

IMPLEMENTASI TEKNIK PENDINGINAN PADA PROTOTYPE DATA CENTER

Implementation of Cooling Techniques in a Prototype of Data Center

Brian Arnanda Razak¹, Syafaruddin Ch.2¹, Lalu Syamsul Irfan Akbar³¹

¹Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia
Email : brianarnanda@gmail.com¹, syafaruddin@unram.ac.id², irfan@unram.ac.id³

ABSTRAK

Penelitian ini membahas perancangan dan pengaplikasian implementasi teknik pendinginan pada prototipe data center. Seiring perkembangan teknologi maka kebutuhan atas ketersediaan infrastruktur yang memadai sangatlah penting. Data center merupakan infrastruktur yang penting dalam perkembangan teknologi. 30% dari penggunaan listrik keseluruhan pada data center digunakan untuk pendinginan. Oleh karena itu penelitian ini membahas teknik pendinginan mana yang tepat untuk di gunakan pada data center agar mendapatkan efisiensi dan peformansi maksimal. Prototipe dirancang menggunakan Arduino Mega sebagai mikrokontroler, LM35 sebagai sensor suhu, lampu bohlam sebagai sumber panas, dan kipas berukuran 8 dan 2,5cm sebagai sistem pendingin buatan. Dari hasil penelitian yang dilakukan diketahui bahwa cold aisle containment system lebih baik dalam hal karakteristik suhu. Sedangkan dalam hal karakteristik ketahanan suhu sistem tanpa containment lebih baik. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa untuk data center tingkat 1 dan 2 tidak direkomendasikan menggunakan cold aisle containment system karena dapat mencapai suhu panas lebih cepat ketika terjadi pemadaman pendingin, sedangkan untuk data center tingkat 3 dan 4 lebih direkomendasikan menggunakan cold aisle containment system karena menghasilkan efisiensi pendinginan lebih baik di banding sistem tanpa containment.

Kata Kunci: Data Center; Arduino Mega; LM35; Cold Aisle Containment System

ABSTRACT

This study discusses the design and implementation of the application of cooling techniques in a prototype of data center. Along with the growth of technology, the need for the availability of adequate infrastructure is essential. Data center infrastructure is important in the development of technology. 30% of overall electricity consumption in the data center is used for cooling. Therefore, this study discusses cooling techniques where appropriate for use in the data center in order to obtain maximum efficiency and performance. The prototype is designed using the Arduino Mega as a microcontroller, as the LM35 temperature sensor, the light bulb as the heat source, and fan size 8 and 2.5 cm as an artificial cooling system. The research results are made known that the cold aisle containment system is better in terms of temperature characteristics. While in terms of temperature resistance characteristics without containment system is better. Based on the results revealed that for the data center tier 1 and 2 do not recommend using cold aisle containment system because it can reach temperatures of heat more quickly when outages cooler happen, while for the data center tier 3 and 4 are recommended using cold aisle containment system because generating better efficiency of cooling in the appeal system without containment.

Keywords: Data Center; Arduino Mega; LM35; Cold Aisle Containment System

PENDAHULUAN

Dengan kemajuan teknologi informasi dewasa ini, kebutuhan akan informasi yang akurat dan disajikan secara langsung sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari, sehingga informasi sudah menjadi suatu elemen penting dalam kehidupan masyarakat saat ini dan waktu mendatang. Dengan kemajuan tersebut dunia tidak lagi melihat

atasan jarak dalam mendapat informasi yang kini dapat diakses secara cepat dimana saja.

Perubahan ke era digital mengubah infrastruktur menjadi suatu sistem terpadu yang kompleks dengan memanfaatkan teknologi yang ada. Salah satu contoh infrastruktur tersebut adalah *data center*. Data center memiliki kebutuhan untuk dapat

beroperasi terus menerus tanpa henti. Untuk menjaga infrastruktur yang kompleks seperti *data center* dapat beroperasi terus menerus adalah hal yang tidak mudah. Hal tersebut dikarenakan banyak komponen dan aspek yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan hingga pengoperasian sebuah *data center*. Salah satu aspek yang menjadi sorotan adalah pada pendingin sebuah *data center* yang merupakan salah satu komponen yang paling banyak mengkonsumsi energi listrik serta komponen utama dalam menjaga kelangsungan pengoperasian *data center*.

