

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Data Center (Pusat Data)

Saat ini *data center* sudah seperti jantung bagi kebanyakan perusahaan, yang memompa darah kehidupan yang berasal dan menuju pengguna, perangkat penyimpanan, dan *service website*. Ukuran *data center* dan kompleksitasnya meningkat sangat pesat, dan mereka terus tumbuh hari demi hari (Alaskar, 2014). *Data center* menghadapi beberapa tantangan, karena pertumbuhan aplikasi yang cepat dan terus menerus baik ukuran maupun kerumitannya. Ketika kita akan membangun sebuah *data center*, maka akan muncul beberapa pertanyaan. Dimanakah lokasi *data center* harus dibuat?, seberapa besar *data center* yang akan dibuat?, berapa besar konsumsi daya yang akan digunakan?, *tier* berapakah *data center* ini akan dibuat?, teknologi apa yang akan digunakan?, haruskah *data center* ditata sedemikian mungkin?, berapa lama rentang waktunya?. Menurut Michael A. Bell, 70% dari fasilitas *data center* akan gagal memenuhi persyaratan operasional dan kapasitas yang dianjurkan tanpa melakukan beberapa renovasi, ekspansi, atau relokasi (Bell, 2005). Artinya, ketika kita mendesain *data center* sangat tidak mungkin mendapatkan hasil yang sempurna tanpa melakukan perubahan-perubahan pada *data center* tersebut.

Oleh karena itu kita harus memahami kunci utama ketika melakukan desain, yaitu *data center* merupakan sesuatu yang berkelanjutan dalam jangka panjang (Bell, 2005). Pada bab ini, akan dibahas mengenai teori yang digunakan dalam mendesain suatu *data center*. Tujuannya adalah ketika *data center* ini didesain, seluruh proses desain dapat sesuai dengan kebutuhan dari *data center* yang ingin dibuat. Dan *data center* dapat beroperasi dalam waktu yang lama. Dengan melakukan desain yang tepat, maka segala kegagalan atau masalah yang mungkin didapati ketika membangun *data center* dapat di minimalisir sejak dini. Sehingga tidak perlu melakukan renovasi, ekspansi, atau relokasi pada *data center* yang akan dibuat. Komponen yang perlu di perhatikan untuk desain *data center* dibagi dalam 10 bagian yakni *Raised floor and ceiling*, *Racking system design*, *Main power*, *UPS & Genset*, *Data cable pathway design*, *Precision air*

conditioner, Fire alarm & fire suppression, Environment monitoring system, Grounding system, Labeling & documentation dari jurnal penelitian, *textbook, proceeding*, maupun *white paper* yang telah dipublikasikan. Bab 2 ini dibuat untuk menjelaskan cara kerja, aplikasi perangkat, serta standar yang digunakan dalam membangun sebuah *data center*.

2.1.1 Data Center Tier Classification System

Uptime Institute membuat sistem standar klasifikasi *tier* yang dimaksudkan untuk dapat mengevaluasi suatu ketersediaan infrastruktur *data center* menjadi lebih efektif. Sistem ini menyediakan metode agar industri *data center* dapat beroperasi secara konsisten, dapat mengatur fasilitas berdasarkan performa yang diharapkan atau lama waktu beroperasinya. Terdapat 4 jenis *tier* yang diklasifikasikan menurut *Uptime Institute*, antara lain *Non-Redundant (Tier 1)*, *Basic Redundant (Tier 2)*, *Concurrently Maintainable (Tier 3)*, dan *Fault Tolerant (Tier 4)*. Pada dasarnya, *uptime institute* mengkonsepkan bahwa bagaimana mengklasifikasikan suatu sistem pada *data center* dapat mentoleransikan kegagalan sistem-sistem pendukungnya. Sehingga operasional *data center* dapat terus berlangsung tanpa harus terhenti akibat salah satu sistem mengalami kegagalan. Semakin tinggi klasifikasi *tier*, maka semakin banyak sistem yang diintegrasikan. Dan tentunya semakin banyak biaya yang harus dikeluarkan. Sedangkan dalam *TIA/EIA 942* klasifikasi *tier* dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 *Data Center Tier System*

Parameter	<i>Tier-1 Basic</i>	<i>Tier-2 Redundant Components</i>	<i>Tier-3 Concurrently Maintainable</i>	<i>Tier-4 Fault Tolerant</i>
<i>Avaibility</i>	99.671%	99.741%	99.982%	99.995%
Sifat <i>Inteference-free</i>	Rentan	Agak Rentan	Tidak rentan terhadap interferensi terencana.	Bebas interferensi.
<i>Power dan Cooling Distribution.</i>	No redundant	N+1	<i>Multiple Power dan cooling</i> tapi aktifnya bergantian. N+1	<i>Multiple active power and cooling distribution path</i> termasuk komponen yang redundant (2(N+1), yaitu 2 UPS dengan setiap UPS memiliki Redundansi (N+1)
<i>Raised floor, UPS, Genset</i>	Bisa ada maupun tidak.	Harus menggunakan <i>Raised Floor</i> , UPS, dan genset.	-	-
<i>Downtime Tolerated</i>	28,8 jam/tahun	22 jam/tahun	1.6 jam/tahun	0.4 jam /tahun
Skala <i>data center</i> yang cocok dibangun	Kecil	Sedang	Besar (Enterprise)	Besar (Enterprise)

2.2 Raised floor and Ceiling

Raised floor merupakan suatu sistem lantai yang memiliki bentuk seperti panggung, yang didukung oleh *pedestals* yang merupakan kaki-kaki yang digunakan untuk mengangkat ubin *raised floor* hingga ketinggian tertentu. Umumnya sistem *raised floor* digunakan pada *data center* dikarenakan oleh banyaknya kabel yang butuh dirapihkan, sehingga ruang dibawah *raised floor* digunakan tidak hanya untuk menunjang kerapihannya, tetapi juga keamanan, sehingga *user* tidak akan tersandung kabel dan adanya resiko kabel tersebut putus, serta sebagai jalur distribusi udara dari PAC. *Raised floor* juga dapat dibuka kembali untuk instalasi maupun pengaturan jalur kabel dibawah, sehingga memudahkan para *user*. Contoh gambar *raised floor* dapat dilihat pada gambar 2.1, dan contoh gambar *pedestal* dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.1 *Raised Floor*

(http://upload.ecvv.com/upload/Product/20123/Taiwan_Steel_Raised_Floor326201240914AM4.JPG)



Gambar 2.2 *Pedestals*

(<http://image.made-in-china.com/2f0j00MBjTCEtqJaho/Antistatic-Steel-Raised-Floor-Adjustable-Pedestal-.jpg>)

Penggunaan bahan panel *raised floor* sendiri terbagi menjadi 3 jenis yakni *Calcium Sulphate*, *wooden raised floor*, dengan dan gambar sebagai berikut:



Gambar 2.3 *Wood/Calcium Raised Floor (AIMSTRONG)*

Tabel 2.2 Spesifikasi *Calcium Raised Floor (AIMSTRONG)*

Calcium Raised Floor								
Type Panel	Size	System Weight	PERFORMANCE					Impact Loads
			Concentrated Loads	Uniform Loads	Anti-static	Ultimate Loads	Conductivity	
ACS 800	600x600x30mm	54 kg/m ²	408 kg	1633 kg/m ²	R<10 ⁴ -10 ¹⁰ W	1225 kg	R<10 ⁴ W	---

Tabel 2.3 Spesifikasi *Wood Raised Floor (AIMSTRONG)*

Wood Raised Floor

Type Panel	Size	System Weight	PERFORMANCE					Ultimate Impact Loads
			Concentrated Loads	Uniform Loads	Recommend Floor Height	Ultimate Loads	Rolling Loads	
AW 800L	600x600x25mm	33.5 kg/m ²	306 kg	1225 kg/m ²	50-300mm	1225 kg	276 kg	45 kg
AW 800M	600x600x30mm	34 kg/m ²	357kg	1430 kg/m ²	100-1800mm	1225 kg	306 kg	55 kg
AW 1000	600x600x38mm	37 kg/m ²	459kg	2347 kg/m ²	100-1800mm	1225 kg	368kg	65 kg

Dan gambar *raised floor* aluminium dengan gambar dan spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 2.4 Alumunium *Raised Floor* (AIMSTRONG)

Tabel 2.4 Spesifikasi *Alumunium Raised Floor* (AIMSTRONG)

Aluminum Raised Floor

Type Panel	Size	System Weight	PERFORMANCE					Impact Loads
			Concentrated Loads	Uniform Loads	Ultimate Loads	RollingLoads	Pedestal Axial-Loads	
AA 1500	600x600x50mm	25 kg/m ²	823 kgf	1123kg:1.25mm 1816kg:2.5mm	2183 kgf	W-500 lbf: 0.14mm	Max load: 4408 kgf	NO structure failure was found
AA 3000	600x600x50mm	25 kg/m ²	1408 kgf	1123kg:0.2mm 2571kg:2.5mm	3217.3 kgf	W-500 lbf: 0.12mm	Max load: 6305 kgf	

Pada tabel 2.4 ditunjukkan spesifikasi mengenai *raised floor* yang digunakan. Setiap bahan yang digunakan oleh *raised floor* memiliki spesifikasi yang berbeda-beda. Selain bahan yang digunakan ketebalan panel dan ketinggian *pedestal* juga akan mempengaruhi ketahanan dari

raised floor tersebut. Pada tabel 2.3 dapat dilihat tipe panel yang digunakan (*Type Panel*), ukuran panelnya (*Size*), berat panelnya yang ditunjukkan dalam m^2 (*Weight*), kapasitas menahan beban pada satu titik (*Concentrated load*), kapasitas menahan beban per milimeter (*Uniform Load*), ketinggian *pedestal* yang direkomendasikan (*Recommended floor height*), kapasitas menahan beban secara keseluruhan per panelnya (*Ultimate Load*), kapasitas menahan beban ketika beban digulingkan pada *raised floor* tersebut (*Rolling Load*), menunjukkan ketahanan maksimum *pedestal* ketika menahan beban (*Pedestal Axial Load*), dan yang terakhir adalah menunjukkan kapasitas beban maksimal yang dapat ditahan ketika terjadinya *impact* (*Impact Load*).

Sedangkan terdapat 2 jenis panel yakni *solid panel*, dan *perforated panel*. *Perforated panel* pada umumnya memiliki lubang, sehingga PAC dapat menyemburkan udara melalui *perforated panel* ini, sehingga pada umumnya digunakan sebagai *cold aisle*. Contoh gambar *perforated raised floor* dapat dilihat dibawah.



Gambar 2.5 *Perforated Raised Floor*

http://www.linkfloor.com/large/8586/25%20Percent%20HPL%20PVC%20Type%20Steel%20Perforated%20Raised%20Floor_1678.jpg

Pada umumnya, *raised floor* dikembangkan dan diimplementasikan untuk mendukung berbagai sistem, salah satunya adalah untuk mendukung distribusi pendinginan. Kita tahu untuk pendinginan *data center* menggunakan *hot aisle* dan *cold aisle*. Dimana udara dingin dan panas dipisahkan. Dengan menggunakan *raised floor* hal ini menjadi dapat dilakukan. Selain itu instalasi *structured cable* menjadi mudah dilakukan dan jauh lebih rapi dibandingkan tanpa menggunakan *raised floor*. Dan alasan paling penting menggunakan *raised floor* adalah, mengurangi getaran yang terjadi saat terjadi gempa bumi.

