yang tidak dalam kondisi

baik. Pada kondisi ruangan penuh suhu berkisar antara 30 – 33°C.

Istilah *indoor air quality* biasanya diaplikasikan pada kualitas lingkungan yang ada didalam sebuah bangunan seperti gedung perkantoran, gedung-gedung umum (gedung sekolah, rumah sakit, studio, restoran dan lain-lain) dan tempat tinggal pribadi [1]. Gedung perkantoran menjadi salah satu tempat yang perlu dikendalikan kualitas udaranya untuk menjaga agar para penghuninya merasa nyaman karena sebagian besar masyarakat menghabiskan waktunya untuk bekerja didalam ruang kantor. Kegiatan perkantoran pada umumnya meliputi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan perencanaan kantor,

pengorganisasian kantor, pengarahan kantor dan pengawasan kantor. Melihat begitu kompleksnya jenis kegiatan yang ada didalam kantor tentunya terdapat aktifitas dan penggunaan peralatan kantor yang dapat mempengaruhi kualitas udara yang ada didalam ruang [2].

Sumber polusi udara dalam ruang dapat berasal dari bahan-bahan sintetis dan beberapa bahan alamiah yang digunakan untuk karpet, busa, pelapis dinding, dan perabotan rumah tangga (asbestos, formaldehid, VOC), juga dapat berasal dari produk konsumsi (pengkilap, perabot, perekat, kosmetik, pestisida/insektisida). Mikroorganisme yang berasal dari dalam ruangan misalnya serangga, bakteri, kutu binatang peliharaan, jamur. Mikroorganisme yang tersebar di dalam ruangan dikenal dengan istilah Bioaerosol [3].

Sick building syndrome adalah sindrom penyakit yang diakibatkan oleh kondisi gedung. SBS merupakan kumpulan gejala-gejala dari suatu penyakit. Definisi SBS adalah gejala yang terjadi berdasarkan pengalaman para pemakai gedung selama mereka berada di dalam gedung tersebut. Gejala SBS antara lain: sakit kepala, kehilangan konsentrasi, tenggorokan kering, iritasi mata dan kulit. Beberapa bentuk penyakit yang berhubungan dengan SBS: iritasi mata dan hidung, kulit dan lapisan lendir yang kering, kelelahan mental, sakit kepala, ISPA, batuk, bersin-bersin, dan reaksi hipersensitivitas [4]. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam hubungan kualitas udara dalam ruang dengan kejadian SBS adalah :

- a. Kondisi lingkungan dalam ruang, kondisi lingkungan yang penting untuk diperhatikan adalah suhu ruangan, kelembaban, dan aliran udara. Ketiga hal tersebut dapat menyebabkan peningkatan absorpsi polutan kimia dalam ruangan, pertumbuhan mikroorganisme di udara, dan meningkatkan bau yang tidak sedap;
- b. Konstruksi gedung dan furniture;
- c. Proses dan alat-alat dalam gedung;
- d. Ventilasi, ventilasi udara yang buruk dapat menyebabkan kurangnya udara segar yang masuk dan buruknya distribusi udara di dalam ruang;
- e. Status kesehatan pekerja dan faktor psikososial/stress

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kualitas udara dalam suatu ruangan kerja yang dapat menyebabkan probem SBS dan BRI adalah kontaminan udara dalam ruangan, faktor fisik, sistem ventilasi udara yang digunakan [5].

Penelitian mengenai pemilihan desain ruangan untuk menghasilkan *indoor air quality* yang optimal ini bertujuan untuk:

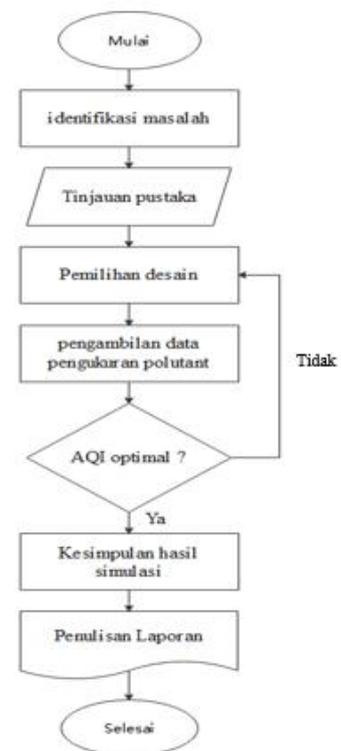
1. Membuat ruangan yang aman dan

nyaman mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nyaman mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 48 tahun 2016 tentang kualitas udara dalam perkantoran. Terutama untuk nilai HCHO, *Suhu*, *Kelembaban*, CO₂, dan PM_{2.5}.

2. Menunjang kualitas udara yang dihirup oleh karyawan selama bekerja sehingga mampu meningkatkan kualitas kesehatan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang datanya diambil menggunakan *air detector* dan *software* Ansys sebagai simulator laju aliran. Setelah data selesai dikumpulkan, perhitungan matematika dilakukan untuk mendapatkan kesimpulan. Proses penelitian ini digambarkan dengan diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1. Proses Analisis

Bab ini akan membahas mengenai proses pemilihan desain *indoor air quality* yang optimal dengan metode CFD. Setelah desain disimulasikan kemudian dilakukan aplikasi terhadap ruangan tersebut kemudian dilakukan pengukuran data menggunakan *air quality monitor* untuk mengetahui kadar HCHO, *suhu*, *kelembaban*, CO₂, dan PM_{2.5}.