Pada teknik pendinginan *data center* sendiri terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan seperti penggunaan pendingin yang sesuai, lokasi penempatan dan distribusi pendingin, hingga desain ruangan *data center* dan juga pengaturan lokasi perangkat pada *data center*. Namun dari sekian hal yang harus diperhatikan, metode pengaturan dinamika suhu dan aliran udara merupakan faktor penting dalam menjaga efisiensi pendingin pada *data center*. Dinamika suhu dan aliran udara ini adalah salah satu faktor yang relatif fleksibel untuk disesuaikan namun tetap memiliki pengaruh besar dalam teknik pendinginan *data center*. *Data center* milik perusahaan PT. Telekomunikasi Selular (Telkomsel) merupakan contoh nyata aplikasi penggunaan teknik pendinginan tanpa *containment system*. Sedangkan metode pengaturan dinamika suhu dan aliran udara lain yang lebih umum digunakan adalah menggunakan *cold aisle containment system*. Namun sampai saat ini belum ada data dan nilai nyata yang menerangkan untung dan rugi antara yang tanpa dan dengan menggunakan *containment system* pada teknik pendinginan *data center*.

Pentair Technical Produk(2010) *Containment system* pada teknik pendinginan *data center* mampu secara dramatis mengurangi biaya penggunaan energi serta meminimalisir titik-titik suhu panas pada *data center*. Secara lebih jelas juga dapat dilihat perbandingan pada sisi biaya antar teknik pendinginan dimana *cold aisle containment system* mampu menghemat biaya penggunaan daya listrik serta meningkatkan nilai dari PUE (*Power Usage Effectiveness*). Kemudian lebih lanjut berdasarkan penelitian oleh pihak Pentair, diterangkan bahwa teknik pendinginan tradisional umumnya hanya mendapat nilai PUE sebesar 2,40. Sedangkan teknik pendinginan dengan menggunakan sistem *cold aisle containment system* mampu meraih nilai PUE sebesar 2.10.

Lin et al (2013) *Cold aisle containment system* lebih mudah dan efektif dalam penggunaan pada *data center* terlebih lagi teknik ini memiliki keunggulan dari sisi instalasi dan konfigurasi yang mudah pada rak *data center* dibanding sistem *containment* lainnya. *Containment system* juga mencegah terjadinya pencampuran antara suhu panas dan dingin pada *data center* sehingga efisiensi pada pendinginan yang diharapkan dapat tercapai.

Germagian (2010) Banyak dari *data center* dengan tingkat kepadatan rak tinggi tidak beroperasi secara efektif dikarenakan efek dari pencampuran yang signifikan pada udara dingin dan panas dalam teknik pendinginan yang diterapkannya. Aliran udara tersebut tidak dapat menjaga kondisi melewati standar ASHRAE tingkat 1 dikarenakan suplai aliran udara yang mengalir akan berada dibawah batas standar ASHRAE tingkat 1 yang diperlukan untuk mencapai dan mengeliminasi titik panas pada *data center*. Pada akhirnya kegagalan efisiensi dalam teknik pendinginan akan meningkatkan biaya operasional.

Data center adalah kompilasi dari server, penyimpanan, sistem jaringan, sistem mekanikal/elektrikal, aplikasi dan alat-alat, prosedur tata kelola dan staf. Terdapat 4 tahap yang mencirikan *data center* berdasarkan kombinasi efisiensi, ketersediaan dan fleksibilitas di antaranya (1) *Basic*, (2) *Consolidated*, (3) *Available*, dan (4) *Strategic* (Stewart et al, 2012).

Data center adalah penyimpanan pusat, baik fisik maupun *virtual* untuk media penyimpanan, manajemen, dan penghapusan data serta informasi dari bagian pengetahuan tertentu. *Data center* dikenal sebagai kumpulan server atau ruang komputer (Bullock, 2009). *Data center* adalah ruangan di mana sebagian besar server dan penyimpanan data perusahaan berada, beroperasi, dan diatur (Milojkovic & Chiu, 2015).

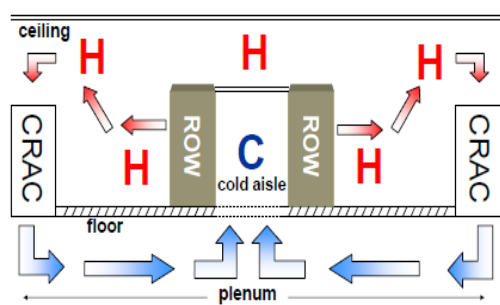
Data center adalah merupakan bangunan yang berdiri bebas di mana semua ruang dan infrastruktur pendukung (HVAC, penerangan, listrik) secara langsung berhubungan dengan pengoperasian *data center* (Energy Star, 2011). *Data center* adalah struktur, atau kelompok struktur yang didedikasikan untuk akomodasi terpusat, interkoneksi, operasi IT dan peralatan telekomunikasi jaringan yang menyediakan penyimpanan data, pengolahan, dan jasa transportasi (Aggar et al, 2012).

