

PERANCANGAN PERALATAN PENGKONDISIAN UDARA PADA RUANG MAKAN ASRAMA TOWER-II

Khoirul Anam.,S.SiT⁽¹⁾, Imam Haryadi Wibowo.,Amd⁽²⁾, Arfin Yusa Afriyanto⁽³⁾

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug - Tangerang

ABSTRAK

Pengkondisian udara merupakan usaha untuk memberikan kenyamanan dan kesegaran. Pengkondisi udara diperlukan untuk menyerap kalor yang berada disuatu ruangan dan untuk menciptakan tingkat kenyamanan pada suatu ruangan. Untuk mencapai tingkat kenyamanan akan digunakan Air Conditioner (AC) Split Duct dimana AC Split Duct mampu memberikan fresh air yang dibutuhkan ke dalam ruangan. Fresh air tersebut diberikan untuk mensirkulasikan udara di dalam ruangan agar tetap terjaga kualitas udara di dalam ruangan. Sumber pengotor udara dapat dari dalam maupun luar ruangan. Udara kotor yang berada di dalam ruangan dikeluarkan melalui return lalu menuju exhaust duct sedangkan Udara kotor dari luar ruangan disaring oleh media filtrasi. Udara yang telah dikondisikan oleh AC Split Duct kemudian didistribusikan melalui supply duct menuju ruangan. Udara tersebut masuk ke dalam ruangan melalui diffuser. Udara yang berada di dalam ruangan keluar melalui return grill lalu sebagian kembali ke AC Split Duct dan sebagian dikeluarkan melalui exhaust duct. Dalam perancangan ini uji coba akan dilakukan melalui software, Ansys CFX. Bagian yang akan diuji adalah laju udara pada sistem ducting dan simulasi pengkondisian udara pada Ruang Makan Asrama Tower-II.

ABSTRACT

Air conditioning is effort to give comfort and freshness. Air conditioning is needed to absorb heat from a room and to create comfort environment in a room. Air Conditioning (AC) Split Duct is used to create comfort environment that AC Split Duct can supply fresh air into the room that needed it. Fresh air supplied to circulating the air in the room to keep quality of air in the room. Source of polluter can be from inside of the room or outside. Polluted air from the room discarded through return then to exhaust duct while polluted air from outside of the room strained through filter media. Conditioned Air by AC Split Duct distributed through supply duct to the room. Conditioned air enter the from via diffuser. Air in the room exit through return grill then some of returned air circulated back to AC Split Duct and the rest exit through exhaust duct. This design will tested through software, Ansys CFX. Ducting system and Simulation of Air Conditioning Process in the Dining Room at Tower-II Dormitory will be tested.

PENDAHULUAN

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia sebagai sekolah tinggi kedinasan memiliki beberapa fasilitas penunjang pendidikan, salah satunya adalah fasilitas asrama. Fasilitas asrama tersebut terdiri dari asrama curug-I, curug-II, asrama tower-I dan asrama tower-II. Dari setiap asrama tersebut masing masing asrama memiliki fasilitas ruang makan. Namun dari ruang makan tersebut tidak terdapat air conditioner(AC) atau pengkondisi udara.

Pengkondisian Udara merupakan usaha untuk memberikan kenyamanan dan kesegaran. Oleh karena itu, terutama di daerah beriklim panas, penyegaran udara merupakan suatu kebutuhan yang sudah umum. Pengkondisian udara diperlukan untuk menyerap kalor dari orang, lampu – lampu dan peralatan lainnya yang menghasilkan kalor agar dapat tercipta kondisi ruangan yang diinginkan. Untuk mencapai kondisi ruangan yang diinginkan terdapat berbagai macam peralatan pengkondisian udara, yang paling umum digunakan adalah jenis AC split. AC split merupakan peralatan pengkondisian udara yang terdiri dari outdoor unit dan indoor unit. Selain air conditioner split juga terdapat jenis peralatan pengkondisian udara seperti FCU (fan coil unit), AHU (air handling unit), dan chiller, peralatan tersebut merupakan bagian dari komponen AC central.

Pada AC split juga terdapat split duct dimana media pendinginan

menggunakan refrigerant namun pada pengkondisian udaranya menggunakan ducting atau saluran udara.