Perangkat *data center* sangat rentan terhadap guncangan, untuk itu dengan menggunakan *raised floor* ketika terjadi gempa bumi getaran dapat di minimalisir.

Namun pada dasarnya penggunaan *raised floor* ini bukan menjadi keharusan pada *data center* saat ini. Penggunaan *raised floor* pada *data center* lebih dilihat sebagai kebiasaan pendahulu kita ketika membangun ruangan IT. Pada *data center* modern, penggunaan *raised floor* ini sudah mulai dihapuskan. Karena dianggap hanya menambahkan cost yang dikeluarkan. Apalagi saat ini sudah didukung berbagai teknologi pendinginan, dan teknologi perapihan kabel yang mempermudah ketika harus mendinginkan ruangan dan merapikan kabel yang ada. Namun demikian *data center* cenderung menggunakan *raised floor* dikarenakan pengalaman yang sudah terpercaya ketika untuk meletakkan pipa dan kabel di bawah lantai. Karena sebagai tradisi penggunaan *raised floor* dapat memperoleh banyak keuntungan, jika dibandingkan dengan *data center* tanpa menggunakan *raised floor* (Rasmussen, 2007).

2.3 Racking System Design

Racking system merupakan suatu sistem yang digunakan untuk menempatkan *server* maupun perangkat jaringan dalam suatu kesatuan *cabinet*. Tujuan dari *rack* ini adalah untuk mengurangi tempat atau ruang yang digunakan oleh perangkat jaringan dan merapihkan perangkat jaringan yang tersambung oleh sistem perkabelan sehingga tidak berantakan dan terkumpul dalam satu tempat. Selain itu unit *rack* dapat digunakan untuk faktor perencanaan utama ketika akan memperkirakan ruang dan kebutuhan daya dari suatu *data center*. Setiap konfigurasi *rack* harus mencerminkan kebutuhan daya keseluruhan dan beban yang akan ditanggung oleh lantai. Dalam melakukan perencanaan, rata-rata daya yang dibutuhkan setiap perangkat didalam *rack* adalah 4 KW per *rack* (Bell, 2005).

Example		
Power per Rack		Watts
Server blade enclosure		50
Patch panel power		25
Wattage per server		43
x 10 servers per enclosure		430
Total wattage per enclosure		505
x five enclosures per rack		2,525
Add energy factor for HVAC power (60 percent)		1,515
Total Wattage per Rack		4,040

Total Space and Power Over Raised Floor (Base Case) — 200 Racks	
Space	6,000 square feet (200 x 30 square feet)
Expansion space	6,000 square feet (double the rack footprint for growth capacity during a 10-year period)
Total space	12,000 square feet
Power	808,000 watts
Watts per SF	67 watts (Use a design envelope of between 50 watts and 100 watts per square foot.)

Source: Gartner Research (April 2005)

Goal:
Maintain an average of 4 kilowatts per rack over the raised floor

Gambar 2.6 Racking System Design (Reichle & De Massari, 2011)

Rack memiliki beberapa *slot* yang dapat dimasuki oleh perangkat jaringan yang dinamakan *Rack Unit* (RU). Pada umumnya satu RU memiliki tinggi sepanjang 44.45mm, dan suatu *rack* pada umumnya memiliki 22 hingga 44RU. Contoh *rack* yang digunakan pada umumnya mencakup *Network rack*, *Server rack*, *Patching rack*.



Gambar 2.7 Rack Unit (Emerson, 2013)

2.3.1 Open Rack

Rack jenis ini berbentuk terbuka tanpa memiliki pintu *rack*, ataupun dinding *rack*. Biasanya *rack* ini digunakan sebagai tempat meletakkan *patch panel*. Namun *rack* ini tidak direkomendasikan karena minimnya keamanan. Contoh gambar *Open rack* dapat dilihat dibawah:



Gambar 2.8 *Open Rack*

(<http://www.rackthailand.net/wp-content/uploads/aes/germany-open-rack-300x300.gif>)

2.3.2 Patching Rack

Patching rack pada umumnya menjadi tempat berkumpul kabel-kabel telekomunikasi yang diterminasi ke *patch panel*, sehingga sistem perkabelan menjadi rapi guna menghindari terjadinya *spaghetti* atau kondisi dimana kabel-kabel terlilit satu sama lain. Contoh gambar *patching rack* dapat dilihat dibawah.



Gambar 2.9 *Patching Rack*

(http://control.visionscape.com.au/SiteFiles/crsolutionscomau/images/14285_CRS%20%20POST%20PATCHING%20RACK%203.jpg)

2.3.3 *Closed Rack*

Rack jenis ini didukung oleh dinding serta pintu *rack*, dan memiliki beberapa slot yang dirancang untuk meletakkan *server* yang akan dikunci aman dengan baut. Contoh gambar *closed rack* dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 2.10 *Closed Rack*

(<http://www.griyasis.com/griyasis/images/19%20Closed%20Rack%2048U.jpg>)

2.3.4 Network Rack

Network rack pada umumnya mencakup perangkat – perangkat telekomunikasi yang mendukung operasi *data center*, seperti contoh *core switch*, dan *router*. *Network rack* memiliki ukuran 42”, dengan dimensi 2000mm x 800mm x 1200mm (*Height x Width x Depth*).

2.3.5 Server Rack

Server rack digunakan sebagai tempat penyimpanan *server*, sebagai contoh KVM, *Storage blade*, dan *server PC*. Ukuran 42U (yang umumnya digunakan adalah 2000mm x 600mm x 1200mm (*Height x Width x Depth*)). Terdapat beberapa jenis *rak server*, yakni *Open Rack*, *Closed Rack*, dan *Containment Rack*. Akan tetapi pada umumnya *server rack* menggunakan jenis *closed rack* atau *containment rack*. Dengan alasan keamanan perangkat dari gangguan-gangguan yang mungkin terjadi.

2.3.6 Containment Rack System

Containment rack system pada umumnya digunakan untuk memaksimalkan sirkulasi udara dingin pada suatu ruangan tertutup khususnya sekumpulan *rack* pada ruang *server*. Terdapat dua metode *containment system*, yakni *Cold air containment system* dan *Hot air containment system* yang akan dibahas dibawah.

2.3.6.1 Cold Air Containment System

Cold Air Containment system bertujuan untuk mengisolasi udara dingin yang disalurkan dari *cold aisle* dalam *server room*. Terdapat dua tipe konfigurasi *Cold air containment system*, dengan penjelasan seperti dibawah. *Cold Air Containment System* (CACS) merupakan metode yang digunakan pada sistem pendinginan *raised floor* dengan cara mengisolasi *cold aisle* dari

rack pada *server room*, sehingga udara dingin dan panas dapat terpisah. Contoh gambar *containment rack* dapat dilihat dibawah:



Gambar 2.11 *Cold Air Containment System* (Schneider Electric, 2013)

Penggunaan CACS direkomendasikan pada kondisi dimana *rack* dan peralatan IT berada pada sistem pengaturan *hot aisle* dan *cold aisle*, dan pada saat terdapat banyak peralatan telekomunikasi yang membutuhkan pendinginan dalam skala besar. (Schneider Electric, 2013). Keuntungan penggunaan CACS adalah pengaplikasiannya yang tergolong mudah, serta memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi, karena *rack* terisolasi dan tiap *containment area* memiliki *fire suppression system* tersendiri. Sedangkan kekurangan penggunaan CACS adalah cenderung memakan ruangan.

2.3.6.2 Row-cooled Cold Aisle Containment System

Row-cooled Cold aisle Containment System (Row-cooled CACS) merupakan metode yang digunakan pada *data center* dengan pendinginan per area, dimana semua *rack* berada pada *containment cold aisle*. Metode *Row-cooled CACS* menambahkan *cooling unit* diantara *rack-rack* tersebut. Contoh gambar *Row-cooled CACS* dapat dilihat dibawah:



Gambar 2.12 Row-cooled CACS (Schneider Electric, 2013)

Penggunaan *Row-cooled CACS* direkomendasikan untuk ruang *server* yang memiliki *hot aisle* serta *cold aisle*, saat perangkat dapat konfigurasi dalam containment *cold aisle*, dan saat *system* pendinginan *raised floor* telah mencapai kapasitas sirkulasi udara maksimal yang dapat disebabkan oleh ketinggian, maupun jumlah *rack*. (Schneider Electric, 2013). Keuntungan dari penggunaan *Row-cooled CACS* sendiri adalah terdapat *cooling unit* pada containment tersebut, sehingga meningkatkan kapasitas pendinginan, dan memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi, karena *rack* terisolasi dan tiap *containment area* memiliki *fire suppression system* tersendiri. Sedangkan kekurangan penggunaan *Row-cooled CACS* adalah meningkatnya jumlah *cooling unit* yang dibutuhkan, sehingga otomatis biaya yang dibutuhkan juga meningkat.

2.3.6.3 Hot Air Containment System

Hot Air Containment system merupakan suatu sistem pengisolasian udara panas yang disalurkan dari *hot aisle* pada *server room* dan pada umumnya menyalurkannya pada plafon. Terdapat 4 tipe konfigurasi *hot air containment system*, Berikut merupakan beberapa contohnya: *ducted rack system* pada umumnya diaplikasikan pada ruangan dengan jumlah *rack* banyak yang menggunakan sirkulasi udara *front-to-back*. Sistem ini menggunakan *duct* yang dipasang pada bagian belakang *rack* untuk menampung udara panas, dan mengarahkannya pada plafon. Dengan

mengisolasi sirkulasi udaranya, udara panas dan dingin dapat dipisahkan. Contoh gambar *ducted rack* dapat dilihat dibawah:



Gambar 2.13 *Ducted Rack* (Schneider Electric, 2013)

Penggunaan *ducted rack* direkomendasikan saat baris tiap *rack* tidak sama panjang, saat *rack* menggunakan sirkulasi *front-to-back*, dan saat ruangan tersebut menggunakan plafon, dan dalam ruangan tersebut terdapat banyak *rack*. (Schneider Electric, 2013). Keuntungan dari penggunaan *ducted rack* adalah *system* ini tidak memerlukan *hot aisle* dan *cold aisle*, serta peletakan *rack* tidak harus sama rata, sehingga pada ruangan yang tidak simetris, lebih banyak *rack* dapat diletakkan, dan memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi, karena *rack* terisolasi dan tiap containment area memiliki *fire suppression system* tersendiri. Sedangkan kekurangan dari *ducted rack* adalah adanya kemungkinan terjadi kondensasi pada plafon yang tidak menggunakan insulator kondensasi.