Listrik yang memasuki data center harus melewati sejumlah tahapan tegangan transformasi, distribusi dan pembersihan sebelum akhirnya dikirim ke peralatan IT. Sebagian besar daya dalam fasilitas *data center* diubah menjadi panas, sehingga membutuhkan kapasitas sistem pendinginan yang signifikan untuk menarik beban tambahan dan sirkulasi udara *data center* tradisional (Newcombe, 2009).

Menurut analisis, kepadatan akan meningkat setidaknya sepuluh kali lipat dalam sepuluh tahun ke depan. Mendorong konsumsi energi, baik untuk operasi dan pendinginan ke tingkat lebih tinggi, terutama hal ini berlaku untuk *data center* yang telah beroperasi selama jangka waktu yang lama dan menggunakan teknologi usang (Reichle & (R&M), 2011).

Konsumsi daya dalam satu server terbagi ke dalam beberapa bagian, diantaranya: (1) *CPU quadcore*, (2) *Memory*, (3) *PSU*, (4) *Disk*, (5) *PCI Slots*, (6) *Motherboard*, (7) *Fan*, (8) *NIC* (Beloglazov et al, 2011).

Cold aisle containment system adalah suatu teknik pendinginan dimana udara dingin dikurung dalam area *containment* atau tertutup pada area rak *data center* (Niemann et al, 2013). Sistem ini menjadikan area yang tidak dikurung dalam *containment* area menjadi area dimana udara panas yang dihasilkan rak perangkat mengalir dan masuk ke *precision air conditioning* yang ada. Berikut adalah gambaran dari prinsip dasar dari *cold aisle containment system* pada data center.

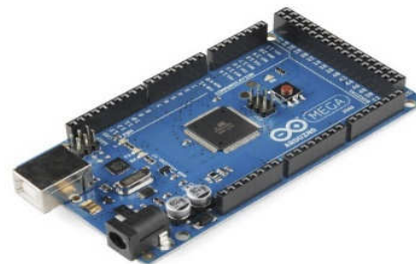


Gambar 1. Prinsip dasar dari *cold aisle containment system*

Arduino Mega 2560 adalah pengendali papan mikro tunggal yang bersifat terbuka dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Perangkat keras nya memiliki prosesor Atmel AVR dan perangkat lunak nya yaitu genuino memiliki bahasa pemrograman sendiri.

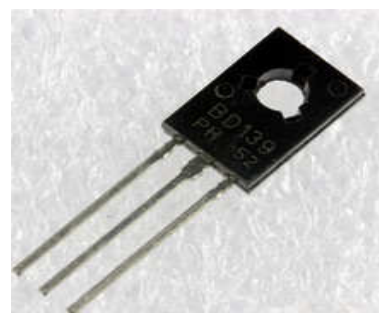
Arduino Mega 2560 juga merupakan sistem perangkat keras terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan kode dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema perangkat keras arduino dan membangunnya.

Arduino Mega 2560 menggunakan keluarga mikrokontroler ATmega yang dirilis oleh Atmel sebagai basis, namun ada individu/perusahaan yang membuat kloning arduino dengan menggunakan mikrokontroler lain dan tetap kompatibel dengan arduino pada tingkat perangkat keras.



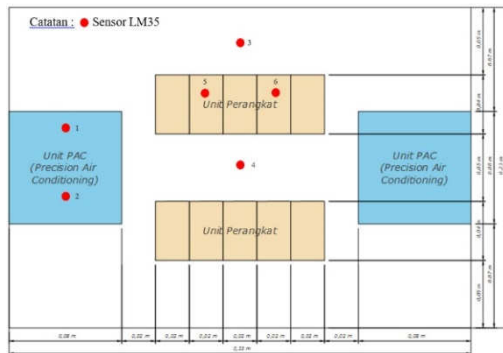
Gambar 2. Arduino Mega 2560

Transistor BD139 dapat digunakan sebagai saklar yaitu dengan memanfaatkan titik saturasi dan cutoff transistor, maka dengan ini transistor dapat difungsikan sebagai saklar. BD139 sendiri akan saturasi saat basisnya diatas 0,7V, maka selain kondisi diatas transistor akan cutoff. Berikut adalah gambaran dari transistor BD139.