Peralatan pengkondisian udara tersebut haruslah bisa mengkondisikan udara pada suatu ruangan sampai dengan kondisi nyaman. Kondisi atau kriteria kenyamanan dijelaskan pada SNI 03-6572-2001 yaitu:

1. Sejuk Nyaman, antara temperature efektif 20,5 – 22,8 C
2. Nyaman Optimal, antara temperature efektif 22,8 – 25,8 C
3. Hangat Nyaman, antara temperature efektif 25,8 – 27,1 C

Sedangkan kondisi yang terdapat pada ruang makan asrama tower-II sekarang tidak memenuhi kriteria kenyamanan diatas, dimana kondisi pada ruang o makan sekarang ialah bersuhu maksimal 36,2 C dengan kelembaban relatif 82% o dengan suhu terendah mencapai 28.6 C dengan kelembaban relative 92%. Kelembaban relatif yang merupakan kriteria kenyamanan ialah 40-50% dan untuk kondisi tertentu dibolehkan 55-60%. Sehingga dengan kondisi yang tidak nyaman tersebut maka dibutuhkan AC untuk mengkondisikan udara diruangan tersebut.

Pada ruang makan asrama tower-II untuk mencapai tingkat kenyamanan yang sudah dijelaskan pada paragraf maka perlu ditentukan peralatan pengkondisian udara yang tepat. Jika menggunakan AC split pada umumnya dapat mengkondisikan suhu ruangan tersebut, tetapi menggunakan beberapa unit untuk mengkondisikan ruangan

tersebut. Namun jika menggunakan AC split duct ruangan tersebut dapat dikondisikan dengan menggunakan 1 unit saja karena AC split duct tersedia dalam kapasitas yang lebih besar daripada AC split.

Selain itu juga AC split duct dapat memberikan fresh air ke dalam ruangan untuk menjaga kualitas udara ruangan. AC split duct menggunakan ducting untuk mendistribusikan udara ke dalam ruangan sehingga menggunakan blower. Dengan begitu kebutuhan ventilasi ruangan juga dapat terpenuhi.

Karena pada ruang makan tidak terdapat AC maka untuk meningkatkan kenyamanan dan kualitas udara dengan memberikan udara segar (fresh air) pada ruang makan asrama tower-II, penulis akan mendesain rancangan peralatan pengkondisi udara dengan menggunakan sistem AC split duct.

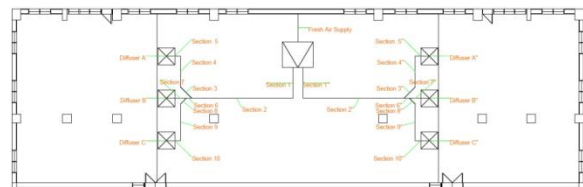
Maka dari permasalahan diatas penulis akan membuat sebuah tugas akhir dengan judul “Perancangan Peralatan Pengkondisian Udara pada ruang makan Asrama Tower-II Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia”.

DESAIN PERANCANGAN

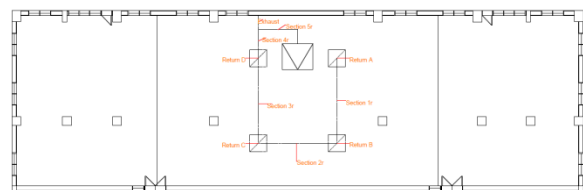
Kondisi ruangan pada saat ini digunakan oleh taruna penghuni asrama tower-II untuk kegiatan makan pagi, makan siang, dan makan malam. Dimana kegiatan tersebut diadakan pada pukul 06.00, 12.00, dan 19.00 WIB. Kapasitas ruangan tersebut 260 orang. Ruangan tersebut memiliki suhu minimal 28,3 C dengan

kelembaban relatif 73% dan suhu maksimal 29,5 C dengan kelembaban relatif 79%.

Untuk mengkondisikan ruangan tersebut akan digunakan AC split duct dengan menggunakan ducting untuk mendistribusikan udara. penggunaan AC split duct ini memungkinkan adanya sirkulasi udara dari luar ruangan untuk menggantikan udara yang berada di dalam ruangan. Dengan begitu suhu ruangan dapat dikondisikan dan kebutuhan ventilasi di dalam ruangan terpenuhi.



