

PERBANDINGAN KENYAMANAN TERMAL DALAM RUANGAN KAMAR HOTEL MENGGUNAKAN SISTEM WALL MOUNTED SPLIT AIR CONDITIONING DAN FLOOR AIR CONDITIONING, STUDI KASUS : QUBIKA HOTEL, JAKARTA

Selyna Chintya¹, Danny Santoso Mintorogo², Agus Dwi Hariyanto³

^{1,2,3} Program Studi Magister Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra Surabaya

¹b22210013@john.petra.ac.id, ²dannysm@petra.ac.id,

³adwi@petra.ac.id

Abstract. Penggunaan AC di dalam ruangan kamar hotel berfungsi untuk mengatasi kondisi temperatur udara tinggi dengan kecepatan angin rendah yang seringkali membuat penghuni di dalam ruangan kamar hotel menjadi tidak nyaman. Dengan karakteristik kontainer yang bersifat non arsitektural kemudian dialih fungsikan menjadi arsitektural, maka penting untuk penerapan sistem air conditioning yang tepat pada hotel kontainer, sehingga akan membantu meningkatkan kenyamanan termal bagi penghuninya. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan kenyamanan termal dalam ruangan kamar hotel menggunakan sistem sistem wall mounted split air conditioning dan floor air conditioning (FAC) untuk mendapatkan kenyamanan termal terbaik. Perbandingan akan dilakukan berdasarkan nilai Air Diffusion Performance Index (ADPI) yang diperoleh dengan menggunakan simulasi CFD. Hasil penelitian ini menunjukkan ruangan yang menggunakan sistem floor air conditioning (FAC) mencapai kenyamanan termal lebih baik dibandingkan ruangan kamar hotel yang menggunakan sistem wall mounted split air conditioning.

Keywords: Kenyamanan termal, air conditioning, air diffusion performance index, hotel kontainer

1. Pendahuluan

Kenyamanan termal di dalam ruang kamar hotel merupakan aspek yang sangat penting, karena dapat meningkatkan kualitas istirahat maupun produktivitas penghuni yang tinggal di dalamnya. Hal ini tidak terlepas dari pengaruh temperatur udara dan juga kecepatan angin. Pada penelitian ini, studi kasus yang digunakan yaitu Qubika Hotel, dimana kontainer bekas merupakan material dasar pada bangunan dan juga kamar-kamar hotelnya. Dengan penggunaan kontainer bekas yang bersifat non-arsitektural kemudian dialihfungsikan menjadi arsitektural, maka aspek kenyamanan termalnya sangat penting untuk diperhatikan agar dapat dijadikan sebuah hunian. Material kontainer yang terbuat dengan bahan logam menyebabkan hunian sangat mudah terpengaruh oleh suhu pada lingkungan sekitarnya dibandingkan dengan material lainnya. Terutama pada siang hari ketika cuaca sedang panas, maka

hunian kontainer juga akan terasa sangat panas di dalamnya. Sehingga, untuk menjaga kondisi ruangan dalam hunian tetap nyaman, penggunaan serta peletakkan posisi sistem air conditioning (AC) yang tepat pada ruang kamar hotel dapat menjadi sebuah solusi. Ketika manusia tidak dapat menyatakan bahwa ia menghendaki kondisi termal yang lebih panas atau lebih dingin pada suatu ruangan, barulah dapat dikatakan manusia tersebut nyaman secara termal (McIntyre, 1980).

Sistem AC dengan indoor yang berada di atas (wall mounted split) dan sistem floor air conditioning (FAC) dengan indoor yang berada di bawah, jika divariasikan posisi peletakkannya dari masing-masing sistem, akan menghasilkan nilai air diffusion performance index (ADPI) yang berbeda-beda, dimana nilai ADPI merupakan parameter untuk mengevaluasi kinerja sistem distribusi udara dalam suatu ruangan. Sebagian besar sistem distribusi udara dirancang untuk mencapai ADPI 80% atau lebih besar (ASHRAE Fundamentals, 2001). Semakin tinggi nilai dari ADPI, maka menunjukkan bahwa semakin baik kondisi termal dalam ruangan tersebut, sehingga tujuan dari penelitian ini yaitu untuk membandingkan kenyamanan termal dalam ruang kamar hotel menggunakan sistem wall mounted split air conditioning dan floor air conditioning (FAC) untuk mendapatkan kenyamanan termal terbaik yang dilakukan berdasarkan nilai Air Diffusion Performance Index (ADPI).

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi. Simulasi dilakukan terhadap sistem AC wall mounted split dan floor air conditioning (FAC) dengan posisi kondisi aslinya serta beberapa posisi yang telah diintervensi pada ruang kamar hotel. Dengan simulasi menggunakan software Ansys CFX, hasil yang didapatkan dari masing-masing sistem AC yaitu wall mounted split dan FAC akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai air diffusion performance index (ADPI) yang kemudian dilakukan perbandingan dari kedua sistem AC tersebut untuk mendapatkan kenyamanan termal lebih baik dalam ruang kamar hotel.

3. Tinjauan Pustaka

3.1 Definisi Kenyamanan Thermal

Kenyamanan dalam konteks bangunan dapat didefinisikan sensasi menyenangkan bagi pengguna bangunan yang dapat diberikan oleh kondisi tertentu (Karyono, 2008). Kenyamanan termal merupakan kondisi dimana seseorang merasa nyaman dengan keadaan temperatur lingkungannya, yang apabila digambarkan dalam konteks sensasi dimana seseorang tidak merasakan temperatur udara terlalu panas maupun terlalu dingin (American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers, 1989). Secara kenyamanan termal, manusia dapat dikatakan nyaman ketika ia tidak dapat menyatakan kehendak untuk perubahan kondisi termal yang lebih panas atau lebih dingin dalam ruangan (McIntyre, 1980).

3.2 Skala Kenyamanan Thermal

Skala kenyamanan termal sangat diperlukan untuk menjadi suatu indikator bagi manusia dalam menggolongkan tingkat kenyamanan yang dirasakan pada suatu lingkungan. Sebelumnya, Bedford menciptakan skala tujuh poin untuk menggolongkan skala kenyamanan termal yang kemudian dilakukan sedikit perubahan oleh Humphreys & Nicol (1970) pada penelitiannya. Setelah itu, skala tujuh poin yang paling sering digunakan adalah skala yang telah dikembangkan oleh ASHRAE sebagai berikut :

No	Skala ASHRAE	Skala penyetaraan	Bedford	Skala penyetaraan
7	Panas (<i>Hot</i>)	3	Sangat terlalu panas (<i>Much too hot</i>)	7
6	Hangat (<i>Warm</i>)	2	Terlalu panas (<i>Too hot</i>)	6
5	Agak hangat (<i>Slightly warm</i>)	1	Hangat nyaman (<i>Comfortably Warm</i>)	5
4	Netral (<i>Neutral</i>)	0	Nyaman (<i>Comfortable</i>)	4
3	Agak sejuk (<i>Slightly cool</i>)	-1	Sejuk nyaman (<i>Comfortably cool</i>)	3
2	Sejuk (<i>Cool</i>)	-2	Terlalu sejuk	2
1	Dingin (<i>Cold</i>)	-3	Sangat terlalu sejuk	1

Gambar 1. Skala Kenyamanan Termal oleh ASHRAE dan Bedford
(Sumber : Nicol & Humphreys, 2002 dan Mc Intyre, 1980 dalam Sugini, (2004).

