



Analisis Perancangan Sistem Tata Udara dan Pendingin Ruangan pada Data Center untuk Mengurangi Resiko Down Time Menggunakan PPDIOO Network Life-Cycle (Studi Kasus di Universitas Krisnadipayana)

Abdul Sodiq Amrulloh¹, Ayub Muktiono², Jenni Ria Rajagukguk³

^{1,2&3} Magister Manajemen Teknologi, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadipayana,
Indonesia

Email Koresponden: abd.sodiq313@gmail.com

Abstract. The reliability of a data center is highly dependent on its air conditioning and cooling system. This research evaluates the existing cooling system of Universitas Krisnadipayana's data center using the PPDIOO Network Life-Cycle approach. The study finds that the current cooling system, which relies on AC Split, fails to meet TIA-942 standards, posing significant overheating risks and increasing downtime probability. Observational analysis shows that the cooling distribution is inefficient due to inadequate airflow and the absence of a structured cooling layout. To address these issues, this research proposes an optimized cooling system design that incorporates Computer Room Air Conditioning (CRAC), hot aisle-cold aisle arrangement, and raised floor implementation. The recommended improvements also include installing temperature and humidity sensors for real-time environmental monitoring and implementing N+1 redundancy for enhanced system reliability. These solutions are expected to improve cooling efficiency, reduce energy consumption, and mitigate downtime risks. Future research should focus on evaluating the practical impact of this design by conducting real-world trials and exploring liquid cooling technology as a potential alternative for further efficiency improvements.

Keywords: Data center; cooling system; downtime risk; CRAC; PPDIOO

Abstrak. Keandalan suatu data center sangat bergantung pada sistem tata udara dan pendinginannya. Penelitian ini mengevaluasi sistem pendinginan data center Universitas Krisnadipayana dengan pendekatan PPDIOO Network Life-Cycle. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pendinginan yang saat ini menggunakan AC Split tidak memenuhi standar TIA-942, sehingga berisiko menyebabkan overheating dan meningkatkan kemungkinan downtime. Analisis observasi mengungkapkan bahwa distribusi pendinginan kurang efisien akibat aliran udara yang tidak optimal serta ketidadaan sistem pengaturan suhu yang terstruktur. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan perancangan sistem pendinginan yang lebih optimal dengan penerapan Computer Room Air Conditioning (CRAC), tata letak hot aisle-cold aisle, serta raised floor untuk meningkatkan sirkulasi udara. Perbaikan lain yang direkomendasikan meliputi pemasangan sensor suhu dan kelembaban guna memantau kondisi lingkungan secara real-time serta penerapan redundansi N+1 untuk meningkatkan keandalan sistem. Langkah-langkah ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pendinginan, mengurangi konsumsi energi, dan menurunkan risiko downtime. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji implementasi desain ini dalam kondisi nyata serta mengeksplorasi teknologi liquid cooling sebagai alternatif untuk meningkatkan efisiensi operasional lebih lanjut.

Kata kunci: Data center; sistem pendingin; risiko downtime; CRAC; PPDIOO

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sistem informasi saat ini berlangsung dengan sangat pesat, berimplikasi pada meningkatnya kebutuhan penyimpanan dan pengolahan data. Seiring dengan peningkatan jumlah data yang dihasilkan oleh berbagai aktivitas digital, kebutuhan akan fasilitas penyimpanan yang andal dan efisien juga semakin meningkat (Yulianti & Nanda, 2008). Data center sebagai fasilitas penyimpanan dan pengolahan data menjadi komponen vital

dalam infrastruktur teknologi informasi setiap organisasi, termasuk institusi pendidikan tinggi seperti Universitas Krisnadwipayana.

Data center secara definisi merupakan suatu fasilitas yang digunakan untuk menempatkan sistem komputer dan perangkat-perangkat terkait, seperti sistem penyimpanan data dan sistem komunikasi data. Fasilitas ini dilengkapi dengan catu daya redundant, koneksi komunikasi data redundant, pengontrol lingkungan, fire suppression system, serta equipment keamanan fisik (Yulianti & Nanda, 2008). Ukuran data center dapat bervariasi dari kecil hingga besar, tergantung pada kebutuhan organisasi yang menggunakannya. Komponen-komponen utama dari data center meliputi server, rak, sistem penyimpanan, koneksi jaringan, sistem pendingin dan pengendali lingkungan, serta sistem keamanan.

Salah satu tantangan utama dalam pengelolaan data center adalah mengurangi risiko downtime. Downtime pada data center merupakan kondisi ketika layanan data center tidak tersedia atau terganggu, yang dapat berdampak serius pada operasional bisnis dan organisasi (Fahira Sulaiman & Adhitia Hadi Priambodo, 2024). Penyebab downtime dapat beragam, mulai dari kegagalan perangkat keras, kegagalan perangkat lunak, pemadaman listrik, kegagalan sistem pendingin, hingga bencana alam. Dampak downtime dapat berupa kerugian finansial, reputasi, dan gangguan operasional yang signifikan. Dalam beberapa kasus, downtime dapat menyebabkan kerugian yang tidak dapat diperbaiki, seperti hilangnya data penting dan kerusakan perangkat keras yang mahal.