Tahapan mengenai penelitian ini disimpulkan sebagai berikut:

- a. Menentukan tujuan.
- b. Mengidentifikasi variabel-variabel yang akan di ukur untuk menentukan kualitas udara yang baik.
- c. Melakukan studi literatur untuk menentukan desain yang akan diuji kemudian melakukan simulasi dengan ansys fluent.
- d. Melakukan pengambilan data pada desain yang telah disimulasikan.
- e. Penarikan kesimpulan dari ke-3 desain yang telah disimulasikan dan diukur kadar polutan dalam ruangan yang menggunakan desain tersebut.
- f. Menentukan desain yang menghasilkan *indoor air quality* yang optimal.

2.1 Alat Dan Bahan

Dalam melakukan penelitian *indoor air quality* yang optimal pada ruang kantor diperlukan beberapa alat dan bahan, meliputi:

- a. *Air Quality Monitor DM106*

Tabel 1. Spesifikasi AQM DM106

Parameter	Deskripsi
<i>Machine Type</i>	DM106
<i>Sensor Deteksi PM</i>	<i>Laser Scattering</i>
<i>Sampling Time</i>	1.5 second
<i>PM_{2.5} Detection Range</i>	0 – 999 ug/m ³
<i>Input Voltage</i>	DC 5 Volt
<i>Battery Capacity</i>	2000 mAh

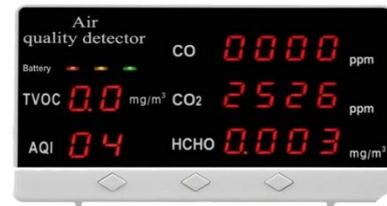


Gambar 2. Air quality monitor DM106

- b. *Air Quality Monitor JSM-131 CO*

Tabel 2. Spesifikasi AQM JSM-131 CO

Parameter	Deskripsi
<i>Detectable substance</i>	CO, CO ₂ , HCHO, TVOC, AQI
<i>Machine type</i>	JSM-131 CO
<i>Application technology</i>	<i>natural air flow detection technology</i>
<i>Display mode</i>	LED digital display
<i>Power on preheating</i>	120 seconds
<i>Working voltage</i>	5V
<i>Battery</i>	1 * lithium battery, 1000mAh (included)
<i>Charging time</i>	about 4 hours
<i>Standby time</i>	about 180-240 minutes
<i>Item size</i>	125 * 80 * 35mm / 4.9 * 3.1 * 1.4in
<i>Item weight</i>	172g / 6.1ounce
<i>Package weight</i>	310g / 10.9 oun



Gambar 3. Air quality monitor JSM-131 CO

- c. *Anemometer GM816*

Tabel 3. Spesifikasi Anemometer GM816

Parameter	Deskripsi
<i>Seri</i>	GM816
<i>Measure</i>	<i>wind speed and suhu</i>
<i>Wind suhu range</i>	-10 - 45C (14-113F)
<i>Current/max/average</i>	<i>wind speed reading</i>
<i>Wind speed unit</i>	<i>m/s, Km/h, ft/min, Knots, mph</i>
<i>Suhu display</i>	C/F
<i>Power</i>	3V CR2032 battery
<i>Range</i>	0 - 30m/s

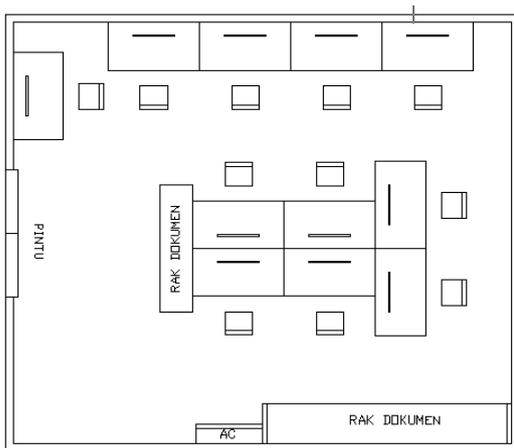
Resolution	0.1m/s
Threshold	0.1m/s
Accuracy	+/- 5%
Air Suhu:	
Range	-10 – 45°C
Resolution	0.2°C
Accuracy	+/- 2°C



Gambar 4. Anemometer GM816

2.2 Desain yang akan diuji

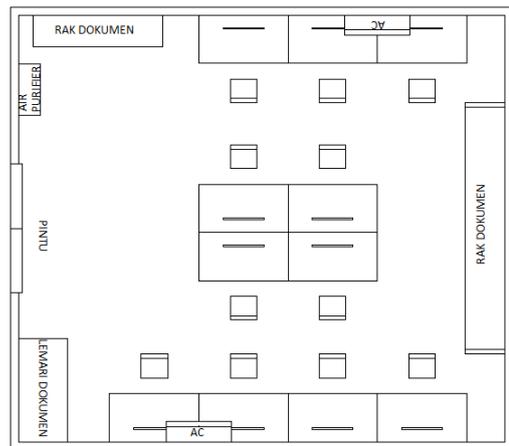
Akan dilakukan penelitian dengan 3 desain yang berbeda dari desain awal yang masih memiliki beberapa keluhan oleh karyawan. Berikut adalah plot desain awal ruangan kantor:



Gambar 5. Desain awal ruang kantor

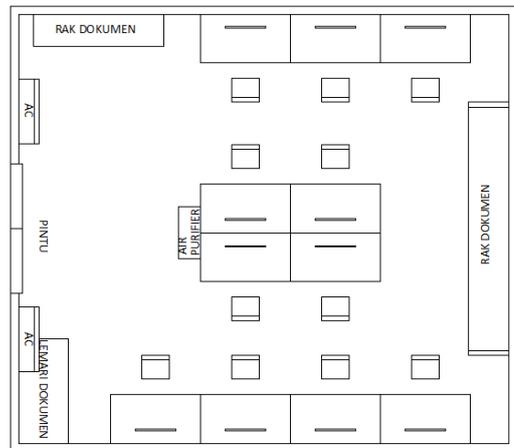
- a. Menggunakan 2 unit AC yang dipasang silang dengan posisi meja seperti terlihat pada gambar 3.2. Purifier diletakkan disamping pintu agar tidak mengganggu akses jalan dan diharapkan mampu memfilter udara luar yang masuk ketika

pintu dibuka.