3.3. Faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal

Terdapat dua faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal, yaitu faktor objektif dan faktor subjektif. Faktor objektif merupakan faktor-faktor di sekitar manusia yang mempengaruhi kenyamanan secara termal dalam suatu ruang atau lingkungan, sedangkan faktor subjektif merupakan faktor yang mempengaruhi kenyamanan manusia secara termal pada suatu ruang atau lingkungan yang berasal dari manusia itu sendiri. Kedua faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal tersebut yaitu :

a. Faktor Objektif

Berdasarkan SNI 03-6572-2001, faktor-faktor objektif yang mempengaruhi kenyamanan termal meliputi :

- Temperatur Udara Kering
Berpengaruh terhadap besar kecilnya kalor yang dilepaskan melalui evaporasi dan konveksi. Kenyamanan termal untuk kawasan tropis dapat dibagi menjadi :
 - Sejuk nyaman (temperatur efektif 20,5 °C - 22,8 °C).
 - Nyaman optimal (temperatur efektif 22,8 °C - 25,8 °C).
 - Hangat nyaman (temperatur efektif 25,8 °C - 27,1 °C).
 (SNI 03-6572-2001)
- Kecepatan Udara
Pada posisi di atas kepala, kecepatan udara yang dirasakan disarankan tidak lebih tinggi dari 0.25m/s dan sebaiknya tidak lebih tinggi dari 0.15m/s.
- Radiasi Permukaan
Kenyamanan penghuni di dalam ruangan akan terpengaruh ketika dinding-dinding di dalamnya terasa panas. Temperatur radiasi rata-rata sama dengan temperatur udara kering ruangan. Jika udara kering ruangan lebih rendah dari temperatur radiasi rata-rata, maka temperatur udara di dalam ruangan dengan rancangan yang biasa digunakan, akan dirancang lebih rendah.

b. Faktor Subjektif

Berdasarkan Humphreys (1981), faktor subjektif yang mempengaruhi kenyamanan termal pada manusia adalah suhu tubuh manusia itu sendiri. Agar dapat mencapai produktivitas maksimal, dibutuhkan suhu yang nyaman, dengan suhu tubuh konstan 37°C (tubuh tidak melakukan usaha apapun, seperti menggigil atau berpeluh untuk mencapai 37°C). Udara yang dialirkan untuk mencapai kenyamanan tertentu dalam suatu ruangan dapat menjadi cara alami dalam memenuhi prinsip sustainable design.

3.4. Pemaknaan Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal memiliki beberapa pemaknaan. Berdasarkan International Standard Organization 7770 (ISO), definisi kenyamanan termal adalah hubungan yang kompleks antara temperatur udara, kelembaban udara dan kecepatan aliran udara. Adapun pemaknaan kenyamanan termal yang dikemukakan oleh Hoppe yang kemudian dikembangkan oleh Sugini (2004), antara lain:

- Thermophysiological, nyala dan matinya signal saraf reseptor termal pada kulit dan otak akan menentukan kenyamanan termal suatu lingkungan. Pengarang Tempat Kelompok Manusia Batas Kenyamanan ASHRAE USA Selatan (30° LU) Peneliti India 20,5 °C -24,5 °C TE Rao Calcutta (22°LU) Malaysia 20 °C -24,5 °C TE Webb Singapura Khatulistiwa Cina 250C TE Mom Jakarta (60LS) Indonesia 200C – 260C TE Ellis Singapura Khatulistiwa Eropa 220C – 260C TE 13
- Heat balance, tingkat berkeringat tubuh dan keseimbangan temperatur ada dalam range yang nyaman dengan kenyamanan termal dapat tercapai bila aliran panas ke tubuh manusia.
- Psikologis, kenyamanan termal merupakan kondisi pikiran yang mengekspresikan tingkat kepuasan individu terhadap lingkungan termalnya. Beberapa aspek pemaknaan kenyamanan termal yaitu fisik, fisiologis dan psikologis. Dengan demikian pemaknaan kenyamanan termal berdasarkan pendekatan psikologis adalah pemaknaan yang paling lengkap (Sugini, 2004).

3.5. Air Diffusion Performance Index (ADPI)

ADPI digunakan sebagai ukuran untuk mengevaluasi kinerja suatu sistem distribusi udara dalam suatu ruangan/zona yang menjadi salah satu parameter kenyamanan termal. ADPI juga didefinisikan sebagai persentase dari pengukuran yang dilakukan dalam ruang yang ditempati di mana suhu rancangan efektif antara -1,5 dan +1K, dengan kecepatan udara kurang dari 0,35m/s (ASHRAE Fundamentals, 2001). Sebagian besar sistem distribusi udara dirancang untuk mencapai ADPI 80% atau lebih besar (ASHRAE, 2001) sehingga semakin tinggi nilai ADPI maka semakin baik kenyamanan termalnya. Berikut rumus perhitungan ADPI:

$$ADPI = (N_{\theta} / N) \times 100\% \quad (\text{Eq.1})$$

Keterangan :

θ = *Effective draft temperature* (K)

N_{θ} = *Number of points measured in the occupied space that falls within $-1.5 < \theta < +1K$*

N = *Total number of point measured in the occupied space*

$$\theta = (t_x - t_c) - 8(V_x - 0.15) \quad (\text{Eq.2})$$

Keterangan :

θ = *Effective draft temperature* (K)

t_x = *Local air stream dry-bulb temperature* (°C)

t_c = *Average (set-point) room dry-bulb temperature* (°C)

V_x = *Local airstream centerline velocity* (m/s)