Sistem pendingin atau cooling system pada data center memegang peranan krusial dalam menjaga operasional data center yang optimal. Sistem ini berfungsi untuk menjaga suhu perangkat keras agar tetap dalam batas yang aman. Pendinginan yang efisien memastikan bahwa server dan perangkat lainnya beroperasi pada suhu optimal, yang penting untuk mencegah overheating. (Geng, 2014) menjelaskan bahwa sekitar 90% energi listrik yang digunakan untuk menyalakan perangkat IT akan diubah menjadi panas. Jika suhu panas ini tidak disirkulasikan dengan baik, akan menyebabkan kerusakan pada sistem rak server data center. Sistem pendingin yang buruk dapat menyebabkan peningkatan suhu yang signifikan, mengurangi umur perangkat, dan meningkatkan risiko kegagalan perangkat keras.

Penelitian (Jiang, 2024) menunjukkan bahwa sistem pendingin yang efisien dapat mengurangi konsumsi energi hingga 40%, yang sangat penting dalam konteks keberlanjutan dan efisiensi operasional. Penelitian tersebut juga menekankan pentingnya desain sistem pendingin yang fleksibel dan adaptif untuk mengatasi perubahan beban kerja dan kondisi lingkungan di data center. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pendingin tidak hanya berperan

dalam menjaga keandalan operasional data center, tetapi juga dalam efisiensi energi dan keberlanjutan.

(ASHRAE, 2016) menekankan bahwa kegagalan sistem pendingin dapat menyebabkan overheating, yang dapat merusak perangkat keras dan mengurangi efisiensi operasional data center. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa sistem pendingin berfungsi dengan baik dan mampu menjaga suhu ruangan dalam batas yang aman. Sistem pendingin yang ideal untuk data center harus memenuhi beberapa kriteria, termasuk efisiensi energi, reliabilitas tinggi, adaptabilitas, dan keberlanjutan.

Desain sistem pendingin yang baik memberikan berbagai manfaat bagi operasional data center, seperti mengurangi risiko downtime, menghemat biaya operasional, meningkatkan umur perangkat keras, dan meningkatkan keandalan operasional. (Lai et al., 2023) menegaskan bahwa desain cooling yang baik juga dapat meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi dampak lingkungan dari operasional data center. Hal ini penting dalam konteks sustainable dan tanggung jawab sosial perusahaan. (Capozzoli & Primiceri, 2015) menambahkan bahwa penerapan teknologi pendinginan hemat energi dapat mengurangi emisi karbon hingga 20%, yang menunjukkan dampak positif dari desain sistem pendingin yang baik terhadap lingkungan.

Dalam konteks pengelolaan data center, TIA-942 merupakan standar desain dan praktik terbaik yang bertujuan untuk menstandarisasi aturan instalasi data center (TIA, 2005). Standar ini memberikan panduan implementasi yang diperlukan untuk memastikan bahwa data center dirancang dan dioperasikan sesuai dengan praktik terbaik yang diakui secara internasional. Implementasi standar TIA-942 dalam desain sistem pendingin data center dapat membantu dalam mengurangi risiko downtime dan meningkatkan keandalan operasional.

Universitas Krisnadipayana sebagai salah satu perguruan tinggi yang sangat terkait dan berhubungan dengan peran fasilitas data center dalam pengoperasian operasional yang berbasis IT, membutuhkan fasilitas data center yang baik dan memenuhi standar. (Razak et al., 2018) menegaskan bahwa penempatan perangkat di data center harus mempertimbangkan tata letak dan ukuran yang sesuai, sehingga setiap perangkat di dalam data center dapat berfungsi dengan optimal. Dengan semakin banyaknya perangkat data center, dibutuhkan suatu desain ruangan yang tepat agar operasional data center beroperasi secara optimal. Oleh karena itu, perencanaan ruangan dan sistem pendingin yang baik menjadi sangat penting untuk memastikan data center beroperasi secara optimal dan sesuai dengan standar dan aturan yang berlaku secara internasional.

- Kajian Literatur Terdahulu (State of the Art)

Penelitian terdahulu mengenai sistem pendingin pada data center telah banyak dilakukan dengan berbagai pendekatan dan fokus. (Yulianti & Nanda, 2008) dalam penelitiannya menekankan pentingnya fasilitas data center yang komprehensif, termasuk sistem pendingin, untuk mendukung operasional TI yang optimal. Penelitian ini memberikan dasar pemahaman tentang komponen-komponen kritis dalam data center, termasuk sistem pendingin sebagai salah satu komponen vital.