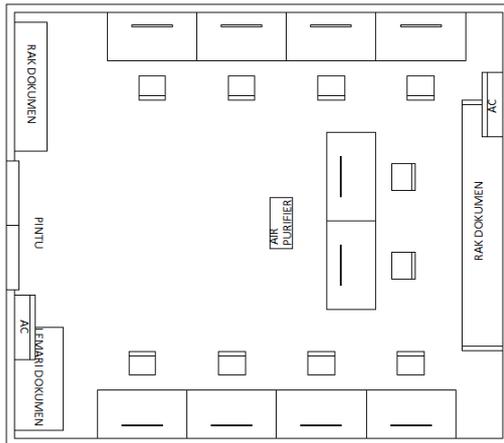
Gambar 6. Desain Uji 1

- b. Menggunakan 2 unit AC yang dipasang searah dibagian kanan dan kiri pintu supaya karyawan yang bekerja tidak merasa panas dan air purifier diletakkan ditengah ruangan bagian depan pintu dengan tujuan untuk memfilter udara yang masuk saat pintu dibuka dan menyerap udara dari seluruh sudut ruangan agar bau tidak sedap hilang.



Gambar 7. Desain Uji 2

- c. Menggunakan 2 unit AC yang dipasang silang dengan posisi meja seperti terlihat pada gambar 3.4. AC dipasang silang supaya aliran udara lebih merata keseluruhan sudut ruangan dan air purifier dipasang tepat ditengah ruangan untuk menjangkau setiap sudut ruangan agar tidak ada bau dan debu yang mengendap.



Gambar 8. Desain Uji 3

2.3 Langkah-langkah Simulasi

Asumsi yang digunakan dalam simulasi menggunakan CFD ini antara lain sebagai berikut: udara bergerak dalam kondisi steady, udara tidak terkompresi (incompressible) ρ konstan, panas jenis, konduktivitas dan viskositas udara konstan (udara 20°C), Udara lingkungan diberi input data 30°C, radiasi matahari dianggap (default) konstan. Kondisi batasnya angin yaitu tidak memasukan atau tanpa diberi masukan input kecepatan udara yang berasal dari luar ruangan (asumsi kondisi yaitu hanya dari AC saja), seluruh geometri (dinding, lantai, atap dsb) thermal dianggap melakukan konduksi dan tanpa diberi panas (panas tergantung jenis material yang diberikan) sedangkan radiasi dianggap single (seluruh permukaan dianggap sama suhunya yang diakibatkan radiasi). Dan aliran modelingnya bersifat turbulen.

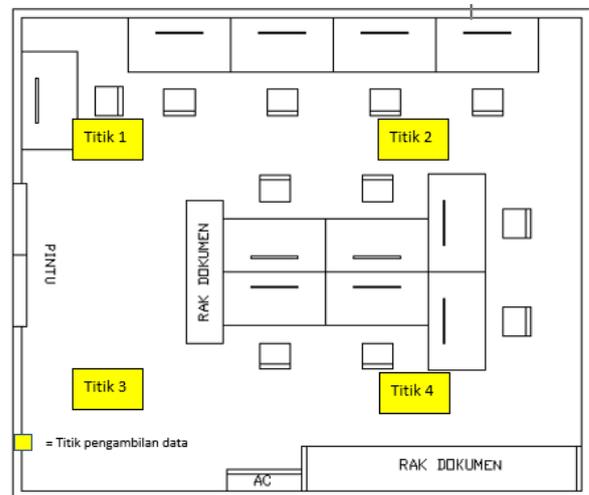
Langkah – langkah simulasi :

1. Geometri : Dalam pembuatan geometri menggunakan software solidwork dengan ukuran ruangan panjang 6,2meter, lebar 5,5 meter dan tinggi 3,3 meter. Material dinding tembok dengan tebal 10 cm. Setelah geometri selesai kemudian di simpan dalam format “.igs”. Lalu membuka ansys dan import file yang sudah disimpan sebelumnya.
2. Meshing : Setelah geometri muncul kemudian dilanjutkan tahap meshing, pada simulasi ini menggunakan tipe mesh polyhedron, elemen polihedron (ganda) memiliki sejumlah simpul, tepi, dan wajah. Biasanya membutuhkan lebih banyak operasi komputasi per sel karena jumlah sel sekitar (biasanya 10). Mesh ini untuk pengukuran yang lebih akurat.
3. Setup : Solver yang digunakan 4 karena spesifikasi device yang digunakan belum terlalu tinggi, model turbulence yang dipakai

k-omega model SST, boundary condition pada ac di setting sebagai outlet dengan laju udara 2,3 m/s dan suhu 16°C dan dinding dengan suhu ambient 30°C.

4. Solution : Iterasi yang digunakan 220 , hasilnya sudah convergen.
5. Result : Membuat plane 1 pada ketinggian 1 meter sesuai dengan titik pengambilan data kualitas udara yang dibutuhkan kemudian dilihat hasil laju udara dan temperatur pada plane 1 tersebut.