4. Hasil dan Pembahasan

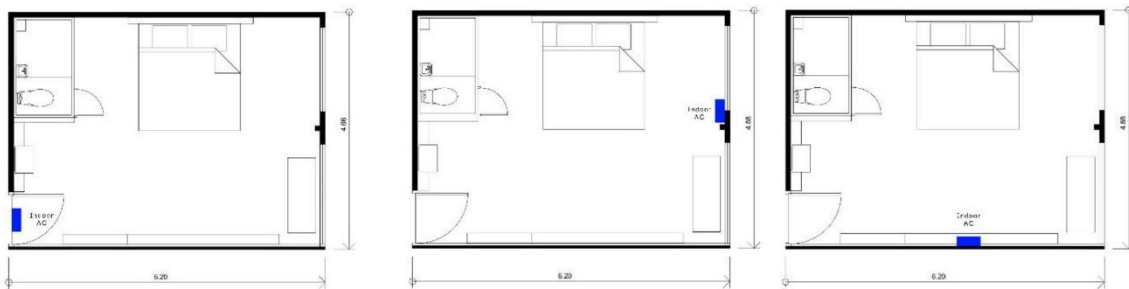
4.1. Simulasi dengan Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD) Software

Ruang kamar dari Qubika hotel dengan tipe kamar suite room digunakan sebagai objek penelitian untuk mengetahui dan membandingkan nilai air diffusion performance index (ADPI) dalam aspek kenyamanan termal berdasarkan penataan sistem air conditioning nya. Ruang kamar hotel dimodelkan dalam bentuk simulasi CFD untuk dapat melakukan perhitungan nilai ADPI.

Kondisi	Temperatur Udara	Kecepatan angin
Model 1 FAC	24°C	2.5m/s
Model 2 FAC	24°C	2.5m/s
Model 3 FAC	24°C	2.5m/s

Tabel 1. Kondisi Awal dan Perubahan Posisi dari Sistem AC *Wall Mounted Split*

Dalam perhitungan ini, sistem *air conditioning* yang akan dibandingkan dibagi menjadi dua sistem, yaitu *wall mounted split air conditioning* dan *floor air conditioning* (FAC). Masing-masing dari sistem AC akan dilakukan sebanyak tiga perubahan posisi untuk mendapatkan kenyamanan termal terbaik melalui perhitungan nilai ADPI pada masing-masing posisi sistem AC.

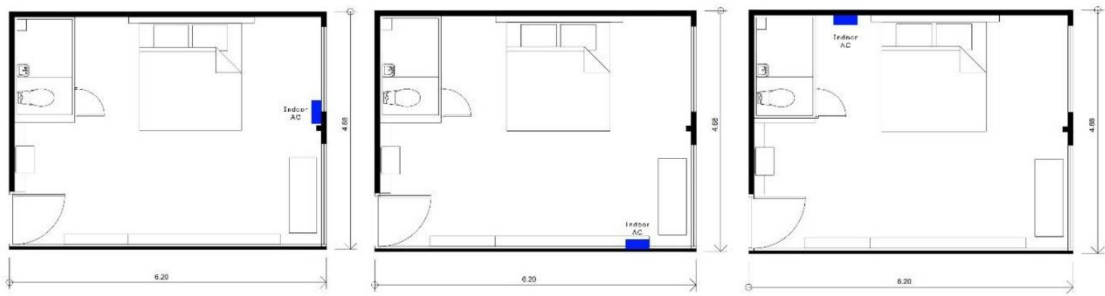


Gambar 2. Kondisi Awal, Model 2, dan Model 3 Menggunakan Sistem *Wall Mounted Split* pada Ruang Kamar Hotel (*Suite Room*)

Posisi *indoor* AC diletakkan 2.56m dari atas lantai pada sistem *wall mounted split* dengan temperatur udara serta kecepatan angin dari *inlet* AC yang telah diatur pada ketiga kondisi masing-masing dapat dilihat pada tabel 1.

Kondisi	Temperatur Udara	Kecepatan angin
Kondisi Awal – Model 1 (<i>wall mounted split basic</i>)	23°C	2.5m/s
Model 2 (<i>wall mounted split 2</i>)	23°C	2.5m/s
Model 3 (<i>wall mounted split 3</i>)	23°C	2.5m/s

Tabel 2. Penggunaan sistem *Floor Air Conditioning* (FAC) serta Perubahan Posisi Sistem FAC

Gambar 3. Model 1, Model 2, dan Model 3 Menggunakan Sistem FAC pada Ruang Kamar Hotel (*Suite Room*)

Pada sistem FAC, posisi *indoor* AC diletakkan 0.82m dari atas lantai dengan temperatur udara serta kecepatan angin dari *inlet* AC yang telah diatur pada ketiga kondisi masing-masing dapat dilihat pada tabel 2.

4.2. Kondisi Awal dan Perhitungan ADPI pada Sistem *Wall Mounted Air Conditioning* (Model 1)

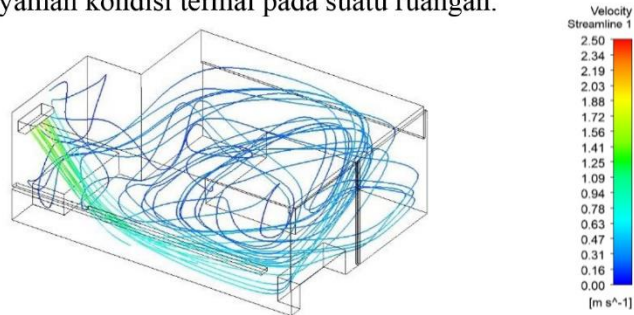
Gambar 4 dan 5. Kondisi Awal Posisi AC *Wall Mounted Split* serta Titik-titik Perhitungan ADPI pada Ruang Kamar Hotel

Kondisi awal dari ruang kamar hotel tipe *suite room* dengan luas 30m² menggunakan pendingin ruangan dengan sistem *wall mounted split* yang posisinya berada di atas pintu masuk. Titik-titik pengukuran dalam perhitungan ADPI yang digunakan yaitu sebanyak 22 titik dengan jarak 1 m x 1 m. Pada sumbu x dan y ketinggian pengukuran yang digunakan yaitu 0.1, 0.6, 1.1 dan 1.7 dari permukaan lantai sumbu z.