(Geng, 2014) dalam penelitiannya membahas dampak panas yang dihasilkan oleh perangkat IT dalam data center. Penelitian ini menunjukkan bahwa sekitar 90% energi listrik yang digunakan untuk menyalakan perangkat IT akan diubah menjadi panas, yang memerlukan sistem pendingin yang efektif untuk mencegah kerusakan pada perangkat.

(ASHRAE, 2016) dalam panduan teknis mereka memberikan spesifikasi detail mengenai standar suhu dan kelembaban yang diperlukan untuk operasional data center yang optimal. Panduan ini menjadi acuan penting dalam merancang sistem pendingin yang sesuai dengan kebutuhan data center.

(Capozzoli & Primiceri, 2015) dalam penelitian mereka menganalisis dampak teknologi pendinginan hemat energi terhadap pengurangan emisi karbon. Penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi teknologi pendinginan yang tepat dapat mengurangi emisi karbon hingga 20%, yang signifikan dalam konteks keberlanjutan lingkungan.

(Razak et al., 2018) dalam penelitiannya membahas pentingnya tata letak dan desain ruangan dalam operasional data center. Penelitian ini menekankan bahwa perencanaan ruangan yang tepat, termasuk sistem pendingin, sangat penting untuk memastikan data center beroperasi secara optimal.

(Jiang, 2024) dalam penelitian terbaru membahas potensi penghematan energi dari sistem pendingin yang efisien. Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pendingin yang efisien dapat mengurangi konsumsi energi hingga 40%, yang signifikan dalam konteks efisiensi operasional dan keberlanjutan.

(Lai et al., 2023) mengkaji dampak desain cooling yang baik terhadap efisiensi energi dan dampak lingkungan. Penelitian ini menegaskan pentingnya desain sistem pendingin yang baik dalam konteks sustainable dan tanggung jawab sosial perusahaan.

(Fahira Sulaiman & Adhitia Hadi Priambodo, 2024) dalam penelitian terkini membahas dampak downtime pada data center, termasuk yang disebabkan oleh kegagalan sistem pendingin. Penelitian ini memberikan pemahaman tentang konsekuensi serius dari downtime, yang memperkuat urgensi untuk merancang sistem pendingin yang andal.

- Pernyataan Kebaruan Ilmiah

Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang cenderung berfokus pada aspek teknis sistem pendingin atau dampak umum downtime pada data center, penelitian ini mengintegrasikan metodologi PPDIOO Network Life-Cycle dengan standar TIA-942 dalam konteks spesifik data center Universitas Krisnadwipayana. Penelitian ini tidak hanya menganalisis kondisi eksisting dan mengidentifikasi risiko, tetapi juga merancang sistem tata udara dan pendingin ruangan yang optimal berdasarkan standar internasional untuk mengurangi risiko downtime dan meningkatkan keandalan operasional.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pendekatan komprehensif yang menggabungkan analisis risiko, evaluasi kondisi eksisting, dan perancangan sistem berdasarkan standar internasional dalam konteks spesifik data center perguruan tinggi di Indonesia. Hal ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan praktik terbaik pengelolaan data center di institusi pendidikan tinggi, yang memiliki karakteristik dan kebutuhan yang berbeda dari data center komersial.

Berdasarkan latar belakang dan kajian literatur, penelitian ini memuat beberapa rumusan permasalahan yang menjadi landasan penelitian:

1. Bagaimana kondisi eksisting sistem tata udara dan pendingin ruangan pada data center Universitas Krisnadwipayana, serta sejauh mana kesesuaianya dengan standar TIA-942?
2. Apa saja risiko utama yang dihadapi data center Universitas Krisnadwipayana terkait dengan sistem pendingin dan tata udara, serta bagaimana dampaknya terhadap downtime dan keandalan operasional?
3. Bagaimana merancang sistem tata udara dan pendingin ruangan yang optimal dan efisien pada data center Universitas Krisnadwipayana sesuai dengan standar TIA-942 untuk mengurangi risiko downtime dan meningkatkan keandalan operasional?

Berdasarkan permasalahan penelitian di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kondisi eksisting sistem tata udara dan pendingin ruangan pada data center Universitas Krisnadwipayana, serta mengevaluasi kesesuaianya dengan standar TIA-942.

2. Mengidentifikasi risiko utama yang dihadapi data center terkait sistem pendingin dan tata udara, serta mengevaluasi dampaknya terhadap downtime dan keandalan operasional.
3. Merancang sistem tata udara dan pendingin ruangan yang optimal dan efisien pada data center Universitas Krisnadwipayana sesuai dengan standar TIA-942 untuk mengurangi risiko downtime dan meningkatkan keandalan operasional.