Gambar 1. Layout Supply Duct



Gambar 2. Layout Return Duct

Berikut adalah spesifikasi rancangan sistem pengkondisian udara pada ruang makan asrama tower-II:

1. Beban Pendinginan :
 - Beban pendinginan berdasarkan konstruksi ruangan.
 - Beban pendinginan dirancang untuk penghuni sebanyak 260 orang.
2. Air Conditioner Split Duct:
 - AC Split Duct akan dipilih berdasarkan Beban pendinginan.
3. Sistem Ducting:

- Mampu memberikan kebutuhan ventilasi ruangan yaitu 1928.2 CFM (0.91 m³/s)
- Udara yang jatuh di atas kepala tidak lebih dari 0.25 m/s.

Perhitungan beban pendinginan dilakukan dengan metode *CLTD* (*Cooling Load Temperature Difference*). Metode ini dikembangkan oleh *ASHRAE* (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) pada tahun 1972. Tabel 2. Perhitungan Beban Pendinginan

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Menganalisa beban pendinginan pada ruangan

Jenis Panas	Jumlah Beban Pendinginan (Watt)		
	Pukul 06.00	Pukul 12.00	Pukul 19.00
Panas radiasi matahari melalui kaca	652,11	2.152,81	1.367,93
Panas konduksi melalui kaca	-254,75	1.146,37	1.273,74
Panas konduksi melalui dinding	1.128,01	3.249,96	6.705,99
Panas konduksi melalui atap	8.161,53		
Panas Penghuni gedung (Sensible)	9.555		
Panas penghuni gedung (Latent)	24.700		
Panas Lampu penerangan	172,64		
Jenis Panas	Jumlah Beban Pendinginan (Watt)		
	Pukul 06.00	Pukul 12.00	Pukul 19.00
Beban pendinginan Ventilasi (Sensible)	15.894,06		
Beban pendinginan ventilasi (Latent)	35.608,3		
Total (Watt)	95.468,42	98.783,24	99.323,54

2. Peralatan Pengkondisi Udara

Dalam pemilihan AC Split Duct yang cocok maka perlu beberapa tahapan untuk menentukan AC Split Duct yang akan digunakan. Kapasitas yang mampu dihasilkan oleh AC Split Duct harus mampu menangani beban pendinginan yang dihasilkan oleh ruangan. Berikut adalah tahapan memilih AC Split Duct:

- a. Menghitung beban pendinginan ruangan dengan metode yang telah distandarisasi.

Beban pendinginan yang telah dihitung adalah sebesar 338.905,97 BTU/hr. Metode yang digunakan adalah metode *Cooling Load Temperature Difference (CLTD)*

- b. Pilih AC Split Duct dengan kapasitas sesuai dengan total beban pendinginan yang telah dihitung.

Dimana spesifikasi AC Split Duct adalah :

- 1.) Type Kondensor : TTA300J
- 2.) Type Split Duct : TW300H
- 3.) Kapasitas Pendinginan : 340,2 MBh
- 4.) Kapasitas Sensible : 124,4 MBh
- 5.) Airflow : 8000 CFM

- c. Menentukan motor yang digunakan dan total kapasitas pendinginan.

Untuk menentukan motor yang digunakan maka digunakan datasheet dari type AC Split duct yang digunakan. Berdasarkan datasheet