Ketinggian	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0.1	0.08			-1.24	-2.36	-0.6			-1.24	-2.36	-1.04
0.6	0.06	-0.14	-0.14	-1.26	-2.38	0.67	0.26	0.34	-0.55	-0.86	-1.26
1.1	-0.06	-0.37	-0.77	0.55	-1.18	0.35	-0.13	-0.13	-11.67	-1.18	-1.58
1.7	-0.83	0.46	0.46	-0.66	-0.35	-0.83	-1.26	0.05	-0.87	-1.55	-2.8
Ketinggian	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0.1	-1.04	-2.16	-3.56	-3.56		-0.12	-1.13	-4.09	-4.7	-3.58	
0.6	0.26	0.26	0.07	0.1	-1.34	0.67	-3.58	-1.34	-1.46	-1.46	-1.94
1.1	-0.54	-0.54	-0.74	0.35	0.27	-3.26	-0.06	-0.75	-0.75	-0.06	0.32
1.7	-1.02	-1.47	-2.03	-0.02	-0.02	-3.36	-1.07	-1.07	-1.07	0.43	0.43

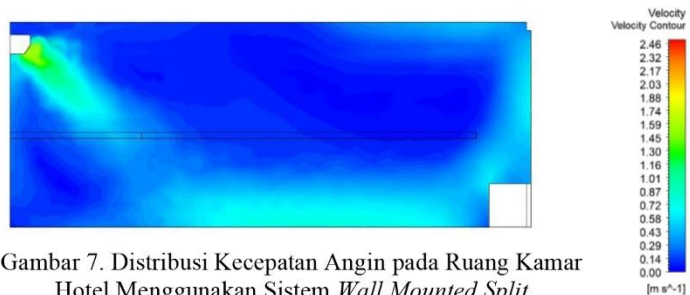
Tabel 3. *Effective Draft Temperature* Kondisi Awal

Berdasarkan perhitungan dari rumus ADPI dengan kondisi yang telah disajikan di atas, ruang kamar hotel dengan sistem *wall mounted split* pada kondisi awal memiliki kenyamanan termal yang baik dengan nilai ADPI 80.5%. Standar kenyamanan termal yang baik mencapai 80% dari nilai ADPI (ASHRAE Fundamentals, 2001). Semakin besar nilai ADPI maka semakin nyaman kondisi termal pada suatu ruangan.

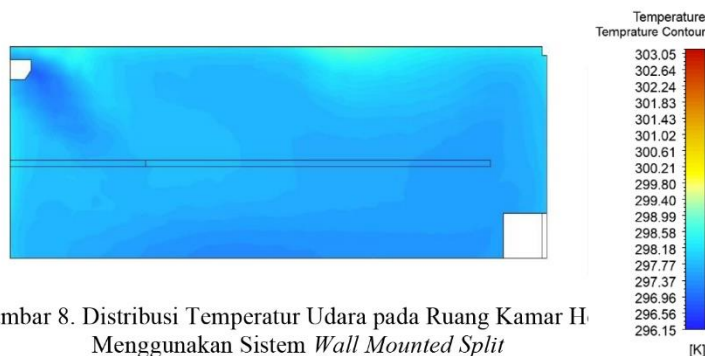


Gambar 6. Pola Aliran Udara dalam Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem *Wall Mounted Split*

Kecepatan angin lebih tinggi pada posisi di bawah *inlet* AC dan menerus pada area sofa (gambar 6 dan 7). Pada area tempat tidur, kecepatan angin mulai menurun tetapi masih dalam batas nyaman karena melebihi 0.35m/s (gambar 6). Posisi indoor AC yang berada di atas pintu masuk cukup baik karena *inlet* AC jauh dari area berpenghuni sehingga dapat mengurangi resiko *draft*, karena semakin dekat dengan *inlet* AC maka resiko *draft* semakin besar (Fanger, P.O., Melikov, A.K., Hanzawa, H., dan J, Ring, s 1988)

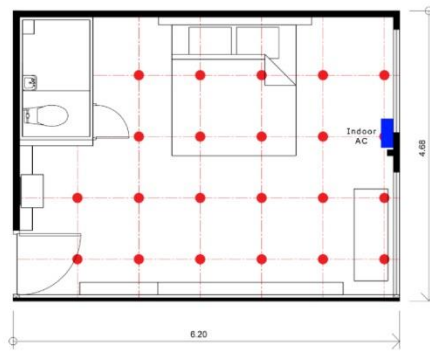


Gambar 7. Distribusi Kecepatan Angin pada Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem *Wall Mounted Split*



Gambar 8. Distribusi Temperatur Udara pada Ruang Kamar H Menggunakan Sistem *Wall Mounted Split*

Distribusi temperatur udara pada kondisi awal ruang kamar hotel dengan posisi *indoor* AC yang diletakkan di atas pintu masuk cukup merata dari permukaan lantai sampai dengan ketinggian 1.7 m (gambar 8) dengan perbedaan temperatur sebesar 2.41°C sehingga dapat dinyatakan cukup nyaman karena perbedaan temperatur ideal tidak boleh melebihi 3°C

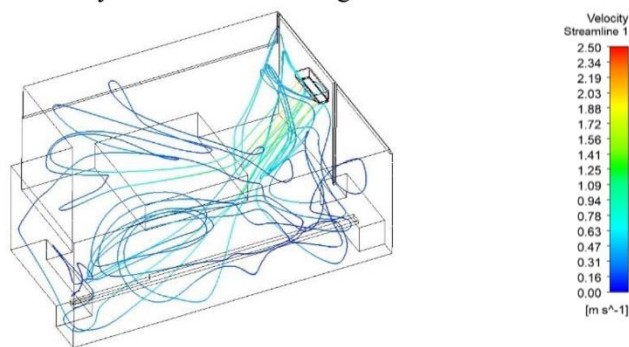
Gambar 9. Model 2 *Wall Mounted Split* serta Titik-titik Perhitungan ADPI pada Ruang Kamar Hotel

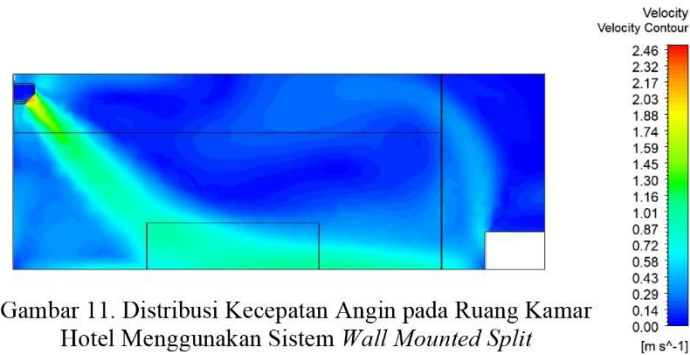
Pada model 2 sistem *wall mounted split*, posisi *indoor AC* yang awalnya diletakkan di atas pintu masuk diubah peletakkannya berada di samping kasur dengan titik-titik perhitungan ADPI sebanyak 24 titik berjarak 1 m x 1 m dengan ketinggian yang tercantum pada tabel 4 sebagai berikut.