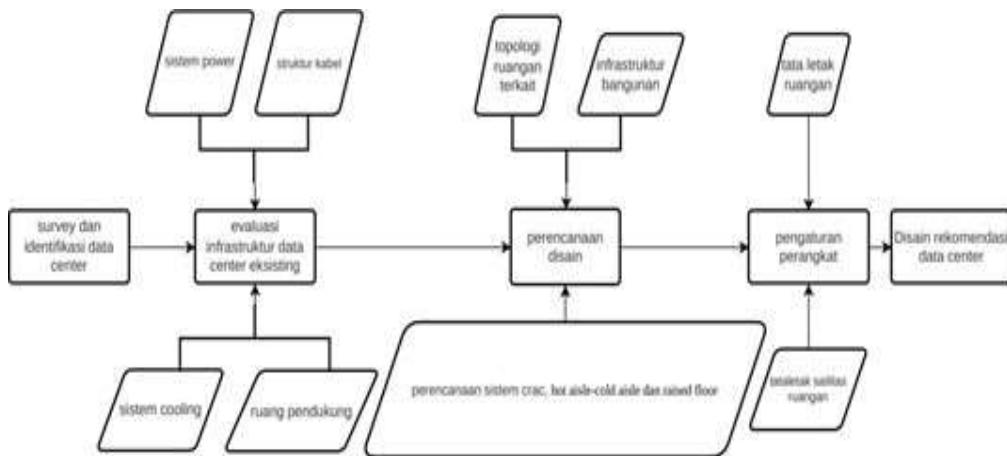
Penelitian ini menggunakan metodologi PPDIOO Network Life-Cycle yang melibatkan tahap Prepare, Plan, dan Design untuk merancang sistem pendingin yang optimal. Dengan pendekatan ini, diharapkan data center di Universitas Krisnadwipayana dapat memenuhi kebutuhan operasional yang semakin kompleks dan menuntut, serta mengurangi risiko downtime yang dapat berdampak serius pada operasional IT institusi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan paradigma positivisme untuk menganalisis dan merancang sistem tata udara dan pendingin pada data center Universitas Krisnadwipayana. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan eksplorasi mendalam terhadap kondisi eksisting data center dan identifikasi kebutuhan spesifik berdasarkan standar TIA-942 (Telecommunications Industry Association, 2017).

Objek penelitian adalah data center yang terletak di Gedung Rektorat Universitas Krisnadwipayana. Data center ini berfungsi sebagai pusat pengolahan dan penyimpanan data yang mendukung berbagai aktivitas akademik dan administrasi universitas, termasuk penyimpanan data akademik dan sistem manajemen informasi. Lokasi penelitian ini dipilih karena memiliki tantangan khusus terkait sistem pendingin dan tata letak ruangan yang belum memenuhi standar industri, sehingga memerlukan solusi yang relevan untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem, serta mengurangi risiko downtime.

Penelitian ini menggunakan metodologi PPDIOO (Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, Optimize) Network Life-Cycle yang dikembangkan oleh Cisco, dengan fokus pada tiga tahap awal: Prepare, Plan, dan Design. Metodologi ini dipilih karena menyediakan kerangka kerja sistematis untuk merancang infrastruktur data center dengan pendekatan holistik (Al-Furaih & Al-Mashari, 2019).



Gambar 1. Kerangka Berpikir Alur Perancangan

Standar TIA-942 digunakan sebagai acuan dalam proses perencanaan. Penelitian dimulai dengan survei lapangan dan observasi langsung pada data center untuk menganalisis kesenjangan terhadap standar tersebut. Hasil analisis kemudian diolah menjadi rekomendasi desain sistem pendingin dan tata ruang data center yang memenuhi standar.

Tahap ini melibatkan penentuan kebutuhan organisasi, strategi jaringan, dan penyusunan konsep awal arsitektur data center yang mendukung tujuan operasional universitas. Aktivitas utama pada tahap ini mencakup:

1. Identifikasi tujuan dan kebutuhan organisasi:
 - Kebutuhan penyimpanan data akademik, sistem manajemen informasi, dan aplikasi berbasis cloud
 - Keandalan tinggi untuk mendukung operasional 24/7 tanpa gangguan
2. Kajian teknologi pendukung:
 - Identifikasi teknologi pendinginan presisi (CRAC dan in-row cooling) untuk menggantikan sistem AC Split
 - Penggunaan raised floor untuk distribusi udara dingin dan tata letak hot aisle-cold aisle untuk efisiensi termal.

Tahap Plan melibatkan perencanaan detail berdasarkan hasil analisis pada fase Prepare, meliputi:

1. Identifikasi kesenjangan infrastruktur eksisting
2. Karakterisasi lokasi
3. Penyusunan rencana proyek

Tahap Design merupakan tahap akhir sebelum implementasi, di mana spesifikasi teknis disusun berdasarkan rencana yang telah dibuat. Aktivitas utama pada tahap ini meliputi:

- Spesifikasi desain sistem pendinginan
- Tata letak hot aisle-cold aisle

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif untuk memahami secara mendalam tantangan dan kebutuhan data center Universitas Krisnadwipayana. Pendekatan ini memungkinkan eksplorasi rinci dan kontekstual yang tidak dapat diperoleh melalui pendekatan kuantitatif. Data yang dikumpulkan dianalisis secara deskriptif untuk memberikan gambaran komprehensif tentang kondisi eksisting, identifikasi kebutuhan, dan perbandingan dengan standar TIA-942.

