

Analisa Aliran Distribusi Udara Dan Kenyamanan Thermal Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* Di Ruang Panel Listrik Kantor Unit Penyelenggara Bandar Udara Budiarto

Zulina Kurniawati¹⁾, Oka Fatra²⁾, Imam Haryadi Wibowo³⁾,
Muhammad Samudera Novarizki Adityanto Nursin^{4*)}, Dita Diana Sari⁵⁾
^{1,2,3,4,5)}Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

Jl. Raya PLP Curug, Serdang Wetan, Legok, Kabupaten Tangerang, Banten - 15820

Telp.: (021)598-2203/04/05, Fax: (021) 598-2234

*Corresponding author: m.samudera@ppicurug.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis distribusi aliran udara dan tingkat kenyamanan termal di ruang panel listrik Kantor Unit Penyelenggara Bandar Udara Budiarto menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Ruangan ini memiliki beban panas tinggi akibat peralatan elektronik yang beroperasi terus-menerus sehingga membutuhkan sistem ventilasi dan pendinginan yang efektif. Data diperoleh melalui pengukuran suhu, kelembapan, dan kecepatan udara di beberapa titik, kemudian disimulasikan menggunakan ANSYS Workbench 18.1. Hasil simulasi menunjukkan kecepatan udara rata-rata menurun dari 0,180 m/s menjadi 0,156 m/s, sementara suhu meningkat dari 31,7°C menjadi 36,1°C, dengan suhu maksimum melebihi 130°C di sekitar peralatan listrik. Kondisi ini menunjukkan terjadinya *thermal stratification* dan distribusi udara yang belum merata. Berdasarkan standar ASHRAE 55:2013, ISO 7730:2005, dan SNI 6390:2020, suhu tersebut berada di luar rentang kenyamanan termal (23–26°C). Penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem AC Split 2 PK belum optimal dan merekomendasikan optimasi tata letak pendingin, penambahan ventilasi, serta sistem monitoring suhu berbasis IoT untuk meningkatkan efisiensi termal dan keselamatan operasional.

ABSTRACT

This study aims to analyze airflow distribution and thermal comfort levels in the electrical panel room of the Budiarto Airport Management Unit Office using Computational Fluid Dynamics (CFD). The room experiences high heat loads due to continuously operating electrical equipment, requiring an effective ventilation and cooling system. Data were collected through field measurements of temperature, humidity, and air velocity at several points, then simulated using ANSYS Workbench 18.1. The results show that the average air velocity decreased from 0.180 m/s to 0.156 m/s, while the temperature increased from 31.7°C to 36.1°C, with maximum temperatures exceeding 130°C near electrical equipment. These conditions indicate thermal stratification and uneven air distribution. Based on ASHRAE 55:2013, ISO 7730:2005, and SNI 6390:2020 standards, the recorded temperatures fall outside the thermal comfort range (23–26°C). The study concludes that the existing 2 PK Split AC system is not yet optimal and recommends optimizing the cooling layout, adding ventilation, and implementing an IoT-based temperature monitoring system to improve thermal efficiency and operational safety.

Keywords: *Computational Fluid Dynamics; airflow distribution; thermal comfort; electrical panel room*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sistem kelistrikan di bandar udara menuntut keandalan operasional yang tinggi, terutama pada fasilitas pendukung seperti ruang panel listrik. Ruang panel listrik berfungsi sebagai pusat distribusi daya dan pengendalian sistem kelistrikan yang menyuplai

berbagai peralatan operasional, mulai dari sistem penerangan, navigasi, komunikasi, hingga fasilitas pendukung keselamatan penerbangan. Keandalan ruang panel listrik menjadi sangat krusial karena gangguan pada sistem ini dapat berdampak langsung terhadap keselamatan dan kelancaran operasional bandar udara[1].

