

## PENGARUH LETAK SALURAN DAN KECEPATAN UDARA SUPLAI EVAPORATOR TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR DAN KINERJA MESIN PENGKONDISIAN UDARA

Jeri Tangalajuk Siang<sup>1\*</sup>, Viktus Kolo Koten<sup>2</sup>, Yustinus Albertus Sola<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Teknik, Universitas Atma Jaya Makassar, Jl Tanjung Alang No. 23, Makassar

<sup>2</sup>Teknik Mesin, Teknik, Universitas Atma Jaya Makassar, Jl Tanjung Alang No. 23, Makassar

<sup>3</sup>Teknik Mesin, Teknik, Universitas Atma Jaya Makassar, Jl Tanjung Alang No. 23, Makassar

\*E-mail: [jeri\\_siang@lecturer.uajm.ac.id](mailto:jeri_siang@lecturer.uajm.ac.id)

### ABSTRAK

Distribusi temperatur di dalam suatu ruangan yang dikondisikan sangat penting untuk diketahui dalam perencanaan mesin pengkondisian udara agar efektif menyerap panas dari ruangan. Pada penelitian eksperimen ini diteliti pengaruh letak suplai udara dingin ke dalam ruangan serta kecepatan udara suplai terhadap distribusi temperatur dan kinerja mesin pengkondisian udara. Hasil penelitian ini memberikan gambaran distribusi temperatur udara dalam ruangan serta arah pergerakan fluida berdasarkan distribusi temperatur udara. Pada zona atas di mana suplai udara diletakkan, distribusi temperatur tergantung pada arah udara dingin yang keluar dari saluran suplai udara dingin. Sedangkan pada zona tengah terlihat gerakan udara akibat aliran udara ke arah sisi isap udara ke evaporator. Sedangkan pada zona bawah, terlihat udara relatif tidak bergerak. Kapasitas pendinginan udara dan COP maksimum dihasilkan oleh peletakan suplai udara dingin pada sudut ruangan sebesar 1,5738 kW dan 5,4945 sedangkan kapasitas pendinginan dan COP terendah diperoleh pada peletakan suplai udara dingin di dinding sebesar 1,2591 kW dan 5,4443. Kapasitas pendinginan maksimum terjadi pada kecepatan udara 1,5 m/s untuk penelitian ini.

**Kata kunci:** distribusi temperatur, kinerja, kapasitas pendinginan, COP

### 1. PENDAHULUAN

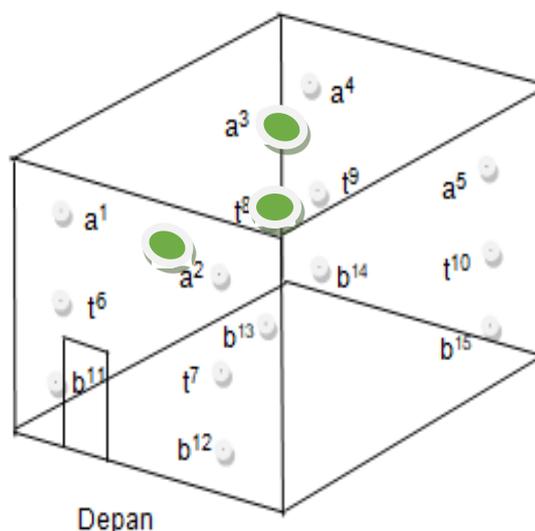
Penggunaan mesin pengkondisian udara sekarang ini semakin meningkat. Hal ini untuk menyesuaikan temperatur ruangan dengan kenyamanan seseorang. Kondisi temperatur ruangan sangat mempengaruhi tingkat kenyamanan penghuni ruangan. Pada umumnya unit *indoor* mesin pengkondisian udara diletakkan di dinding ruangan atau di langit-langit ruangan. Hal ini bertujuan untuk mempermudah penyebaran udara dingin yang berhembus dari unit *indoor* mesin pengkondisian udara. Penelitian tentang distribusi temperatur di dalam ruangan telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Karudin (2020), menganalisa pengaruh bilah pengarah udara *evaporator* terhadap distribusi temperatur di dalam ruangan yang dikondisikan. Pada penelitian tersebut, Karuddin menggunakan dua jenis *diffuser* yaitu tipe *jet swirling* dan *grille*. Penelitian tersebut memberikan hasil *diffuser jet swirling* menghasilkan distribusi temperatur rendah pada sudut 45° sedangkan pada jenis *grill*, distribusi temperatur yang rendah dihasilkan pada sudut 60°. Penelitian berikut tentang distribusi temperatur ruang pendingin dilakukan oleh Septiani and Sari (2018). Dalam penelitian mereka, letak *outlet* fluida dingin divariasikan untuk menganalisa keseragaman temperatur ruang pendingin. Semakin jauh *outlet* fluida dingin, semakin seragam temperatur ruangan yang dihasilkan. Pradana, Badarudin, and Khakim (2020) menganalisa posisi sisi keluaran dan sisi isap saluran udara *evaporator*. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa posisi saluran udara keluaran dan masuk udara *evaporator* menentukan temperatur rata-rata yang dikondisikan. Dan hasil terbaik diperoleh pada posisi 180°. Analisa tentang posisi *diffuser* dan kecepatan udara terhadap distribusi temperatur ruang pendingin dilakukan oleh Septiani and Sari (2018). Pada posisi kemiringan *diffuser* 30°, menghasilkan distribusi temperatur yang relatif merata di dalam ruangan dibandingkan dengan pada posisi *diffuser* mendatar. Pengaruh posisi *inlet* udara dingin juga diteliti oleh Zheng et al. (2018). Hasil penelitian mereka menghasilkan; suplai udara dingin dari lantai menghasilkan distribusi temperatur ruangan lebih rendah 0,5°C dibandingkan dengan suplai udara dingin dari dinding. Mereka juga mendapatkan hasil yakni: kelajuan rata-rata udara dalam ruangan lebih tinggi jika suplai udara diletakkan di lantai dibandingkan jika suplai udara dingin berada di dinding. Pada penelitian mereka, diperoleh juga bahwa posisi *diffuser* mempengaruhi waktu untuk memperoleh kondisi *steady* temperatur ruangan. Kondisi distribusi temperatur sebuah ruangan tidak hanya ditentukan oleh cuaca dan kondisi sekitar tetapi juga ditentukan oleh kondisi ruang pendingin dan kinerja mesin pendingin (Chen & Liu, 2017). Penelitian lain tentang distribusi temperatur pada bidang dua dimensi