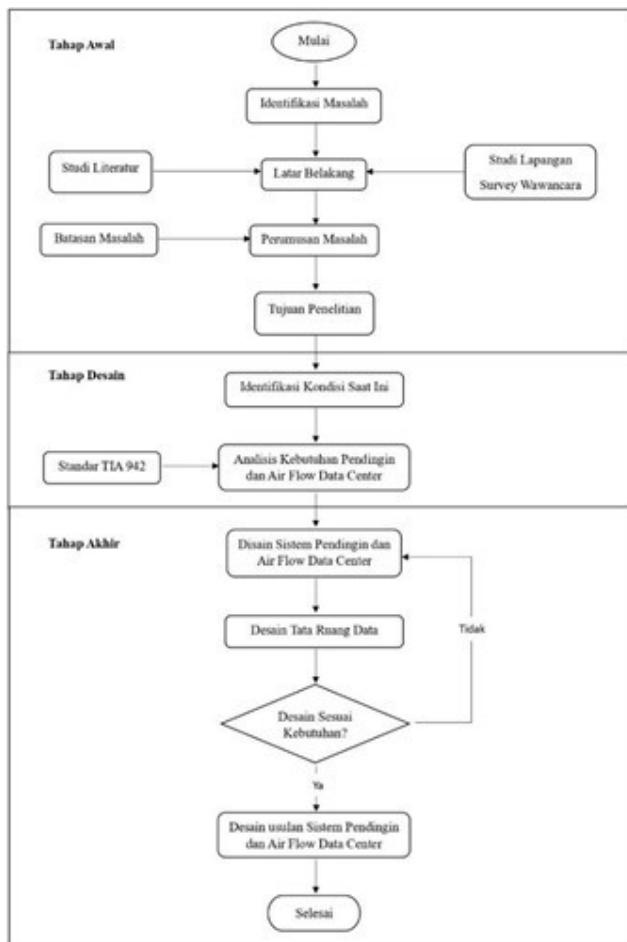
Pendekatan kualitatif memberikan pemahaman mendalam tentang manajemen data center dan tantangan dalam pengelolaan sistem pendinginan. Melalui metode pengumpulan data yang beragam dan analisis deskriptif, penelitian ini menghasilkan rekomendasi yang relevan dan praktis untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan operasional data center.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode utama: yaitu 1) Studi lapangan dilakukan dengan mengunjungi data center Universitas Krisnadwipayana untuk mengamati kondisi fisik dan lingkungan, termasuk sistem pendingin, tata letak ruangan, dan aliran udara. Metode ini memungkinkan pemahaman langsung terhadap kondisi aktual, identifikasi masalah spesifik, dan validasi data dari metode lain. 2) Observasi dilakukan untuk memahami distribusi udara dingin dan panas di data center, serta mengidentifikasi hot spots dan area yang memerlukan perbaikan. Pengamatan ini mencakup pola distribusi udara, efisiensi sistem pendingin, dan risiko recirculation udara panas yang dapat mengakibatkan overheating pada perangkat (Geng, 2014). 3) Wawancara semi-terstruktur dilakukan dengan pihak yang bertanggung jawab dalam operasional data center untuk mendapatkan pemahaman mendalam tentang tantangan dan kebutuhan. Narasumber dipilih secara purposif berdasarkan peran dan tanggung jawabnya dalam pengelolaan dan operasional data center. Wawancara ini menggali perspektif subjektif, mengidentifikasi masalah spesifik, dan memvalidasi data dari metode lain.

Responden dan narasumber merupakan sumber data primer yang memberikan informasi langsung tentang kondisi eksisting data center, termasuk sistem pendingin, tata letak ruangan, dan tantangan operasional. Pemilihan dilakukan secara purposif dengan mempertimbangkan peran dalam pengelolaan data center. Peran mereka mencakup:

1. Sumber data primer tentang kondisi eksisting dan tantangan operasional
2. Validasi data dari metode pengumpulan lainnya
3. Kontribusi dalam pemberian rekomendasi dan solusi praktis

Sistematika penelitian disajikan dalam bentuk flow chart untuk memudahkan visualisasi tahapan selama penelitian. Hasil akhir penelitian berupa usulan perancangan ruang (space planning) data center sesuai standar TIA-942.



Gambar 2. Sistematika Penelitian

Alur penelitian dimulai dengan identifikasi masalah melalui studi lapangan, observasi, dan wawancara langsung pada data center. Selanjutnya dilakukan perumusan masalah dan penetapan tujuan penelitian. Studi literatur dilakukan untuk memahami best practice dan standar TIA-942, serta membandingkan dengan penelitian terdahulu.