Peralatan listrik yang beroperasi secara kontinu menghasilkan panas akibat rugi-rugi daya listrik, efek resistansi konduktor, serta kerja komponen elektronik internal[2]. Akumulasi panas yang tidak terkontrol dapat meningkatkan suhu ruangan secara signifikan dan menyebabkan penurunan performa peralatan, percepatan degradasi komponen, bahkan risiko kegagalan sistem[3]. Menurut NFPA 70B [4], suhu operasional peralatan listrik sebaiknya dijaga dalam rentang aman untuk mencegah kerusakan dan memperpanjang usia pakai komponen. Selain itu, peningkatan suhu yang berlebihan dapat menurunkan tingkat keandalan sistem elektronik secara eksponensial sebagaimana dijelaskan dalam penelitian mengenai pengaruh temperatur terhadap reliabilitas komponen elektronik.

Dalam konteks kenyamanan termal dan pengkondisian udara, standar internasional seperti ASHRAE 55:2013 dan ISO 7730:2005 menetapkan parameter suhu dan kelembapan yang direkomendasikan untuk menjamin kondisi termal yang optimal[5]. Rentang suhu nyaman umumnya berada pada kisaran 23–26°C untuk lingkungan kerja dalam ruangan. Meskipun ruang panel listrik bukan ruang kerja utama manusia, kestabilan suhu tetap menjadi faktor penting dalam menjaga kestabilan operasional peralatan listrik[6]. Standar nasional SNI 6390:2020 juga menekankan pentingnya konservasi energi dan pengaturan sistem tata udara bangunan gedung secara efisien[7].

Berdasarkan observasi awal di ruang panel listrik Kantor Unit Penyelenggara Bandar Udara (UPBU) Budiarto, sistem pendinginan yang digunakan berupa satu unit AC Split 2 PK. Hasil pengukuran menunjukkan suhu rata-rata ruangan mencapai 26,1°C. Secara umum, nilai tersebut masih berada dalam batas toleransi tertentu, namun terdapat indikasi distribusi suhu yang tidak merata di beberapa titik ruang panel. Ketidakteraturan distribusi udara dingin berpotensi menimbulkan hot spot, terutama pada area atas panel atau di sekitar peralatan dengan beban panas tinggi[8]. Kondisi ini dapat menyebabkan sebagian komponen bekerja pada suhu lebih tinggi dibanding area lainnya.

Permasalahan distribusi udara dan temperatur dalam ruang tertutup dapat dianalisis secara lebih mendalam menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD). Metode ini memungkinkan simulasi numerik aliran fluida dan distribusi panas secara tiga dimensi dengan tingkat akurasi tinggi[9]. Melalui pendekatan CFD, pola aliran udara, intensitas turbulensi, serta sebaran temperatur dapat divisualisasikan dan dianalisis secara komprehensif[10]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa simulasi CFD efektif dalam mengevaluasi sistem ventilasi dan kenyamanan termal ruangan[11].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode simulasi numerik berbasis Computational Fluid Dynamics (CFD) untuk menganalisis distribusi temperatur dan pola aliran udara dalam ruang panel listrik di Kantor Unit Penyelenggara Bandar Udara (UPBU) Budiarto.

Metode CFD dipilih karena mampu merepresentasikan fenomena perpindahan panas dan aliran fluida secara tiga dimensi melalui penyelesaian persamaan konservasi massa, momentum, dan energi. Pendekatan ini memungkinkan analisis yang lebih detail dibandingkan pengukuran eksperimental saja, khususnya dalam mengidentifikasi distribusi suhu tidak merata (hot spot), intensitas turbulensi, dan efektivitas sistem pendingin ruangan[12].

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan utama, yaitu:

1. Studi literatur dan pengumpulan standar acuan
2. Pengukuran kondisi eksisting di lapangan
3. Pemodelan geometri ruang panel listrik
4. Simulasi numerik menggunakan ANSYS
5. Validasi dan analisis hasil
6. Penyusunan rekomendasi teknis

2.2 Lokasi dan Objek Penelitian

Objek penelitian adalah ruang panel listrik UPBU Budiarto, yang berfungsi sebagai pusat distribusi daya listrik fasilitas bandar udara. Ruangan ini dilengkapi satu unit AC Split 2 PK sebagai sistem pengkondisian udara.