2.3.6.4 Ducted Hot Aisle Containment System

Ducted Hot Aisle Containment System (*Ducted HACCS*). Metode *ducted HACCS* dapat digunakan pada *system* pendinginan ruangan yang menggunakan *raised floor* maupun lantai

biasa. Metode *Ducted HACS* mengisolasi *hot aisle* dan menyalurkannya pada plafon, sehingga sisa ruang pada *server room* menjadi tempat sirkulasi udara dingin. Contoh gambar *ducted HACS* dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 2.14 *Ducted HACS* (Schneider Electric, 2013)

Penggunaan *ducted HACS* direkomendasikan saat *rack*, serta peralatan telekomunikasi lainnya menggunakan sistem *hot aisle* dan *cold aisle*, saat ruangan tersebut memiliki plafon, dan pada saat ruangan sering dikunjungi oleh operator, karena tidak menyebabkan panas pada ruangan. (Schneider Electric, 2013)

Keuntungan dari *ducted HACS* sendiri adalah udara panas tidak diasalurkan pada area diluar *containment*, sehingga membuat ruangan yang nyaman bagi operator yang bekerja pada *server room*, dan memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi, karena *rack* terisolasi dan tiap *containment area* memiliki *fire suppression system* tersendiri. Sedangkan kekurangannya adalah adanya kemungkinan terjadi kondensasi pada plafon yang tidak menggunakan insulator kondensasi, serta saluran menuju plafon dapat mengganggu sistem perkabelan yang diletakkan pada *cable tray/wire mesh* pada bagian atas ruangan.

2.3.6.5 Row-cooled Hot Aisle Containment System

Row-cooled Hot aisle Containment System (Row-cooled HACS) merupakan metode yang digunakan pada *data center* dengan ruang terbatas dengan jumlah *rack* yang banyak, dengan cara mengisolasi *hot aisle* beserta *rack*nya, sehingga udara panas dan dingin dapat dipisahkan. Contoh gambar *row-cooled HACS* dapat dilihat dibawah:



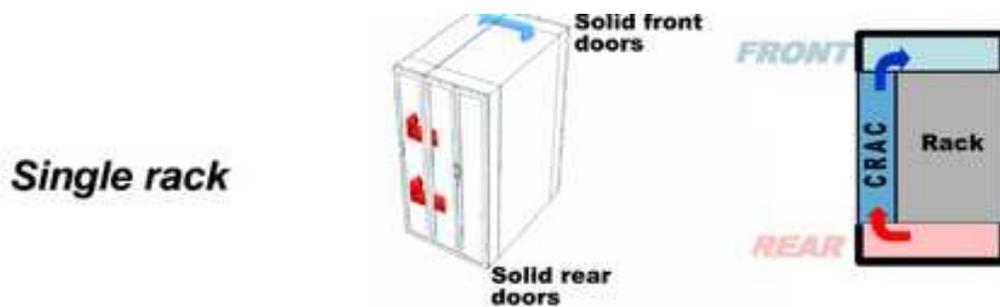
Gambar 2.15 *Row-cooled HACS* (Schneider Electric, 2013)

Penggunaan *row-cooled HACS* direkomendasikan pada saat *rack* dan peralatan telekomunikasi dalam ruangan menggunakan sistem *hot aisle* dan *cold aisle*, saat harus menghemat ruangan, dan terdapat *rack* dalam jumlah yang banyak dalam ruang yang terbatas. (Schneider Electric, 2013)

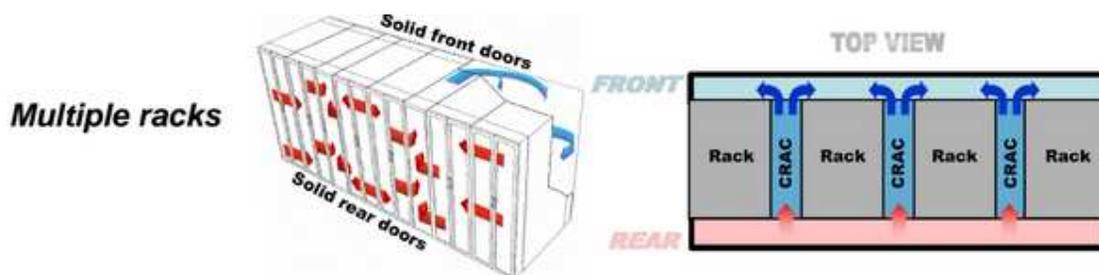
Keuntungan menggunakan *row-cooled HACS* adalah sistem pendinginan dapat dibagi kepada dua baris *rack*, dan sisa ruangan diluar *containment* memiliki suhu yang netral, dan memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi, karena *rack* terisolasi dan tiap *containment area* memiliki *fire suppression system* tersendiri. Sedangkan kekurangannya adalah sistem ini memakan tempat, dan karena *hot aisle rack* diisolasi pada *containment*, maka akan membuat ruangan kerja yang tidak nyaman bagi operator pada *containment area* tersebut.

2.3.6.6 Rack Air Containment System

Rack Air Containment System (RACS) merupakan metode yang digunakan saat terdapat banyak *rack* dengan mengintegrasikan *rack-based cooling unit*, sehingga udara hanya bersirkulasi didalam *containment*, contoh Ilustrasi cara kerja RACS dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 2.16 *Single Rack Containment System (Schneider Electric, 2013)*



Gambar 2.17 *Multiple Rack Air Containment System (Schneider Electric, 2013)*

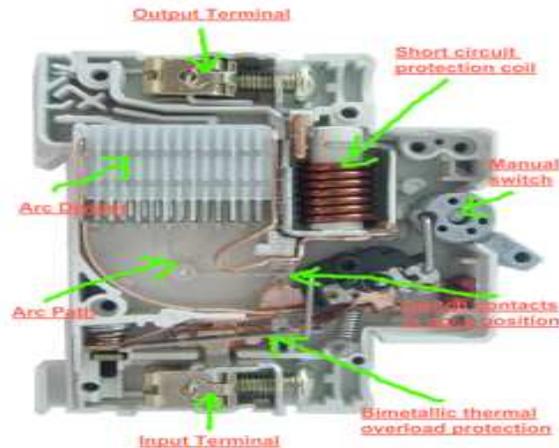
Penggunaan RACS direkomendasikan ketika terdapat banyak *rack* dalam satu ruangan yang terpisah dari *rack* lainnya, untuk mengisolasi secara menyeluruh seperti pada *stand-alone data center* terbuka, serta untuk mencegah *rack* terekspos terhadap suhu tinggi. (Schneider Electric, 2013)

Keuntungan menggunakan *rack air containment system* adalah tidak terpengaruh oleh keterbatasan fasilitas seperti contoh bentuk ruangan yang tidak proporsional, tidak tergantung oleh sistem pendinginan yang telah diimplementasikan seperti contoh beberapa *rack* telah menggunakan sistem *row-cooled HACS*, *rack* yang menggunakan RACS dapat diletakkan secara terpisah karena memiliki sistem sirkulasi tersendiri. Sedangkan kekurangan penggunaan RACS adalah memerlukan unit pendingin yang lebih banyak, dikarenakan oleh tiap *rack* membutuhkan satu unit pendingin, sehingga akan memakan biaya lebih banyak, dan penggunaan RACS menambah kedalaman *rack*, sehingga akan memakan tempat.

2.4 Power

2.4.1 MCB dan MCCB

MCB atau *Miniature Circuit Breakers* merupakan sebuah perangkat yang berfungsi sebagai pengaman terhadap arus yang berlebihan pada rangkaian dengan beban listrik yang rendah ($\leq 100A$), dengan cara memutuskan sirkuitnya. Contoh gambar MCB dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 2.18 *Miniature Circuit Breaker*

([http://2.bp.blogspot.com/-sCHx0pO-](http://2.bp.blogspot.com/-sCHx0pO-FvY/U1AvtSYRzNI/AAAAAAAAABk/5VptHoelG8I/s1600/MCB+components.png)

[FvY/U1AvtSYRzNI/AAAAAAAAABk/5VptHoelG8I/s1600/MCB+components.png](http://2.bp.blogspot.com/-sCHx0pO-FvY/U1AvtSYRzNI/AAAAAAAAABk/5VptHoelG8I/s1600/MCB+components.png))

Pada MCB terdapat dua jenis pengaman yakni pengaman *thermis bimetallic thermal overload protection* dan *short circuit protection coil* seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.18, dimana pengaman *bimetallic thermal overload protection* berfungsi untuk mengamankan arus beban yang berlebihan, dan *short circuit protection coil* untuk mengamankan terjadinya *short circuit*. Ketika terjadi arus berlebih, maka akan menghasilkan panas pada *bimetal* tersebut, sehingga *bimetal* akan melengkung dan kontak pada rangkaian terputus. Sedangkan pada kejadian *short circuit*, arus *short circuit* akan dimanfaatkan untuk menarik *manual switch* dengan prinsip induksi elektromagnetik, dan semakin besar arus *short circuit* tersebut, maka semakin cepat penggerakan *manual switch* untuk memutuskan rangkaian.

Sedangkan MCCB atau *Molded Case Circuit Breaker* pada dasarnya adalah pemutus sambungan pada sirkuit, serta sebagai alat penghubung pada rangkaian dengan nilai beban yang lebih tinggi daripada MCB. Cara kerja pengamanan pada MCCB pada dasarnya sama dengan MCB, dengan perbedaan utama MCCB dan MCB ialah *rating* arus MCCB yang lebih besar yakni 100A hingga 1600A ampere, serta pemutusan sambungan pada MCCB dapat diatur. Bagaimanapun, rata-rata yang biasanya terjadi pemutus sambungan akan memutuskan sambungan ketika arus mencapai 80% dari rating arus yang tercantum pada setiap produk.

Sehingga biasanya untuk menentukan besaran MCB atau MCCB rating arus akan dikalikan dengan 0.8 sebagai referensinya. Contoh gambar MCCB dapat dilihat dibawah.



Gambar 2.19 Molded Case Circuit Breakers

(<http://ssgbd.com/wp-content/themes/optimizeNMWP/images/products/Kawamur-MCCB-Side-View.png>)

2.4.2 Kabel Sistem Kelistrikan

Tabel 2.5 Tabel Kabel Listrik (*Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2000*)

Jenis Penghantar	Luas penampang nominal mm ²	KHA terus menerus		KHA pengenal gawai proteksi	
		Pemasangan dalam pipa ⁽¹⁾ sesuai 7.13	Pemasangan di udara ⁽²⁾ sesuai 7.12.1	Pemasangan dalam pipa	Pemasangan di udara
1	2	A	A	A	A
	0,5	2,5	-	2	-
	0,75	7	15	4	10
	1	11	19	6	10
	1,5	15	24	10	20
	2,5	20	32	16	25
NYFA					
NYFAF	4	25	42	20	35
NYFAZ	6	33	54	25	50
NYFAD	10	45	73	35	63
NYA					
NYAF	16	61	98	50	80
NYFAw	25	83	129	63	100
NYFAFw	35	103	158	80	125
NYFAZw					
NYFADw	50	132	196	100	160
dan NYL	70	165	245	125	200
	95	197	282	160	250

Kabel pada sistem kelistrikan memiliki peranan penting yakni digunakan sebagai penghantar arus listrik dari sumber listrik ke komponen. Terdapat tiga komponen penting dalam perkabelan listrik yakni konduktor (penghantar) yang berfungsi untuk menghantarkan arus listrik, isolator yang berfungsi untuk membungkus atau mengisolasi konduktor dari lingkungan sekitar, serta lapisan terluar yang berfungsi untuk memberikan perlindungan sehingga kabel tidak akan mudah mengalami kerusakan.