Proses identifikasi kondisi saat ini mencakup evaluasi mendalam terhadap kondisi fisik dan lingkungan, termasuk pengukuran suhu dan kelembaban, serta kesesuaian dengan standar TIA-942. Berdasarkan data yang dikumpulkan, peneliti merancang sistem pendinginan dan tata ruang data center yang sesuai dengan kebutuhan dan standar. Analisis kebutuhan pendingin dan air flow dilakukan untuk menentukan kapasitas pendinginan berdasarkan beban panas dari perangkat IT. Tahap akhir meliputi evaluasi kesesuaian desain dengan kebutuhan yang telah diidentifikasi.

Analisis data dilakukan dengan pendekatan kualitatif melalui beberapa tahapan:

1. Pengumpulan dan persiapan data: Data dari studi lapangan, observasi, dan wawancara dipersiapkan untuk analisis, dengan menghilangkan data yang tidak lengkap atau tidak relevan.
2. Klasifikasi data: Data kualitatif diklasifikasikan berdasarkan tema dan kategori relevan, seperti "efisiensi energi", "risiko overheating", dan "distribusi udara".
3. Identifikasi tema dan pola: Setelah data diklasifikasikan, peneliti mengidentifikasi tema dan pola yang muncul, seperti "kebutuhan sistem pendingin yang lebih efisien" dari wawancara dengan operator IT.
4. Analisis kontekstual: Data dianalisis dalam konteks spesifik data center Universitas Krisnadwipayana, dengan mempertimbangkan perspektif subjektif dari pihak-pihak yang terlibat.

Analisis deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran komprehensif tentang kondisi eksisting, identifikasi kebutuhan, dan perbandingan dengan standar TIA-942. Pendekatan ini menghasilkan temuan yang relevan dengan konteks penelitian dan dapat diimplementasikan dalam praktik.

Beberapa konsep kunci dalam penelitian ini didefinisikan secara operasional:

1. Data Center: Fasilitas fisik untuk menempatkan sistem komputer dan komponen terkait, dengan fungsi sebagai pusat pengolahan dan penyimpanan data Universitas Krisnadwipayana.
2. Kondisi Eksisting: Keadaan fisik, lingkungan, dan operasional data center saat ini, mencakup ukuran ruangan, tata letak, suhu, kelembaban, dan sistem pendingin yang digunakan.
3. Analisis Keserupaan: Identifikasi perbedaan antara kondisi eksisting dan standar TIA-942, untuk menentukan langkah perbaikan.
4. Sistem Pendingin: Sistem untuk menjaga suhu dan kelembaban ruangan data center, mencakup AC Split, CRAC, dan in-row cooling, dengan kapasitas pendinginan diukur dalam BTU/jam.
5. Tata Letak Hot Aisle-Cold Aisle: Metode penataan rak server untuk meningkatkan efisiensi pendinginan, dengan pemisahan area udara dingin (cold aisle) dan udara panas (hot aisle).
6. Standar TIA-942: Standar internasional untuk infrastruktur telekomunikasi data center, dengan pembagian tier berdasarkan redundansi dan keandalan, serta regulasi suhu operasional dan kelembaban.

7. Redundansi N+1: Prinsip desain yang menyediakan satu unit cadangan untuk setiap N unit operasional, untuk memastikan keandalan sistem.
8. Beban Panas: Jumlah panas yang dihasilkan perangkat IT, dihitung berdasarkan daya listrik yang dikonsumsi ($1 \text{ kW} = 3.412 \text{ BTU/jam}$).
9. Kapasitas Pendinginan: Kemampuan sistem pendingin untuk menghilangkan panas, diukur dalam BTU/jam atau ton pendingin.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendahuluan Analisis Sistem Tata Udara dan Pendinginan Ruangan pada Data Center

Efisiensi dan keandalan operasional data center Universitas Krisnadwipayana sangat bergantung pada sistem pendinginan yang optimal. Dalam penelitian ini, pendekatan PPDOO Network Lifecycle digunakan untuk menganalisis dan merancang solusi sistem pendinginan data center guna mengurangi risiko downtime. Berdasarkan hasil observasi dan perbandingan dengan standar TIA-942, ditemukan beberapa ketidaksesuaian yang dapat meningkatkan risiko gangguan operasional data center. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi mendalam dan strategi mitigasi untuk meningkatkan keandalan sistem pendinginan.

Analisis Kondisi Eksisting Data Center

Hasil observasi menunjukkan bahwa ruang server memiliki dimensi $4\text{m} \times 1,5\text{m} \times 3\text{m}$ dengan perangkat utama terdiri dari satu unit server, dua monitor, satu CPU, dan satu DVR. Sistem pendinginan yang digunakan saat ini terdiri dari dua unit AC Split Daikin dengan kapasitas 2 PK/unit. Tabel 1 menunjukkan kondisi eksisting ruang server.