2.4 Titik Pengukuran Kualitas Udara pada Desain Awal.



Gambar 9. Titik pengambilan data

Hasil pengambilan data aktual kualitas udara dari 4 titik yang telah diberi warna kuning pada Gambar 9 pada desain ruang existing dengan menggunakan *air quality monitor* dan anemometer yang telah disediakan adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Titik 1 desain existing

Waktu	Kelembaban	Suhu	PM _{2.5}	HCHO	CO ₂	Laju udara
08.00	70	30	61	0.314	520	0.0
09.00	66	29	69	0.158	522	0.0
10.00	78	29	71	0.132	526	0.0
11.00	90	29	57	0.126	427	0.0
12.00	80	27.6	85	0.420	545	0.0
13.00	79	30	75	0.370	887	0.0
14.00	82	28	50	0.122	543	0.0
15.00	76	28	55	0.131	513	0.0
16.00	82	28.4	60	0.190	532	0.0
Rata - rata	78	28.8	64.7	0.218	563.2	0.0

Dititik 1 desain existing nilai Kelembaban relative besar karena laju udara yang rendah dan suhu ruangan berada di batas atas. PM_{2.5} tinggi terutama jam 12 siang dimana karyawan mulai keluar masuk dan membawa udara kotor dari luar ruangan. Ditambah lagi kondisi ruangan

yang belum menggunakan air purifier dan hanya mengandalkan 1 unit AC untuk filter udaranya.

Tabel 5. Titik 2 desain existing

Waktu	Kelembaban	Suhu	PM _{2.5}	HCHO	CO ₂	Laju udara
08.00	70	30	60	0.537	548	0.0
09.00	66	29	69	0.320	522	0.0
10.00	78	29	75	0.335	526	0.0
11.00	90	29	46	0.337	427	0.0
12.00	80	27.6	89	0.421	545	0.0
13.00	79	30	80	0.370	896	0.0
14.00	82	28	45	0.352	543	0.0
15.00	90	28	50	0.317	513	0.0
16.00	67	28.4	47	0.290	515	0.0
Rata - rata	78	28.8	62.3	0.364	557.2	0.0

Pada titik 2 desain existing nilai Kelembaban dan suhu sama dengan titik 1 hanya saja nilai HCHO terlihat lebih besar karena dititik ini berdekatan dengan karyawan Wanita yang lebih sering memakai wewangian dan membawa makanan didalam ruangan.

Tabel 6. Titik 3 desain existing

Waktu	Kelembaban	Suhu	PM _{2.5}	HCHO	CO ₂	Laju udara
08.00	70	30	64	0.130	548	0.0
09.00	66	29	60	0.117	522	0.0
10.00	78	29	76	0.118	526	0.0
11.00	90	29	50	0.125	427	0.0
12.00	80	27.6	56	0.120	545	0.0
13.00	79	30	80	0.118	896	0.0
14.00	82	28	57	0.132	543	0.0
15.00	95	28	58	0.122	513	0.0
16.00	87	28.4	46	0.120	515	0.0
Rata - rata	81	28.8	60	0.199	559	0.0

Titik 3 terlihat nilai kelembaban lebih besar meskipun tidak signifikan, hal ini disebabkan tetesan air AC terkadang kearah titik ini. PM_{2.5} lebih rendah karena berdekatan dengan AC sehingga lebih terfilter dengan baik.

Tabel 7. Titik 4 desain existing

Waktu	Kelembaban	Suhu	PM _{2.5}	HCHO	CO ₂	Laju udara
08.00	70	30	60	0.450	547	0.0
09.00	66	29	56	0.340	522	0.0
10.00	78	29	67	0.235	526	0.0
11.00	90	29	44	0.230	427	0.0
12.00	80	27.6	90	0.420	545	0.0
13.00	70	30	86	0.370	844	0.0
14.00	82	28	42	0.250	543	0.0
15.00	90	28	57	0.270	513	0.0
16.00	70	28.4	46	0.270	601	0.0
Rata - rata	77	28.8	60.8	0.315	563.11	0.0

Dari data yang diambil perjam dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 terlihat konsentrasi kelembaban, suhu PM_{2.5}, HCHO dan CO₂ yang berubah ubah setiap jamnya sedangkan laju udara lebih stabil di 0.1 m/s. Jika dibandingkan masing – masing titik maka nilai yang terlihat berbeda adalah HCHO pada titik 1 dan 3 nilai HCHO hanya berkisar 0.2 mg/m³ sedangkan di titik 2 dan 4 lebih tinggi yaitu diatas 0.3 mg/m³.

Hal itu disebabkan karena titik 1 dan 3 berdekatan dengan pintu keluar sehingga ada sirkulasi udara ketika pintu dibuka (keluar/masuk karyawan). Pada titik 2 dan 4 berdekatan dengan karyawan wanita yang suka memakai wewangian dan membawa makanan sehingga meningkatkan nilai HCHO.