Terdapat 3 jenis kabel kelistrikan yang pada umumnya digunakan, yakni: kabel kelistrikan NYA; kabel kelistrikan NYA merupakan sebuah kabel yang memiliki komponen isolasi pvc dan mempunyai konduktor tembaga tunggal. Karakteristik kabel NYA dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 2.6 Karakteristik Kabel NYA

Ukuran (mm ²)	Resistansi pada 20 ^o C	
	Penghantar (ohm/km)	Penyekat (m ohm.km)
1	23.4	51
1.5	11.9	51
2.5	7.14	48
4	4.47	44
6	2.97	37

(<http://1.bp.blogspot.com/->

[OBolh3tEm2Y/UKg4sCtUEsI/AAAAAAAAKnk/R2fqQ49B0mE/s320/Karakteristik+kelistrikan+Kabel+NYA.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-OBolh3tEm2Y/UKg4sCtUEsI/AAAAAAAAKnk/R2fqQ49B0mE/s320/Karakteristik+kelistrikan+Kabel+NYA.jpg))

Dapat dilihat pada table 2.6 bahwa pada ukuran kabel NYA sebesar 1mm pada suhu 20 derajat *celcius* penghantar memiliki resistansi 23.4 ohm/km dan penyekat memiliki resistansi 51 ohm/km, pada ukuran kabel 1.5mm pada suhu 20 derajat *celcius* penghantar memiliki resistansi sebesar 11.9 ohm/km dan penyekat memiliki resistansi 51 ohm/km dan seterusnya. Kabel NYM merupakan kabel kelistrikan yang memiliki isolasi berlapis, sehingga dapat melindungi kabel

lebih baik dari kerusakan maupun interferensi. Kabel NYM juga memiliki konduktor tembaga yang lebih dari satu. Karakteristik kabel NYM dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 2.7 Karakteristik Kabel NYM (http://2.bp.blogspot.com/-9iELGgadxM/UKg_8D8Rmul/AAAAAAAAAKoc/a42WtZi8hg8/s320/Karakteristik+kelistrikan+Kabel+NYM.jpg)

Jumlah Inti	Ukuran (mm ²)	Reaktance per konduktor	Arus Hubung singkat 1sec	Resistansi pada 20° C	
		Ohm/km	kA	Penghantar (ohm/km)	Penyekat (m ohm.km)
2	1.5	0.108	0.17	12.1	50
	2.5	0.104	0.29	7.41	50
	4	0.100	0.46	4.61	50
	6	0.094	0.70	3.08	50
	10	0.088	1.16	1.83	50
3	1.5	0.108	0.17	12.1	50
	2.5	0.104	0.29	7.41	50
	4	0.100	0.46	4.61	50
	6	0.094	0.70	3.08	50
	10	0.088	1.16	1.83	50

Dapat dilihat pada tabel 2.7 bahwa pada jumlah inti atau konduktor dua, pada ukuran 1.5mm tiap konduktornya memiliki resistansi sebesar 0.108 ohm/km, sedangkan resistansi penghantar dan penyekat pada 20 derajat *celcius* adalah 12.1 ohm/km dan 50 ohm/km. Sedangkan pada jumlah konduktor 3 dengan ukuran 1.5mm tiap konduktornya, memiliki resistansi sebesar 0.108 ohm/km per konduktor, dan pada suhu 20 derajat *celcius* penghantar serta penyekat memiliki resistansi masing-masing 12.1 ohm/km dan 50 ohm/km. Terakhir adalah kabel NYY, yang merupakan kabel kelistrikan yang dapat digunakan diluar tanah dan bawah tanah yang tahan terhadap air, gigitan tikus, serta kerusakan fisik lainnya. Kabel NYY memiliki isolasi plastik kuat dan memiliki satu inti atau lebih. Karakteristik kabel PYY dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 2.8 Karakteristik Kabel NYY (<http://3.bp.blogspot.com/-84qchz7zrw8/UKpRCTfHjtI/AAAAAAAAAKu8/kmWc0oJoSHI/s1600/Karakteristik+kelistrikan+Kabel+NYY.jpg>)

<http://3.bp.blogspot.com/-84qchz7zrw8/UKpRCTfHjtI/AAAAAAAAAKu8/kmWc0oJoSHI/s1600/Karakteristik+kelistrikan+Kabel+NYY.jpg>

Jumlah Inti	Ukuran (mm ²)	Reaktance per konduktor	Arus Hubung singkat 1sec	Resistansi pada 20 ^o C	
		Ohm/km	kA	Penghantar (ohm/km)	Penyekat (m ohm.km)
2	1.5	0.108	0.17	12.1	62
	2.5	0.104	0.29	7.28	57
	4	0.100	0.46	4.56	52
	6	0.094	0.70	3.03	44
	10	0.088	1.16	1.81	36
3	1.5	0.108	0.17	12.1	62
	2.5	0.104	0.29	7.28	57
	4	0.100	0.46	4.56	52
	6	0.094	0.70	3.03	44
	10	0.088	1.16	1.81	36

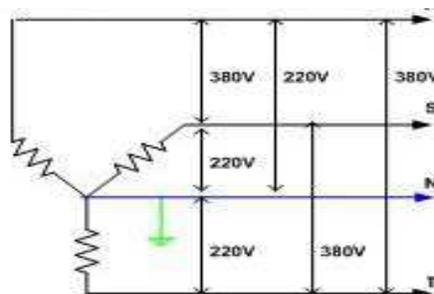
Dapat dilihat pada table 2.8 bahwa karakteristik kabel NYY serupa dengan kabel NYM, perbedaan utama terletak pada resistansi penyekat pada suhu 20 derajat celcius, dimana pada kabel dengan 2 dan 3 buah konduktor kabel NYM memiliki resistansi sebesar 50 ohm/km, sedangkan kabel NYY memiliki resistansi 62 ohm/km. Hal ini disebabkan oleh perbedaan bahan isolasi yang lebih tebal pada kabel NYY.

2.4.3 Main Power

Listrik merupakan bagian terpenting pada *data center*. Tanpa listrik yang baik maka *data center* tidak akan dapat beroperasi dengan baik. Bahkan listrik menjadi salah satu faktor yang menentukan *fault tolerance* dan *tier rating* pada suatu *data center*. Oleh karena itu membangun listrik tambahan selain listrik utama adalah hal yang wajib bagi *data center*. Kemudian penggunaan kabel listrik yang ukurannya lebih besar dari yang direncanakan juga merupakan hal wajib ketika mendesain pembuatan *data center*, karena sesungguhnya hal ini merupakan kunci penting keberhasilan desain *data center* ketika di implementasikan.

Yang harus selalu di ingat, *data center* merupakan fasilitas yang harus dapat digunakan untuk rentan waktu yang lama (Bell, 2005). Sehingga ketika perkembangan *data center* dengan beban yang terus meningkat, infrastruktur *data center* telah siap mengakomodasi pertumbuhan kebutuhan kelistrikan dimasa mendatang. Pada *data center*, digunakan listrik tiga fase yang menggabungkan tiga jenis arus AC dengan frekuensi yang sama, tiap fase memiliki perbedaan 120 derajat dengan fase lainnya. Proses ini membuat tiga jenis gelombang daya yang terpisah (menggunakan tiga kawat fase dan satu kawat netral), oleh karena itu daya dalam *power supply* sistem kelistrikan tiga fase tidak pernah jatuh menjadi nol. Umumnya listrik tiga fase bertegangan 380 Volt, dan lebih dikenal sebagai sistem R, S, T, dan N (Netral).

Dibawah merupakan contoh diagram rangkaian listrik tiga fase bintang. Pada *data center tier 3* dan *tier 4*, umumnya digunakan listrik redundan yang berasal dari dua pembangkit listrik yang berbeda. Sehingga ketika salah satu pembangkit mengalami masalah, *data center* dapat tetap berjalan dengan menggunakan pembangkit listrik yang lainnya.



Gambar 2.20 Rangkaian Listrik Tiga Fase

(<http://www.instalasilistrikrumah.com/wp-content/uploads/2012/01/3-Phase1.jpg>)

Pada gambar 2.20 dapat dilihat bahwa terdapat tiga kawat yang terhubung dalam bentuk bintang menjadi satu titik yang disebut juga dengan titik netral yang memiliki nilai arus 0 Ampere. Pada umumnya, terdapat dua macam tegangan listrik yang dikenal pada sistem tiga fase yakni V_{pp} (*Voltage Phase to Phase*) atau tegangan antar fase dan V_{pn} (*Voltage Phase to Neutral*) atau tegangan fase ke netral.

Salah satu sifat sistem listrik tiga fase adalah jika beban pada tiga kawat R, S, dan T seimbang, maka nilai arus fase pada titik pertemuan akan menjadi 0 Ampere (Netral). Nilai tersebut didapatkan dengan penjumlahan vector dari nilai $R=S=T = 0$. Akan tetapi jika beban pada tiap fase tidak sama maka arus pada titik netral tidak akan bernilai 0 Ampere, dan semakin tidak seimbang nilai tiap fase, maka semakin besar pula nilai ampere pada titik netral, dan pada titik inilah arus netral tersebut akan mengalir pada *grounding system* yang ditanam ditanah.

Dalam instalasi sistem *rack* pada *data center*, tiap *rack*nya menggunakan dua buah *power strip* yang digunakan untuk sistem redundansi sehingga jika terjadi *power trip* pada salah satu *power strip*, maka kinerja *rack* tersebut tidak akan terganggu karena masih disokong oleh satu *power strip*. Tiap *power strip* pada *rack* menggunakan listrik dengan fase yang berbeda dengan tegangan sebesar 220 Volt atau disebut juga dengan listrik satu fase. Nilai tegangan listrik satu fase sebesar 220 Volt didapat dengan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_{pn} = V_{pp}/\sqrt{3}$$

Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{pn} &= 380/\sqrt{3} \\ &= 220 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Dapat dilihat pada perhitungan diatas V_{pp} menunjukkan nilai *Voltage phase-to-phase* atau nilai tegangan listrik tiga fase yakni 380 Volt yang diproduksi dari *generator* PLN, sedangkan pembagian oleh nilai $\sqrt{3}$ dilakukan karena listrik tersebut memiliki tiga fase yaitu R, S, dan T. Kebutuhan power dari tiap komponen pada *data center* dapat diketahui dengan menjumlahkan tiap *power requirement* dari tiap perangkat yang digunakan dalam *data center* tersebut dalam satuan KW, maupun KVA.

2.4.4 Backup Power

Selain daya listrik utama, penunjang operasional *data center* terdapat juga pada sumber listrik cadangannya. Sebagai sumber listrik cadangan, terdapat dua komponen yang dapat digunakan, yaitu UPS (*Uninterruptible Power Supply*) dan *Generator*. Fungsi kedua perangkat

ini adalah untuk menopang kebutuhan energi listrik pada *data center* ketika sumber listrik utama mengalami gangguan.