Tabel 1. Kondisi Eksisting Ruang Server

No	Parameter	Detail
1	Ukuran Ruangan	$4\text{m} \times 1,5\text{m} \times 3\text{m}$
2	Server	1 unit
3	AC Split	2 unit (2 PK/unit)

Perbandingan dengan standar TIA-942 menunjukkan bahwa data center ini belum memenuhi standar yang direkomendasikan, terutama dalam hal sistem HVAC, redundansi daya, sistem monitoring lingkungan, dan sistem pemadam kebakaran (Tabel 2).

Tabel 2. Perbandingan Data Center Eksisting dengan Standar TIA-942

No Item Standar TIA-942	Kondisi Eksisting	Kesesuaian (Ya/Tidak)
1 Lokasi Data Center	4m x 1,5m x 3m	Tidak
2 Raised Floor	Tidak ada	Tidak
3 Sistem Listrik	PLN (1 sumber)	Tidak
4 HVAC	AC Split Daikin 2 PK	Tidak
5 Sistem UPS	1 kVA	Ya
6 Pemantauan Suhu	Tidak ada sensor khusus	Tidak
7 Pemantauan Kelembaban	Tidak ada sensor	Tidak
8 Sistem Pemadam Kebakaran	Tidak ada	Tidak
9 Redundansi Daya	Tidak ada	Tidak

Berdasarkan hasil wawancara dengan pengelola data center, dalam periode 2023–2024 telah terjadi tiga kali downtime akibat kegagalan sumber listrik PLN dan kerusakan AC Split.

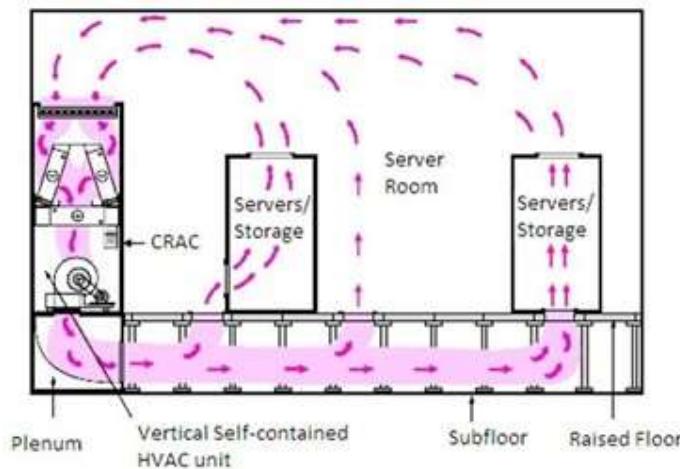
Rekomendasi Perbaikan Sistem Pendinginan Data Center

Perencanaan Ulang Tata Letak dan Infrastruktur

Salah satu rekomendasi utama adalah memperluas ukuran ruang server menjadi 6m x 6m x 3m untuk memenuhi standar minimum yang diperlukan. Selain itu, diperlukan implementasi raised floor guna meningkatkan distribusi udara serta penerapan sistem tata letak hot aisle-cold aisle untuk efisiensi termal.

Implementasi Sistem HVAC dengan CRAC

Sistem pendinginan berbasis Computer Room Air Conditioning (CRAC) lebih direkomendasikan dibandingkan AC Split karena mampu mengontrol suhu dan kelembaban secara presisi. Berdasarkan perhitungan, total beban panas yang dihasilkan oleh perangkat IT dan infrastruktur pendukung sebesar 65.433 BTU/h. Kapasitas pendinginan yang dibutuhkan untuk menjaga suhu ruangan stabil adalah 5,45 TR atau sekitar 19,16 kW.



Gambar 3. Ilustrasi Sistem Pendinginan CRAC dan Raised Floor

(Sumber: A. Bhatia, HVAC Cooling Systems for Data Center)

Penerapan Sistem Redundansi Pendinginan

Untuk mencegah downtime akibat kegagalan sistem pendinginan utama, disarankan penerapan redundansi pendinginan ($N+1$), di mana satu unit CRAC tambahan disiapkan sebagai cadangan jika terjadi kegagalan sistem utama.

Analisis Anggaran dan Biaya Implementasi

Implementasi sistem baru ini memerlukan investasi yang cukup besar. Perkiraan anggaran biaya disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rancangan Anggaran Biaya Proyek Renovasi Data Center

No	Item	Estimasi Biaya
1	1 Unit CRAC 20kW	Rp 550.000.000
2	2 UPS 10 kVA	Rp 48.000.000
3	3 Raised Floor	Rp 15.992.310
4	4 Rak Server (3 unit)	Rp 45.000.000
5	5 Sistem Proteksi Kebakaran	Rp 87.000.000
6	6 Renovasi Ruangan	Rp 21.600.000
7	7 Kontingensi dan Cadangan (10%)	Rp 77.694.231
Total		Rp 854.636.541

