

BAB II.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum *Data Center*

2.1.1. Definisi *Data Center*

Data Center, atau pusat data, adalah infrastruktur yang dirancang untuk menyimpan, mengelola, dan memproses data dalam jumlah besar. Menurut penelitian, *Data Center* dapat didefinisikan sebagai bangunan atau bagian dari bangunan yang memiliki fungsi utama untuk menampung ruang komputer dan area pendukungnya. Ini mencakup berbagai komponen seperti server, perangkat komunikasi, dan sistem penyimpanan yang diatur dalam lingkungan yang memenuhi persyaratan khusus untuk keamanan fisik, pengendalian lingkungan, dan kemudahan pemeliharaan. [1]

Dalam Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia No.4 Tahun 2024 tentang penyelenggaraan urusan pemerintahan konkuren bidang komunikasi dan informatika Bab 1 Pasal 1, Pusat Data didefinisikan suatu fasilitas yang digunakan untuk menempatkan sistem elektronik dan komponen terkaitnya untuk keperluan penempatan, penyimpanan dan pengolahan data, dan pemulihan data.

Data Center juga dibangun dengan arsitektur jaringan yang kompleks, termasuk penggunaan switch dan router dalam hirarki bertingkat untuk mendukung layanan komputasi awan. Hal ini memungkinkan fleksibilitas dalam pengelolaan sumber daya sesuai dengan kebutuhan bisnis yang bervariasi.

2.1.2. Fungsi *Data Center*

- Penyimpanan Data yang Aman

Data Center berfungsi sebagai tempat penyimpanan data yang aman dan terorganisir. Dengan infrastruktur yang dirancang khusus, *Data Center* melindungi data dari kehilangan, kerusakan, atau akses tidak sah, sehingga memberikan keamanan yang lebih baik dibandingkan dengan penyimpanan tradisional.

- Mendukung Kelancaran Operasional Bisnis

Data Center memastikan bahwa aplikasi dan layanan dapat diakses dengan cepat dan tanpa hambatan. Hal ini sangat penting untuk menjaga produktivitas dan efisiensi operasional perusahaan, terutama dalam era digital yang membutuhkan akses data secara real-time.

- Infrastruktur IT yang Kuat

Data Center merupakan tulang punggung infrastruktur TI perusahaan, menyediakan kapasitas pemrosesan dan penyimpanan yang diperlukan untuk menjalankan aplikasi bisnis. Ini juga mendukung inovasi dan skalabilitas, memungkinkan perusahaan untuk berkembang sesuai dengan kebutuhan pasar.

- Analisis Data dan Big Data

Data Center mendukung analisis data besar (big data) dan pengembangan aplikasi berbasis kecerdasan buatan (AI). Dengan kemampuan untuk mengelola volume data yang besar, perusahaan dapat melakukan analisis yang lebih mendalam untuk pengambilan keputusan strategis.

- Pengurangan Biaya Operasional

Dengan menggunakan layanan *Data Center*, perusahaan dapat mengurangi biaya operasional terkait pemeliharaan perangkat keras dan infrastruktur TI. Ini termasuk

penghematan dari segi energi, ruang fisik, serta biaya tenaga kerja untuk pemeliharaan sistem. [2]

2.1.3. Standard Data Center

Dalam Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia No.4 Tahun 2024 tentang penyelenggaraan urusan pemerintahan konkuren bidang komunikasi dan informatika Pasal 45, *Data Center* membutuhkan setidaknya sistem kelistrikan utama beserta cadangan, sistem pemadam kebakaran, sistem pendinginan, sistem telekomunikasi, laboratorium computer, ruang server, ruang kerja, NOC, *Data Operation Center*, *Command Center*, *SOC*, *Emergency Operation Center*.

- Pasal 45
- (1) Pemerintah Daerah dapat menyelenggarakan:
 - a. Pusat Komputasi; dan/atau
 - b. Pusat Kendali,sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
 - (2) Dalam hal Pemerintah Daerah menyelenggarakan Pusat Komputasi dan/atau Pusat Kendali sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus memastikan keterhubungan dengan Pusat Data nasional.
 - (3) Penyelenggaraan Pusat Komputasi dan/atau Pusat Kendali Pemerintah Daerah sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilaksanakan oleh Dinas.
 - (4) Penyelenggaraan Pusat Komputasi dan/atau Pusat Kendali Pemerintah Daerah sebagaimana dimaksud pada ayat (3), Dinas harus melakukan pengamanan fisik infrastruktur Pusat Komputasi dan/atau Pusat Kendali.
 - (5) Pengamanan fisik infrastruktur Pusat Komputasi dan/atau Pusat Kendali sebagaimana dimaksud pada ayat (4), minimal meliputi:
 - a. Sistem monitoring lingkungan berupa penyediaan televisi sirkuit tertutup (*closed circuit television*), kontrol akses masuk, dan *log book*;
 - b. sistem kelistrikan utama dan cadangannya berupa penyediaan UPS dan/atau genset;
 - c. sistem pemadam kebakaran berupa penyediaan Alat Pemadam Kebakaran Ringan (*APAR*) atau jenis lainnya;
 - d. sistem pendingin ruangan berupa penyediaan perangkat pendingin ruangan sesuai kebutuhan; dan
 - e. sistem jaringan telekomunikasi berupa penataan dan pelabelan.
 - (6) Pusat Komputasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a mencakup:
 - a. laboratorium komputer;
 - b. ruang server farm; dan/atau
 - c. workstation farm.
 - (7) Pusat Kendali sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b mencakup:
 - a. *Network Operation Center*;
 - b. *Data Operation Center*;
 - c. *Command/Operation Center*;
 - d. *Security Operation Center*; dan/atau
 - e. *Emergency Operation Center*.

Gambar 2. 1 Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika No.4 Th. 2024