Tabel 3. Data Performa Motor

External Static Pressure (Inches of Water Gauge)																						
	0.10"		0.20"		0.30"		0.40"		0.50"		0.60"		0.70"		0.80"		0.90"		1.00"		1.10"	
CFM	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
7.5 HP Standard Motor & Low Static														7.5 HP Standard Motor & Drive								
Drive Field Installed Sheaves																						
8000	—	—	—	—	702	2.23	734	2.42	765	2.60	796	2.80	826	3.02	852	3.16	877	3.29	904	3.49	932	3.74
8500	—	—	—	—	733	2.58	765	2.80	794	2.99	824	3.19	853	3.41	881	3.64	905	3.79	928	3.92	953	4.12
9000	—	—	730	2.74	764	2.98	796	3.21	825	3.43	852	3.63	879	3.85	908	4.09	933	4.33	956	4.49	977	4.61
9500	727	2.89	763	3.16	796	3.42	826	3.67	855	3.91	881	4.12	907	4.34	934	4.58	960	4.83	984	5.08	1006	5.26
10000	761	3.34	796	3.62	828	3.90	857	4.17	886	4.42	912	4.67	936	4.88	961	5.12	986	5.37	1011	5.64	1034	5.91
10500	796	3.83	829	4.14	860	4.43	889	4.71	916	4.98	942	5.25	966	5.49	990	5.72	1013	5.97	1038	6.25	1061	6.52
11000	831	4.37	863	4.69	893	5.00	921	5.30	947	5.59	973	5.88	997	6.15	1019	6.39	1042	6.64	1064	6.90	1087	7.18
11500	866	4.96	896	5.30	925	5.63	953	5.94	979	6.25	1004	6.55	1028	6.84	1050	7.11	1071	7.36	1093	7.63	1114	7.90
12000	900	5.61	930	5.96	958	6.30	985	6.64	1010	6.96	1035	7.28	1058	7.59	1081	7.89	1101	8.16	1122	8.42	—	—
External Static Pressure (Inches of Water Gauge)																						
	1.20"		1.30"		1.40"		1.50"		1.60"		1.70"		1.80"		1.90"		2.00"		2.10"		2.20"	
CFM	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
7.5 HP Standard Motor & Drive														7.5 HP Standard Motor & High Static Drive Field Installed Sheaves								
8000	964	4.07	992	4.35	1016	4.58	1040	4.81	1063	5.03	1085	5.25	1106	5.47	1127	5.69	1148	5.91	1168	6.13	1188	6.35
8500	980	4.38	1008	4.69	1036	5.02	1062	5.31	1084	5.55	1106	5.78	1127	6.01	1149	6.25	1169	6.48	1189	6.71	1209	6.96
9000	1001	4.81	1025	5.05	1052	5.37	1079	5.73	1104	6.06	1128	6.34	1149	6.59	1170	6.85	1190	7.09	1211	7.35	1230	7.59
9500	1026	5.39	1048	5.57	1070	5.80	1095	6.11	1121	6.47	1147	6.84	1171	7.20	1191	7.47	1212	7.74	1231	8.00	1251	8.27
10000	1056	6.11	1075	6.25	1095	6.41	1116	6.65	1138	6.91	1162	7.26	1186	7.64	1211	8.05	1233	8.41	—	—	—	—
10500	1083	6.81	1104	7.04	1122	7.18	1141	7.33	1161	7.55	1181	7.81	1203	8.13	1226	8.50	—	—	—	—	—	—
11000	1110	7.48	1132	7.78	1152	8.04	1170	8.21	1187	8.35	1205	8.55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11500	1136	8.21	1158	8.51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
External Static Pressure (Inches of Water Gauge)																						
	2.30"		2.40"																			
CFM	RPM	BHP	RPM	BHP	7.5 HP Standard Motor & High Static Drive Field Installed Sheaves																	
8000	1208	6.57	1226	6.78																		
8500	1228	7.19	1248	7.43																		
9000	1249	7.85	1268	8.10																		
9500	1270	8.53	—	—																		
10000	—	—	—	—																		
10500	—	—	—	—																		
11000	—	—	—	—																		
11500	—	—	—	—																		
12000	—	—	—	—																		

- 1.) Jenis Motor : 7.5 HP Standard Motor
- 2.) Daya Motor : 3.02 BHP
- 3.) RPM : 826
- 4.) Airflow : 8000 CFM
- 5.) External Static Pressure : 0,7" Water Gauge

Maka total kapasitas pendinginan adalah :

Total Kapasitas Pendinginan : Kapasitas Pendinginan – (3.15 x BHP)

Total Kapasitas Pendinginan : 340,2 – (3.15 x 3,02)

Total Kapasitas Pendinginan : 340,2 – 9,513

Total Kapasitas Pendinginan : 330,687

MBH

3. Merancang Sistem Ducting

Untuk menentukan ukuran *ducting* metode yang digunakan adalah *Equal Friction*. Pada metode *Equal Friction* yang pertama adalah menentukan penurunan tekanan yang disediakan pada saluran supply dan return lalu membagi penurunan tekanan tersebut sepanjang saluran. untuk panjang sambungan dapat digunakan panjang ekuivalen. berikut adalah spesifikasi rancangan *ducting*

- a.) Static Pressure Split Duct : 0,7"
- b.) Return Grill Pressure Drop: 0,132"
- c.) Supply Diffuser Pressure Drop: 0,414"
- d.) Pressure yang tersedia : 0,354" (88.2 Pa)
- e.) Flow yang diberikan Split Duct: 3,7 m³/s
- f.) Flow yang dibutuhkan : 0,91 m³/s
- g.) Rancangan pressure untuk supply: 19,2 Pa
- h.) Rancangan pressure untuk return : 19.2 Pa

Setelah spesifikasi *ducting* ditentukan maka selanjutnya dihitung bagian rancangan *ducting* terpanjang. Bagian *ducting* terpanjang adalah : 39,3 m untuk supply duct dan 59,9 m return duct.