Ketinggian	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0.1	-0.27			-6.52	-1.07	-4.91			-2.59	-0.66	-2.19
0.6	-2.64	-5.37	-4.56	0.41	-1.12	-2.24	-4.96	-6.57	-6.57	-0.71	-2.24
1.1	-0.3	-0.06	-0.94	0.91	0.27	0.27	0.27	0.27	-12.16	-1.26	-2.78
1.7	-0.08	0.25	0.25	-0.55	-0.56	-0.96	-1.28	0.25	-1.35	-2.8	-0.87
Ketinggian	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0.1	-3.39	-3.39	-2.98	-2.19		2.34	-2.19	-2.19	-1.47	0.46	
0.6	-0.71	-1.12	-1.12	-0.71	-0.31	-0.32	-1.36	0.02	0.41	0.25	0.25
1.1	0.27	0.27	-0.94	-0.45	0.91	-3.58	0.51	-0.14	-1.26	0.24	0.27
1.7	-0.96	-1.28	-0.55	-0.87	-1.36	-0.08	-0.08	-2.4	-0.55	-0.55	-0.25

Tabel 4. *Effective Draft Temperature Model 2 Wall Mounted Split*

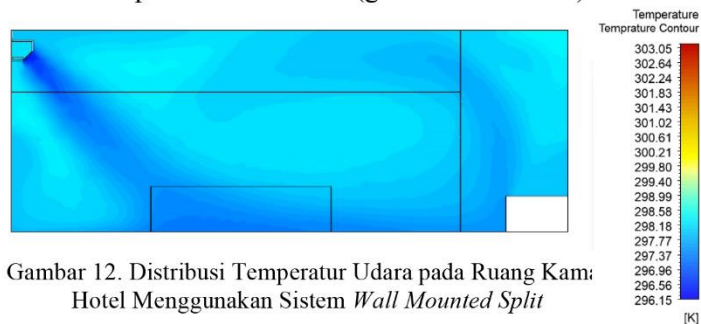
Kondisi ruang kamar hotel setelah *indoor AC* dipindahkan pada posisi di samping area tempat tidur memiliki kenyamanan termal dengan nilai ADPI 70.7%.

Gambar 10. Pola Aliran Udara Model 2 dalam Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem *Wall Mounted Split*



Gambar 11. Distribusi Kecepatan Angin pada Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem *Wall Mounted Split*

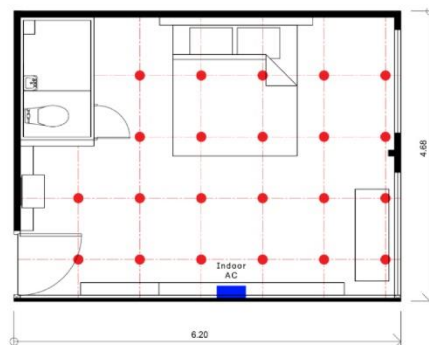
Karena *inlet* AC yang mengarah ke bawah dan terlalu dekat dengan area berpenghuni, posisi AC pada model 2 menyebabkan area tempat tidur terpapar angin dengan kecepatan yang cukup tinggi yaitu di atas 0.35m/s sehingga kurang nyaman bagi penghuni untuk beristirahat pada area tersebut (gambar 10 dan 11).



Gambar 12. Distribusi Temperatur Udara pada Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem *Wall Mounted Split*

Distribusi temperatur udara pada model 2 (gambar 12) terlihat kurang merata dengan perbedaan temperature 2.43°C karena angin yang keluar dari *inlet* AC terbentur objek (kasur) sehingga perputaran udara di dalam ruangan menjadi berkurang.

4.4. Model 3 dan Perhitungan ADPI *Wall Mounted Split Air Conditioning*



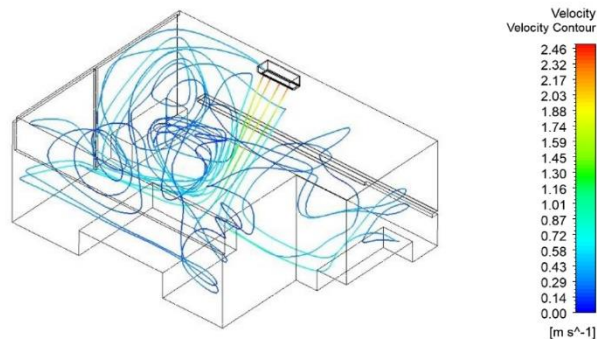
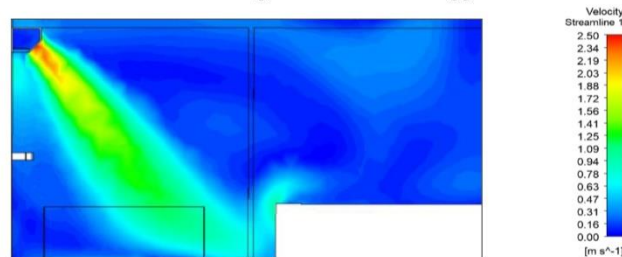
Gambar 13. Model 3 *Wall Mounted Split* serta Titik-titik Perhitungan ADPI pada Ruang Kamar Hotel

Pada model 3 sistem *wall mounted split*, posisi *indoor* AC diletakkan di depan area tempat tidur dengan titik-titik perhitungan ADPI sebanyak 24 titik berjarak 1 m x 1 m dengan ketinggian yang tercantum pada tabel 5 sebagai berikut.

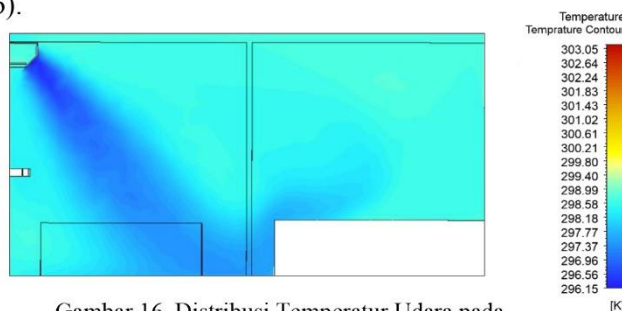
Ketinggian	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0.1	0.37			0.37	-1.51	-3.48			-3.48	-2.68	-1.44
0.6	-1.27	-1.15	0.14	0.06	-1.46	-1.46	-3.71	-4.11	-1.46	-1.47	-1.46
1.1	-1.2	-1.4	-1.4	0.61	-1.36	-1.39	-1.44	-0.2	-4.04	-2.44	-1.39
1.7	0.4	0.12	-1.4	0.2	-1.21	-0.72	-0.28	-0.49	-0.69	-1.41	-1.4
Ketinggian	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0.1	-3.84	-4.23	-4.44	-2.55		-1.4	-0.23	-0.78	-0.04	-0.75	
0.6	-1.46	-1.06	-3.71	-1.49	0.11	-0.55	-1.46	-1.56	-0.34	-2.31	-0.37
1.1	-3.44	-1.39	-1.4	0.13	-0.2	-3.44	-0.27	-1.39	-2.61	-1.2	-1.4
1.7	-1.4	-0.49	-0.28	-1.37	-2.45	-1.13	-1.37	-1.13	-6.18	-2.81	-3.65

Tabel 5. *Effective Draft Temperature Model 3*

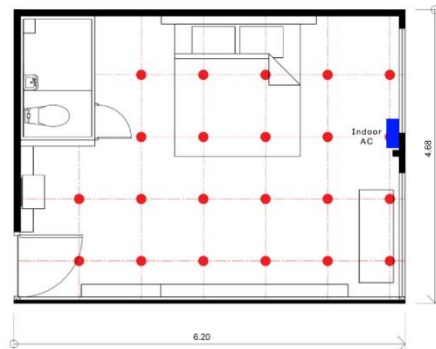
Kondisi ruang kamar hotel dengan posisi *indoor* AC yang berada di depan area tempat tidur mencapai nilai ADPI 75.6%.