memperlihatkan bahwa distribusi temperatur yang terjadi tersusun dari temperatur rendah ke tinggi berdasarkan ketinggian (Chow & Lyu, 2017; Zheng et al., 2018). Semakin tinggi suatu titik, semakin tinggi pula temperaturnya. Pada penelitian lain, jika saluran isap dari *evaporator* tidak tepat, ada kemungkinan panas dari ruangan tidak akan terserap maksimal (Thiyagarajan, Tamizharasan, Senthilkumar, & Karthikeyan, 2018). Al’Gais, Badarudin, and Sukanto (2020) dalam penelitian mereka tentang distribusi temperatur menemukan bahwa debit udara suplai serta posisi saluran udara suplai mempengaruhi distribusi temperatur ruangan. Tinggi rendahnya temperatur dalam ruangan ditentukan oleh jenis dinding yang digunakan. (Muhieddeen, Wong, Abd Rahman, & Tey, 2020) mendapatkan bahwa temperatur dalam ruangan tergantung pada jenis dinding/isolasi panas yang digunakan. Selain itu, distribusi temperatur di dalam ruangan sangat tergantung pada peredaran matahari. Profil distribusi temperatur dalam ruangan pada pagi hari akan berbeda dengan profil temperatur pada sore hari (Abed, Ahmed, & Ahmed, 2018).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dipaparkan di atas, penempatan saluran masuk udara dingin dan kecepatan udara suplai mempengaruhi kinerja mesin pendingin dan distribusi temperatur udara ruangan yang didinginkan. Pada penelitian ini, selain meneliti pengaruh posisi saluran udara suplai *evaporator* terhadap kinerja mesin pendingin ruangan juga akan diteliti pengaruh kecepatan udara terhadap kinerja mesin pendingin pada letak suplai udara *evaporator*. Sumber panas berupa bola lampu pijar 60W digunakan sebagai alat bantu untuk mengetahui distribusi temperatur di dalam ruangan akibat pergerakan udara.