Setelah diambil data pada 4 titik selanjutnya dihitung rata – rata dari 4 titik tersebut dan diperoleh nilai rata – rata tiap jam adalah sebagai berikut :

Tabel 8. Nilai rata-rata dar 4 titik

Waktu	KELEMBABAN (%)	SUH U (°C)	PM _{2.5} (µg/m ³)	HCHO (mg/m ³)	CO ₂ (ppm)	LAJU UDARA (m/s)
8:00	70	30	61.25	0.375	536.75	0
9:00	66	29	63.5	0.246	522.25	0
10:00	78	29	72.25	0.212	526	0
11:00	90	29	49.25	0.212	427	0
12:00	80	27.6	80	0.367	545	0
13:00	76.75	30	80.25	0.332	878.5	0
14:00	82	28	48.5	0.239	543	0
15:00	87.75	28	55	0.214	518.75	0
16:00	78.8	28.8	63.8	0.274	562.2	0.0

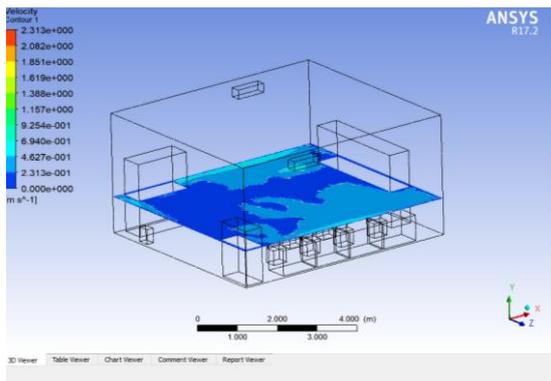
Kelembaban berada di range 66% sampai dengan 87.75%, Suhu berada di range 27.6 sampai dengan 31°C pada range menurut kemenkes sudah masuk kategori suhu udara nyaman. PM_{2.5} masih cukup tinggi yaitu 48.5 sampai dengan 80.25 µg/m³ dan paling tinggi pada jam 13.00 ketika karyawan masuk kembali ke ruangan setelah beristirahat diluar yang kemungkinan membawa debu. HCHO berada di 0.212 sampai dengan 0.375 mg/m³ dan puncaknya saat pagi hari ketika bau parfum karyawan masih sangat tajam, kemudian di siang hari saat karyawan makan nilai HCHO kembali tinggi lalu perlahan menurun hingga jam pulang. CO₂ terlihat ada kenaikan pada jam 13.00 atau setelah istirahat karena metabolisme tubuh karyawan meningkat setelah aktivitas diluar ruangan. Nilai laju udara 0 karena ruangan kantor hanya memiliki 1 unit AC yang diletakkan dibagian sisi ruangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain Uji 1

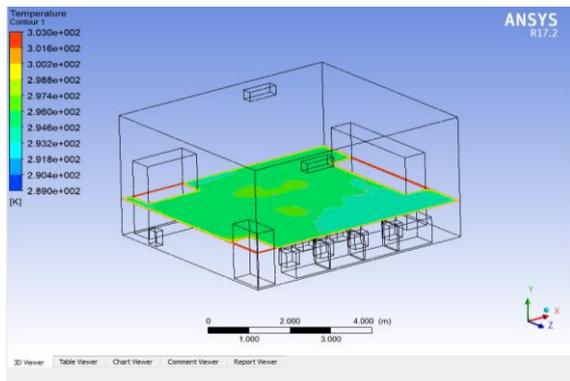
Kondisi :

1. Jumlah AC ada 2 unit 1 PK (kecepatan blower 2,3 m/s , 16°C)
2. Jumlah air purifier 1 unit diletakkan di samping pintu masuk dimaksudkan agar udara luar yang masuk segera dapat dibersihkan.
3. Jumlah meja dan karyawan tetap 11 orang.
4. Suhu udara luar ruangan 30°C
5. Titik pengambilan data pada ketinggian 1 meter (setara orang duduk).



Gambar 10. Laju udara desain 1

Dari hasil simulasi laju udara dapat kita simpulkan bahwa pola aliran sangat turbulans dan karyawan yang berada di titik 2 dan 3 akan merasa tidak nyaman karena laju udara yang terlalu besar dengan nilai 1.15 m/s.



Gambar 11. Suhu pada desain 1

Tabel 9. Nilai rata-rata desain 1

Wa ktu	KELEMBABAN (%)	SU HU (°C)	PM2.5 (µg/m ³)	HCHO (mg/m ³)	CO ₂ (ppm)	LAJU UDARA (m/s)
08.00	64	24.375	35	0.135	410	0.825
09.00	65.25	25.625	36	0.203	458	0.825
10.00	64.25	25.5	36	0.210	472	0.825
11.00	63.5	25.5	33	0.228	412	0.825
12.00	64.5	25.625	33	0.191	464	0.825
13.00	69	25.25	32	0.197	572	0.825
14.00	54.75	25.5	33	0.211	512.75	0.825
15.00	59.25	24.75	34	0.139	384.5	0.825
16.00	57.25	24.375	35	0.206	498	0.825

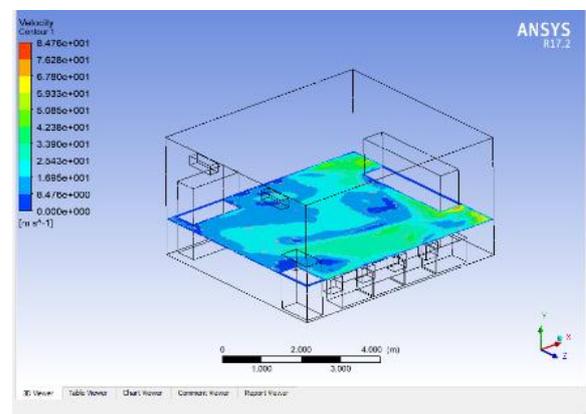
Dari simulasi yang dilakukan pada desain 1 diperoleh suhu dan laju udara yang cukup baik maka dari itu dilakukan penerapan actual desain 1 pada ruang kantor dan dilakukan pengambilan data dari 4 titik yang telah ditentukan. Hasilnya seperti terlihat pada table 4. 10 Nilai rata-rata dari 4 titik desain 1 yaitu Kelembaban pada rentang nilai 54.75 sampai 69%, suhu 24.3 sampai 25.6,

PM_{2.5} di angka 32 sampai 36, HCHO 0.135 sampai dengan 0.228, CO₂ 384.5 sampai dengan 572, dan laju udara 0.825 m/s.