Lalu ditentukan penurunan tekanan dengan panjang *ducting* dibagi oleh rancangan pressure untuk supply dan return duct.

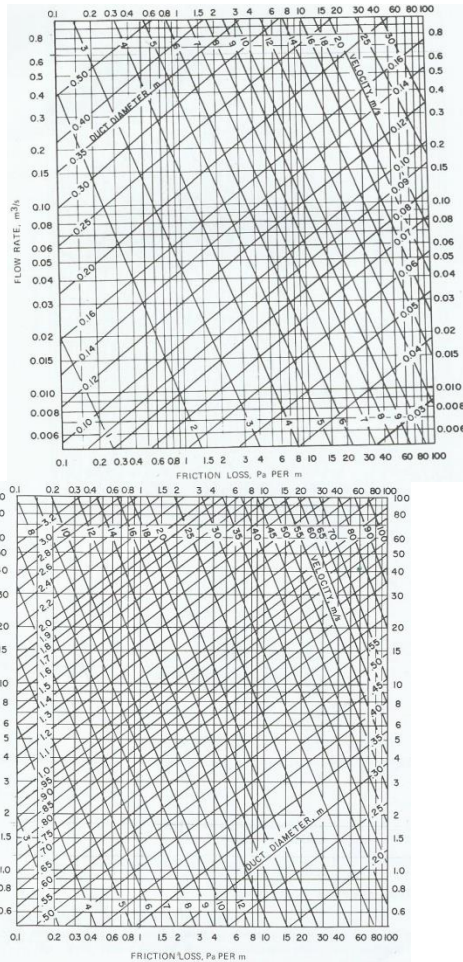
a. Jalur Supply

$$\begin{aligned} \Delta P'_o &= \Delta P_o : L_{max} \\ &= 19,2 : 39,3 \\ &= 0.49 \text{ Pa/m} \end{aligned}$$

b. Jalur Return

$$\begin{aligned} \Delta P'_o &= \Delta P_o : L_{max} \\ &= 19,2 : 39,3 \\ &= 0.49 \text{ Pa/m} \end{aligned}$$

Untuk Menentukan Ukuran *ducting* digunakan tabel penurunan tekanan atau *friction loss*. Penentuan ukuran berdasarkan penurunan tekanan perpanjang *ducting* dan flowrate pada bagian *ducting*.



Gambar 3. Bagan Friction Lost

Dari perancangan yang telah dilakukan maka berikut adalah tabel Dimensi dan kecepatan Ducting :

Tabel 4. Dimensi dan Kecepatan Ducting Supply

Bagian	Diameter	Kecepatan (m/s)	Flow (m ³ /s)
Section 1	0,65	6	1,8
Section 2	0,65	5,5	1,8
Section 3	0,45	4,5	0,7
Section 4	0,45	4,5	0,7
Section 5	0,45	4,5	0,7
Section 6	0,525	5	1,1
Section 7	0,35	4	0,4
Section 8	0,45	4,5	0,7
Section 9	0,45	4,5	0,7

Section 10	0,45	4,5	0,7
------------	------	-----	-----

Tabel 5. Dimensi dan Kecepatan Ducting Return

Bagian	Diameter	Kecepatan (m/s)	Flow (m ³ /s)
Section 1	0,55	4	0,9
Section 2	0,7	4,5	1,8
Section 3	0,8	5	2,7
Section 4	0,9	5	3,6
Section 5	0,7	4,5	1,8

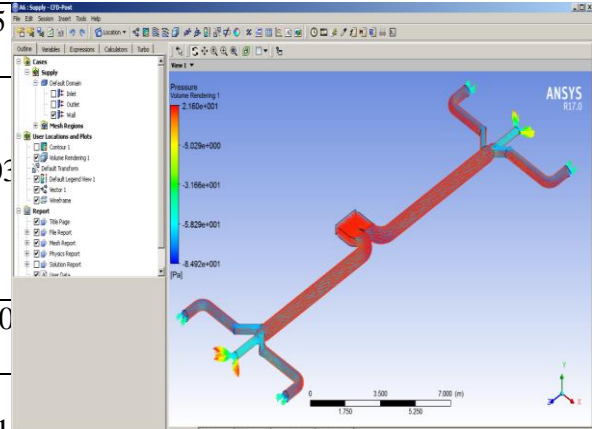
Agar tercapai kondisi nyaman maka perlu di rancang agar kecepatan yang jatuh di atas kepala tidak lebih dari 0.25 m/s. Pada rancangan yang telah dilakukan digunakan 6 unit diffuser. 4 diffuser memiliki flowrate yang sama yaitu diffuser A, C, A' dan C' sedangkan 2 diffuser lainnya memiliki flowrate sama yaitu diffuser B dan B'. dengan kecepatan dari diffuser A dan C sebesar 17.75 m/s dan diffuser B sebesar 9.5 m/s, berikut adalah kecepatan yang jatuh di atas kepala berdasarkan jarak dari diffuser (Jarak X) :