## 2. METODE

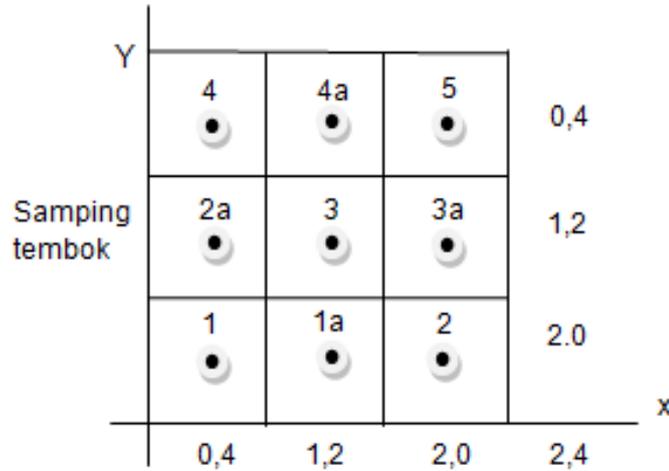
Penelitian ini dilaksanakan di dalam ruangan laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Makassar pada ruangan uji mesin pendingin dengan dimensi ruang 2,32 m (p) x 2,25 m (l) x 2,28 m (t) disesuaikan dengan kapasitas mesin pendingin ruangan yang digunakan. Penelitian dilakukan dengan pengambilan data eksperimen terhadap AC Window ¾ PK menggunakan refrigeran R22 dengan mengukur temperatur di berbagai tempat dalam ruangan dengan posisi suplai udara yang berbeda dan kecepatan udara di variasi. Proses pengambilan data pada ruangan dibagi menjadi tiga zona (bagian) yakni bagian atas (a1, a2, a3, a4, a5), bagian tengah (t6, t7, t8, t9, t10) dan bagian bawah (b11, b12, b13, b14, b15), pada tiap zona terdapat 5 titik peninjauan dengan acuan jarak dari dinding ruangan 560 mm. Sehingga terdapat total 15 titik pengukuran dalam ruangan seperti pada Gambar 1. Ruangan dibagi menjadi tiga zona untuk melihat distribusi temperatur pada bagian bawah, tengah dan atas dari suatu ruangan. Untuk penelitian ini, data akan dicatat pada saat tekanan *evaporator* telah stabil. Pengambilan data dilakukan beberapa kali dan diambil data terbaik yaitu data dengan kapasitas pendinginan dan COP tertinggi. Grafik visualisasi distribusi temperatur dibuat dengan perangkat lunak MATLAB.



**Gambar 1.** Titik pengambilan data temperatur dalam ruangan dan letak saluran udara suplai

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

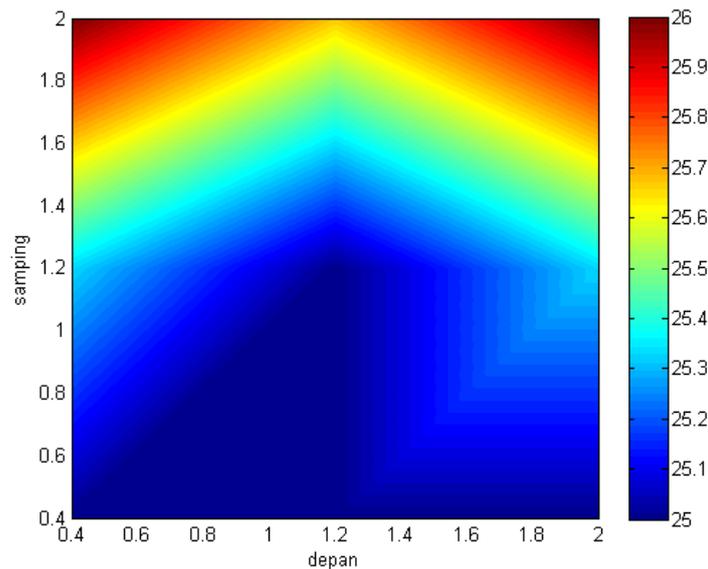
Untuk visualisasi grafik dengan matlab, dibutuhkan koordinat kartesian sebagai berikut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Titik-titik temperatur pada setiap zona ruangan

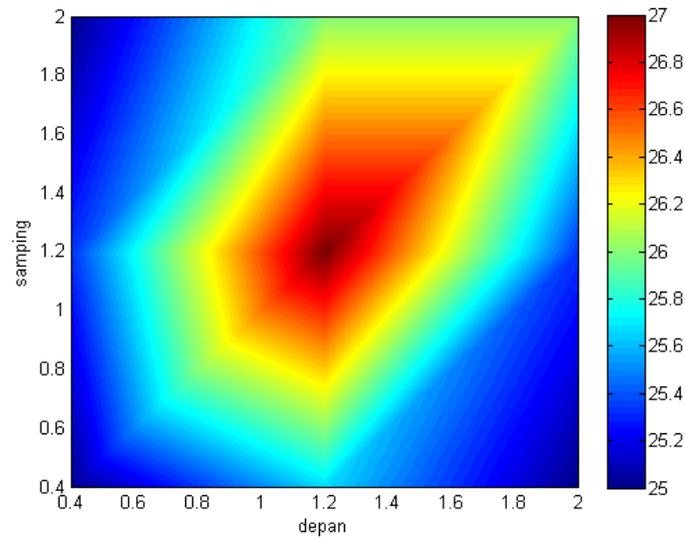
Dan menghasilkan grafik sebagai berikut :