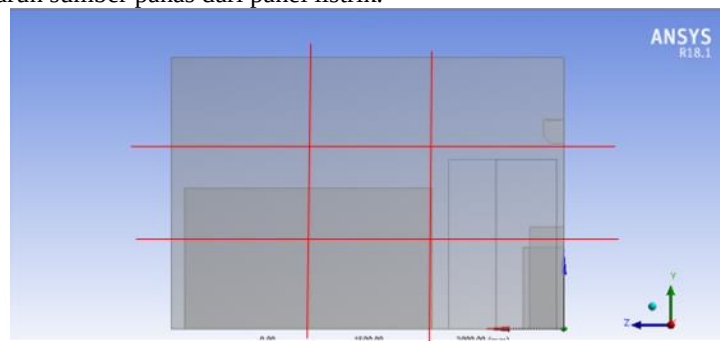
Ruang panel listrik memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Ruang tertutup dengan ventilasi terbatas
2. Beban panas berasal dari panel distribusi dan komponen listrik aktif
3. Sistem pendinginan menggunakan AC dinding tipe split

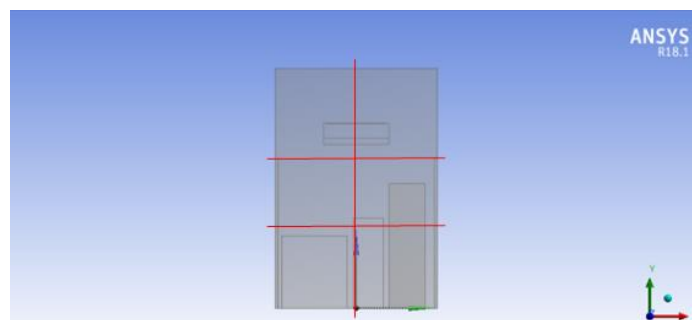
Kondisi ini menjadikan ruang panel listrik sebagai ruang dengan potensi akumulasi panas tinggi dan distribusi suhu yang tidak merata.

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian diperoleh melalui observasi langsung dan pengukuran temperatur di ruang panel listrik. Pengukuran dilakukan pada 18 titik yang tersebar merata di dalam ruangan untuk memperoleh gambaran distribusi suhu aktual. Titik pengukuran ditentukan berdasarkan variasi posisi horizontal dan vertikal guna menangkap kemungkinan perbedaan suhu akibat stratifikasi udara dan pengaruh sumber panas dari panel listrik.



Gambar 1. Titik pengukuran temperatur pada ruang panel listrik (tampak atas)



Gambar 2. Titik pengukuran temperatur pada ruang panel listrik (tampak samping)

Hasil pengukuran menunjukkan suhu rata-rata ruangan sebesar 26,13°C. Meskipun nilai tersebut masih berada dalam batas toleransi operasional, terdapat variasi suhu antar titik yang mengindikasikan distribusi pendinginan belum sepenuhnya merata. Data hasil pengukuran ini selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam proses validasi model simulasi CFD.

Selain pengukuran temperatur, dilakukan pula pengumpulan data dimensi ruang dan konfigurasi tata letak peralatan. Data yang dikumpulkan meliputi panjang, lebar, dan tinggi ruangan; posisi dan ukuran panel listrik; letak unit AC split; arah hembusan udara; serta estimasi beban panas dari peralatan listrik. Data geometris ini menjadi dasar dalam pembuatan model numerik tiga dimensi.

2.4 Pemodelan dan Simulasi CFD

Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS Workbench 18.1. Tahap awal berupa pembuatan geometri tiga dimensi ruang panel listrik sesuai dengan ukuran aktual hasil pengukuran. Panel listrik dimodelkan sebagai solid body yang berperan sebagai sumber panas, sedangkan volume udara dalam ruangan dimodelkan sebagai domain fluida.