2.4.5 UPS (*Uninterruptible Power Supply*)

Terdapat beberapa prinsip dasar yang digunakan untuk menentukan ukuran dan kemampuan dari sistem UPS. Pertama UPS harus dapat memberikan daya listrik keseluruhan perangkat komputer, sistem HVAC, dan perangkat kelistrikan lainnya (seperti lampu darurat, dan beberapa perangkat keamanan) untuk 100% memberikan daya listrik dan mampu bertahan tidak kurang dari 15 sampai 20 menit setelah sumber listrik utama mati (Bell, 2005). Yang kedua UPS harus dapat menopang beban listrik maksimum atau ketika *data center* sedang berada dalam kondisi kelebihan beban. Sehingga ketika pemilihan UPS akan berkaitan dengan berapa besar energi yang dibutuhkan untuk menopang perangkat yang telah direncanakan pada desain awal. Yang terpenting, ukuran UPS harus setidaknya mampu 150 % untuk mengeluarkan daya listrik yang dibutuhkan untuk *data center* beroperasi (Bell, 2005). Yang ketiga UPS harus dapat beroperasi terus menerus agar ketika terjadi kegagalan pada sistem kelistrikan utama, UPS sudah siap untuk mengambil alih sistem tersebut. Dalam instalasinya, UPS dipertimbangkan dari sisi biaya dan availabilitasnya, konfigurasinya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.9 *UPS Configuration* (Schneider Electric, 2013)

Configurations	Scale of availability	Tier class	Data center scale of cost (US\$)
Capacity (N)	1 = Lowest	Tier I	\$13,500 - \$18,000 / rack
Isolated redundant	2	Tier II	\$18,000 - \$24,000 / rack
Parallel redundant (N+1)	3		
Distributed redundant	4	Tier III	\$24,000 - \$30,000 / rack
System plus system (2N, 2N+1)	5 = Highest	Tier IV	\$ 36,000 - \$42,000 / rack

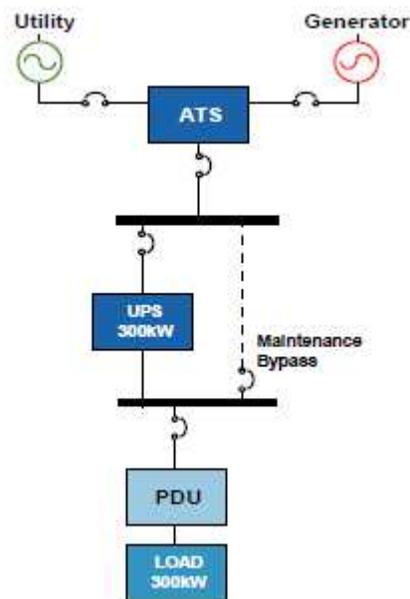
Konfigurasi UPS sering digambarkan oleh nomenklatur menggunakan aliran surat. Misalnya, sistem redudansi paralel sering juga disebut sebagai desain N+1, atau desain sistem plus sistem dapat dikatakan sebagai 2N. “N” merupakan singkatan dari kata “*Need*” atau kebutuhan dari beban kritis (McCarthy). Kebutuhan daya beban kritis harus diproyeksikan untuk jangka waktu yang lama. Kebutuhan selama 10-15 tahun kedepan harus di pertimbangkan. Melakukan hal ini, bukanlah hal mudah dan dibenarkan juga. Oleh karena itu pada sekitar tahun 1990an dikenalkan konsep “*Watts/Square Area*”, dimana konsep ini dapat digunakan untuk mempersiapkan kerangka diskusi untuk membahas kemampuan fasilitas apa yang akan direncanakan. Baru-baru ini, tren penggunaan *rack* membuat konsep “*Watt/Rack*” digunakan untuk menghitung kapasitas beban yang akan ditunjang oleh UPS. Konsep ini terbukti lebih handal untuk menghitung jumlah *rack* dan ruang.

2.4.6 Konfigurasi-N

Sistem N adalah sistem yang terdiri dari satu modul UPS, atau satu set modul UPS paralel yang kapasitasnya disesuaikan dengan kebutuhan beban kritis dari *data center*. Sebagai contoh, apabila terdapat *data center* sebesar 465m² dengan proyeksi kapasitas sebesar 400 kW menggunakan konfigurasi UPS sistem N, maka UPS dapat dikonfigurasi sebagai *single* UPS 400 kW atau dikonfigurasi paralel dua buah 200 kW UPS. Konfigurasi N data dilihat sebagai kebutuhan minimum untuk memberikan perlindungan terhadap beban kritis dari perangkat-perangkat *data center*. Menggunakan sistem UPS *single* maupun paralel sistem UPS tidak akan mempengaruhi kinerja dari perangkat. Semuanya kembali lagi terhadap pertimbangan ketika melakukan perencanaan.

Meskipun kedua contoh tadi dianggap menggunakan konfigurasi N, namun UPS modul didesain berbeda. Tidak seperti UPS kecil satu fase, yang menggunakan kapasitas dibawah 20kW yang memiliki *internal bypass*. Modul UPS tiga fase memiliki *overload rating*. Modul ini akan menilai beban selama beroperasi, ketika beban mencapai 125% selama 10 menit atau suhu komponen telah mencapai batas maksimum. Modul ini akan memulai hitung mundur selama 10 menit, apabila tidak terjadi penurunan aktifitas beban selama hitung mundur modul tadi, modul ini akan memindahkan beban agar lebih aman menuju ke *static bypass*. Terdapat

banyak skenario yang dapat menyebabkan *bypass* menjadi aktif dan dapat diketahui dengan melihat spesifikasi modul UPS.

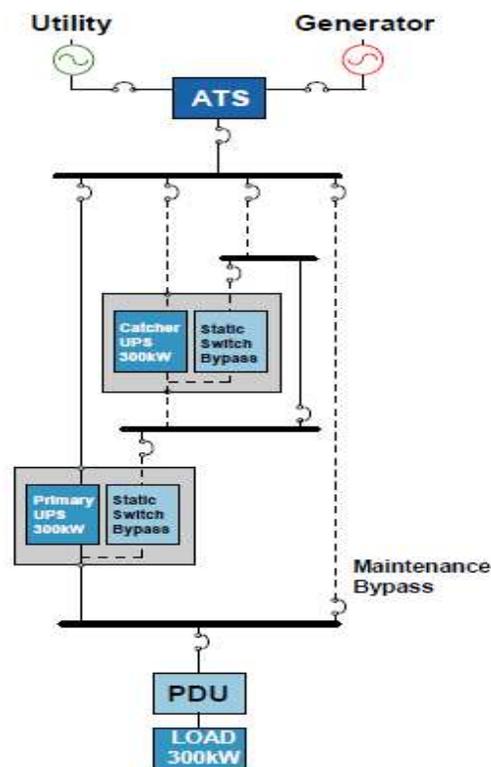


Gambar 2.21 Konfigurasi - N (McCarthy)

Untuk meningkatkan kemampuan desain konfigurasi-N maka alangkah lebih baik dalam instalasi UPS disediakan *external bypass* atau *maintenance bypass*, meskipun pada UPS terdapat modules untuk *internal bypass*. Dengan disediakannya *external bypass* ini, UPS menjadi sangat mudah untuk dilakukan pemeliharaan rutin. Dan apabila terjadi masalah pada UPS, akan mudah untuk memperbaikinya tanpa mengganggu sistem yang sedang berjalan. Kekurangan dari konfigurasi N adalah terbatasnya ketersediaan ketika UPS modul mengalami kerusakan, beban akan ditransfer menuju operasi *bypass*, yang menyebabkan beban tersebut menjadi tidak terlindungi. Yang kedua adalah ketika UPS di lakukan perawatan, baterai menjadi terkena listrik yang tidak aman (biasanya perawatan dilakukan satu tahun sekali dengan rentang waktu kira-kira 2 – 4 jam).

2.4.6.1 Redundan Terisolasi

Konfigurasi Redundan Terisolasi dikenal sebagai sistem N+1. Konsep desain redundan terisolasi tidak membutuhkan *paralleling bus*, atau modul harus memiliki kapasitas yang sama atau diproduksi berasal dari merek yang sama. Dalam konfigurasi jenis ini terdapat *primary* and *secondary UPS Module*. Modul *primary* akan mensuplai daya listrik utama saat kondisi sumber daya utama dan UPS *primary* berjalan normal. Sedangkan *secondary UPS* digunakan sebagai *backup* dari *primary* UPS, modul ini hanya mensuplai daya listrik pada jalur *static bypass*. Konfigurasi ini membutuhkan perpindahan dari *primary* menuju *static bypass*, agar *secondary module* dapat berkerja.



Gambar 2.22 Redundan Terisolasi (McCarthy)

Kelebihan dari konfigurasi jenis ini adalah desainer dapat memilih produk dengan fleksibel dapat menggunakan berbagai jenis model ataupun merek yang berbeda-beda. Kedua UPS jenis ini menyediakan UPS *fault tolerance* dan tidak membutuhkan *synchronizing*. Ketiga

biaya yang dikeluarkan relatif lebih efektif untuk dua buah modul yang digunakan. Kekurangan dari konfigurasi jeni ini adalah ketergantungan pada operasi *bypass statis* modul utama untuk dapat berjalan sebagai modul cadangan. Kedua membutuhkan modul *static bypass* UPS yang baik untuk dapat memasok arus yang melebihi kemampuan dari *inverter*. Ketiga *secondary* UPS harus mampu menangani beban yang tiba-tiba ketika modul utama melakukan *static bypass*. Secara umum UPS ini berjalan dengan tidak memiliki beban untuk jangka waktu yang lama dan tidak semua UPS dapat melakukan tugas seperti ini.

2.4.6.2 Redundan Paralel

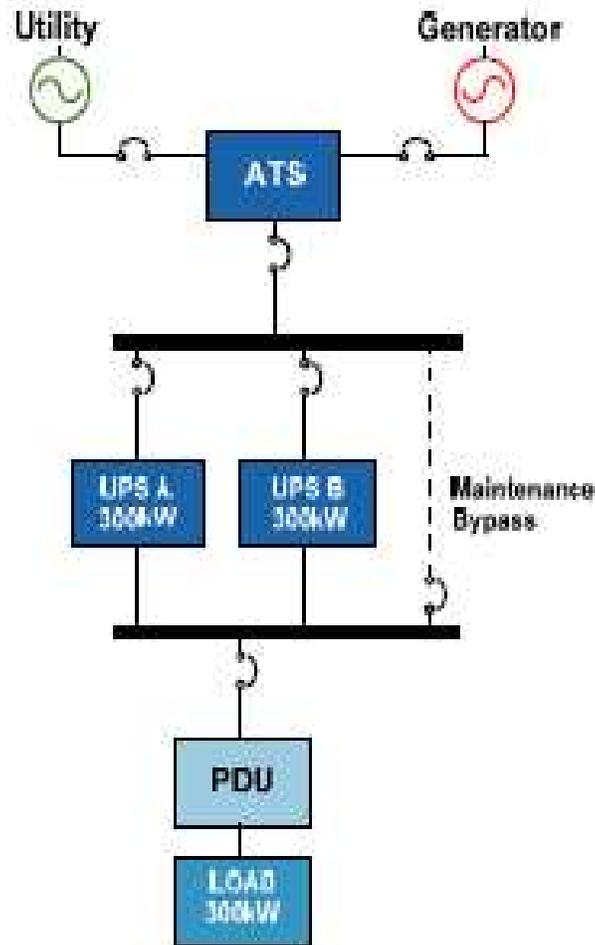
Konfigurasi Redundan Paralel memperbolehkan kegagalan satu modul UPS tanpa membutuhkan beban kritis ditransfer ke sumber lain. Konfigurasi ini menggunakan beberapa UPS yang diparalel, dengan ukuran modul UPS yang sama dan keluar pada *bus output* yang sama. Sistem menggunakan N+1 apabila besaran kapasitas daya setidaknya ditopang oleh 1 sistem modul. Maksudnya adalah ketika UPS menggunakan hanya 1 sistem modul UPS, maka kita harus *membakup* UPS ini dengan 1 UPS cadangan. Sistem akan menggunakan N+2 apabila kapasitas daya ditopang oleh 2 buah sistem modul UPS. Dengan kata lain, jumlah UPS backup harus sejumlah dengan UPS yang sedang digunakan. Hal ini yang menyebabkan konfigurasi ini disebut sebagai redundan paralel. UPS backup dan main UPS harus menggunakan kapasitas dan model yang mirip ketika dikonfigurasi sebagai redundan paralel. Keluaran dari redundan paralel ini biasanya akan di kendalikan arus listriknya pada sebuah modul *paralleling board* atau dalam beberapa kasus fungsi ini telah dimiliki oleh modul UPS itu sendiri.