1. Pembahasan pertama akan dimulai dengan letak suplai udara pada dinding depan ruangan. Grafik untuk posisi suplai udara dari dinding depan ruangan dapat dilihat pada Gambar 3 – 5 berikut:



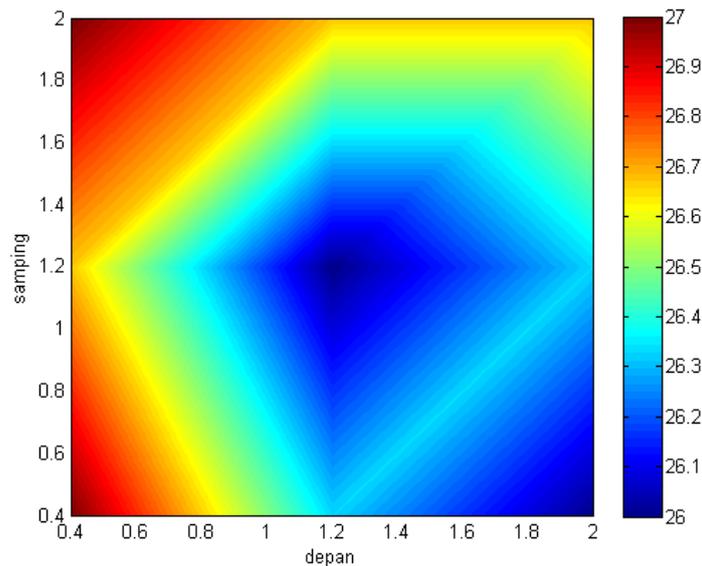
**Gambar 3.** Grafik distribusi temperatur (tampak atas ruangan), zona atas ruangan pada kecepatan 1,5 m/s dengan posisi suplai udara dari dinding ruangan

Dari Gambar 3 terlihat bahwa temperatur udara ruangan pada bagian depan lebih rendah dibandingkan dengan temperatur udara pada bagian lain dari ruangan. Hal ini disebabkan karena letak suplai udara adalah pada bagian depan ruangan. Temperatur ruangan paling tinggi adalah pada sudut belakang ruangan membentuk segitiga. Hal ini disebabkan oleh udara dingin yang berasal dari depan temperaturnya sudah perlahan naik akibat bercampur dengan udara di dalam ruangan dan akibat pengaruh dari temperatur udara luar ruangan.



**Gambar 4.** Grafik distribusi temperatur (tampak atas ruangan), zona tengah ruangan pada kecepatan 1,5 m/s dengan posisi suplai udara di tengah ruangan.

Pada bagian tengah ruangan terlihat temperatur bagian tengah ruangan tinggi pada satu titik akibat adanya satu lampu pijar 60W yang diletakkan di atas meja sebagai penerangan diperlihatkan pada Gambar 4. Temperatur ruangan bergerak ke arah sudut kanan belakang ruangan akibat pergerakan udara mengarah ke sudut kanan belakang ruangan di mana saluran udara masuk ke *evaporator*.

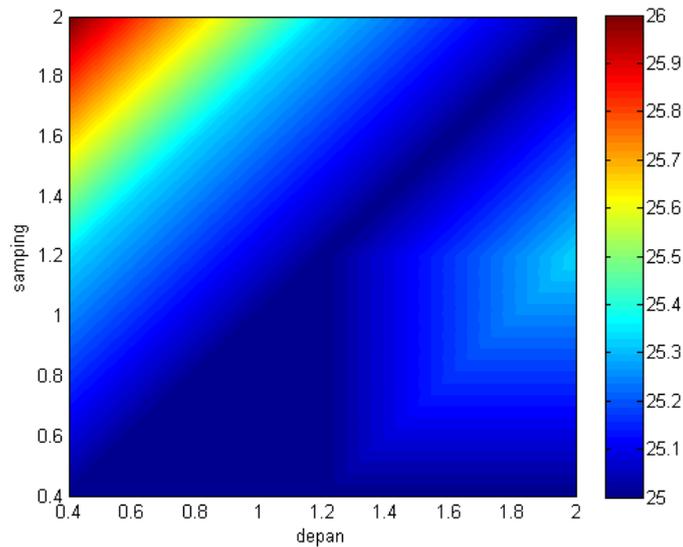


**Gambar 5.** Grafik distribusi temperatur (tampak atas ruangan), zona bawah pada kecepatan 1 m/s dengan posisi suplai udara di tengah ruangan.