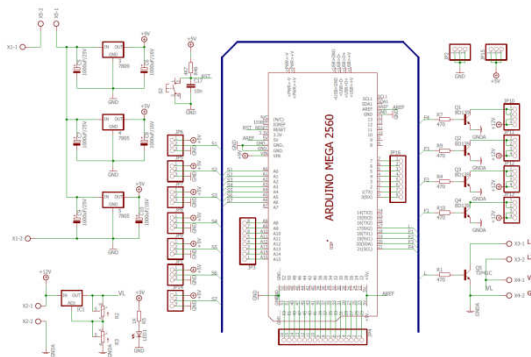
Gambar 3. BD139

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran



Gambar 7. Tampak atas prototipe

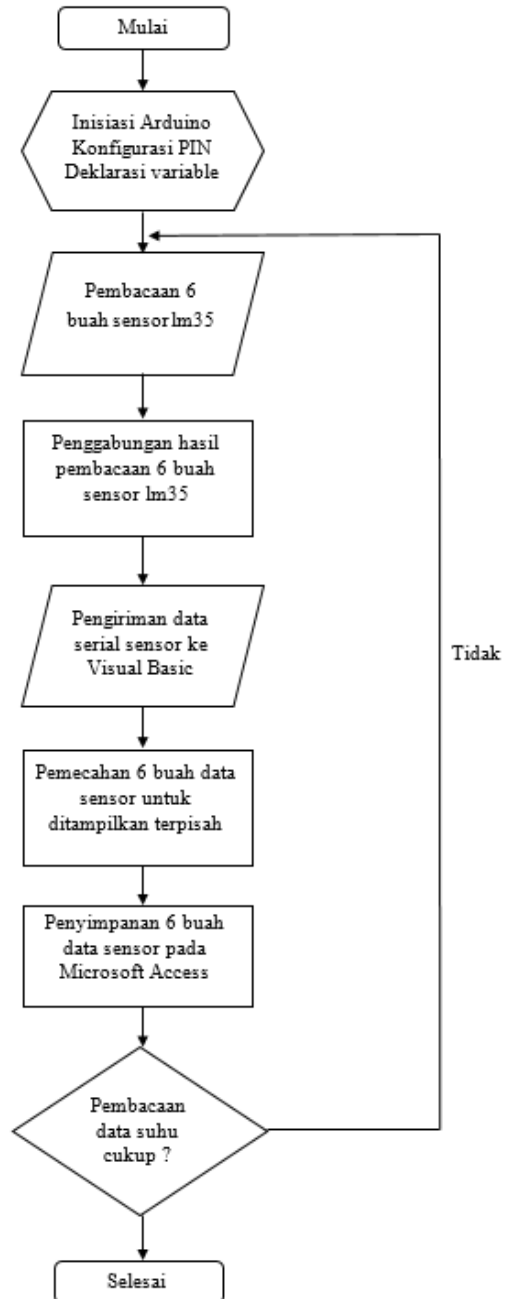
Perancangan sistem perangkat keras diatas menggambarkan tampak atas dan tampak samping dari prototipe yang akan dibuat. Yang dimaksud unit perangkat pada gambar diatas adalah sebagai sumber panas utama dari penelitian ini. Kemudian unit PAC sendiri akan menggunakan bantuan kipas dan AC buatan yang akan menghisap udara panas pada ruangan dan menghembuskan udara dingin melalui *raised floor area*. Untuk penomoran sensor LM35 secara berurutan dapat disebutkan sebagai berikut. (1) *exhaust fan*, (2) *intake fan*, (3) *work area*, (4) *perforated tiles*, (5) & (6) *rak data center*.



Gambar 8. Rancangan rangkaian penelitian

Pada gambar diatas dapat dilihat rancangan sistem elektronika pada perancangan prototipe data center yang akan dibuat dengan komponen utama Arduino sebagai mikrokontroler yang dihubungkan kepada beberapa komponen. Sensor LM35 terhubung dengan pin analog 1 hingga 6 dengan masukan tegangan 5v. Masukan tegangan 5v didapatkan dari IC 7809 yang berfungsi sebagai regulator yang menurunkan tegangan dari 12v ke 5v sehingga dapat digunakan untuk mengaktifkan LM35. Adapun kipas dihubungkan ke pin digital 18 hingga 21 dengan masukan 12v. Kipas terkoneksi melalui tahanan 470 ohm dan BD139 sebagai

saklar. Kemudian lampu bohlam yang digunakan juga mendapatkan masukan tegangan 5v hasil dari regulator IC 7809.



Gambar 9. Diagram alir perancangan perangkat lunak

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari masing-masing teknik pendinginan pada prototipe *data center* karakteristik suhu dan karakteristik ketahanan sistem dalam menjaga suhu ketika dilakukan pemadaman pendingin pada prototipe *data center* yang telah dirancang. Kemudian jumlah *sample* yang diambil pada pengujian ini adalah 1800 data dengan total waktu 15

menit, maka waktu per *sample* adalah 500ms dengan simbol per *sample* adalah n. Adapun parameter yang akan diuji yaitu :

1. Pengujian karakteristik suhu pada setiap kategori penempatan sensor LM35.
2. Pengujian karakteristik ketahanan sistem dalam menjaga suhu ketika dilakukan pemadaman pendingin pada prototipe *data center* di setiap kategori penempatan sensor LM35.