Modul UPS berkomunikasi antar satu modul dengan modul yang lainnya agar sepenuhnya *tersynchronize*. Kemampuan beban, tegangan, dan arus listrik bus paralel akan terus diawasi pada sebuah sistem. *Paralel bus* juga harus dapat menunjukkan pada monitor berapa banyak modul yang terkoneksi pada bus itu, dan harus dapat menginformasikan kapan modul yang terkoneksi butuh di berikan perawatan. Efisiensi sistem dapat menjadi faktor yang penting untuk dipertimbangkan ketika mendesain sistem UPS. Pada gambar ini ditunjukkan efisiensi instalasi yang harus dipertimbangkan ketika ingin memilih UPS pada saat mendesain *data center*. Dapat dilihat besarnya kapasitas modul yang dipilih akan berdampak serius pada efisiensi.

Tabel 2.10 Efisiensi Instalasi (*Schneider Electric, 2013*)

UPS modules in parallel	Mission critical load	Total UPS system capacity	% each UPS module is loaded
2 x 240 kW	240 kW	480 kW	50%
3 x 120 kW	240 kW	360 kW	66%
4 x 80 kW	240 kW	320 kW	75%
5 x 60 kW	240 kW	300 kW	80%
2 x 240 kW	240 kW	480 kW	50%

Kelebihan dari konfigurasi N+1 atau paralel redundan adalah karena kapasitasnya besar melebihi dari apa yang dibutuhkan, maka ketika salah satu UPS bermasalah tidak akan mengganggu operasional sistem. Kedua kemungkinan kegagalan sistem yang lebih rendah dibandingkan redundan terisolasi karena lebih sedikit menggunakan *breakers* dan modul yang online sepanjang waktu. Ketiga kemungkinan untuk menambahkan modul ketika terjadi pertumbuhan kebutuhan daya listrik dengan instalasi yang lebih mudah. Kekurangan ketika menggunakan konfigurasi jenis ini adalah kedua modul harus memiliki desain yang sama, merek yang sama, *rating* yang sama, teknologi dan konfigurasi yang sama. Kedua karena sistem ini hanya menggunakan 1 buah *paralleling board*, beban listrik *data center* masih dapat terlepas dari perlindungan ketika dilakukan perawatan pada *paralleling board*.



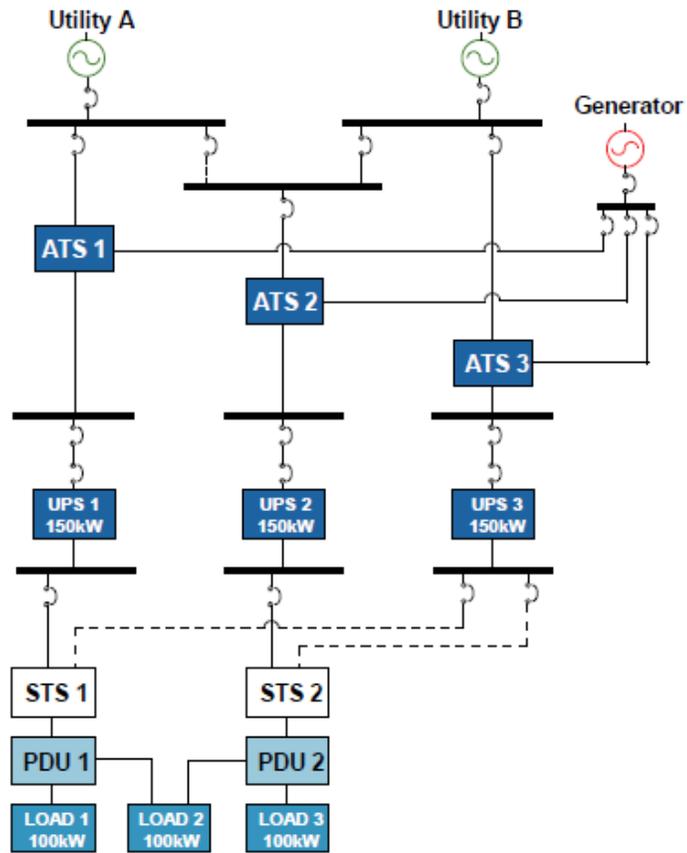
Gambar 2.23 Paralel Redundan (*Schneider Electric, 2013*)

2.4.6.3 Redundan Terdistribusi

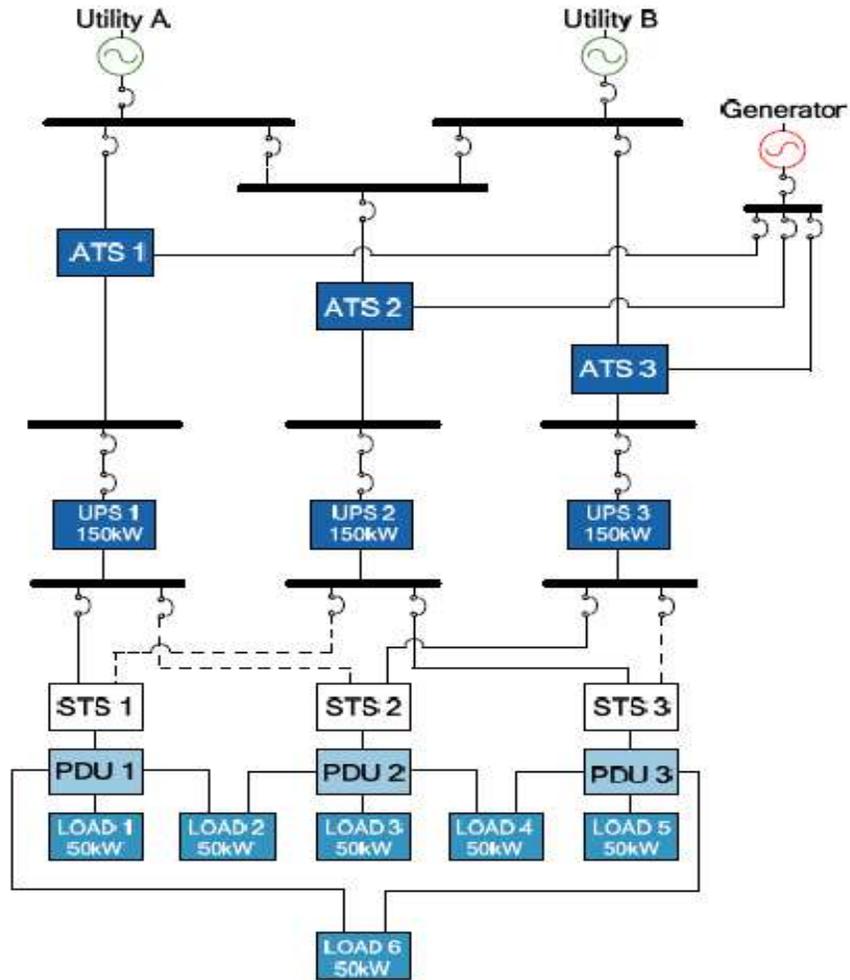
Konfigurasi redundan terdistribusi, juga dikenal sebagai *tri-redundant* yang sekarang ini sering digunakan pada *data center* besar, termasuk pada organisasi keuangan. Desain ini telah dikembangkan pada akhir tahun 1990an oleh perusahaan insinyur untuk menyediakan redundan yang sempurna tanpa adanya biaya tambahan yang besar untuk dikeluarkan. Pada dasarnya desain ini menggunakan tiga atau lebih modul UPS dengan input yang berdiri sendiri-sendiri dan sama-sama mensuplai output. Masing-masing output akan mensuplai kebutuhan satu buah PDU. Dari kegunaan UPS, desain konfigurasi redundan terdistribusi dan konfigurasi sistem plus sistem memiliki sedikit kemiripan. Keduanya menyediakan fitur perawatan bersama-sama dan

meminimalisir kemungkinan SPOF (*single point of failure*). Perbedaan dari kedua sistem ini adalah pada jumlah modul UPS yang digunakan.

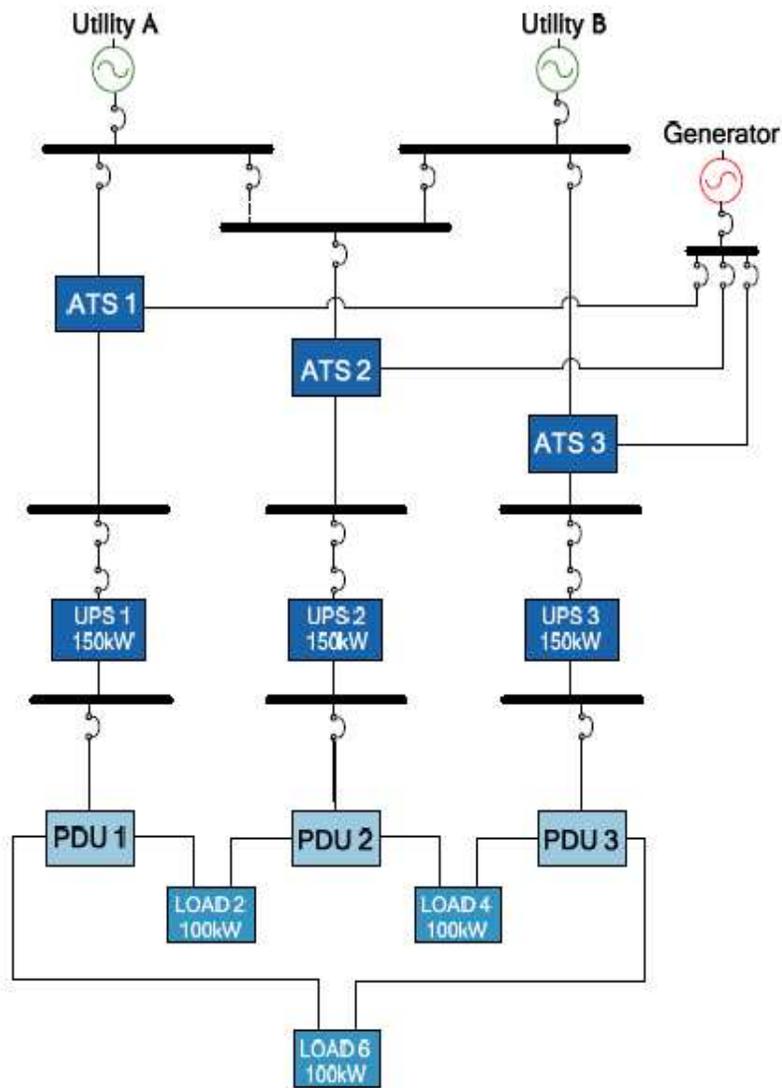
Biasanya STS (*Static Transfer Switch*) disertakan dalam instalasi redundan jenis ini. STS memiliki dua buah input dan satu buah output. Ini memungkinkan STS menerima daya dari dua sistem UPS yang berbeda dan menyediakan beban dengan kondisi salah satu dari kedua UPS tadi. Ketika sistem UPS pertama mengalami masalah, maka STS akan langsung memindahkan beban menuju ke UPS yang kedua. Waktu yang dibutuhkan STS ini untuk memindahkan daya listrik sekitar 4ms sampai 8ms. Teknologi ini telah dikembangkan pada awal 1990an dan telah berimprovisasi sesuai dengan perkembangan waktu, dan umumnya digunakan pada konfigurasi redundan terdistribusi. Terdapat 3 jenis konfigurasi redundan terdistribusi, yaitu redundan terdistribusi dengan *catcher UPS configuration*, konfigurasi redundan terdistribusi menggunakan STS, dan konfigurasi redundan terdistribusi tanpa STS. Masing-masing konfigurasi dapat dilihat pada ketika gambar dibawah ini.