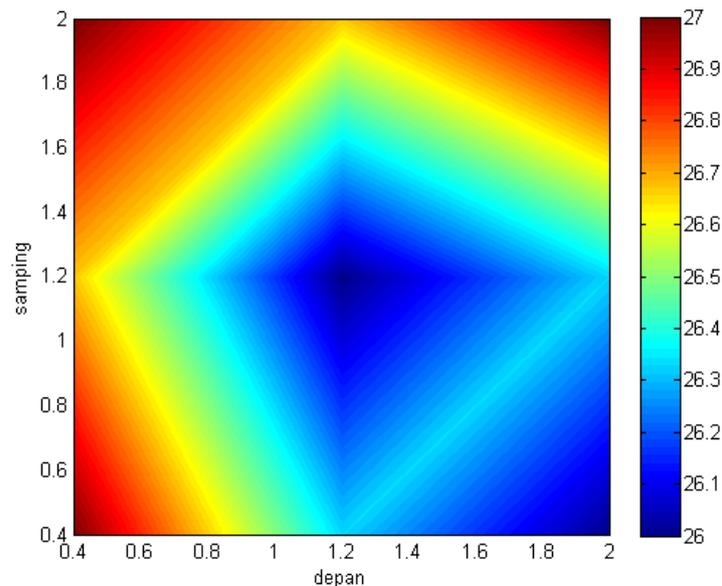
Gambar 5 memperlihatkan distribusi temperatur pada bagian bawah ruangan. Dari gambar terlihat pada bagian tengah ruangan merupakan daerah dengan temperatur terendah. Hal ini disebabkan karena pergerakan udara pada bagian bawah ruangan relatif tidak berubah. Temperatur udara pada bagian tepi ruangan lebih tinggi karena pengaruh temperatur udara luar ruangan.

2. Grafik untuk posisi suplai udara di sudut ruangan pada beberapa kecepatan udara.

Untuk peletakan suplai udara dingin pada sudut ruangan, diletakkan pada sudut sebal kiri depan ruangan. Gambar 6 dan 7 memperlihatkan grafik distribusi temperatur ruangan dengan suplai udara berada di sudut ruangan. Pada bagian atas ruangan terlihat pada sudut kanan depan ruangan mempunyai temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan temperatur udara pada bagian sudut kiri belakang ruangan. Hal ini disebabkan karena suplai udara dingin berasal dari sudut kanan depan ruangan. Hal ini menyebabkan variasi temperatur akan bertambah dengan semakin jauhnya daerah dari suplai udara dingin.



**Gambar 6.** Grafik distribusi temperatur (tampak atas ruangan), zona (bagian) atas pada kecepatan 1,5 m/s dengan posisi suplai udara di sudut ruangan.

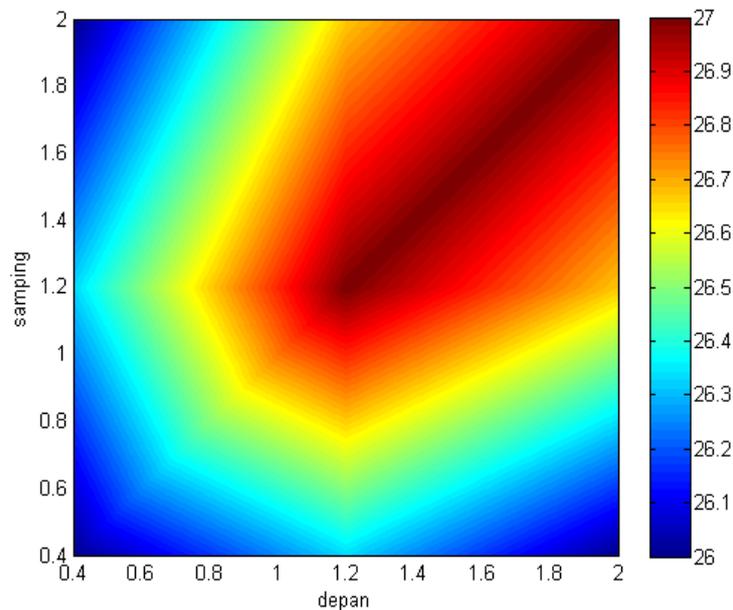


**Gambar 7.** Grafik distribusi temperatur (tampak atas ruangan), zona bawah pada kecepatan 1 m/s dengan posisi suplai udara di sudut ruangan.