Gambar 14. Pola Aliran Udara Model 3 dalam Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem *Wall Mounted Split*

Gambar 15. Distribusi Kecepatan Angin pada Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem *Wall Mounted Split*

Distribusi dan pola aliran angin pada model 3 cukup tinggi pada area bawah *inlet* AC (gambar 15). Area tempat tidur cukup nyaman untuk beristirahat karena kecepatan angin masih tergolong nyaman, yaitu tidak melebihi 0.35m/s kecuali pada sudut bawah kasur. Temperatur udara pada ruang kamar hotel tidak menyebar secara merata terutama pada bagian bawah kasur dengan kecepatan angin 1m/s dengan perbedaan temperatur 2.41°C (gambar 16).


Gambar 16. Distribusi Temperatur Udara pada Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem *Wall Mounted Split*

4.5. Model 1 dan Perhitungan ADPI *Floor Air Conditioning* (FAC)



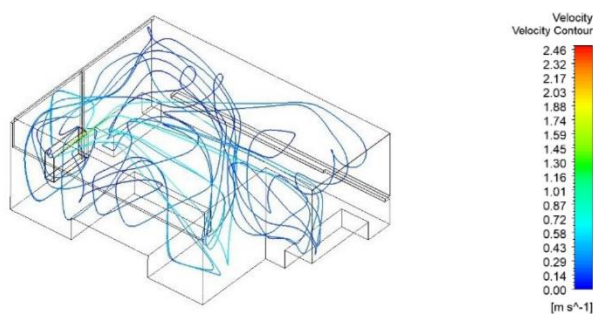
Gambar 17. Model 1 FAC serta Titik-titik Perhitungan ADPI pada Ruang Kamar Hotel

Penggunaan *floor air conditioner* memiliki pola aliran udara yang berbeda dengan *wall mounted split*. *Indoor* pada FAC terletak di bagian bawah dengan sudut *inlet* yang mengarah ke atas sehingga dalam mendinginkan ruangan, FAC mendinginkan area yang berada di atas permukaan lantai. Titik-titik pengukuran nilai ADPI yang digunakan sama dengan sistem *wall mounted split*, yaitu berjarak 1 m x 1m dengan ketinggian pengukuran 0.1, 0.6, 1.1, dan 1.7 pada sumbu x dan y dari permukaan lantai (sumbu z).

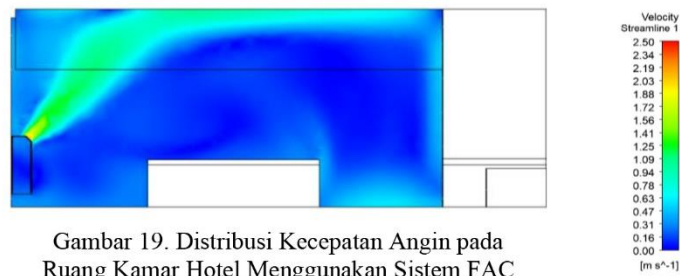
Ketinggian	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0.1	-3.67			-1.26	-0.86	-4.07			-1.26	-1.26	0.34
0.6	-3.31	-2.75	-1.5	-0.94	-0.38	-0.18	-1.5	-1.42	-1.5	-1.1	-1.49
1.1	1	-2.08	-0.56	-1.24	-1.24	-1.47	-2.72	-0.56	-0.56	-2.88	0.33
1.7	0.3	-1.23	-0.59	-3.95	-1.93	-0.09	-0.18	0.3	-4.76	-2.35	-0.82
Ketinggian	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0.1	-3.1	-3.71	-0.06	-0.54		-0.14	-0.78	-3.66	-0.75	0.54	
0.6	-1.09	-1.42	-1.09	-0.61	-1.5	-2.29	-1.02	-1.1	-1.5	-0.38	-1.42
1.1	-0.79	-0.96	-0.36	-0.68	-1.28	0.05	-0.36	-0.36	-0.08	-1.2	-1.2
1.7	-0.18	0.3	0.3	-0.82	-1.23	-0.11	-0.11	-1.23	-0.59	-0.59	-0.99

Tabel 6. *Effective Draft Temperature* Model 1 FAC

Posisi *indoor* FAC yang berada pada samping area tempat tidur pada ruang kamar hotel mencapai nilai ADPI 81.7% yang artinya tergolong nyaman.

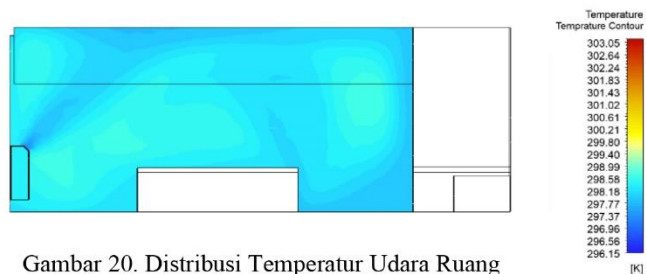


Gambar 18. Pola Aliran Udara Model 1 dalam Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem FAC



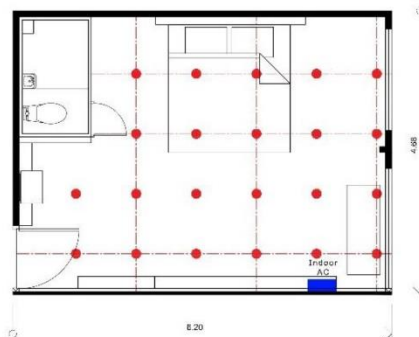
Gambar 19. Distribusi Kecepatan Angin pada Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem FAC

Inlet pada sistem FAC mengarah ke atas sehingga terjadi peraliran udara dingin ke atas kemudian udara akan berputar ke arah bawah menuju area berpenghuni (gambar 18 dan 19). Dengan begitu maka resiko *draft* dapat diminimalisasi karena kecepatan angin menjadi berkurang saat udara mencapai area berpenghuni dengan temperatur yang masih tergolong nyaman. Perbedaan temperatur dalam ruang kamar yaitu $2,03^{\circ}\text{C}$ (gambar 20).