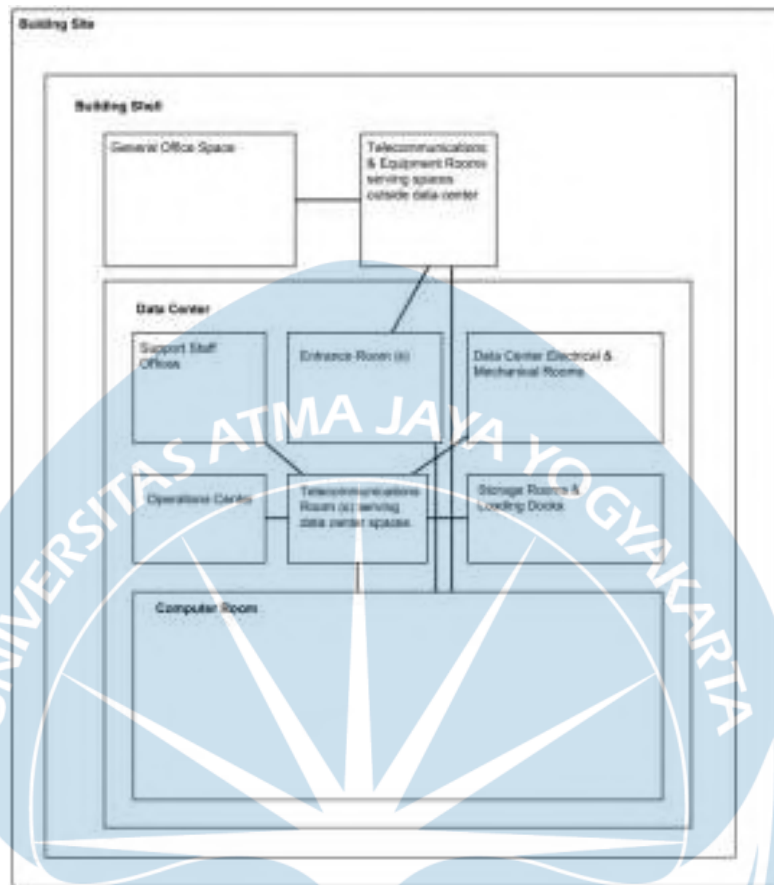
Data Center mengatasi downtime dengan membangun redundansi ke dalam infrastrukturnya. Arsitektur pusat data redundan menduplikasi komponen penting seperti sistem UPS, sistem pendingin, dan generator cadangan untuk memastikan operasi pusat data dapat terus berlanjut meskipun ada komponen yang rusak. Meskipun peningkatan tingkat redundansi lebih baik dalam

menghindari waktu henti, desain yang sepenuhnya redundan mahal, dan tidak sesuai dengan anggaran setiap bisnis. Berikut tingkat level redundansi pada data center :

- N (N=Need) atau Persyaratan Dasar Sistem
 - Memenuhi persyaratan dasar untuk beban minimum kW dan tidak memiliki redundansi.
- N+1 *Redudancy*
 - Redundansi N+1 menyediakan satu unit, modul, jalur, atau sistem tambahan selain dari minimum yang diperlukan untuk memenuhi persyaratan dasar.
 - Kegagalan atau pemeliharaan satu unit, modul, atau jalur tidak akan mengganggu operasi.
 - Untuk sistem toleran kesalahan yang lebih kecil di mana satu modul dapat mengakomodasi beban kritis, model N+1 dan 2N adalah sama.
- N+2 *Redudancy*
 - Redundansi N + 2 menyediakan dua unit, modul, jalur, atau sistem tambahan selain dari minimum yang diperlukan untuk memenuhi persyaratan dasar.
 - Kegagalan atau pemeliharaan dua unit, modul, atau jalur tunggal tidak akan mengganggu operasi.
- 2N *Redudancy*
 - Redundansi 2N menyediakan dua unit, modul, jalur, atau sistem yang lengkap untuk setiap unit, modul, jalur, atau sistem yang diperlukan untuk sistem dasar. 2N juga disebut sebagai "dual-path topology."
 - Kegagalan atau pemeliharaan satu unit, modul, jalur, atau sistem secara keseluruhan tidak akan mengganggu operasi.

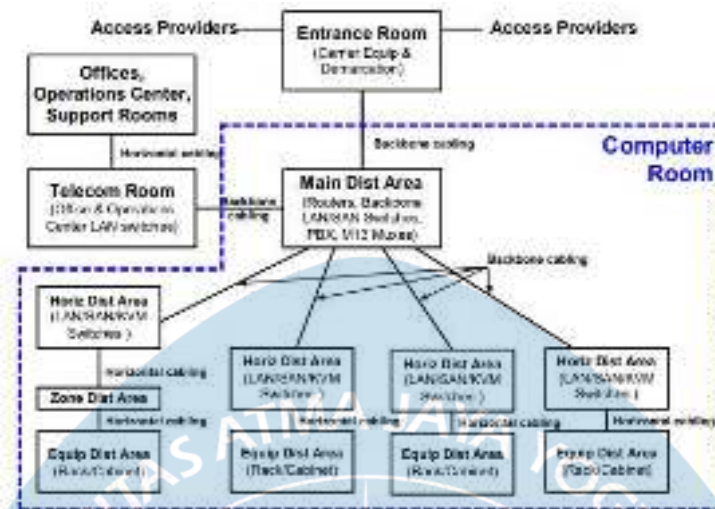
- Untuk sistem toleran kesalahan yang lebih kecil di mana satu modul dapat mengakomodasi beban kritis, model $2N$ dan $N+1$ adalah sama/
- $2(N+1)$ Redudancy
 - Redundansi $2(N+1)$ menyediakan dua unit, modul, jalur, atau sistem yang lengkap ($N+1$). Kegagalan atau pemeliharaan satu unit, modul, jalur, atau sistem akan tetap membiarkan sistem tetap utuh dengan redundansi penuh dan tidak akan mengganggu operasi.
- Multi- N Redundancy (xN)
 - Topologi sistem multi- N digunakan terutama dalam sistem daya skala besar atau toleran kesalahan di mana lebih dari dua sistem besar digunakan bersama-sama. Dalam topologi sistem seperti itu, koneksi beban kritis pada PDU atau tingkat sirkuit cabang adalah cara utama untuk mencapai redundansi dan Kelas sistem.

Dalam buku panduan standar *Data Center TIA-942* edisi tahun 2005 (*Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers*) yang diterbitkan untuk menjadi standar panduan perencanaan desain bangunan *Data Center*.



Gambar 2. 2 Hubungan Ruang *Data Center*
Sumber : ANSI/TIA-942 2005

Gambar tersebut mengilustrasikan ruang-ruang utama dari *Data Center* yang umum dan bagaimana ruang-ruang tersebut saling berhubungan dan ruang-ruang di luar *Data Center*. Standar ini membahas infrastruktur telekomunikasi untuk ruang-ruang *Data Center*, yaitu ruang komputer dan ruang-ruang pendukung terkait. Pengkabelan telekomunikasi dan ruang-ruang di luar ruang komputer dan ruang-ruang pendukung terkait diilustrasikan dalam gambar tersebut untuk menunjukkan hubungan dengan *Data Center*.



Gambar 2. 3 Contoh Topologi Data Center
Sumber : ANSI/TIA-942 2005

Data Center pada umumnya mencakup satu ruang masuk, mungkin satu atau lebih ruang telekomunikasi, satu area distribusi utama, dan beberapa area distribusi horizontal.