Setelah geometri selesai dibuat, dilakukan proses *meshing* untuk membagi domain menjadi elemen-elemen kecil yang akan digunakan dalam perhitungan numerik. Kepadatan mesh dibuat lebih halus pada area sekitar outlet AC dan di sekitar panel listrik karena pada area tersebut diperkirakan terjadi gradien suhu dan perubahan kecepatan aliran yang signifikan. Sementara itu, pada area yang relatif homogen digunakan mesh yang lebih kasar untuk menjaga efisiensi komputasi.

Boundary condition ditentukan berdasarkan kondisi aktual ruangan. Outlet AC dimodelkan sebagai *velocity inlet* dengan temperatur dan kecepatan udara sesuai spesifikasi unit pendingin. Dinding ruangan diasumsikan sebagai *wall* dengan kondisi termal tertentu, sedangkan panel listrik diberikan beban panas sebagai *heat source*. Bagian return air dimodelkan sebagai *pressure outlet* dengan tekanan mendekati tekanan atmosfer.

Simulasi dilakukan dalam kondisi *steady-state* dengan model turbulensi yang sesuai untuk aliran udara dalam ruang tertutup. Perhitungan numerik menyelesaikan persamaan kontinuitas, persamaan momentum (Navier-Stokes), dan persamaan energi secara iteratif hingga mencapai kondisi konvergen. Nilai residual dijadikan indikator kestabilan solusi.

Hasil simulasi menunjukkan tingkat turbulensi berada pada rentang 0,001–0,002, yang mengindikasikan pencampuran udara relatif rendah. Kondisi ini berpotensi menyebabkan distribusi suhu yang kurang merata serta munculnya area dengan temperatur lebih tinggi (*hot spot*).

Validasi dilakukan dengan membandingkan nilai temperatur hasil simulasi dengan data pengukuran lapangan pada titik yang sama. Perbedaan nilai dianalisis untuk memastikan bahwa model yang dibangun telah merepresentasikan kondisi aktual ruang panel listrik secara memadai.

2.5 Analisis Data

Analisis dilakukan terhadap beberapa parameter antara lain:

1. Kontur distribusi temperatur
2. Pola aliran udara (*streamline*)
3. Distribusi kecepatan udara
4. Intensitas turbulensi
5. Identifikasi area *hot spot*

Hasil analisis dibandingkan dengan standar kenyamanan termal ASHRAE 55 dan ISO 7730 serta batas operasional aman peralatan listrik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengukuran Lapangan

Pengukuran temperatur dilakukan pada 18 titik yang tersebar di dalam ruang panel listrik untuk memperoleh gambaran distribusi suhu aktual.

Tabel 1. Hasil pengukuran temperatur di lapangan

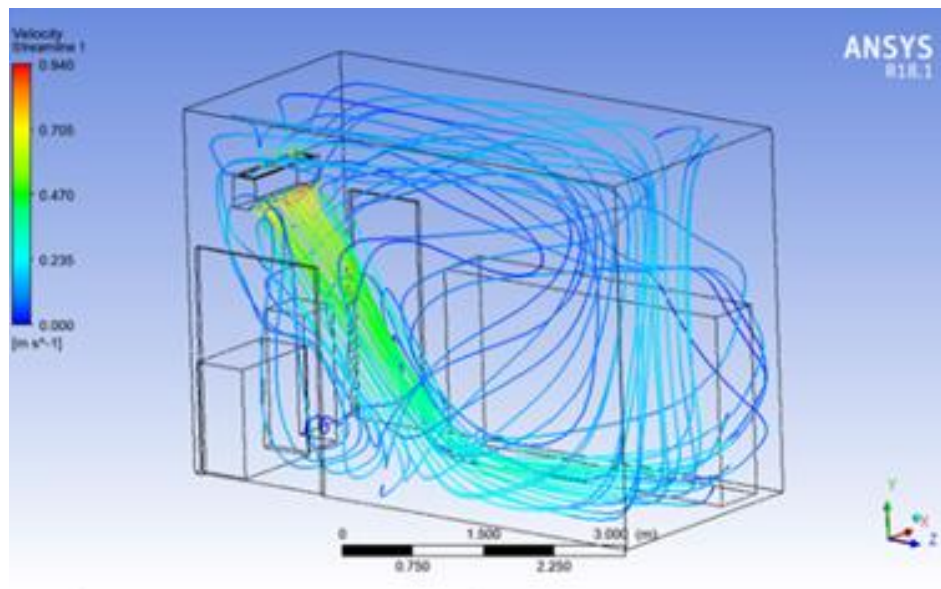
<u>Waktu Pengamatan</u>	<u>Suhu Rata-Rata</u> (°C)	<u>Kelembapan</u> (%)	<u>Kecepatan Udara</u> (m/s)
Pagi	31,7	57,8	0,180
Siang	34,9	61,2	0,169
Sore	36,1	64,5	0,156