3.2 Desain Uji 2

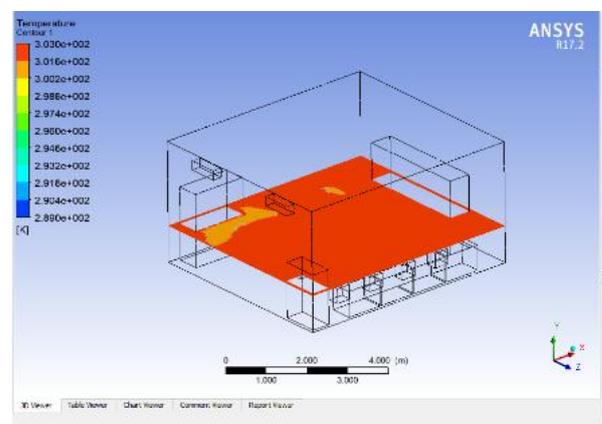
Kondisi :

1. Jumlah AC ada 2 unit 1 PK (kecepatan blower 2,3 m/s , 16°C)
2. Jumlah air purifier 1 unit diletakkan di bagian tengah ruangan dimaksudkan agar mampu menjangkau semua sudut ruangan.
3. Jumlah meja dan karyawan dalam ruangan 11 orang.
4. Suhu udara luar ruangan 30°C.
5. Titik pengambilan data pada ketinggian 1 meter (setara orang duduk).



Gambar 12. Simulasi laju udara desain 2

Dari hasil simulasi laju udara terlihat bahwa pola aliran horizontal pada bangku karyawan cukup baik dan sama rata, tidak ada karyawan yang merasakan hembusan udara dari AC terlalu kencang ataupun tidak terkena hembusan udara sama sekali. Kecepatan udara sama rata di angka 0.5 m/s dengan ketinggian 1 meter.



Gambar 13. Simulasi penyebaran suhu desain 2

Tabel 10. Nilai rata-rata desain 2

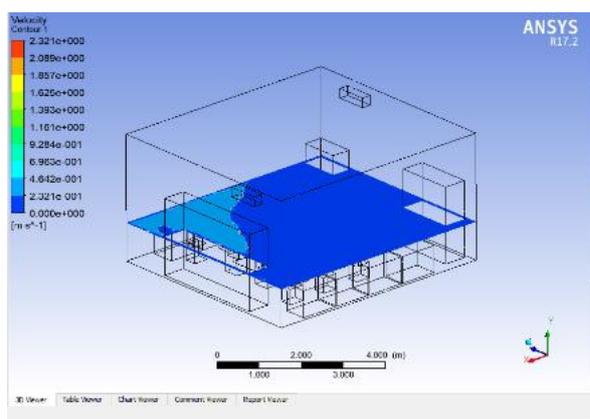
Waktu	Rata - rata dari 4 titik					
	KELEMBABAN (%)	SUHU (°C)	PM2.5 (µg/m ³)	HCHO (mg/m ³)	CO ₂ (ppm)	LAJU UDARA (m/s)
08.00	53	24	45	0.165	492.5	0.5
09.00	53	25	49.75	0.198	496.5	0.5
10.00	54	24.5	44.25	0.229	471.5	0.5
11.00	53	25	44.75	0.205	424.5	0.5
12.00	54	23.5	46.25	0.189	516.75	0.5
13.00	54	25	48.5	0.221	543	0.5
14.00	56	24.5	45.75	0.187	482.5	0.5
15.00	60	24	45.25	0.208	424.75	0.5
16.00	56	24.5	43.25	0.207	496.5	0.5

Dari simulasi yang dilakukan pada desain 2 diperoleh suhu dan laju udara yang cukup baik maka dari itu dilakukan penerapan actual desain 2 pada ruang kantor dan dilakukan pengambilan data dari 4 titik yang telah ditentukan. Hasilnya seperti terlihat pada table 4. 15 Nilai rata-rata dari 4 titik desain 2 yaitu kelembaban pada rentang nilai 53 sampai 60%, suhu 23.5 sampai 25, PM_{2.5} di angka 43.25 sampai 49.75, HCHO 0.165 sampai dengan 0.229, CO₂ 424.5 sampai dengan 543, dan laju udara 0.5 m/s.

3.3 Desain Uji 3

Kondisi :

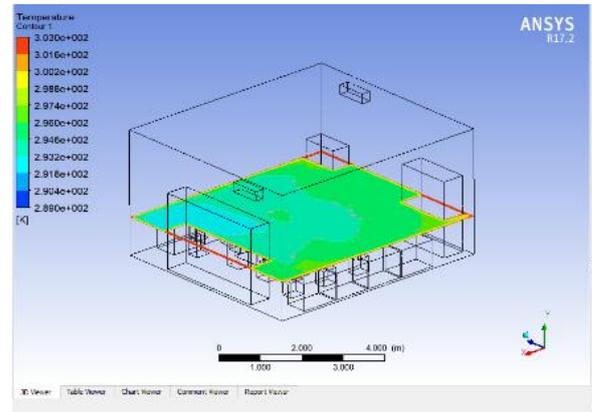
1. Jumlah AC ada 2 unit 1 PK (kecepatan blower 2,3 m/s , 16°C)
2. Jumlah air purifier 1 unit diletakkan di samping pintu masuk dimaksudkan agar udara luar yang masuk segera dapat dibersihkan.
3. Jumlah meja dan karyawan tetap 11 orang.
4. Suhu udara luar ruangan 30°C
5. Titik pengambilan data pada ketinggian 1 meter (setara orang duduk).