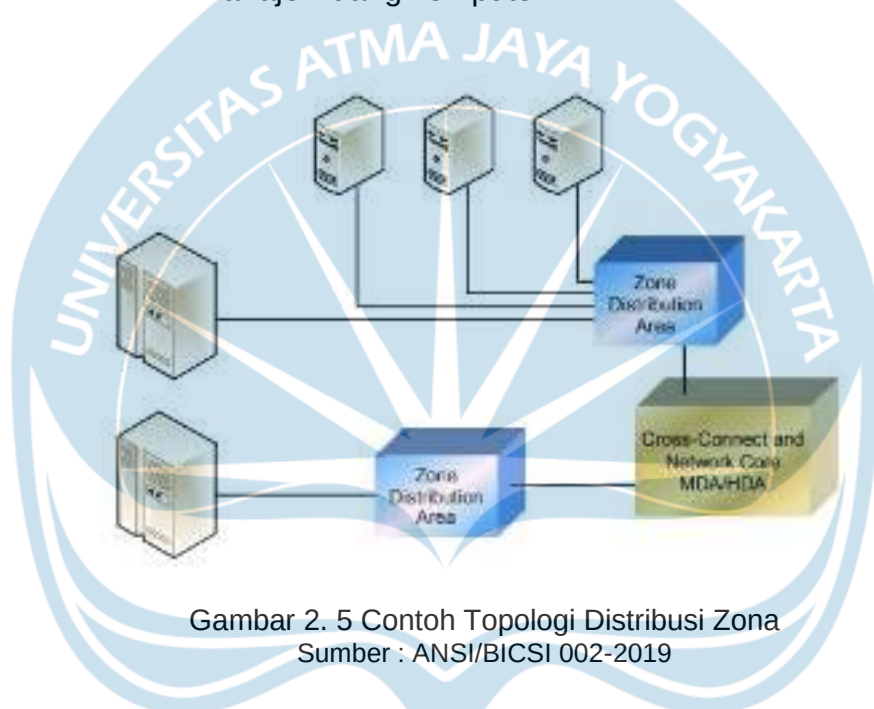


Gambar 2. 4 Contoh Topologi Koneksi Sederhana
Sumber : ANSI/BICSI 002-2019

Gambar 2.4 adalah contoh representasi topografi koneksi sederhana untuk pusat data. Koneksi yang ditampilkan dapat berupa tembaga atau serat optik asalkan standar tidak dilanggar. Hal-hal yang perlu diingat:

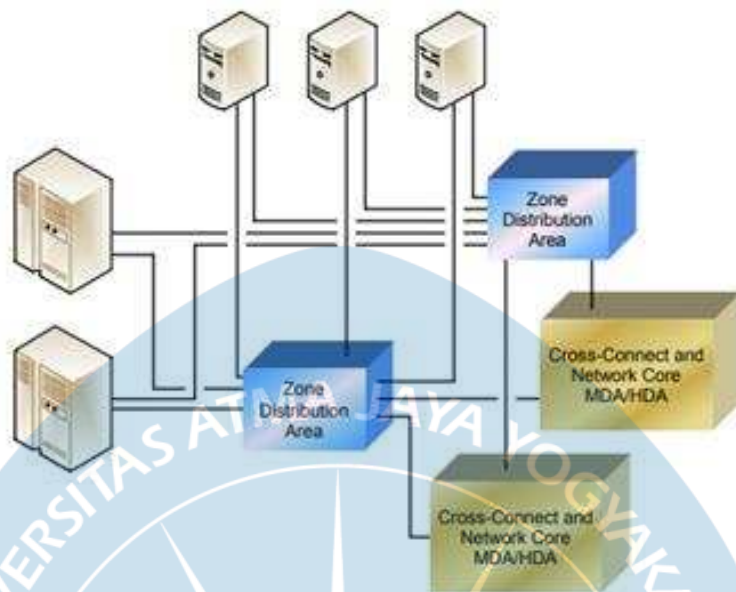
- Jika berjalan di atas lantai, perhatikan batasan jarak dari elemen pencegah kebakaran.

- Jika berjalur di bawah lantai, tetaplah di bawah lorong dan jangan jalankan media di bawah peralatan statis.
- Jaga semua jalur pada putaran 90° (tidak melanggar radius tekukan); jangan jalankan media pada sudut melintasi ruangan.
- *Mapping* semua jalur dan berikan salinan terbaru kepada manajer ruang komputer.



Gambar 2. 5 Contoh Topologi Distribusi Zona
Sumber : ANSI/BICSI 002-2019

Gambar 2.5 adalah contoh representasi dasar distribusi zona. Area distribusi zona dapat ditempatkan di atas lantai, di rak peralatan atau di bawah lantai dalam kotak akses (access floor). Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan. Ketika ditempatkan di atas lantai, koneksi lebih mudah diakses untuk koneksi dan pemeliharaan. Namun, metode di atas lantai menggunakan ruang lantai yang seharusnya tersedia untuk peralatan.



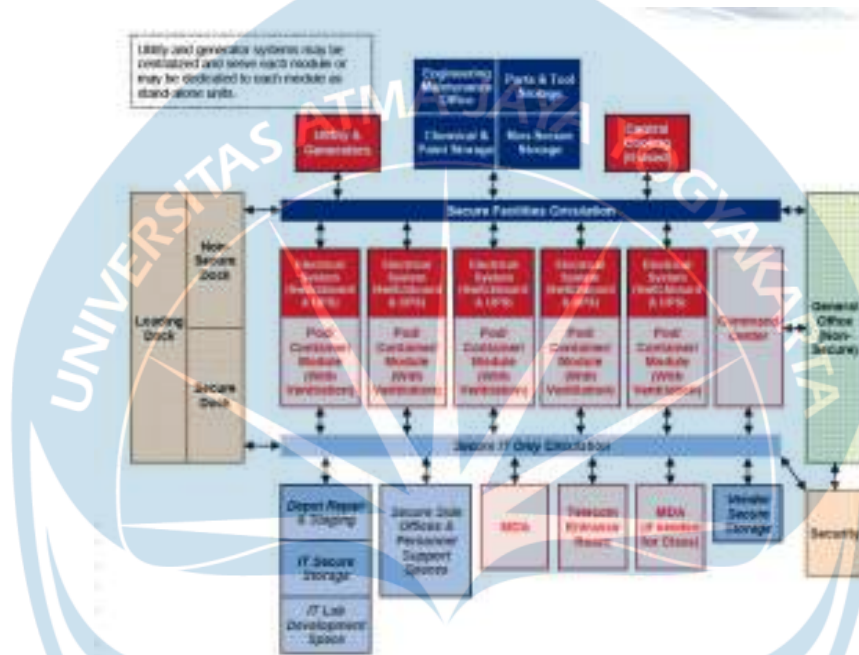
Gambar 2. 6 Contoh Topologi *Redundant*
Sumber : ANSI/BICSI 002-2019

Gambar 2.6 adalah contoh topologi redundan menggunakan area distribusi zona redundan. Bisa diketahui bahwa dua jalur yang benar-benar terpisah digunakan untuk menjaga pemisahan kabel secara maksimal dari setiap ZDA.