Adapun kategori penempatan sensor dibagi menjadi 4 yaitu :

1. Kinerja pendingin, untuk penempatan sensor LM35 di *exhaust fan* dan *intake fan*.
2. Area kerja, untuk penempatan sensor LM35 di *work area*.
3. *Perforated tiles*, untuk penempatan sensor diatas *raised floor* tepat di area *perforated tiles*.
4. Rak *data center*, untuk penempatan dua buah sensor di area rak *data center*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

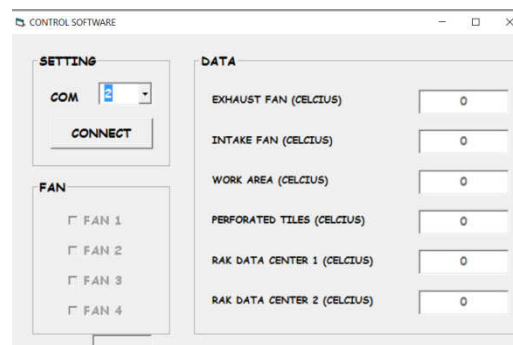
Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui kerja dari perangkat keras dan perangkat lunak setelah menghubungkan semua sistem blok. Mula-mula mempersiapkan terlebih dahulu perangkat keras yang telah dirakit sesuai perencanaan. Pada gambar dibawah dapat dilihat merupakan perangkat keras prototipe *data center* yang telah dirakit dan siap untuk dilakukan uji coba serta pengambilan data.



Gambar 10. Perangkat keras prototipe *data center*

Mula-mula es batu ditempatkan pada kedua box yang telah disediakan di kanan dan kiri prototipe. Es batu tersebut digunakan untuk mengembuskan udara dingin dan di suplai ke area prototipe ruangan *data center* melalui *raised floor*. Pada area prototipe ruangan *data center* juga telah diletakkan 6 buah sensor LM35 untuk mengukur suhu di masing-masing lokasi yang telah ditentukan. Setelah persiapan telah dilakukan maka tahap berikutnya adalah pengambilan data. Gambar 4.6 berikut merupakan tampilan antarmuka penerima data dari sistem untuk kemudian di

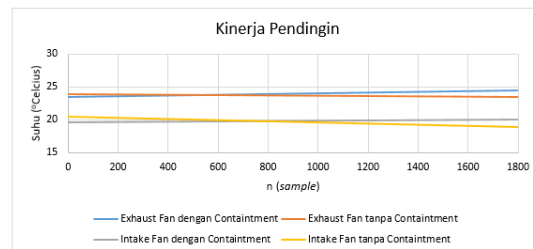
simpan di *database* menggunakan Microsoft Access.



Gambar 11. Tampilan antarmuka program

Proses pengujian keseluruhan yang akan dianalisa berdasarkan parameter karakteristik suhu dan karakteristik ketahanan sistem dalam menjaga suhu ketika dilakukan pemadaman pendingin pada prototipe *data center*. Analisa dilakukan perdata sensor LM35 disetiap kategori yang telah ditentukan.

Pada analisa karakteristik suhu kinerja pendingin, dibandingkan antara sistem dengan tanpa *containtment* dan sistem dengan *containtment*. Hasil uji coba karakteristik suhu untuk kinerja pendingin dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 12. Hasil uji coba karakteristik suhu pada kinerja pendingin dengan grafik linear

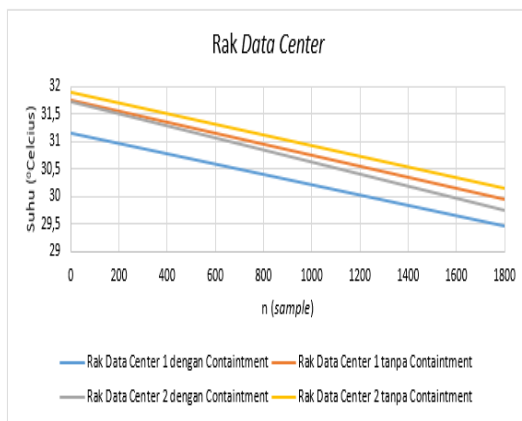
Dari perbandingan antara kedua sistem yang telah di uji coba dapat diketahui bahwa baik *exhaust fan* dan *intake fan* memiliki kecenderungan karakteristik suhu yang sama. Namun suhu terendah *exhaust fan* yang menggunakan sistem *containtment* lebih rendah 2,22% dibanding dengan sistem tanpa *containtment*.