Meskipun nilai rata-rata tersebut masih berada dalam batas toleransi operasional peralatan listrik, ditemukan variasi suhu antar titik pengukuran. Pada beberapa titik di bagian atas panel dan area yang relatif jauh dari hembusan langsung AC, suhu tercatat lebih tinggi dibandingkan titik yang berada dekat dengan outlet AC. Fenomena ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan distribusi udara dingin di dalam ruangan.

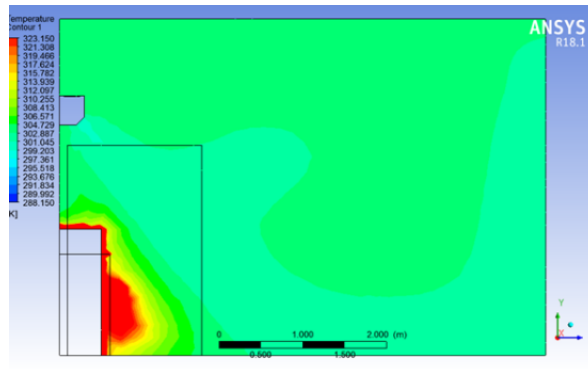
Perbedaan suhu secara vertikal juga mengindikasikan kemungkinan terjadinya stratifikasi udara, di mana udara panas cenderung berkumpul di bagian atas ruangan akibat perbedaan densitas. Kondisi ini umum terjadi pada ruang tertutup dengan ventilasi terbatas dan sumber panas terlokalisasi.

3.2 Hasil Simulasi CFD

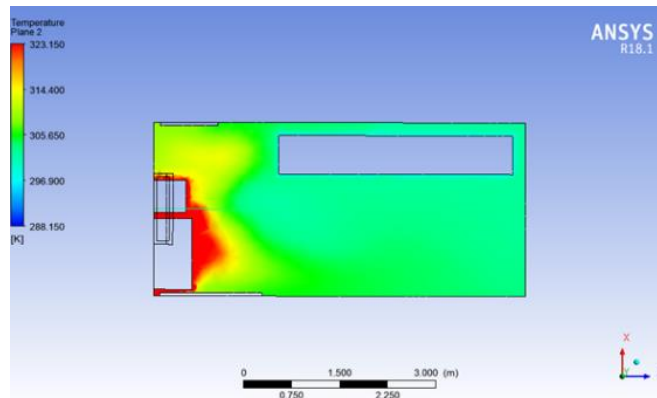
Hasil simulasi CFD memberikan visualisasi distribusi temperatur dan pola aliran udara dalam ruang panel listrik secara tiga dimensi.