2.1.4. **Komponen Data Center**

- 1) *Power Systems*: Uninterruptible power supplies (UPS) dan genset cadangan supaya operasional tetap berjalan.
- 2) *Cooling Systems*: HVAC (heating, ventilation, and air conditioning) sistem pendingin suhu untuk mencegah *overheating*.
- 3) *Networking Infrastructure*: Routers, switches, dan perkabelan untuk mengatur data transfer dan konektivitas internet.
- 4) *Security Systems*: Keamanan fisik dan cybersecurity untuk menjaga keamanan data.

- 5) Storage: Comprising SAN (Storage Area Networks) or NAS (Network-Attached Storage) untuk keperluan storage.
- 6) Computing Resources: Server dan platform virtual untuk memproses dan mengatur servis *Data Center*.



Gambar 2. 7 Hubungan Ruang *Data Center* Modular
Sumber : ANSI/BICSI 002-2019

2.1.5. Tipe Klasifikasi *Data Center*

- Small *Data Centers*:
 - 50-200 m²
 - 1-5 MW (Megawatts)
 - Untuk bisnis dengan kepadatan server yang relatif rendah.
- Medium *Data Centers*:
 - 500-5,000 m²
 - 5-20 MW (Megawatts)

- Untuk perusahaan skala menengah atau layanan hosting regional dengan kebutuhan penyimpanan lebih tinggi dan infrastruktur lebih luas.
- *Large Data Centers:*
 - Sekitar 5,000-25,000 m²
 - 20 MW+ (Megawatts)
 - Digunakan oleh perusahaan dengan kebutuhan data tinggi, seperti situs web besar, penyedia konten, dan aplikasi perusahaan.
- *Hyperscale Data Centers:*
 - Sekitar 100,000 m² atau lebih
 - 100 MW+ (Megawatts)
 - Dibangun oleh penyedia cloud dan digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan banyak penyimpanan, AI, analitik, dan database besar.

2.1.6. Tiering Data Center

- *Tier 1 – Basic : 99.671% Availability*
 - Rentan terhadap gangguan dari aktivitas yang direncanakan dan tidak direncanakan.
 - Jalur tunggal untuk distribusi daya dan pendinginan, tidak ada komponen yang redundan (N).
 - Mungkin atau mungkin tidak memiliki rantai yang ditinggikan, UPS, atau generator.
 - Butuh waktu 3 bulan untuk menerapkannya
 - *Downtime* tahunan 28,8 jam.
 - Harus dimatikan sepenuhnya untuk melakukan pemeliharaan preventif.
- *Tier 2 – Redundant Components : 99.741% Availability*
 - Kurang rentan terhadap gangguan dari aktivitas yang direncanakan dan tidak direncanakan.

- Jalur tunggal untuk gangguan daya dan pendinginan, mencakup komponen redundan (N+1).
- Mencakup lantai yang ditinggikan (*floor raised*), UPS, dan generator.
- Memerlukan waktu 3 hingga 6 bulan untuk penerapan
- *Downtime* tahunan 22,0 jam.
- Pemeliharaan jalur daya dan bagian lain dari infrastruktur memerlukan penghentian pemrosesan.
- Tier 3 – *Concurrently Maintainable* : 99.982% Availability
 - Memungkinkan aktivitas terencana tanpa mengganggu pengoperasian perangkat keras komputer, tetapi kejadian yang tidak terencana tetap akan menyebabkan gangguan.
 - Beberapa jalur distribusi daya dan pendinginan tetapi hanya dengan satu jalur yang aktif, mencakup komponen redundan (N+1).
 - Memerlukan waktu 15 hingga 20 bulan untuk penerapan.
 - *Downtime* tahunan 1,6 jam
 - Mencakup lantai yang ditinggikan dan kapasitas serta distribusi yang cukup untuk membawa beban pada satu jalur sambil melakukan pemeliharaan pada jalur lainnya.
- Tier 4 – *Fault Tolerant* : 99.995% Availability
 - Aktivitas yang direncanakan tidak mengganggu beban kritis dan *Data Center* dapat bertahan setidaknya satu kejadian terburuk yang tidak direncanakan tanpa dampak beban kritis.
 - Beberapa jalur distribusi daya dan pendinginan aktif, mencakup komponen redundan (2 (N+1), contoh 2 UPS masing-masing dengan redundansi N+1).

- Memerlukan waktu 15 hingga 20 bulan untuk diterapkan.
- Waktu henti tahunan 0,4 jam.

2.1.7. Perhitungan *Data Center*

- Estimasi Kebutuhan Rak

Identifikasi Dimensi Peralatan dan Unit Rak (U):

- Setiap unit rak (U) memiliki tinggi 4,45 m. Rak standar biasanya memiliki tinggi 42U, meskipun rak 48U juga umum digunakan.
- Tentukan jumlah "U" yang dibutuhkan untuk semua peralatan (server, switch, storage) yang akan dipasang.

Hitung Jumlah Total Rak yang Dibutuhkan:

- Hitung total unit rak (U) yang diperlukan dan bagi dengan kapasitas tinggi masing-masing rak (misalnya, 42U atau 48U).

$$\text{Total Number of Racks} = \frac{\text{Total U Required}}{\text{Rack Height (U)}}$$

- Estimasi Luas Lantai untuk Rak

Ukuran Jejak Rak:

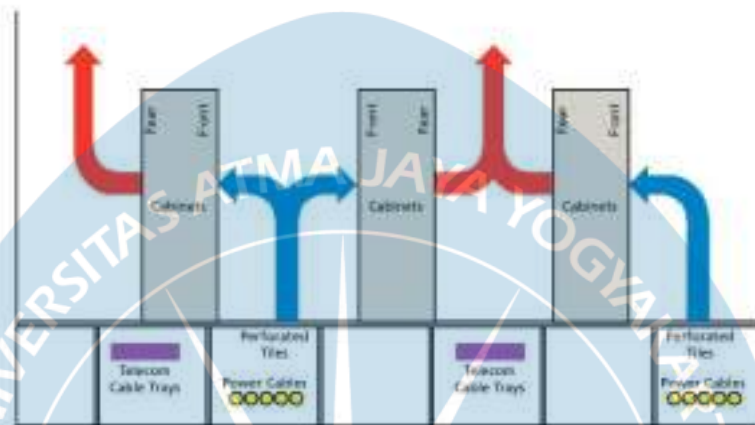
- Rak standar memiliki ukuran lantai 600 mm x 1000 mm atau 600 mm x 1200 mm. Namun, rak yang lebih besar mungkin digunakan untuk peralatan yang lebih banyak.

$$\text{Total Rack Floor Area} = \text{Number of Racks} \times \text{Rack Footprint (m}^2\text{)}$$

Ruang Lorong dan Akses:

- Sisakan ruang untuk lorong dingin dan panas, akses pemeliharaan, dan jarak aman.