Gambar 14. Simulasi laju udara desain 3

Pada simulasi desain uji ke 3 terlihat aliran udara yang melalui bangku karyawan berwarna biru tidak terlalu cerah dan tidak terlalu tua. Nampak tidak sama antara titik 1 dan titik 2 begitu juga titik 3 dan titik 4. Pada gambar terlihat aliran

vertical dititik 1 dan 4 kemudian memantul ke dinding dan lantai kearah titik 2 dan 3.



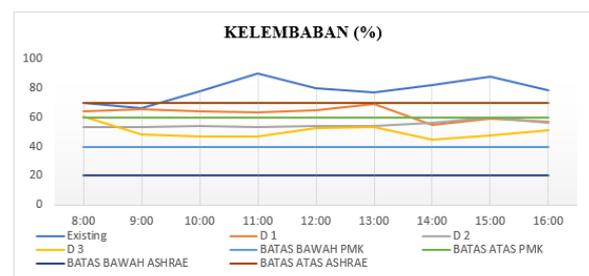
Gambar 15. Simulasi penyebaran suhu desain 3

Tabel 11. Nilai rata-rata desain 3

Waktu	Rata - rata dari 4 titik					
	KELEMBABAN (%)	SUHU (°C)	PM2.5 (µg/m ³)	HCHO (mg/m ³)	CO ₂ (ppm)	LAJU UDARA (m/s)
08.00	60.5	23	35	0.135	437.5	0.225
09.00	48.5	24	32.5	0.132	449	0.225
10.00	47	23.5	34.75	0.136	436.75	0.225
11.00	46.75	24	33	0.152	469	0.225
12.00	52.75	24.125	32.75	0.136	428.25	0.225
13.00	53.5	23.5	35.75	0.118	472.5	0.225
14.00	45	23	32.5	0.153	470.75	0.225
15.00	47.75	23	33.75	0.127	352.5	0.225
16.00	51.25	22.875	33.75	0.142	473	0.225

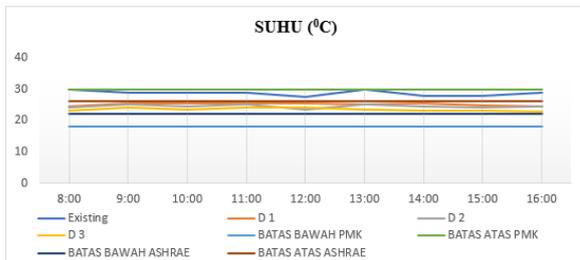
Dari simulasi yang dilakukan pada desain 3 diperoleh suhu dan laju udara yang cukup baik maka dari itu dilakukan penerapan actual desain 3 pada ruang kantor dan dilakukan pengambilan data dari 4 titik yang telah ditentukan. Hasilnya seperti terlihat pada table 4. 20 Nilai rata-rata dari 4 titik desain 3 yaitu Kelembaban pada rentang nilai 45 sampai 60.5%, suhu 22.8 sampai 24.1, PM_{2.5} di angka 32.5 sampai 35.75, HCHO 0.118 sampai dengan 0.153, CO₂ 352.5 sampai dengan 472.5, dan laju udara 0.225 m/s.

3.4 Pembahasan Hasil Simulasi



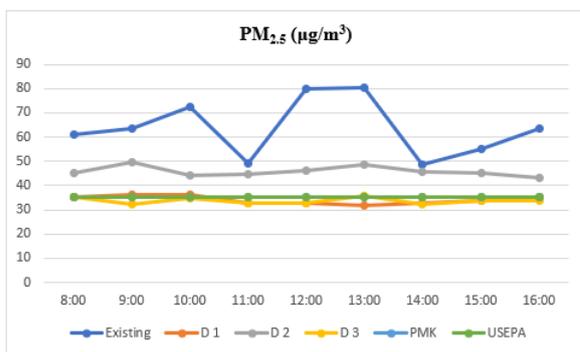
Gambar 16. Grafik perbandingan kelembaban

Dari grafik kelembaban dapat dilihat bahwa hasil desain 2 dan desain 3 yang nilainya berada dalam range standart yang ditetapkan Permenkes yaitu antara 40 sampai 60% sedangkan pada desain 1 nilai kelembaban melebihi 60%.



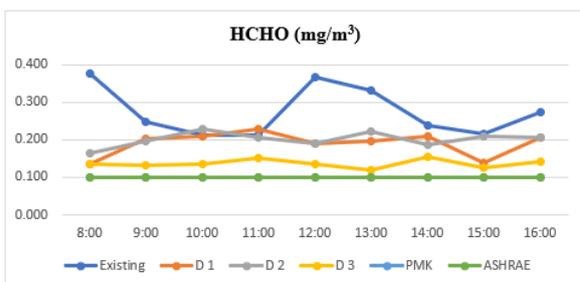
Gambar 17. Grafik perbandingan suhu

Berdasarkan standart Permenkes yaitu minimum 18°C dan maksimum 30°C maka ketiga desain telah memenuhi standart. Dan hasil penyebaran suhu ketiga desain ini tidak berbeda jauh. Yang paling sejuk yaitu desain 3 yaitu rata-rata suhunya adalah 23°C dimana suhu ini merupakan suhu nyaman menurut ASHRAE.