Gambar 2.24 Redundan Terdistribusi dengan Catcher UPS Configuration (*Schneider Electric, 2013*)



Gambar 2.25 Konfigurasi Redundansi Terdistribusi Menggunakan STS (Schneider Electric, 2013)



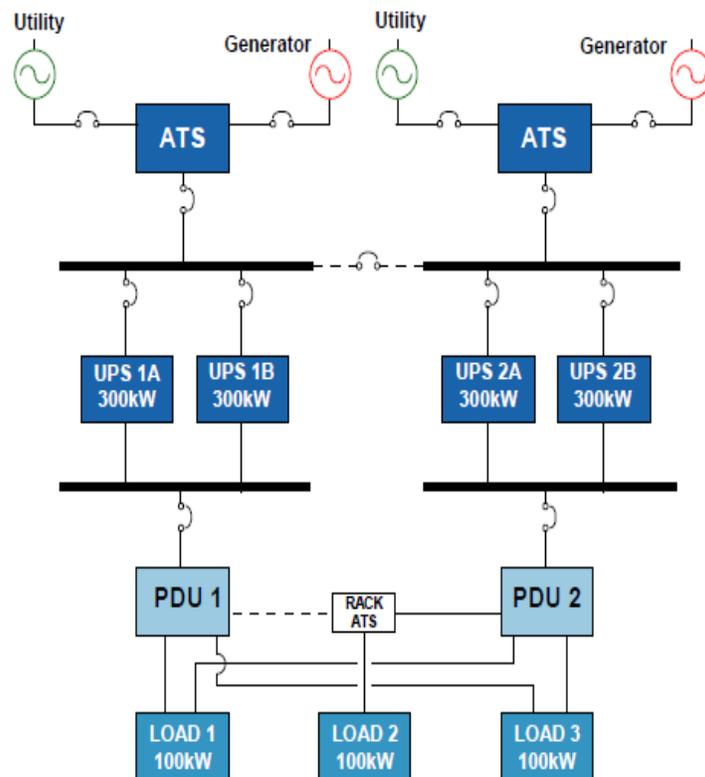
Gambar 2.26 Konfigurasi Redundan Terdistribusi Tanpa STS (*Schneider Electric, 2013*)

Kelebihan dari konfigurasi redundan terdistribusi adalah memungkinkan UPS diperbaiki pada waktu yang bersamaan jika semua beban menggunakan sistem *dual-corded loads*. Dimana setiap beban dikoneksikan pada dua PDU dimana setiap PDU menggunakan sistem UPS terpisah. Dengan menggunakan dua PDU dengan sistem terpisah inilah yang menyediakan redundan pada saat akan di lakukan perawatan ataupun ketika salah satu sistem mengalami *failure*. Sementara kekurangannya adalah umumnya konfigurasi ini akan menghabiskan dana

yang cukup besar. Kedua instalasi konfigurasi jenis ini cukup sulit, untuk instalasi yang besar bahkan perlu dimanajemen dengan baik agar setiap sistem termonitor dengan baik instalasinya

2.4.6.4 Sistem Plus Sistem

Konfigurasi ini dikenal dengan banyak nama, sistem plus sitem dikenal juga sebagai *isolated parallel*, *multiple parallel bus*, *double ended*, $2(N+1)$, $2N+2$, $[(N + 1) + (N + 1)]$, dan $2N$. Dengan sistem ini, UPS dapat dioperasikan tidak pernah menggunakan beban transfer ke sumber daya cadangan. Sistem ini di desain untuk menghilangkan semua bayangan tentang *single point of failure*. Konfigurasi jenis ini cocok digunakan untuk infrastruktur yang harus mendukung banyak perangkat pada *data center* yang sangat besar. Sistem ini diklaim paling handal dan paling mahal dalam dunia industri. Desain ini bisa jadi simple dan bisa jadi sulit bagi seorang insinyur dalam merencanakan ataupun ketika melakukan desain.



Gambar 2.27 Konfigurasi Sistem Plus Sistem (*Schneider Electric, 2013*)

Biaya yang dikeluarkan pada konfigurasi ini bergantung pada anggapan insinyur yang melihat sejauh mana sistem ini dapat mengambil alih sistem yang dimiliki oleh clientnya. Semakin besar kemampuan redundannya maka semakin besar juga biaya yang dikeluarkan. Konsep dasar dari konfigurasi jenis ini adalah setiap bagian dari perangkat listrik tersebut dapat dimatikan tanpa harus membuat sistem mengalami kegagalan. Kelebihan dari konfigurasi jenis ini adalah dua buah sumber daya yang terpisah dari PDU, UPS, Genset, bahkan *Utility source* membuat sistem ini menjadi memiliki toleransi yang rendah dan tidak memiliki *single point of failure*. Kedua konfigurasi ini memungkinkan redundan dari sumber listrik sampai dengan beban listrik. Ketiga mudah untuk dilakukan perawatan karena tidak akan mengganggu sistem yang berjalan. Sedangkan kekurangannya adalah sistem ini akan menghabiskan biaya yang sangat besar. Kedua kebanyakan gedung tidak cocok menggunakan sistem ini karena membutuhkan *compartment* komponen listrik yang redundan. Dari lima konsep konfigurasi UPS, yang menjadi tolak ukur pertimbangan adalah *impact downtime, budget, types of loads (single vs dual corded), types of IT architecture, risk tolerance, availability performance, reliability performance, maintainability performance*, dan *maintainability support performance*.

Tabel 2.11 Pertimbangan Pemilihan Konfigurasi Desain (*Schneider Electric, 2013*)

Configurations	Historical uses	Reasons for use
Capacity (N)	Small businesses Businesses with multiple local offices Businesses with geographically redundant data centers	Reduce capital cost and energy cost Support for lower criticality applications Simple configuration and installation Ability to bring down load for maintenance
Isolated redundant	Small to medium businesses Data centers typically below 500 kW of IT capacity	Improved fault tolerance over "1N" Ability to use different UPS models Ability to increase future capacity
Parallel redundant (N+1)	Small to large businesses with data centers typically below 500 kW of IT capacity	Improved fault tolerance over "1N" Ability to increase future capacity
Distributed redundant catcher	Large businesses with data centers typically above 1 MW of IT capacity	Ability to use different UPS models Ability to add more capacity Reduced UPS expense vs. 2N
Distributed redundant with STS	Large enterprises with data centers greater than 1 MW	Concurrent maintenance capability Reduced UPS expense vs. 2N
Distributed redundant without STS i.e. tri-redundant	Large collocation providers	Reduced UPS expense vs. 2N Increased savings over designs with STS
System plus system (2N, 2N+1)	Large multi-megawatt data centers	Complete redundancy between side A & B Easier to keep UPS systems evenly loaded

2.5 Genset

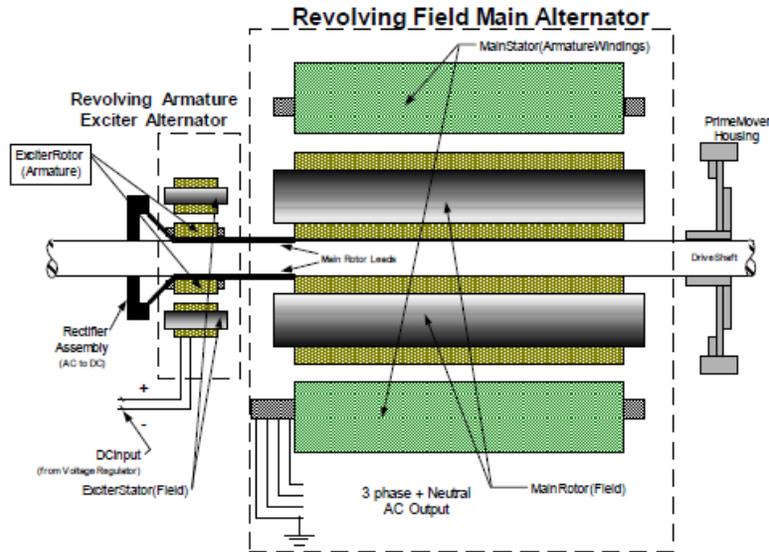
Backup generator atau dikenal dengan genset, merupakan salah satu komponen penting pada *data center*. Genset berfungsi sebagai penghasil sumber listrik cadangan, dimana genset menghasilkan listrik dengan mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Ketika *data center* di desain, dan ingin memilih genset apa yang digunakan, tentu harus mempertimbangkan beberapa aspek mengenai genset yang akan digunakan. Berinvestasi pada sistem *backup generator*, harus diketahui teknologi apa yang digunakan, kelebihan apa dari sistem tersebut, dan kehandalan serta kegunaannya yang secara signifikan dapat bertahan selama 10-15 tahun (Wolfgang).

Beberapa hal yang perlu diperhatikan ketika ingin memilih *generator* atau ketika sudah memiliki *generator* adalah jenis bahan bakar yang digunakan (Diesel, gas alam, *liquid petroleum* (LP), dan bensin), emisi gas buang dan *noise* yang dihasilkan, pendinginan, pelumas, penyaring udara dan bahan bakar, dan *starter motor*. Enam faktor yang harus dipertimbangkan ini, merupakan hal penting yang akan mempengaruhi kinerja dan performa dari *generator* yang digunakan.



Gambar 2.28 *Standby Generator (Wolfgang)*

Pada dasarnya, cara kerja genset sama dengan mesin pada kendaraan bermotor. Perbedaannya hanya pada konversi energinya saja, apabila kendaraan motor mengkonversi energi mekanik menjadi energi gerak, pada genset energi mekanik di konversi menjadi energi listrik. Genset memiliki tiga komponen pendukung mesin utama yaitu, *alternator*, *governor*, dan *voltage regulator*. Konversi energi mekanik menjadi energi listrik merupakan tugas dari *alternator* pada genset. Komponen ini bertugas untuk merubah energi mekanik pada mesin *generator* menjadi arus listrik bolak balik (AC). *Alternator* yang paling dasar biasanya terbuat dari lilitan kawat logam dan magnet. Listrik dihasilkan ketika lilitan kawat bergerak pada medan magnet yang dihasilkan oleh kutub positif dan negatif dari magnet. *Alternator* yang kecil hanya akan menghasilkan arus listrik yang kecil, sehingga untuk *generator* dibutuhkan *alternator* yang besar.