- Tata letak umum menggunakan susunan lorong panas-dingin, dengan jarak sekitar 1-1,2 m antara baris. Total ruang lorong dapat meningkatkan kebutuhan area lantai hingga 30-40%.



Gambar 2. 8 *Hot Aisle dan Cold Aisle*
Sumber : ANSI/TIA-942 2005

2.1.8. Kriteria *Data Center*

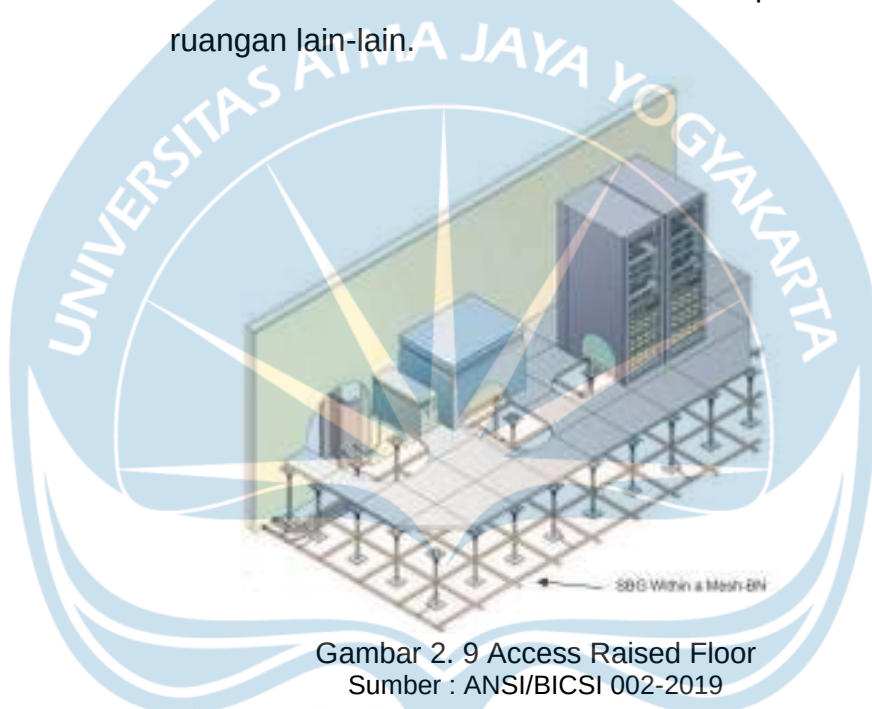
- Lokasi
Kebebasan Interferensi: Lokasi harus bebas dari interferensi peralatan elektronik yang dapat menimbulkan gangguan elektromagnetis.
Strategis: Lokasi yang strategis untuk memfasilitasi akses dan transportasi data.
- Desain Infrastruktur
Material Bahan Bangunan: Penggunaan material bahan bangunan yang terbaik, seperti lantai anti statis dan semen tahan api.
Tahan Guncangan: Bangunan harus tahan guncangan hingga 8.5 skala Richter.
Atap Terlindungi Water Cooling System: Atap yang dilindungi dengan sistem pendinginan air untuk menghindari kerusakan akibat cuaca ekstrem.

- Ruang dan Layout

Area Raised Floor: Memiliki area raised floor untuk instalasi kabel dan peralatan yang mudah diakses.

Layout Rack Server: Rancangan layout yang tepat untuk penyimpanan rack server dan perangkat jaringan.

Kompartemen Ruangan: Pembagian ruangan yang jelas antara command center, server room, power room, dan ruangan lain-lain.



Gambar 2. 9 Access Raised Floor

Sumber : ANSI/BICSI 002-2019

- Sistem Kelistrikan

Pasokan Listrik: Sistem kelistrikan yang kuat dengan pasokan listrik dari berbagai sumber, termasuk cadangan Genset minimal 2 unit berkapasitas 1.5 MW.

UPS dan PDU: Penggunaan UPS (Uninterruptible Power Supply) dan PDU (Power Distribution Unit) untuk mengurangi risiko korsleting.

- Sistem Pendingin

Chiller dan Sistem Ventilasi: Penggunaan chiller yang menyemburkan buih air untuk mendinginkan ruangan, serta sistem ventilasi udara yang efektif.

Integritas Sistem: Semua perangkat pendingin harus terintegrasi dalam satu sistem pengendali untuk optimalisasi.

- Sistem Keamanan

Akses Kontrol Biometrik: Penggunaan akses kontrol biometrik seperti sidik jari dan kartu identitas untuk membatasi akses.

Detektor Asap dan *Fire Suppression System*: Implementasi sistem penanganan kebakaran yang memenuhi standar internasional.

Monitoring Keamanan: Ruangan keamanan terpusat untuk memantau semua aktivitas di *Data Center*.

- Ketercapaian Layanan (Availability)

Zero-Failure Target: *Data Center* harus dirancang untuk mencapai target zero failure dalam operasionalnya.

Skalabilitas dan Fleksibilitas: *Data Center* harus bisa beradaptasi dengan pertumbuhan kebutuhan atau teknologi baru tanpa merubah substansi dasarnya.

2.2. Tinjauan Teori Pendekatan Arsitektur *Eco-Sustainable*

2.2.1. Definisi Arsitektur *Eco-Sustainable*

Eco berasal dari kata ekologi, yang berarti hubungan antara organisme hidup dan lingkungan sekitar. Secara garis besar *eco* sering digunakan untuk menggambarkan gaya hidup yang ramah lingkungan dan bertujuan untuk menjaga lingkungan sekitar. *Sustainable* yang artinya keberlanjutan, arti keberlanjutan ini mengacu pada kemampuan untuk mempertahankan suatu proses yang dilakukan sebelumnya. [3]

Eco-Sustainable atau keberlanjutan ekologis adalah konsep yang mengintegrasikan prinsip-prinsip keberlanjutan dalam

pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan. Definisi ini mencakup upaya untuk memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Penerapan *eco-sustainable* dapat dilihat dalam berbagai bidang, termasuk arsitektur berkelanjutan, desain produk ramah lingkungan, dan praktik bisnis yang bertanggung jawab. Misalnya, dalam desain arsitektur, penggunaan material yang tidak berbahaya bagi lingkungan serta penerapan energi terbarukan adalah langkah-langkah konkret menuju keberlanjutan ekologis.