Kemudian begitu juga dengan suhu tertinggi *intake fan* yang menggunakan sistem *containtment* lebih rendah 3,35% dibanding dengan sistem tanpa menggunakan *containtment*. Sama halnya dengan suhu terendah pada *intake fan* yang menggunakan sistem *containtment* lebih rendah 7,69% dibanding dengan sistem tanpa *containtment*. Dari kedua sistem juga diketahui bahwa rata-

rata nilai suhu pada peralihan sirkulasi udara pada sistem yang tanpa *containtment* adalah $25,52^{\circ}\text{C}$ sedangkan suhu dengan sistem yang menggunakan *containtment* adalah $24,92^{\circ}\text{C}$. Sehingga diketahui bahwa perbedaan antara kedua nya adalah 2,35% lebih rendah pada sistem yang menggunakan *containtment*.

Secara keseluruhan dapat diambil kesimpulan bahwa meskipun karakteristik suhu antara kedua sistem identik, namun tetap ada perbedaan antara kedua sistem, dimana suhu sistem dengan menggunakan *containtment* relatif lebih rendah. Hal itu disebabkan kinerja pendingin pada sistem lebih efektif pada sistem yang menggunakan sistem *containtment*.

Pada analisa karakteristik suhu rak *data center*, dibandingkan antara sistem dengan tanpa *containtment* dan sistem dengan *containtment*. Hasil uji coba karakteristik suhu untuk kinerja pendingin dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



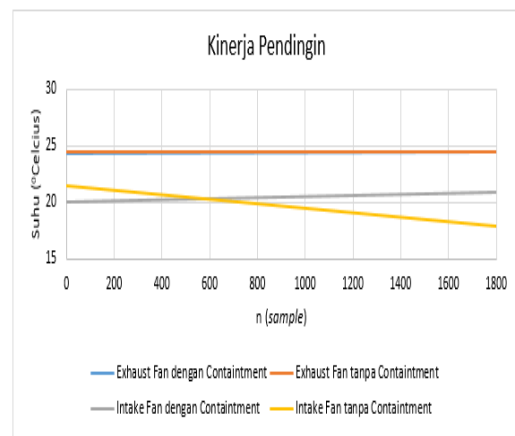
Gambar 13. Hasil uji coba karakteristik suhu pada rak *data center* dengan grafik linear

Perbandingan antara kedua sistem yang telah di uji coba dapat diketahui bahwa suhu rak *data center* memiliki karakteristik suhu yang sama. Suhu tertinggi rak *data center* dengan sistem yang menggunakan *containtment* lebih rendah 1,22% dibanding dengan sistem tanpa *containtment*. Sedangkan suhu terendah rak *data center* dengan sistem yang menggunakan *containtment* lebih rendah 1,22% dibanding dengan sistem tanpa *containtment*. Meskipun begitu karakteristik perubahan suhu pada kedua sistem cenderung sama. Jika dilihat pada sisi waktu, pada sistem yang tanpa *containtment* membutuhkan 324 detik atau 5,4 menit untuk mencapai suhu terendah, sedangkan suhu pada sistem yang menggunakan *containtment* dapat mencapai suhu terendah pada detik ke 319 atau menit

ke 5,31. Maka jika dibandingkan antara suhu sistem tanpa *containtment* dan sistem dengan *containtment* pada detik ke 319 dapat diketahui bahwa suhu pada sistem dengan *containtment* lebih rendah 1,59% dibanding sistem tanpa *containtment*.

Berdasarkan hasil yang didapat maka dapat diambil kesimpulan bahwa karakteristik suhu rak *data center* lebih baik pada sistem dengan menggunakan *containtment* daripada sistem dengan tanpa *containtment*. Hal tersebut karena karakteristik suhu yang di dapat selaras dengan karakteristik pada kinerja pendingin serta *perforated tiles*. Selain itu sistem dengan tanpa *containtment* membutuhkan waktu sedikit lebih lama untuk mendinginkan rak *data center* karena fokus pendinginan terbagi dengan area kerja yang tidak terpisah secara langsung dengan area pendinginan rak *data center*.