Gambar 3. Hasil simulasi CFD: kontur distribusi temperatur



Gambar 4. Hasil simulasi CFD: pola aliran udara (streamline)



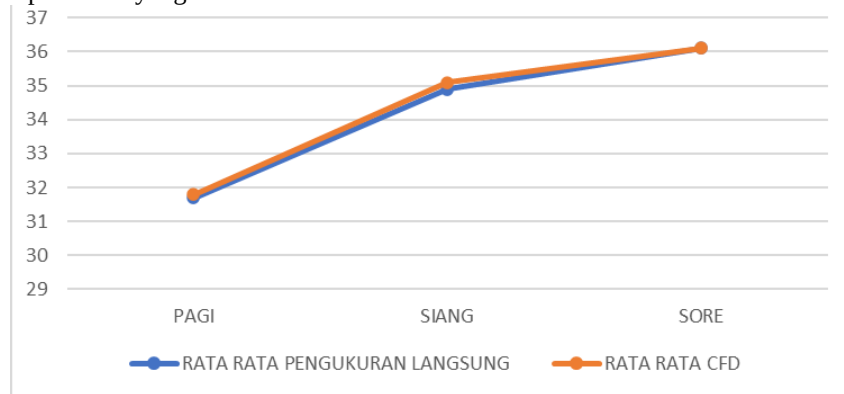
Gambar 5. Hasil simulasi CFD: distribusi kecepatan udara

Berdasarkan hasil simulasi, diperoleh beberapa temuan utama:

1. Distribusi Temperatur Tidak Merata
Kontur temperatur menunjukkan adanya perbedaan suhu antar area. Area yang berada di sekitar panel listrik dan jauh dari jangkauan langsung aliran AC menunjukkan temperatur lebih tinggi dibandingkan area dekat inlet pendingin.
2. Terbentuknya Hot Spot
Simulasi mengidentifikasi adanya potensi *hot spot* pada bagian atas panel listrik. Area ini menerima akumulasi panas akibat disipasi energi peralatan serta pencampuran udara yang kurang optimal.
3. Intensitas Turbulensi Rendah
Nilai turbulensi hasil simulasi berada pada rentang 0,001–0,002 . Nilai ini menunjukkan bahwa aliran udara di dalam ruangan cenderung bersifat laminar dengan tingkat pencampuran yang rendah.
Intensitas turbulensi yang rendah menyebabkan udara dingin dari AC tidak tersebar secara efektif ke seluruh bagian ruangan, sehingga distribusi suhu menjadi tidak merata.
4. Pola Aliran Udara
Streamline hasil simulasi menunjukkan bahwa sebagian udara dingin mengalami sirkulasi terbatas di area tertentu tanpa menjangkau seluruh volume ruangan secara optimal. Kondisi ini berpotensi menimbulkan zona stagnan dengan pergerakan udara minimal.

3.3 Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

Validasi model dilakukan dengan membandingkan temperatur hasil simulasi dengan data pengukuran pada titik yang sama.



Gambar 6. Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran lapangan

Secara umum, tren distribusi suhu hasil simulasi menunjukkan kesesuaian dengan hasil pengukuran lapangan, terutama pada area yang mengalami temperatur lebih tinggi.

Perbedaan kecil antara nilai simulasi dan pengukuran dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Penyederhanaan model geometri
2. Asumsi boundary condition
3. Fluktuasi beban panas aktual yang dinamis

Namun secara keseluruhan, model CFD yang digunakan telah mampu merepresentasikan kondisi termal ruang panel listrik dengan cukup baik.

Adapun beberapa parameter yang dapat dihasilkan dari simulasi CFD adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Parameter hasil simulasi CFD

Waktu Simulasi	Suhu Rata-rata (°C)	Suhu Maksimum (°C)	Kecepatan Udara (m/s)	Tekanan (Pa)	Nilai Turbulensi
Pagi	31,8	116,8	0,180	23,118	0,001
Siang	35,1	126,5	0,169	13,407	0,002
Sore	36,1	130,4	0,156	9,099	0,001

3.4 Evaluasi Berdasarkan Standar

Berdasarkan standar kenyamanan termal ASHRAE 55 dan ISO 7730, rentang suhu nyaman untuk lingkungan dalam ruangan berada pada kisaran 23–26°C.