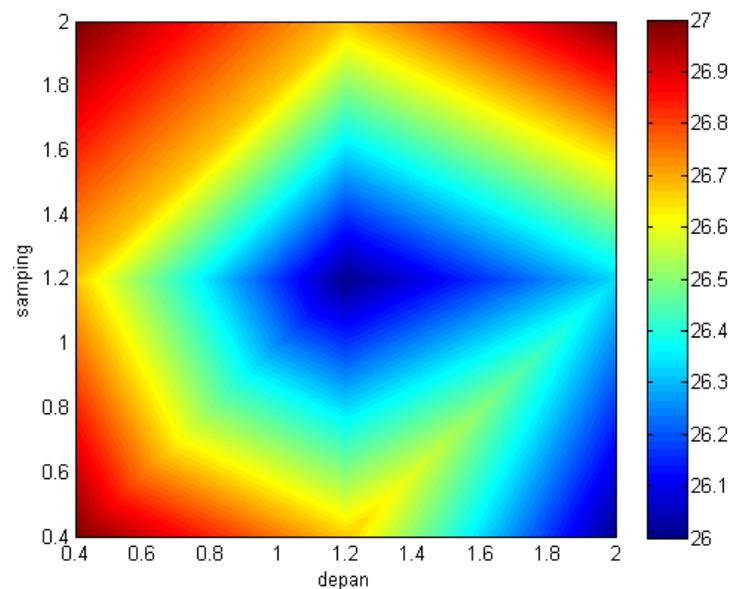
Sama dengan profil temperatur pada Gambar 5 pada bagian bawah ruangan. Temperatur udara akan bertambah dari pusat ruangan ke arah dinding ruangan.

3. Grafik untuk posisi suplai udara di atas (langit-langit) ruangan pada beberapa kecepatan udara.

Gambar 8 dan 9 memperlihatkan profil distribusi temperatur dalam ruangan dengan letak suplai udara dingin berada di tengah langit-langit ruangan. Profil temperatur udara pada bagian atas ruangan tidak ditampilkan karena pada zona ini hasil pengukuran temperatur pada setiap titik adalah seragam. Gambar 8 memperlihatkan profil temperatur pada zona tengah ruangan. Profilnya sama dengan pada Gambar 4. Di mana pergerakan udara mengarah ke sudut kanan belakang ruangan mengikuti arah aliran udara ke sisi isap udara melintasi evaporator.



**Gambar 8.** Grafik distribusi temperatur (tampak atas ruangan), zona (bagian) tengah pada kecepatan 1 m/s dengan posisi suplai udara di atas ruangan.



**Gambar 9.** Grafik distribusi temperatur (tampak atas ruangan), zona (bagian) bawah pada kecepatan 1 m/s dengan posisi suplai udara di atas (langit-langit) ruangan.

Gambar 9 memperlihatkan profil distribusi temperatur udara dalam ruangan pada zona bawah ruangan dengan posisi suplai udara berada di langit-langit ruangan. Profil distribusi temperatur pada Gambar 9 mirip dengan profil temperatur pada Gambar 5 dan 7.

Berdasarkan profil distribusi temperatur pada zona atas, di mana posisi suplai udara dingin berada, terlihat bahwa posisi tiga suplai udara dingin menghasilkan profil yang berbeda. Hal ini sama dengan yang dinyatakan oleh (Septiani & Sari, 2018; Zheng et al., 2018). Sedangkan pada zona tengah ruangan di mana profil distribusi temperatur mempunyai kemiripan satu sama lain (Gambar 4 dan 8) di mana pergerakan udara dapat dilihat dari profil temperatur udara. Temperatur udara bergerak ke arah sudut kiri belakang di mana sisi isap udara *evaporator* berada.

Berdasarkan data hasil penelitian diperoleh hasil perhitungan laju aliran massa udara melintasi *evaporator*, laju aliran massa *refrigerant*, kapasitas pendinginan, kerja kompresor dan COP mesin pendingin pada berbagai laju udara melintasi *evaporator*. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada Tabel 1.