Berdasarkan hasil penelitian, sistem pendinginan eksisting di data center Universitas Krisnadipayana belum memenuhi standar TIA-942, sehingga meningkatkan risiko downtime. Rekomendasi utama mencakup peningkatan ukuran ruang server, penggunaan sistem pendinginan CRAC, serta penerapan redundansi pendinginan. Implementasi ini diperkirakan

membutuhkan anggaran Rp 854 juta, tetapi akan meningkatkan keandalan data center secara signifikan dan mengurangi risiko gangguan operasional. Penelitian ini memberikan dasar yang kuat bagi studi lebih lanjut mengenai implementasi sistem pendinginan berbasis CRAC serta evaluasi kinerja sistem setelah diterapkan. Dengan menerapkan strategi ini, diharapkan data center dapat lebih efisien dalam mendukung kebutuhan operasional Universitas Krisnadwipayana secara berkelanjutan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem tata udara dan pendingin ruangan pada data center Universitas Krisnadwipayana belum memenuhi standar yang direkomendasikan, khususnya dalam hal pengendalian suhu, redundansi daya, serta pemantauan lingkungan. Dengan menggunakan pendekatan PPDIOO Network Life-Cycle, ditemukan bahwa risiko utama yang dihadapi oleh data center ini adalah potensi overheating akibat sistem pendingin yang kurang optimal, yang dapat meningkatkan risiko downtime dan mengurangi keandalan operasional. Oleh karena itu, desain ulang sistem pendinginan dengan implementasi Computer Room Air Conditioning (CRAC) serta pengaturan tata letak hot aisle-cold aisle direkomendasikan untuk meningkatkan efisiensi termal dan memastikan distribusi udara yang lebih merata.

Dari hasil penelitian ini, direkomendasikan beberapa langkah perbaikan, antara lain: pertama, peningkatan kapasitas pendinginan dengan mengganti sistem AC Split menjadi CRAC yang lebih sesuai untuk kebutuhan data center. Kedua, penerapan sistem redundansi N+1 untuk memastikan keandalan pendinginan dalam kondisi darurat. Ketiga, penggunaan raised floor guna meningkatkan sirkulasi udara dan optimalisasi penempatan perangkat. Keempat, pemasangan sensor pemantauan suhu dan kelembaban agar dapat mengidentifikasi potensi overheating lebih dini. Langkah-langkah ini diharapkan dapat mengurangi risiko downtime serta meningkatkan efisiensi operasional data center Universitas Krisnadwipayana.

Sebagai penelitian lanjutan, direkomendasikan untuk melakukan uji coba implementasi desain baru ini serta mengevaluasi dampaknya terhadap efisiensi energi dan performa keseluruhan sistem pendinginan. Selain itu, studi lebih lanjut dapat mengeksplorasi penggunaan teknologi pendinginan berbasis liquid cooling yang semakin banyak diterapkan pada data center modern untuk meningkatkan keberlanjutan operasional.

5. DAFTAR RUJUKAN

- ASHRAE. (2016). Data Center Power Equipment Thermal Guidelines and Best Practices. In *Whitepaper created by ASHRAE Technical Committee (TC) 9.9 Mission Critical Facilities, Data Centers, Technology Spaces, and Electronic Equipment.* https://tc0909.ashraetcs.org/documents/ASHRAE_TC0909_Power_White_Paper_22_June_2016_REVISED.pdf
- Geng, H. (2014). Data Center Handbook. In *In Data Center Handbook.* <https://doi.org/10.1002/9781118937563>
- TIA. (2005). TIA Standard Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers / TIA-942. In ANSI (Issue April). <http://www.tiaonline.org/about/faqDetail.cfm?id=18>
- Yulianti, D. E., & Nanda, B. N. (2008). Best Practice Perancangan Fasilitas Data Center. In *Bandung : Institut Teknologi Bandung* (Issue September).
- Capozzoli, A., & Primiceri, G. (2015). Cooling systems in data centers: State of art and emerging technologies. *Energy Procedia*, 83, 484–493. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.168>
- Fahira Sulaiman, S., & Adhitia Hadi Priambodo. (2024). Downtime Data Center: Memahami Penyebab, Dampak, dan Solusi Efektif. *Sanskara Manajemen Dan Bisnis*, 2(02), 67–78. <https://doi.org/10.58812/smb.v2i02.297>
- Jiang, D. (2024). Effects and optimization of airflow on the thermal environment in a data center. *Frontiers in Built Environment*, 10(May), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1362861>
- Lai, Y., Fang, X., Han, R., Xuan, Y., & Huang, J. (2023). Design and key technology of the energy consumption management system for the liquid cooling data center. *Energy Science and Engineering*, 11(3), 1284–1293. <https://doi.org/10.1002/ese3.1387>
- Razak, B. A., Ch., S., & Irfan Akbar, L. S. (2018). Implementasi Teknik Pendinginan Pada Prototipe Data Center. *Dielektrika*, 5(1), 21–29. <https://doi.org/10.29303/dielektrika.v5i1.123>