Tabel 6. Kecepatan Diffuser A dan C

Jarak X	1	2	3	4	5
Kecepatan (m/s)	0.00075	0.005	0.018	0.04	0.007
Jarak X	6	7	8	9	10
Kecepatan (m/s)	0.11	0.16	0.21	0.26	0.32

Tabel 7. Kecepatan Diffuser B

Jarak X	1	2	3	4	5
Kecepatan (m/s)	0.0004	0.0031	0.0099	0.022	0.05
Jarak X	6	7	8	9	10
Kecepatan (m/s)	0.06	0.08	0.11	0.14	0.17



Gambar 4. Analisis Supply Duct

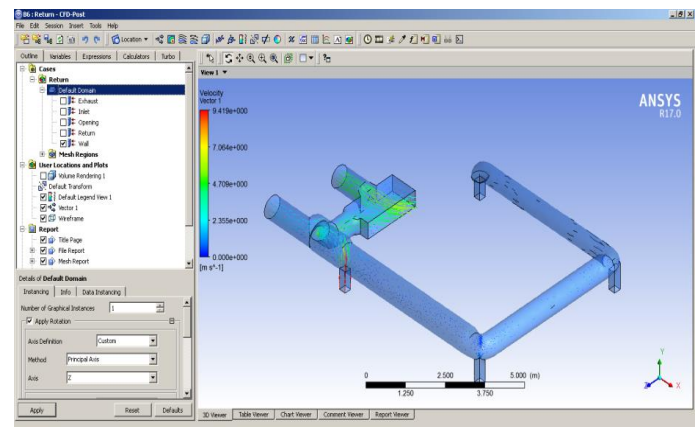
Setelah perhitungan dilakukan maka selanjutnya uji coba menggunakan software *Ansys CFX* berikut adalah langkah-langkah dalam penggunaan software *Ansys CFX* :

- 1.) Membuat Model 3D Ducting
 - 2.) Membuat Mesh pada Ansys CFX
 - 3.) Pemasukan Nilai-nilai yang digunakan
 - 4.) Pengolahan Data
4. Hasil Analisa Ansys CFX

Berdasarkan hasil analisa software *Ansys CFX* kecepatan yang keluar dari supply diffuser minimal 2,9 m/s dan kecepatan maksimal adalah 11,8 m/s pada jalur supply diffuser B. Dengan tekanan yang diberikan udara mampu keluar menuju diffuser.

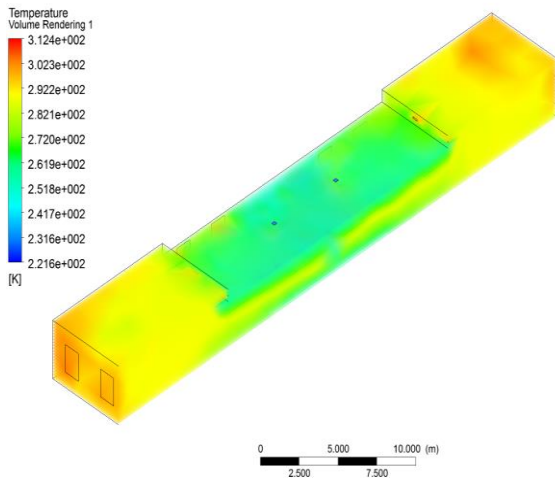
Lalu pada bagian return duct, tekanan yang diberikan oleh blower mampu menghisap udara dari dalam ruangan, tetapi pada posisi return grill terjauh (grill A) udara cenderung tidak terhisap.

Jumlah udara yang disirkulasikan kembali lebih banyak daripada jumlah udara exhaust ini dikarenakan tidak adanya tekanan yang bekerja pada exhaust duct.