Dengan suhu rata-rata 26,13°C, ruang panel listrik berada pada batas atas rentang kenyamanan. Meskipun secara teknis masih mendekati batas standar, distribusi suhu yang tidak merata serta adanya potensi *hot spot* menunjukkan bahwa sistem pendingin belum bekerja secara optimal.

Dari sisi keandalan peralatan listrik, peningkatan suhu yang berulang dan tidak merata dapat mempercepat degradasi komponen elektronik. Oleh karena itu, stabilitas distribusi temperatur menjadi faktor penting dalam menjaga umur pakai dan keandalan sistem.

3.5 Analisis Efektivitas Sistem Pendingin

Sistem pendingin yang digunakan berupa satu unit AC Split 2 PK. Berdasarkan hasil simulasi dan pengukuran, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kapasitas pendinginan secara umum mampu menjaga suhu rata-rata dalam batas toleransi.
2. Namun, tata letak dan arah hembusan udara belum optimal untuk menghasilkan distribusi yang merata.
3. Intensitas turbulensi yang rendah menunjukkan perlunya peningkatan sirkulasi udara.

Efektivitas sistem pendingin tidak hanya ditentukan oleh kapasitas (PK), tetapi juga oleh konfigurasi aliran udara, posisi inlet–outlet, serta keberadaan ventilasi tambahan.

3.6 Implikasi Teknis dan Rekomendasi

Berdasarkan hasil analisis, beberapa rekomendasi teknis yang dapat diterapkan adalah:

1. Optimasi Arah Hembusan AC
Mengatur ulang sudut hembusan agar aliran udara menjangkau area atas panel.
2. Penambahan Sistem Ventilasi atau Exhaust
Untuk membantu sirkulasi udara dan mencegah akumulasi panas.
3. Pemasangan Sensor Monitoring Suhu Berbasis IoT
Untuk pemantauan real-time dan deteksi dini kenaikan temperatur abnormal.
4. Evaluasi Ulang Tata Letak Panel
Jika memungkinkan, jarak antar panel dapat diatur ulang untuk meningkatkan sirkulasi udara alami.

3.7 Analisis Efektivitas Sistem Pendingin

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fenomena distribusi temperatur di ruang panel listrik tidak hanya dipengaruhi oleh kapasitas pendinginan, tetapi juga oleh dinamika aliran udara dan karakteristik turbulensi. Nilai turbulensi yang rendah (0,001–0,002) menunjukkan bahwa aliran cenderung tidak cukup energik untuk mencampur udara panas dan dingin secara merata.

Temuan ini memperkuat pentingnya analisis CFD dalam evaluasi sistem HVAC ruang teknis, karena pengukuran suhu saja tidak mampu menggambarkan perilaku aliran udara secara komprehensif.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan dan simulasi numerik menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) pada ruang panel listrik UPBU Budiarto, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Distribusi temperatur dalam ruang panel listrik belum sepenuhnya merata. Hasil pengukuran menunjukkan suhu rata-rata ruangan sebesar 26,13°C. Meskipun nilai tersebut masih berada pada batas atas rentang standar kenyamanan termal, terdapat variasi suhu antar titik yang mengindikasikan distribusi udara dingin belum optimal.
2. Hasil simulasi CFD berhasil merepresentasikan kondisi aktual ruangan. Model numerik mampu menggambarkan pola aliran udara dan distribusi suhu secara tiga dimensi. Hasil simulasi menunjukkan kesesuaian tren dengan data pengukuran lapangan, sehingga model dinilai cukup valid untuk menganalisis kondisi termal ruang panel listrik.
3. Tingkat turbulensi udara relatif rendah. Nilai turbulensi berada pada rentang 0,001–0,002, yang menunjukkan bahwa pencampuran udara di dalam ruangan masih kurang efektif. Kondisi ini berpotensi menyebabkan terbentuknya area dengan temperatur lebih tinggi (*hot spot*), terutama pada bagian atas panel listrik.
4. Sistem pendingin eksisting secara kapasitas cukup, namun distribusinya belum optimal. Unit AC

Split 2 PK mampu menjaga suhu rata-rata dalam batas toleransi, tetapi konfigurasi aliran udara belum menghasilkan sirkulasi yang merata di seluruh volume ruangan.