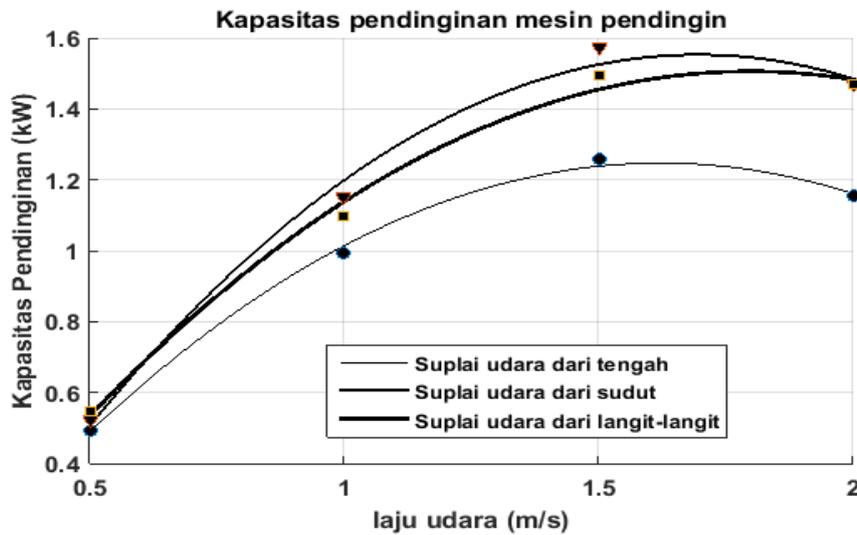
Tabel 1. Hasil Perhitungan

Posisi suplai udara	Laju udara evaporator (m/s)	Laju aliran massa udara	Laju aliran massa refrigeran	Kapasitas pendinginan (kW)	Kerja kompresor (kW)	COP
Dinding	0.5	0.02587	0.00311	0.49497	0.09703	5.0782
	1.0	0.05192	0.00623	0.99339	0.19873	4.9876
	1.5	0.07814	0.00777	1.25906	0.23076	5.4443
	2.0	0.10419	0.00712	1.15413	0.16874	5.4337
Sudut ruangan	0.5	0.02596	0.00331	0.52283	0.10360	5.0371
	1.0	0.05192	0.00728	1.15024	0.23004	4.9972
	1.5	0.07814	0.00968	1.57382	0.28556	5.4945
	2.0	0.10419	0.00905	1.46890	0.26426	5.5424
Langit-langit	0.5	0.02587	0.00349	0.54712	0.11028	4.9472
	1.0	0.05192	0.00692	1.09795	0.22628	4.8523
	1.5	0.07814	0.00911	1.49513	0.27238	5.4765
	2.0	0.10419	0.00894	1.46890	0.26730	5.4850

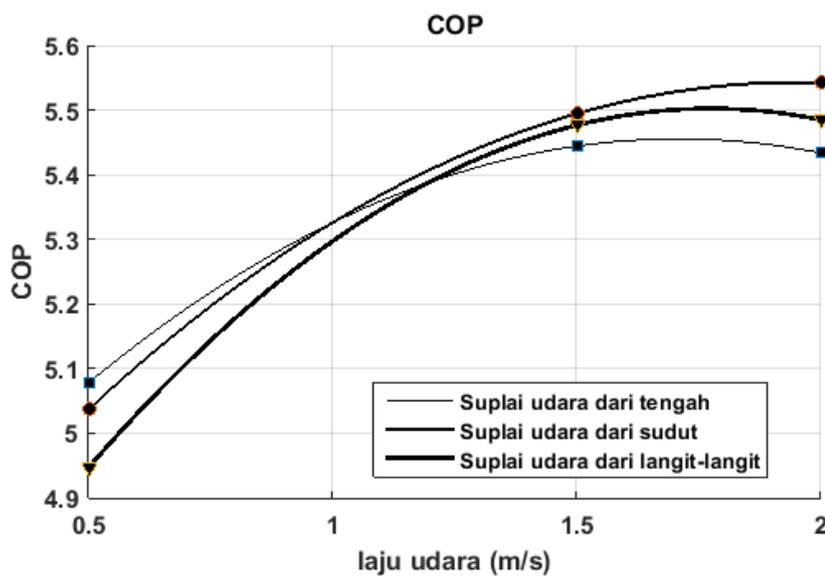
Kapasitas pendinginan mesin pendingin dapat dilihat pada Gambar 10. Dari Gambar 10, dapat dilihat kapasitas pendinginan terbesar diperoleh pada saat suplai udara dingin dipasang pada sudut ruangan. Pada laju aliran udara rendah terlihat kapasitas pendinginan udara terbesar dihasilkan oleh mesin pendingin dengan letak suplai udara dingin di langit-langit ruangan diikuti oleh letak suplai udara dingin di sudut ruangan. Kapasitas pendingin ruangan terkecil pada laju aliran udara rendah 0.5 m/s adalah pada posisi suplai udara dingin dari dinding ruangan. Gambar 10 juga memperlihatkan kapasitas pendinginan yang dihasilkan oleh mesin pendingin tertinggi adalah pada laju aliran udara melintasi *evaporator* sebesar sekitar 1.75 m/s untuk semua posisi suplai udara dingin ke dalam ruangan. Dari penelitian ini dapat kita lihat bahwa meskipun menggunakan mesin pendingin ruangan yang sama serta massa *refrigerant* yang digunakan juga sama tetapi menghasilkan kapasitas pendinginan berbeda. Hal ini disebabkan jika posisi suatu mesin pendingin udara tidak tepat, maka akan menghasilkan kinerja mesin pendingin yang berbeda pula. Hal ini telah dinyatakan oleh (Thiyagarajan et al., 2018) dalam penelitian mereka bahwa jika posisi saluran masuk udara *evaporator* tidak tepat maka proses penyerapan panas ruang pendingin tidak akan efektif.