2.3. Tinjauan Teori Sistem Kebakaran *Inert Gas*

2.3.1. Definisi *Inert Gas Fire Suppression System*

Inert gas fire suppression system adalah teknologi pemadam kebakaran yang menggunakan gas tidak reaktif untuk mengurangi kadar oksigen dalam ruangan hingga tingkat di mana api tidak dapat bertahan, tetapi masih aman bagi manusia. Sistem ini dirancang untuk bereaksi dengan cepat dalam situasi kebakaran tanpa menyebabkan kerusakan pada peralatan elektronik atau data yang disimpan. ini membuatnya ideal untuk ruangan yang berisi elektronik sensitif, seperti *Data Center*.

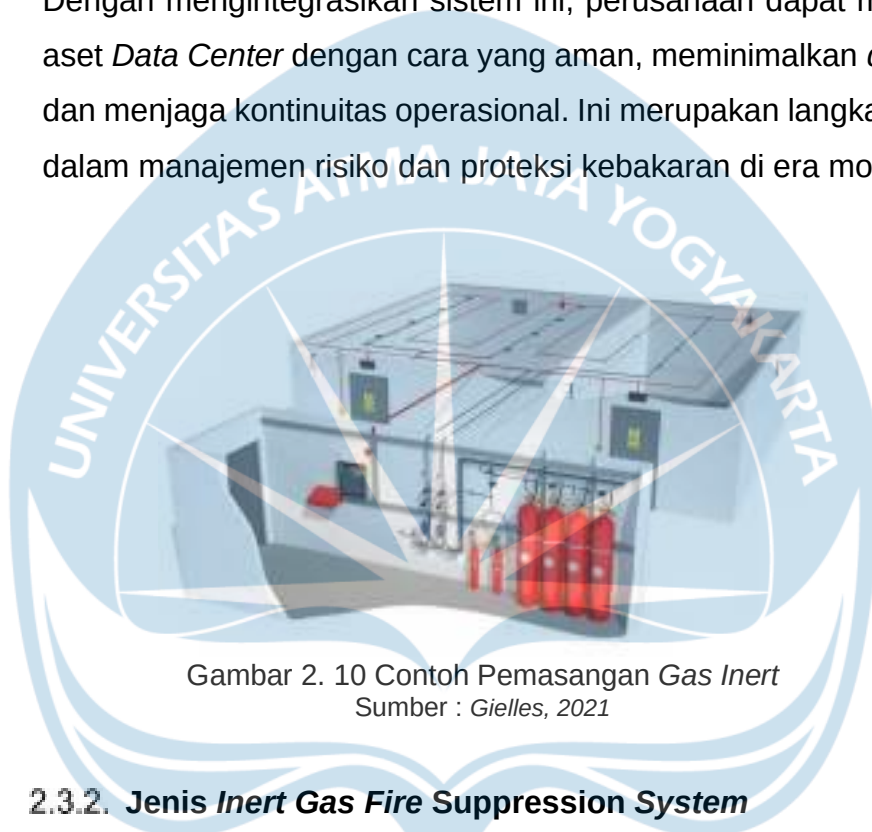
Gas tersebut didistribusikan melalui pipa yang terhubung ke nozzle di area yang dilindungi. *Nozzle* tersebut secara otomatis mengeluarkan gas pemadam setelah terpicu oleh deteksi kebakaran.

Komponen utama dari *inert gas fire suppression system* meliputi:

- Panel Kontrol: Mengatur fungsi sistem dan aktivasi ketika kebakaran terdeteksi.
- Sumber Gas: Tabung penyimpanan *gas inert*, seperti Argon atau Nitrogen.

- Pipa Distribusi: Memfasilitasi aliran gas dari sumber ke area yang terancam.
- Nozzle Pemancar: Memancarkan gas ke area yang dilindungi untuk memadamkan kebakaran.

Dengan mengintegrasikan sistem ini, perusahaan dapat melindungi aset *Data Center* dengan cara yang aman, meminimalkan *downtime*, dan menjaga kontinuitas operasional. Ini merupakan langkah penting dalam manajemen risiko dan proteksi kebakaran di era modern.



Gambar 2. 10 Contoh Pemasangan Gas Inert
Sumber : Gielles, 2021

2.3.2. Jenis *Inert Gas Fire Suppression System*

- Argon (Ar)
Argon adalah *gas inert* yang populer digunakan dalam *fire suppression system*, khususnya untuk ruang *Data Center*. Sebagai gas tunggal, Argon bekerja dengan mengurangi konsentrasi oksigen di ruangan hingga di bawah 15%. Pada level tersebut, kebanyakan api tidak dapat bertahan, tetapi masih aman untuk manusia dalam durasi yang singkat. Argon sangat efektif karena tidak menghantarkan listrik dan tidak meninggalkan residu apapun setelah aplikasikan pada pemadaman.
- Nitrogen (N₂)

Mirip dengan Argon, Nitrogen memadamkan api dengan menurunkan kadar oksigen dalam ruangan. Sifatnya yang tidak reaktif dan tidak konduktif membuatnya ideal untuk melindungi peralatan elektronik yang sensitif tanpa risiko korosi atau kerusakan lebih lanjut.

- Inergen

Inergen gas suppression system adalah campuran dari tiga *gas inert*, yaitu Argon, Nitrogen, dan sedikit Karbon Dioksida. Campuran ini dirancang untuk mengurangi konsentrasi oksigen di area yang terkena api dengan cara yang sangat cepat dan efektif. Gas ini bekerja sambil tetap mempertahankan lingkungan yang aman bagi manusia. Karbon Dioksida dalam campuran ini membantu manusia dalam menyerap lebih banyak oksigen dalam darah, sehingga lebih aman di hadapan konsentrasi oksigen yang lebih rendah.

- IG-55 (Argonite)

Argonite adalah campuran dari 50% Argon dan 50% Nitrogen. Keuntungan dari Argonite sebagai media pemadam pada inert gas *fire suppression system* adalah kemampuannya untuk memadamkan kebakaran tanpa menimbulkan efek negatif pada lingkungan dan peralatan elektronik. Seperti *gas inert* lainnya, Argonite memadamkan api dengan mengurangi kadar oksigen dan tidak meninggalkan residu yang bisa merusak peralatan elektronik. Oleh karena itu, Argonite banyak digunakan sebagai media pemadam pada inert gas *fire suppression system*.

2.3.3. Keunggulan *Inert Gas Fire Suppression System*

- *Electric Safe*

Salah satu keuntungan terbesar dari sistem *gas inert* adalah kemampuannya untuk memadamkan kebakaran tanpa merusak peralatan elektronik. *Gas inert*, seperti Argon dan Nitrogen, tidak konduktif dan tidak meninggalkan residu setelah aplikasi. Ini berarti bahwa sistem komputer, server, dan peralatan elektronik lainnya akan tetap aman dan tidak terkontaminasi selama atau setelah proses pemadaman. Hal ini akan mempersingkat waktu *downtime Data Center* pasca pemadaman.