5. Diperlukan optimasi sistem sirkulasi udara untuk meningkatkan stabilitas temperatur. Upaya seperti pengaturan ulang arah hembusan AC, penambahan ventilasi, atau sistem monitoring suhu dapat meningkatkan efektivitas pendinginan dan menjaga keandalan peralatan listrik dalam jangka panjang.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa analisis CFD merupakan metode yang efektif dalam mengevaluasi performa sistem pengkondisian udara pada ruang panel listrik, serta dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan peningkatan efisiensi dan keandalan sistem termal di lingkungan teknis bandar udara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ADDIN Mendeley Bibliography CSL_BIBLIOGRAPHY Kementerian Perhubungan, "PM 92 Tahun 2016, PERUBAHAN ATAS PERATURAN MENTERI PERHUBUNGAN NOMOR PM 77 TAHUN 2015 TENTANG STANDARISASI DAN SERTIFIKASI FASILITAS BANDAR UDARA," 2016.
- [2]. D. Y. Tadeus and F. Mangkusasmito, "Peningkatan Efisiensi Energi Kipas Sirkulasi Udara Di Panel Listrik Melalui Pengaturan Kecepatan," *Gema Teknol.*, vol. 20, no. 4, pp. 125–129, 2020, doi: 10.14710/gt.v20i4.29287.
- [3]. V. Lakshminarayanan and D. N. Sriram, "The effect of temperature on the reliability of electronic components," in *2014 IEEE international conference on electronics, computing and communication technologies (CONECCT)*, 2014, pp. 1–6. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6740182/>
- [4]. NFPA 70B, "Electrical Maintenance, National Fire Protection Association," in Quincy, MA, no. 1, Quincy, MA, 2006, ch. 6.4.1.1, p. 35.
- [5]. ISO 7730, "Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria," vol. 2005, 2005.
- [6]. S. ASHRAE 55, "Thermal environmental conditions for human occupancy," *ASHRAE*, vol. 2013, no. 55, 2013.
- [7]. SNI 6390, "Konservasi Energi Sistem Tata Udara Bangunan Gedung," *Sni 03-6390-2020*, pp. 1–39, 2020.
- [8]. F. F. Adji, O. D. S, A. Rosalia, E. S. Rahayu, T. Fransisco, and A. M. W. S, "Studi Kenyamanan Termal Pada Auditorium Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya," vol. 12, no. 2, p. 2013, 2013, doi: 10.37304/balanga.v12i2.16931.
- [9]. M. M. Bhatti, M. Marin, A. Zeeshan, and S. I. Abdelsalam, "Editorial: Recent Trends in Computational Fluid Dynamics," *Front. Phys.*, vol. 8, no. October, pp. 1–4, 2020, doi: 10.3389/fphy.2020.593111.
- [10]. G. Gan, "Evaluation of room air distribution systems using computational fluid dynamics," *Energy Build.*, vol. 23, no. 2, pp. 83–93, 1995, [Online]. Available: [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(95\)00931-0](https://doi.org/10.1016/0378-7788(95)00931-0)
- [11]. P. Susastriawan and G. Badrawada, *Perpindahan Kalor Panas*. 2022.
- [12]. R. Azzamudin and S. T. M. Effendy, "Analisis Distribusi Aliran Udara Pada Ruangan Dengan Variabel Temperatur dan Penempatan AC Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)," pp. 1–29, 2017, [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/57609/0Ahttp://eprints.ums.ac.id/57609/21/naskah publikasi revisi.pdf>