Gambar 20. Distribusi Temperatur Udara Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem FAC

4.6. Model 2 dan Perhitungan ADPI *Floor Air Conditioning* (FAC)



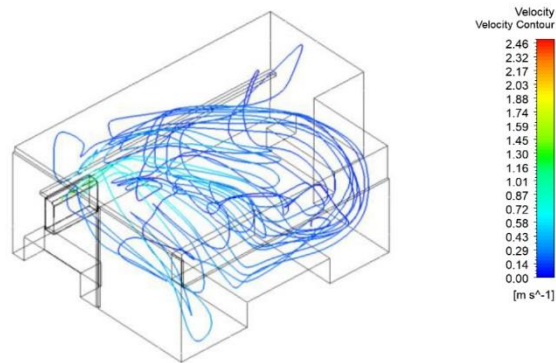
Gambar 21. Model 2 FAC serta Titik-titik Perhitungan ADPI pada Ruang Kamar Hotel

Pada model 2 sistem FAC, posisi *indoor* AC diletakkan di depan area tempat tidur dengan arah sedikit ke kanan agar angin yang dikeluarkan dari *inlet* AC tidak berbenturan dengan perabot.

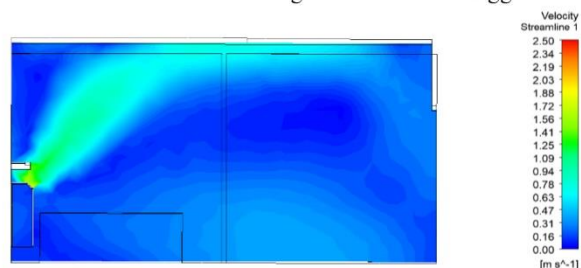
Ketinggian	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0.1	1.27			-0.78	-0.78	1.23			-1.7	-0.58	0.47
0.6	-0.98	-1.15	-1.5	-1.5	-1.5	-0.58	-0.98	-1.1	-2.62	-0.3	0.51
1.1	-0.32	-1.2	-0.91	-0.91	-2.67	-0.45	0.97	-0.91	-1.23	-2.67	0.38
1.7	-0.61	-1.25	-0.61	-0.25	-2.77	-0.23	0.25	-0.84	-0.05	-2.57	0.36
Ketinggian	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0.1	0.47	1	0.62	-1.9		-0.17	1.03	1.03	1	-0.88	
0.6	0.51	-0.05	0.54	-2.62	0.51	-0.37	0.51	0.67	0.46	-1.1	-0.05
1.1	-0.42	-0.13	0.35	-1.23	-1.23	-0.1	0.38	-0.1	-0.1	-4.79	0.38
1.7	-0.2	-0.23	-0.55	-2.37	-1.45	0.28	0.28	-0.84	-0.52	-3.97	-0.13

Tabel 7. *Effective Draft Temperature* Model 2 FAC

Berdasarkan perhitungan singkat dari EDT (tabel 7), dengan *indoor* FAC yang berada di depan area tempat tidur pada ruang kamar hotel mencapai nilai ADPI 84.1%

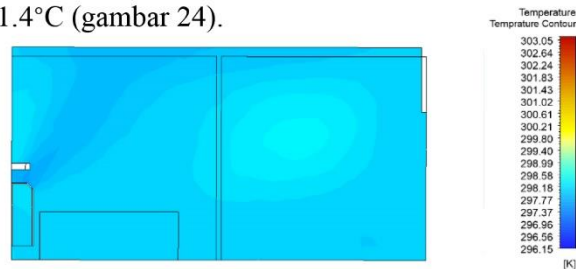


Gambar 22. Pola Aliran Udara Model 2 dalam Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem FAC



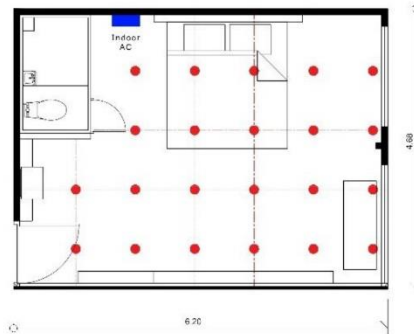
Gambar 23. Distribusi Kecepatan Angin pada Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem FAC

Angin yang dikeluarkan dari *inlet* FAC dapat berputar dengan baik di dalam ruangan karena tidak terhalang oleh perabot (gambar 22 dan 23). Karena adanya perputaran udara yang baik maka temperatur udara di dalam ruang kamar hotel cukup merata dengan perbedaan temperatur 1.4°C (gambar 24).



Gambar 24. Distribusi Temperatur Udara pada Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem FAC

4.7. Model 3 dan Perhitungan ADPI *Floor Air Conditioning* (FAC)



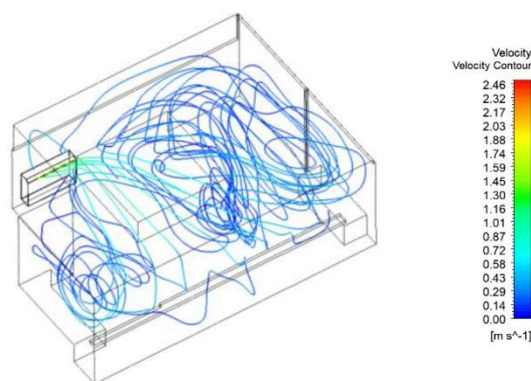
Gambar 25. Model 3 FAC serta Titik-titik Perhitungan ADPI pada Ruang Kamar Hotel

Pada model 3 sistem FAC, posisi *indoor* AC diletakkan di samping area tempat tidur dengan titik-titik perhitungan ADPI sebanyak 24 titik berjarak 1 m x 1 m dengan ketinggian yang tercantum pada tabel 8 sebagai berikut.

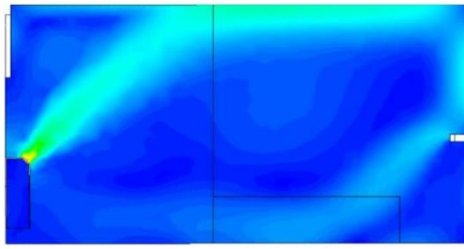
Ketinggian	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0.1	-1.15			-0.54	0.58	-1.15			-1.43	0.38	0.17
0.6	-1.23	-0.59	0.09	-1.03	-1.03	-1.23	0.09	-0.39	-1.03	-0.18	-1.51
1.1	-0.35	-1.15	-0.51	-0.51	-0.3	-1.15	-0.94	-0.83	-0.51	-0.3	-0.94
1.7	-6.58	-1.2	-0.08	-0.72	0.4	-0.69	-0.93	-1.41	-0.29	-0.93	-0.08
Ketinggian	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0.1	-0.51	-1.35	-1.55	-2.47		0.17	-0.51	-1.35	-0.43	-0.71	
0.6	-1.71	-0.59	0.09	-1.23	-1.3	-1.51	-0.59	-3.55	-3.75	-2.55	0.3
1.1	-0.71	-0.51	-1.15	-0.03	-2.47	-1.42	-1.42	-2.27	-2.23	-2.87	-1.75
1.7	-0.29	-0.93	-1.33	-0.29	-1.33	-2.45	-0.21	-1.33	-0.41	-2.65	-2.01