Gambar 18. Grafik perbandingan PM2.5

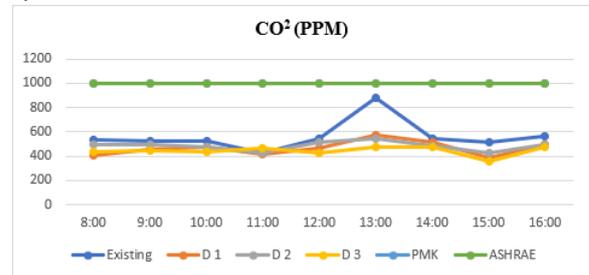
Menurut Permenkes nilai standart PM_{2.5} adalah 35 µg/m³ dalam 24 jam. Dari 3 desain yang di uji nilai PM_{2.5} terbaik adalah desain 1 dan 3 yaitu 34 µg/m³, sedangkan pada desain 3 terlihat nilai PM_{2.5} masih cukup tinggi yaitu 46 µg/m³.



Gambar 19. Grafik perbandingan HCHO

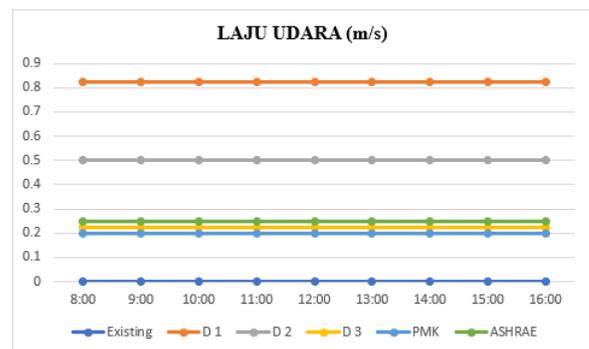
Standart HCHO menurut Permenkes adalah 0.1 mg/m³ dalam 8 jam (jam kerja). Dari ketiga desain terlihat bahwa yang paling mendekati

adalah desain 3. Hal ini dipengaruhi oleh sirkulasi udara yang baik dan peletakan air purifier yang tepat sehingga mampu memfiltrasi secara optimal.



Gambar 20. Grafik perbandingan CO₂

Standart CO₂ dalam ruangan yaitu tidak lebih dari 1000 ppm , jika kita lihat dari 3 desain uji memiliki nilai CO₂ dibawah 1000 ppm artinya semua desain uji memenuhi syarat. Namun dalam sebuah ruangan semakin sedikit nilai CO₂ maka akan semakin baik, dari 3 desain uji tersebut yang memiliki nilai CO₂ paling rendah adalah desain.



Gambar 21. Grafik perbandingan laju udara

Berdasarkan Permenkes laju udara ruangan yang baik berada pada kisaran 0.15 sampai dengan 0.2 m/s. Dari grafik perbandingan laju udara dapat dilihat yang paling mendekati standart yaitu desain 3 pada angka 0.225 m/s.

4. KESIMPULAN

Pada bagian akhir penulisan laporan Tugas Akhir ini penulis akan memaparkan beberapa kesimpulan yang dapat diambil dan saran yang didasarkan pada temuan hasil penelitian. Secara umum penulis ingin menyampaikan bahwa dari 3 desain yang telah di uji secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa desain uji 3 merupakan desain ruang kantor yang terbaik dan layak untuk digunakan dalam jangka waktu yang panjang. Desain ini menghasilkan indoor air quality yang optimal dan nyaman bagi karyawan didalam ruangan tersebut.

Desain 3 ini juga mampu membuat ruangan yang aman dan nyaman mengacu pada

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 48 tahun 2016 tentang kualitas udara dalam perkantoran. Terutama untuk nilai HCHO, suhu, kelembaban, CO₂, dan PM_{2.5}. Setelah diterapkan desain ruangan dengan menggunakan desain uji 3 mampu Menunjang kualitas udara yang dihirup oleh karyawan selama bekerja sehingga mampu meningkatkan kualitas kesehatan.

4.1 Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan berkaitan dengan penelitian ini adalah senantiasa menciptakan udara dan lingkungan yang bersih demi kesehatan bersama. Udara ruangan yang baik akan menciptakan suasana nyaman pula bagi penghuni ruangan tersebut. Desain ruangan perlu diperhatikan agar mampu menghasilkan indoor air quality yang optimal. Selain itu untuk ruangan ber-AC disarankan untuk membuka pintu setiap pagi 10-15 menit agar udara pagi yang masih bersih dan segar masuk kedalam ruangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BSN, "SNI - 03 - 6572 - 2001, Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung," pp. 1–55, 2003, [Online]. Available: <http://staffnew.uny.ac.id/upload/132100514/pendidikan/perencanaan-pendingin.pdf>.
- [2] M. Sahri and O. Hutapea, "PERKANTORAN DI KOTA SURABAYA Kesehatan dan Keselamatan Kerja Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya ASSESSMENT OF INDOOR AIR QUALITY IN OFFICE BUILDING Pendahuluan diaplikasikan pada kualitas lingkungan yang ada didalam kantor tentunya terdapat pekerja di p," vol. 4, no. 1, 2019.
- [3] H. S. H. Ismadiar Rachmatantri, Mochtar Hadiwidodo, "Pengaruh Penggunaan Ventilasi (Ac Dan Non-Ac) Terhadap Keberadaan Mikroorganisme Udara Di Ruang Perpustakaan," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [4] J. Mukono, C. Prasasti, and S. Sudarmaji, "Pengaruh Kualitas Udara dalam Ruangan Ber-ac terhadap Gangguan Kesehatan," *J. Kesehat. Lingkung. Unair*, vol. 1, no. 2, p. 3941, 2005.
- [5] I. A. M. S. Arjani, "KUALITAS UDARA DALAM RUANG KERJA Ida Ayu Made Sri Arjani 1," *J. Skala Husada*, vol. 8, 1991.