Gambar 11 memperlihatkan COP mesin pendingin pada posisi dan laju aliran udara berbeda. Dari Gambar 11 dapat dilihat pada laju aliran udara rendah posisi suplai udara di tengah dinding memberikan COP tertinggi. Tetapi pada laju aliran udara di atas 1 m/s COP mesin pendingin pada posisi suplai udara di sudut ruangan dan dari langit-langit ruangan mulai naik lebih besar dari COP mesin pendingin pada posisi udara suplai dari tengah dinding. Pada laju aliran udara 2 m/s, COP mesin pendingin tertinggi diperoleh pada posisi suplai udara dari

sudut ruangan diikuti oleh suplai udara dari langit-langit dan terakhir COP terendah terjadi pada posisi suplai udara dari dinding.



Gambar 10. Grafik kapasitas pendinginan



Gambar 11. Grafik COP

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan di atas, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Tinggi rendahnya temperatur udara dalam ruangan dipengaruhi oleh jarak dari letak suplai udara dingin. Sumber panas di dalam ruangan sangat berpengaruh terhadap distribusi temperatur. Dan pengaruh aliran panas tergantung pada letak sisi isap udara ruang pendingin. Untuk efektifitas penyerapan kalor di dalam ruangan, sangat penting memperhatikan posisi suplai udara dingin dan sisi isap udara menuju ke evaporator. Untuk kasus ini (ruangan kecil) posisi suplai udara dingin yang paling baik adalah di sudut ruangan, Peletakan suplai udara pada sudut ruangan menghasilkan kapasitas pendinginan dan COP paling besar.

## PUSTAKA

- Abed, F. M., Ahmed, O. K., & Ahmed, A. E. 2018. Effect of Climate and Design Parameters on the Temperature Distribution of a Room. *Journal of Building Engineering*, 17: 115-124.
- Al'Gais, M., Badarudin, A., & Sukamto, A. E. 2020. *Pengaruh Debit Udara Suplai Terhadap Distribusi Temperatur Pada Ruang Penyimpanan Buah Mangga Menggunakan Computational Fluid Dynamics*. Paper presented at the Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar.
- Chen, X., & Liu, M. 2017. Simulation and On-site Measurement of Heating Performance in Air-conditioned University Dormitories, A Case Study in Chongqing. *Procedia Engineering*, 205: 2569-2576.
- Chow, T. T., & Lyu, Y. 2017. Effect of design configurations on water flow window performance. *Solar Energy*, 155: 354-362.
- Karudin, A. 2020. Analisis Numerik Pengaruh Sudut Sudu Pengarah Difuser Jet Swirling dan Grille Terhadap Distribusi Sifat-Sifat Termodinamika Udara dalam Ruang Terkondisi. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, 20(2): 117-128.
- Muhieldeen, M. W., Wong, Q., Abd Rahman, U. Z., & Tey, W. Y. 2020. Energy Saving by Applying Different Wall Thermal Insulations on a Room at Malaysian Institution. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 65(1): 130-139.
- Pradana, M. R., Badarudin, A., & Khakim, N. 2020. *Pengaruh Posisi Supply-Return Udara Terhadap Distribusi Temperatur Ruang Penyimpanan Sayur Kol Menggunakan Computational Fluid Dynamics*. Paper presented at the Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar.
- Septiani, E. L., & Sari, S. K. 2018. *Simulasi Pengaruh Peletakan Outlet pada Distribusi Temperatur di dalam Ruang Pendingin Sayur dan Buah*. Paper presented at the Seminar MASTER PPNS.
- Thiyagarajan, V., Tamizharasan, T., Senthilkumar, N., & Karthikeyan, B. 2018. Optimization of Energy Conservation in Air-Conditioned System Smart Class Room of a School building: Approach to Human comfort and Energy Management. *International Journal of Engineering*, 11(1): 119-137.
- Zheng, C., You, S., Zhang, H., Zheng, W., Zheng, X., Ye, T., & Liu, Z. 2018. Comparison of Air-Conditioning Systems with Bottom-Supply and Side-Supply Modes in a Typical Office Room. *Applied Energy*, 227: 304-311.