Pada analisa karakteristik ketahanan suhu kinerja pendingin, dibandingkan antara sistem dengan tanpa *containtment* dan sistem dengan menggunakan *containtment*. Hasil uji coba karakteristik ketahanan suhu untuk kinerja pendingin dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



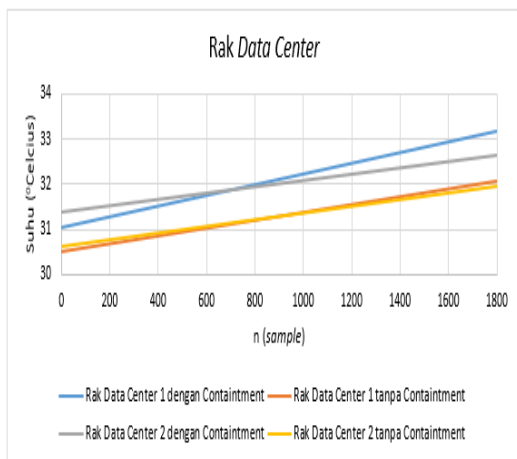
Gambar 14. Hasil uji coba ketahanan suhu pada kinerja pendingin dengan grafik linear

Perbandingan antara kedua sistem yang telah di uji coba dapat diketahui bahwa baik *exhaust fan* dan *intake fan* memiliki kecenderungan karakteristik suhu yang sama. Suhu terendah *exhaust fan* yang menggunakan sistem *containtment* sama dibanding dengan sistem tanpa *containtment*. Begitu juga dengan suhu tertinggi *intake fan* yang menggunakan sistem *containtment* sama dibanding dengan sistem tanpa *containtment*. Sedangkan suhu terendah pada *intake fan* yang menggunakan sistem *containtment* lebih tinggi 28,46% dibanding

dengan sistem tanpa *containtment*. Dari kedua sistem juga diketahui bahwa rata-rata nilai suhu pada peralihan sirkulasi udara pada sistem yang tanpa *containtment* adalah 23,57°C sedangkan suhu dengan sistem yang menggunakan *containtment* adalah 24,55°C. Sehingga diketahui bahwa perbedaan antara kedua nya adalah 4,15% lebih tinggi pada sistem yang menggunakan *containtment*.

Secara keseluruhan dapat diambil kesimpulan bahwa meskipun karakteristik suhu antara kedua sistem identik, namun tetap ada perbedaan antara kedua sistem, dimana suhu sistem dengan menggunakan *containtment* relatif lebih tinggi. Hal itu disebabkan kinerja pendingin pada sistem telah dipadamkan, sehingga suhu *exhaust fan* turun dibandingkan saat pendingin dinyalakan. Kemudian meskipun suhu sistem dengan menggunakan *containtment* sedikit lebih tinggi dari sistem dengan tanpa *containtment*, tetapi ada kecenderungan suhu lebih rendah dibandingkan saat kipas beroperasi, hal itu disebabkan sirkulasi udara telah berhenti namun sisa dari pendinginan masih tersisa sehingga suhu dari sisa pendinginan buatan masih terdeteksi.

Pada analisa karakteristik ketahanan suhu rak *data center*, dibandingkan antara sistem dengan tanpa *containtment* dan sistem dengan menggunakan *containtment*. Hasil uji coba karakteristik ketahanan suhu untuk kinerja pendingin dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 15. Hasil uji coba ketahanan suhu pada rak *data center* dengan grafik linear

Perbandingan antara kedua sistem yang telah di uji coba dapat diketahui bahwa suhu rak *data center* memiliki karakteristik ketahanan suhu yang sama. Suhu tertinggi rak *data center* dengan sistem yang

menggunakan *containtment* lebih tinggi 2,71% dibanding dengan sistem tanpa menggunakan *containtment*. Sedangkan suhu terendah rak *data center* dengan sistem yang menggunakan *containtment* sama dibanding dengan sistem tanpa *containtment*. Meskipun begitu karakteristik perubahan suhu pada kedua sistem cenderung sama. Jika dilihat pada sisi waktu, pada sistem yang tanpa *containtment* membutuhkan 887,5 detik atau 14,79 menit untuk mencapai suhu tertinggi, sedangkan suhu pada sistem yang menggunakan *containtment* dapat mencapai suhu tertinggi pada detik ke 885 atau menit ke 14,75.

Berdasarkan hasil yang didapat maka dapat diambil kesimpulan bahwa karakteristik suhu rak *data center* lebih baik pada sistem dengan tanpa *containtment* daripada sistem dengan menggunakan *containtment*. Hal tersebut karena karakteristik ketahanan suhu yang di dapat selaras dengan karakteristik pada kinerja pendingin serta *perforated tiles*. Selain itu sistem dengan tanpa *containtment* membutuhkan waktu sedikit lebih lama untuk mencapai suhu tertinggi pada rak *data center* karena panas dari rak *data center* terbagi dengan area kerja yang tidak terpisah secara langsung dengan area pendinginan rak *data center*.