- *Non-Conductive*

Sistem ini tidak menyebabkan kerusakan pada perangkat keras elektronik sensitif akibat air. Ini menghilangkan risiko kehilangan data atau kerusakan perangkat yang dapat terjadi jika air digunakan untuk memadamkan kebakaran di lingkungan yang dipenuhi elektronik.

- *Quick Response*

Fire system ini dirancang untuk beraksi cepat dengan mengurangi kadar oksigen di area yang terkena kebakaran. Respons cepat ini krusial untuk meminimalisir kerusakan dan memastikan bahwa kebakaran dapat dikendalikan sebelum menyebar luas.

- *Eco-Friendly*

Sistem penekan gas bahan bersih seperti IG-100 Nitrogen, ramah lingkungan dan tidak akan berkontribusi terhadap penipisan ozon bumi.

- *Minimal Damage*

Kerusakan yang disebabkan oleh kebakaran bukan satu-satunya kekhawatiran ketika menangani kebakaran bisnis, residu atau air yang tertinggal dari alat pemadam api tradisional bisa sangat merusak barang-barang seperti barang elektronik. Dengan sistem penekan gas, bisnis Anda akan kembali aktif dan berjalan lebih cepat, karena pembersihan yang diperlukan setelah kebakaran padam jauh lebih sedikit.

2.3.4. Komponen Pemasangan



Gambar 2. 11 Komponen Gas *Inert*
Sumber : etifiresystems

1. Air sampling smoke detector system: Secara terus menerus menganalisis udara ruangan secara aktif dengan mengambil sampel udara dan mendeteksi produksi asap minimal sedini mungkin
2. Pressure relief: Mencegah kenaikan tekanan yang tidak diperbolehkan ketika zona pemadaman tergenang air

3. Smoke detectors: antau zona pemadaman dan kirimkan alarm ke panel kontrol pemadaman jika asap terdeteksi
4. Gas extinguishing nozzles: Mendistribusikan gas pemadam secara merata ke seluruh area pemadaman
5. Acoustic and optical alarm devices: Pastikan setiap orang dapat mengevakuasi kawasan lindung selama periode peringatan awal
6. Pelepasan manual Memungkinkan untuk mengaktifkan sistem pemadaman secara manual jika ditemukan kebakaran
7. Fire detection / extinguishing control panel: Memproses sinyal deteksi kebakaran, memicu alarm dan membanjiri zona pemadaman setelah periode peringatan awal yang ditentukan
8. Extinguishing cylinders: menampung 80 atau 140 liter gas pemadam non-cair di bawah tekanan 300 bar, disuplai secara terpisah atau dalam baterai silinder yang menghemat ruang

2.4. Tinjauan Teori Sistem Penghawaan *Liquid cooling*

2.4.1. Definisi Sistem Penghawaan *Liquid cooling*

Sistem penghawaan *liquid cooling* untuk *Data Center* adalah teknologi yang menggunakan cairan untuk mengalirkan panas dari komponen-komponen perangkat keras, seperti processor dan memory, ke dalam sistem pendinginan yang lebih efisien. Sistem pendinginan menggunakan cairan atau *liquid cooling* merupakan cara yang lebih efisien untuk mendinginkan ruang server. Karena cairan lebih baik dalam mentransfer panas dan dapat mendukung kepadatan peralatan yang lebih besar.

For a liquid-cooled system	
What type of liquid-cooled system? • Cooling water system ◦ Cooling towers ◦ Direct evaporative cooling (mist cooling etc.) ◦ Indirect water cooling (sea/river or groundwater used to remove heat from the cooling water via heat exchanger or similar method) • Chilled water system ◦ Air-cooled (dry) chillers ◦ Water-cooled (wet) chillers ◦ Absorption chillers (for facilities with on-site cogeneration capabilities) • Immersion cooling	Decide on following parameters: • Chilled water/cooling water temperature settings (supply and return) • Water pipe diameters • Pump capacity and speed • Chemical additives • Whether to adopt thermal storage ◦ Capacity? (minutes or hours) ◦ Where? (underground or outdoors) It is desirable to maintain laminar flow inside pipes to reduce pump power requirements. Minimizing the number of bends and valves in the main pipes and increasing the bend radii reduces the minimum pump power needed. Both pipe sizes and pump ratings must look forward into 5-7 generations of ITE needs (15-20 years)

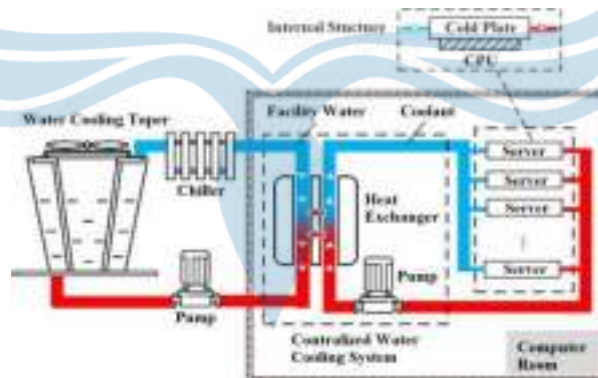
Gambar 2. 12 Checklist *Liquid Cooling*

Sumber : ANSI/BICSI 002-2019

2.4.2. Jenis Sistem Penghawaan *Liquid cooling*

- Cold-Plate *Liquid cooling*

Sistem ini menggunakan piringan dingin (cold plates) yang ditempatkan di dekat komponen panas, seperti CPU atau GPU. Cairan pendingin mengalir melalui piringan ini untuk menyerap panas secara langsung dari komponen, sehingga mengurangi suhu secara efektif.



Gambar 2. 13 *Water Cooling+Cold-plate*

- Water Cooling

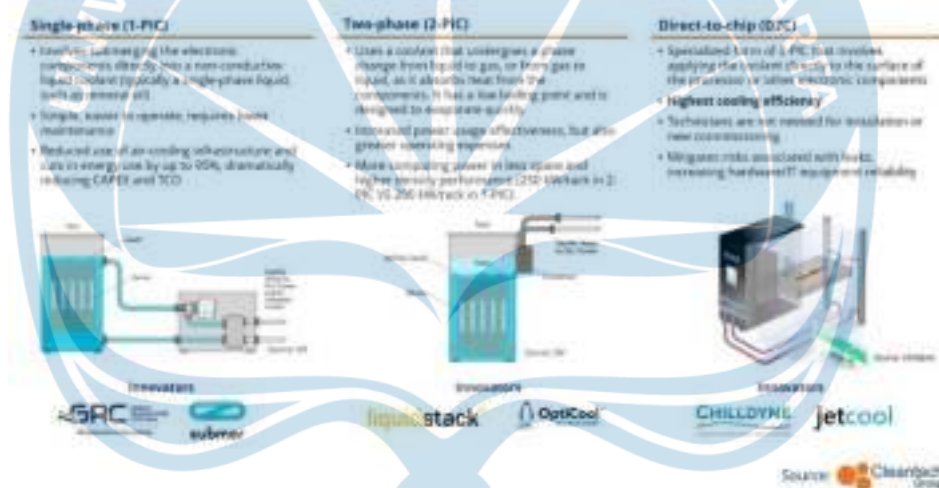
Terdapat dua jenis utama dalam kategori ini:

- Direct Evaporative Cooling: Menggunakan air dingin yang langsung berinteraksi dengan komponen untuk mendinginkannya.