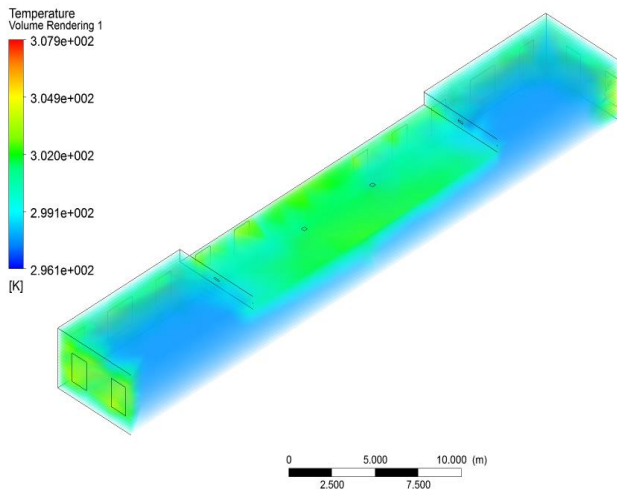


Gambar 5. Analisis Return Duct

Berdasarkan analisa software yang telah dilakukan suhu pada ruangan pada kondisi kosong minimal adalah 18°C , sedangkan dengan kondisi ruangan terdapat beban suhu ruangan adalah 25°C dengan suhu rancangan 23°C . Ruangan mampu dikondisikan selama 30 menit dari AC Split Duct mulai dinyalakan.



Gambar 6. Hasil Analisis Ruangan Kondisi Kosong



Gambar 7. Hasil Analisis Ruangan dengan beban pendingin

KESIMPULAN

1. Analisa beban pendingin ruangan

Dari perhitungan yang telah dilakukan menggunakan metode CLTD beban pendinginan ruangan sebesar 338.905,97 BTU/h. Waktu yang digunakan pada perhitungan adalah pada saat ruang makan digunakan. Beban pendinginan yang berpengaruh besar adalah beban pendinginan dari penghuni dan kebutuhan ventilasi ruangan.

2. Merancang spesifikasi AC Split Duct

AC Split Duct yang dipilih berdasarkan beban pendinginan yang telah dihitung. AC Split Duct mampu memberikan ventilasi udara lebih besar daripada yang dibutuhkan. Berdasarkan analisa software Ansys CFX suhu minimum ruangan adalah 18°C dengan kondisi suhu ruangan 29°C , sedangkan dengan kondisi suhu ruangan 33°C suhu ruangan adalah 25°C .

3. Merancang System Ducting

Konstruksi ruangan membatasi perancangan ducting dikarenakan di atas pada sisi kiri dan kanan ruangan merupakan kamar taruna dan pada sisi tengah ruangan adalah konstruksi atap. Sehingga AC Split Duct

diposisikan pada area atap sehingga terdapat area *maintenance* yang cukup.

Udara yang keluar dari *diffuser* adalah 17,75 pada *diffuser* A dan B m/s sedangkan pada *diffuser* C kecepatan sebesar 9,5 m. Dengan kecepatan udara sebesar 17,75 m/s pada jarak 9 m dari letak *diffuser* kecepatan udara yang jatuh di atas kepala adalah 0,26 m/s, sedangkan pada jarak 10 m kecepatan sebesar 0,32 m/s. Pada *diffuser* B dengan kecepatan udara yang keluar 9,5 m/s kecepatan yang jatuh di atas kepala maksimal 0,17 m/s pada jarak 10 m dari letak *diffuser*.

Sedangkan tingkat kenyamanan adalah 0.25 m/s kecepatan yang jatuh di atas kepala. Udara return cenderung kembali ke AC Split Duct dikarenakan tidak adanya *exhaust blower* sebagai penyeimbang aliran udara.

pengkondisian udara pada bangunan gedung.

4. Ashrae, the Handbook of Fundamentals, 1997.
5. <http://www.ansys.com>

REFERENSI

1. Hara, Supratman (Penterjemah), *Refrigerasi dan Pengkondisi Udara*; Penerbit Erlangga, Jakarta, 2000.
2. McQuiston, Faye C. dan Jerald D. Parker, *Heating Ventilating and Air Conditioning Analysis and Design*, John Wiley & Sons, 1982.
3. SNI 03 – 6572 – 2001, Tata cara perancangan sistem ventilasi dan