Tabel 8. *Effective Draft Temperature* Model 2 FAC

Berdasarkan perhitungan singkat dari EDT (tabel 7), dengan *indoor* FAC yang berada di samping area tempat tidur pada ruang kamar hotel mencapai nilai ADPI 82.9%

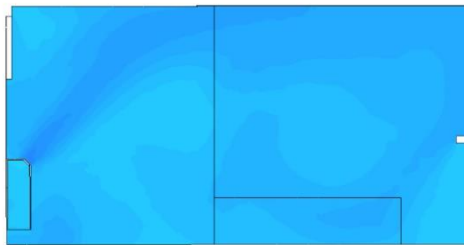


Gambar 26. Pola Aliran Udara Model 3 dalam Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem FAC



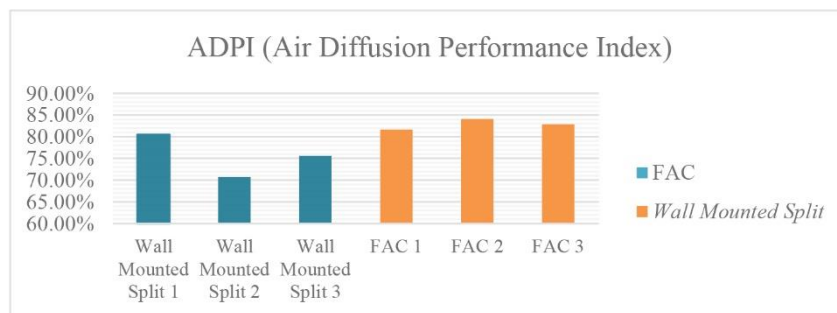
Gambar 27. Distribusi Kecepatan Angin pada Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem FAC

Perputaran angin di dalam ruangan yang dikeluarkan dari inlet FAC pada model 3 cukup baik karena tidak terhalang oleh perabot (gambar 26 dan 27). Karena adanya perputaran udara ke atas terlebih dahulu maka kecepatan angin yang mengenai penghuni cukup nyaman. Distribusi temperatur udara di dalam ruang kamar hotel cukup merata pada model 3 dengan perbedaan temperatur 1.81°C (gambar 28).



Gambar 28. Distribusi Kecepatan Angin pada Ruang Kamar Hotel Menggunakan Sistem FAC

4.8. Perbandingan Nilai ADPI *Wall Mounted Split* dan *Floor Air Conditioning FAC*



Grafik 1. Perbandingan Nilai ADPI *Wall Mounted Split* dan FAC

Pada grafik 1, jika dibandingkan masing-masing 3 model dari kedua sistem AC, sistem FAC memiliki tingkat kenyamanan lebih tinggi dibandingkan *wall mounted split*. Ketiga model dari sistem FAC memiliki nilai ADPI lebih dari 80%.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil temuan dan pembahasan perbandingan sistem wall mounted air conditioning dan floor air conditioning (FAC), dari perbandingan beberapa model, sistem FAC memiliki nilai air diffusion performance index (ADPI) yang lebih tinggi dibandingkan dengan wall mounted split. Pada sistem FAC sudut inletnya mengarah ke atas, sehingga terjadi peraliran udara dingin ke atas terlebih dahulu. Hal ini menyebabkan kecepatan angin yang akan terkena ke area penghuni telah berkurang sehingga lebih nyaman karena penghuni tidak terkena angin langsung yang dikeluarkan dari inlet AC dengan kecepatan tinggi. Sedangkan pada sistem wall mounted split sudut inlet AC mengarah ke

bawah sehingga udara dingin dengan kecepatan tinggi langsung mengenai area berpenghuni yang posisinya dekat dengan indoor AC. Dengan adanya penelitian ini, dapat dilihat bahwa pola peraliran udara yang mempengaruhi kenyamanan termal bagi penghuni tidak terlepas dari penataan layout ruang, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai tatanan ruang yang mendukung sistem distribusi pola aliran udara AC untuk memberikan kenyamanan termal bagi penghuni ruang.

Daftar Pustaka

1. McIntyre, D.A. (1980). *"Indoor Climate."* London: Applied Science Series Ltd.
2. Ismail, M., K. M Al-Obaidi, A. M Abdul Rahman. & M. I Ahmad. 2015. *Container Architecture in the Hot Humid Tropics: Potential and Constraints*. International Conference on Environmental Research and Technology, 142-149.
3. Karyono, T. H. (2008). *Bandung thermal comfort study: assessing the applicability of an adaptive model in Indonesia*. *Architectural Science Review*, 51(1), 60-65.
4. Humphreys, M.A. 1992. *Thermal Comfort Requirements, Climate and Energy*, The Second World Renewable Energy Congress, Reading, UK.
5. Sugini. 2004. Pemaknaan Istilah-Istilah Kualitas Kenyamanan Thermal Ruang Dalam Kaitan Dengan Variabel Iklim Ruang, *Jurnal Logika*, Vol. 1 No. 2. Juli.
6. ISO 7730:1994. 1994. *Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort*, 2nd edition, International Organisation for Standardisation, Geneva.
7. Ahmad, A. R. (2020). *Kenyamanan Termal Adaptif pada Rumah Susun (Studi Kasus : Asrama Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin)*.
8. Sabtalistia, Y.A, Ekasiwi, S.N.N, dan Iskandriawan, B. (2014), "Effect of Air Conditioning on Thermal Comfort in the Floor Air Conditioning", *Applied Mechanics and Materials*, Vol 493. Hal 74-79
9. HPAC Artic ANSI/ASHRAE Standard: ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2007, "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality", American National Standards Institute/American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers Inc., (2007)le. (1998), *Air Distribution for Comfort and IAQ*, Heating Piping and Air Conditioning, Krueger
10. Rusly, E., Airah, M., Gagliardini, S., & Australia, T. R. O. X. (2014). *The truth about the Air Diffusion Performance Index (ADPI)*. TROX Australia.
11. Fanger, P.O., Melikov, A.K., Hanzawa, H., dan J, Ring. (1988), "Air Turbulence and Sensation of Draught", *Energy and Buildings*, Vol.12, hal.21-39
12. ASHRAE, ANSI/ Standard 113, (2005), *Method of Testing for Room Air Distribution*, *American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers Inc.*, Atlanta.
13. Bauman, Fred dan Tom, Webster. (2001), "Outlook for Underfloor Air Distribution", *ASHRAE Journal*, Vol.43, hal:18-27.