- Indirect Evaporative Cooling: Air dingin digunakan untuk mendinginkan udara, yang kemudian digunakan untuk mendinginkan komponen di dalam *Data Center*

- Liquid Immersion Cooling

Dalam metode ini, perangkat keras ditenggelamkan dalam cairan dielektrik yang dapat mentransfer panas dengan sangat efisien. Teknik ini memungkinkan pendinginan yang lebih baik dan dapat digunakan untuk berbagai sistem, dari komponen komputer hingga server penuh. Jenis sistem cooling ini ada 3 macam teknik yang berbeda, yaitu



Gambar 2. 14 *Immersion Cooling*
Sumber : Cleantech group

2.4.3. Kegunaan Sistem *Liquid cooling* untuk *Data Center*

- Efficiency

Liquid cooling mampu mengalirkan panas dengan lebih efisien dibandingkan metode pendinginan udara tradisional. Dengan menggunakan cairan, sistem ini dapat mengurangi suhu komponen hingga 70%-80%.

- Lower operational costs

Dengan efisiensi yang lebih tinggi dalam mengelola panas, *liquid cooling* dapat membantu mengurangi

konsumsi daya secara keseluruhan di *Data Center*. Ini menjadi semakin relevan di era digital saat ini, di mana konsumsi daya terus meningkat akibat pertumbuhan layanan penyimpanan data berskala besar.

- Longer Lifespan

Dengan menjaga suhu operasional pada tingkat optimal, *liquid cooling* dapat memperpanjang umur perangkat keras. Suhu yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada komponen, sehingga sistem pendinginan yang efektif sangat penting untuk menjaga keandalan dan umur panjang peralatan.

- Easy to Control

Berbeda dengan pendinginan udara, sistem *liquid cooling* mudah di monitor dan dikontrol.

- Preventing Downtime

Overheating dapat menyebabkan kegagalan sistem dan mengakibatkan *downtime*. Di *Data Center*, *downtime* tidak hanya memperlambat kerja tetapi juga sangat merugikan.



Gambar 2. 15 Contoh Peletakan Unit
Sumber : vertiv.com

2.5. Studi Preseden

Facebook Prineville *Data Center*



Gambar 2. 16 Gambar *Facebook Data Center*

Dirancang oleh Sheehan Partners 2011, Pusat Perhitungan Facebook Prineville telah menerima berbagai penghargaan termasuk AIA Chicago Design Award, rekayasa berita terbaik dari yang terbaik, Green Building of the Year, Editor Choice Awards, Rekor Arsitektur Good Business Award, dan Akreditasi LEED GOLD. Bangunan ini diberikan karena dapat menggunakan efek sempurna dari indikator PUE¹.



Lubang pendingin melalui data tinggi dipenuhi oleh sistem pendingin evaporatif yang sangat efisien dan merespons langsung ke permintaan server. Fitur arsitektur berkelanjutan lainnya adalah penggunaan bahan dengan VOC rendah, panel surya dan tangki bantalan air hujan di halaman, memenuhi kebutuhan irigasi lanskap dan memasok air ke toilet. Arsitektur

bangunan ini sensitif terhadap respons terhadap lingkungan gurun Hyprinville. Bangunan ini berpakaian di meja dinding yang sudah dicetak tanpa dekorasi untuk melengkapi lingkungan alam yang gersang. Standing Fields bebas untuk memutuskan taman luar mana yang dipersilakan untuk karyawan dan pengunjung. Area kantor dan lounge kaca menawarkan pemandangan lanskap yang besar.



Sora Data Centre



Gambar 2. 17 *Sora Data Center*

Sora Data Centre yang dirancang Shaw Architect pada tahun 2017 merupakan bangunan *office* dan *Data Center* yang berlokasi di Cyberjaya , pusat Multimedia Super Corridor (MSC) di Malaysia. Sora dibentuk oleh dua kotak persegi panjang, yaitu *Office Block* di bagian depan dan *Data Center* di bagian belakang gedung. Untuk menghadirkan cahaya alami ke dalam *Office Block* yang dalam dan panjang, ruang taman dibuat melingkar di area kantor di kedua sisi. Lingkaran yang lebih besar membentuk taman lengkung di *Office Lounge*, memecah aliran ruang persegi panjang yang monoton dan menjadi titik fokus area lounge. Gerakan ini mengejutkan

pengunjung yang tidak pernah menyangka akan disambut dengan pengalaman spasial yang dinamis di dalam gedung yang tampak lurus.



Bangunan ini terutama dibangun dengan 4 bahan dalam berbagai tingkat kepekatan – beton, batu bata, kaca, dan logam. Bahan-bahan tersebut digunakan untuk berbagai tingkat penutup agar sesuai dengan fungsi ruang di dalamnya. Area kantor dan ruang rapat hampir seluruhnya dilapisi kaca dan logam untuk menghadirkan pencahayaan alami dan memaksimalkan pemandangan. Namun, ruangan-ruangan yang rapuh seperti *Data Center*, *Integrated Operation Centre (IOC)* dan *Proof of Concept & Innovative Lab (POC)*, memiliki bukaan yang minimal atau tidak ada sama sekali untuk pengendalian termal, kelembapan, dan surya. Dinding beton dan bata lapis ganda digunakan untuk menutupnya..



Polymer Connected Jakarta



Gambar 2. 18 *Polymer Connected*

Polymer Connected merupakan konsep rancangan *Data Center* yang berlokasi di Jakarta Barat. Tujuannya dibangun *Data Center* tersebut untuk membangun pusat kampus *Data Center* yang merupakan Tier III (2,6MW) dan Tier IV (26MW) sebagai permintaan pasar cloud Indonesia. Bangunan tersebut memiliki 3 zonasi utama dalam perencanaan, yaitu zonasi *office*, *data hall*, *mechanical yard*. Keunikan bangunan ini sendiri tertampak di bagian permainan vegetasi pada area *mechanical yard*.



Namun Desain Polymer Connected mengalami perubahan dan rebranding menjadi SpaceDC JAK1, dari segi bentuk desain bangunan tetap sama tetapi dengan permainan pagar yang berbeda dari desain yang sebelumnya.



Gambar 2. 19 SpaceDC JAK1