Tabel 1. Rangkuman hasil pengujian

	Kinerja Pendingin		Area Kerja		Perforated Tiles		Rak Data Center	
	Containtment	Tanpa Containtment	Containtment	Tanpa Containtment	Containtment	Tanpa Containtment	Containtment	Tanpa Containtment
Karakteristik Suhu	24,92°C	25,52°C	30,73°C	30,85°C	28,74°C	28,94°C	30,52°C	30,93°C
Karakteristik Ketahanan Suhu	24,55°C	23,57°C	30,79°C	30,79°C	29,43°C	29,18°C	32,06°C	31,28°C

Dari analisa hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan dari kedua metode baik dengan metode dengan sistem *containtment* maupun tanpa *containtment*. Kemudian juga terdapat perbedaan antara karakteristik suhu dan karakteristik ketahanan suhu. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Dari tabel perbandingan tersebut dapat dilihat bahwa perbedaan yang terjadi antara karakteristik suhu dan karakteristik ketahanan suhu terhadap metode dengan *containtment* dan tanpa *containtment*

bervariasi nilainya. Namun secara garis besar dapat dikatakan bahwa parameter karakteristik suhu dengan sistem *containment* lebih unggul dibanding pada sistem tanpa *containment*. Sedangkan untuk parameter karakteristik ketahanan suhu sistem tanpa *containment* lebih unggul dibanding sistem dengan *containment*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan pengamatan yang telah dilakukan pada prototipe *data center* maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada uji coba karakteristik suhu di setiap kategori diketahui bahwa sistem dengan *containment* memiliki pencapaian suhu lebih rendah 1,59% hingga 3,19% dibanding sistem dengan tanpa *containment*. Maka dapat dikatakan pada penelitian ini bahwa *cold aisle containment system* lebih baik dalam hal karakteristik suhu di banding tanpa *containment*.
2. Pada uji coba karakteristik ketahanan suhu di setiap kategori diketahui bahwa sistem tanpa *containment* memiliki pencapaian suhu lebih rendah 1,73% hingga 4,15% serta lebih lama dalam mencapai suhu tertinggi dibanding sistem dengan *containment*. Maka dapat dikatakan dalam penelitian ini bahwa sistem tanpa *containment* lebih baik dalam hal karakteristik ketahanan suhu dibanding dengan *cold aisle containment system*.
3. Untuk *data center* tingkat I dan tingkat II tidak disarankan menggunakan *cold aisle containment system* karena lebih cepat mencapai panas ketika terjadi kegagalan pendingin dan tidak cocok diterapkan terhadap *data center* yang memiliki kelistrikan yang tidak stabil. Namun *cold aisle containment system* lebih baik digunakan pada *data center* tingkat III dan tingkat IV karena memiliki efisiensi dan peformansi yang lebih baik dibandin sistem tanpa *containment*.

SARAN

Sebagai bahan perancangan dan penelitian lebih lanjut penulis menyarankan yaitu:

1. Pada perancangan selanjutnya, harus memperhatikan komponen prototipe seperti material, desain hingga perakitan prototipe.

2. Dapat menggunakan metode pendinginan yang lain dalam penelitian.
3. Dapat menemukan dan menerapkan metode baru dalam penggunaan *data center*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggar, M. et al., 2012. Data Centre Life Cycle Assessment Guidelines. , p.28.
- Beloglazov, A. et al., 2011. *A Taxonomy and Survey of Energy-Efficient Data Centers and Cloud Computing Systems*,
- Bullock, M., 2009. Data Center Definition and Solutions. *Solutions*, pp.1–9.
- Energy Star, 2011. Recommendations for Measuring and Reporting Overall Data Center Efficiency. *The green Grid*, pp.1–14.
- Germagian, M., 2010. White Paper Data Center Containment Cooling Strategies.
- Lin, P., Avelar, V. & Niemann, J., 2013. Implementing Hot and Cold Air Containment in Existing Data Centers.
- Milojkovic, A. & Chiu, T., 2015. Green Data Centre.
- Newcombe, L., 2009. Data centre energy efficiency metrics: Existing and proposed metrics to provide effective understanding and reporting of data centre energy. *Report from: <http://www.bcs.org/>*, p.54.
- Niemann, J., Brown, K. & Avelar, V., 2013. Hot-Aisle vs . Cold-Aisle Containment for Data Centers. , pp.1–13.
- Pentair Technical Product, 2010. Overview & Design of Data Center Cabinets.
- Reichle, De-Massari AG, & (R&M), 2011. R & M Data Center. , p.158.
- Stewart, I. et al., 2012. Data center operational efficiency best practices.



BRIAN ARNANDA RAZAK lahir di Bogor pada 19 Januari 1994, menempuh pendidikan S1 Teknik Elektro di Fakultas Teknik, Universitas Mataram.