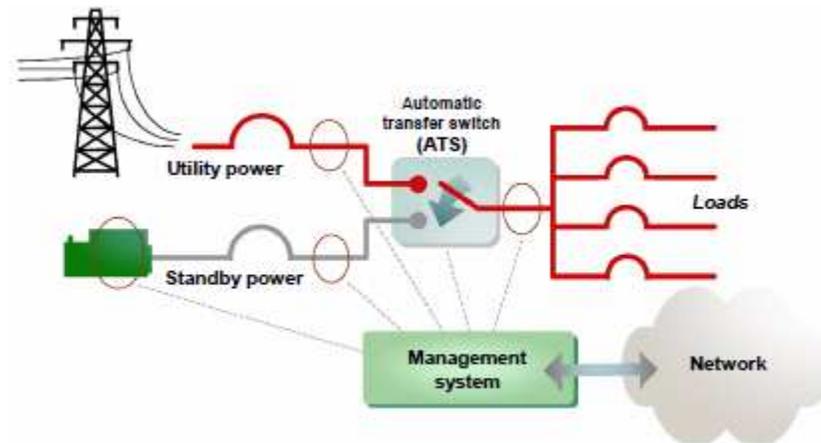


Gambar 2.29 *Self-Excited, Externally, Regulated, Brushless Alternator (Wolfgang)*

Governor (speed limiter) berfungsi untuk memastikan putaran mesin konstan sehingga menghasilkan frekuensi yang stabil. *Governor* lah yang bertanggung jawab atas kualitas tegangan AC yang dikeluarkan oleh *generator*. Frekuensi yang berubah-ubah akan mempengaruhi kualitas dari daya yang dikeluarkan. Dengan tegangan yang tidak stabil, akan menyebabkan kerusakan pada perangkat listrik yang disuplai oleh *generator* ini. Ketika menggunakan dua buah *generator* atau lebih secara parallel untuk kapasitas atau redundansi, *governor* harus memastikan bahwa semua mesin berputar pada kecepatan yang sama antar tiap *generator*. Apabila dua sumber *generator* tidak disinkronkan kecepatannya, salah satu dari *generator* ini akan menerima pecahan beban yang besar, yang menyebabkan *generator* akan mengalami kerusakan. *Governor* pada genset yang canggih, umumnya telah menggunakan *governor* yang dapat di sinkronkan dengan *governor* lainnya.

Voltage regulator berfungsi sebagai pengatur tegangan yang dihasilkan oleh *alternator*. *Voltage regulator* akan memastikan tegangan genset sesuai dengan yang digunakan oleh beban. Sehingga tegangan akan dipastikan stabil, tidak berlebih dan tidak kekurangan. *Voltage regulator* merupakan komponen vital pada genset, yang apabila mengalami kerusakan akan menyebabkan genset mengeluarkan tegangan yang tidak stabil. Jika tegangan tidak stabil maka

perangkat listrik akan mengalami kerusakan atau gangguan. Sehingga pada umumnya komponen ini dapat dimonitoring baik tegangan keluarannya, maupun kondisi komponen tersebut.



Gambar 2.30 *Standby Generator System with Automatic Transfer Switch (Wolfgang)*

2.6 *Data Cable Pathway Design*

Penggunaan *Cable Pathway* pada *data center* bertujuan untuk merapikan kabel data dan kabel dengan membentuk sebuah jalur. Pada umumnya *cable pathway* diletakkan dibawah *raised floor* dan diatas *ceiling*. Dalam perencanaan yang baik, *pathway* harus didesain dengan memperhatikan besar ukuran dan jumlah kabelnya baik untuk saat ini ataupun untuk disaat yang akan datang. *Pathway* harus dapat menyalurkan kabel dari pusat kabel ke setiap perangkat tanpa menyebabkan kerusakan pada kabel. *Cable pathway* terdapat beberapa jenis, antara lain *ladder rack*, *cable tray*, *basket tray*, dan *underfloor cable tray*.

2.6.1 Ladder Rack

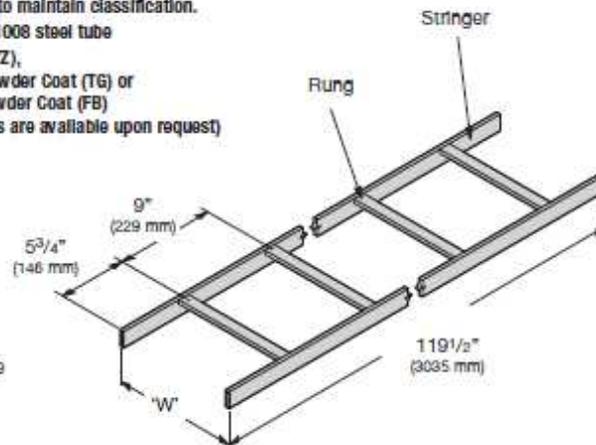
Ladder rack terbuat dari *tubular steel* dan memiliki ukuran lebar dari 6” sampai dengan 36”. Ladder rack memiliki banyak aksesoris tambahan seperti *90-degree bends*, *waterfalls*, dan *cable retaining posts*. Aksesoris ini memungkinkan penjaluran kabel dapat dilakukan dengan aman tanpa menyebabkan kerusakan pada kabel.

Tubular Stringer Style - 1 1/2" (Value Line)

- Ladder type cable runway for communication cabling pathways.
- Mounts to ceilings, walls, floors, relay racks, and electronic enclosures.
- 1/2" (13mm) x 1" (25mm) steel channel welded rungs spaced 9" (229mm) on center.
- All finishes are UL Classified as suitable as an equipment grounding conductor (File number E60548). Requires the use of bonding jumpers on painted finishes to maintain classification.
- Material: ASTM A513 Grade 1008 steel tube
- Finish ____: Yellow Zinc (YZ),
Telco Gray Powder Coat (TG) or
Flat Black Powder Coat (FB)
(Other finishes are available upon request)

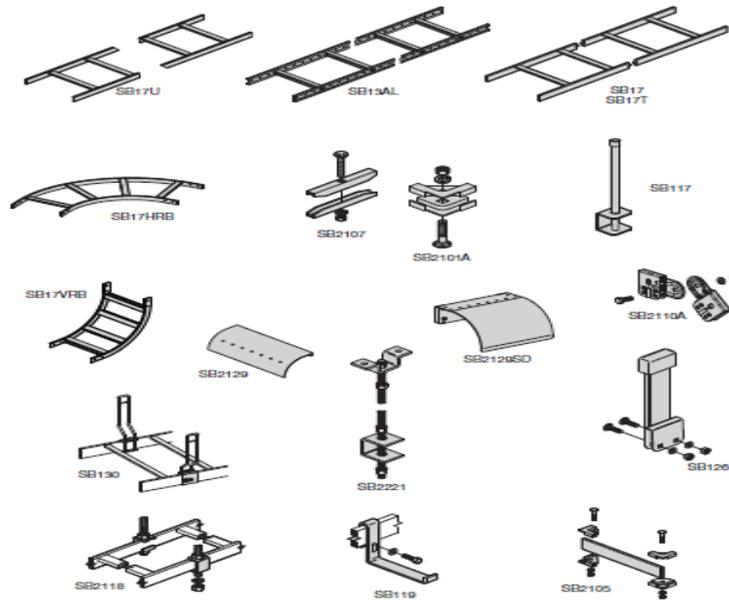


Note: For runway pans see pages 156 & 157



Gambar 2.31 Ladder Racks Tubular Style

(<http://www.cooperindustries.com/content/dam/public..../Runways.pdf>)



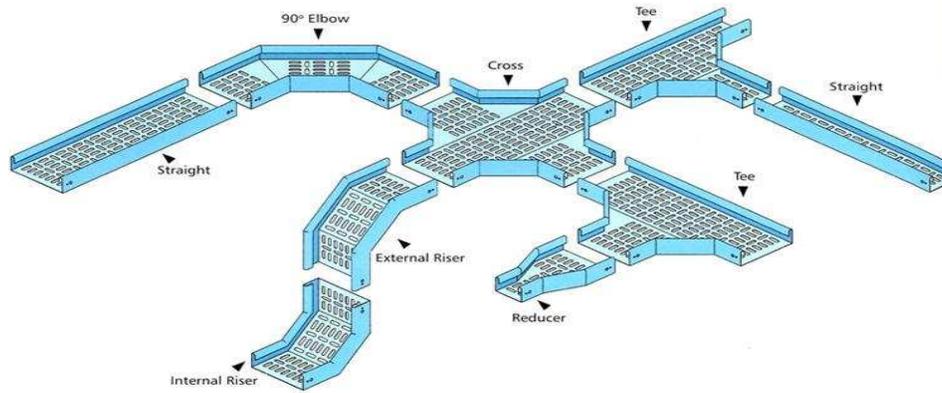
Gambar 2.32 Jenis-jenis *Ladder Rack* dengan Aksesorisnya

(http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/bline/Resources/Library/catalogs/commdata_equipment/commdata_supports/Runways.pdf)

Umumnya *ladder rack* di instalasikan di *ceiling*, dan jarang diletakkan di bawah *raised floor* meskipun memungkinkan.

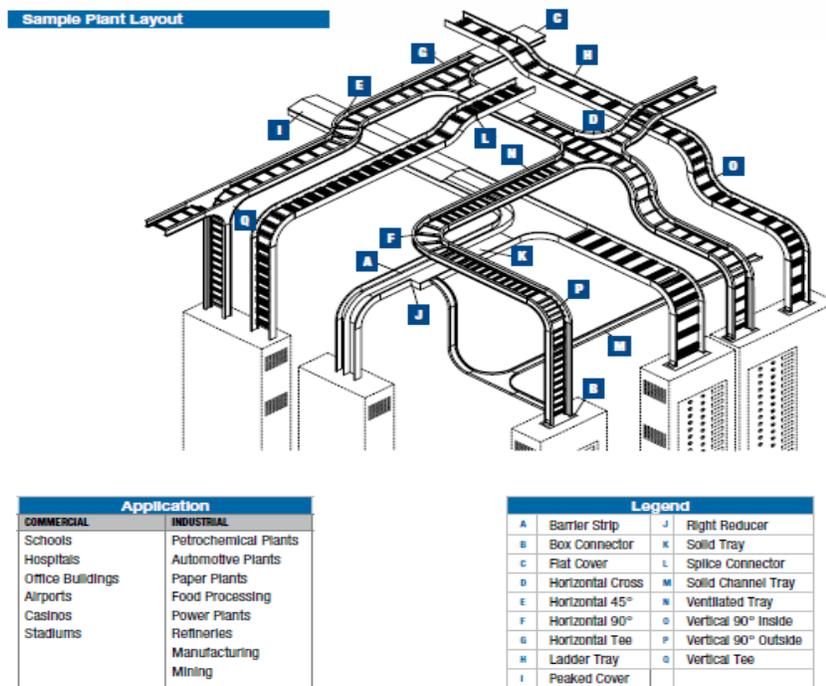
2.6.2 Cable Tray

Cable tray adalah *ladder rack* yang memiliki tepi dan biasanya terbuat dari besi, aluminium, atau *fiber glass*. Dengan memiliki tepian, *cable tray* dapat memuat lebih banyak kabel dibandingkan dengan *ladder rack*. *Cable tray* didesain untuk dapat digunakan sebagai jalur kabel listrik maupun kabel data dan biasanya lebih kuat jika dibandingkan *ladder rack*. Dalam instalasinya, penggunaan *cable tray* harus didesain sedetail mungkin, karena *cable tray* tidak fleksibel dalam instalasinya.



Gambar 2.33 Cable Tray

(<http://pyramidproduct.com/wp-content/uploads/assets/cable-tray-corrugat-detail.png>)

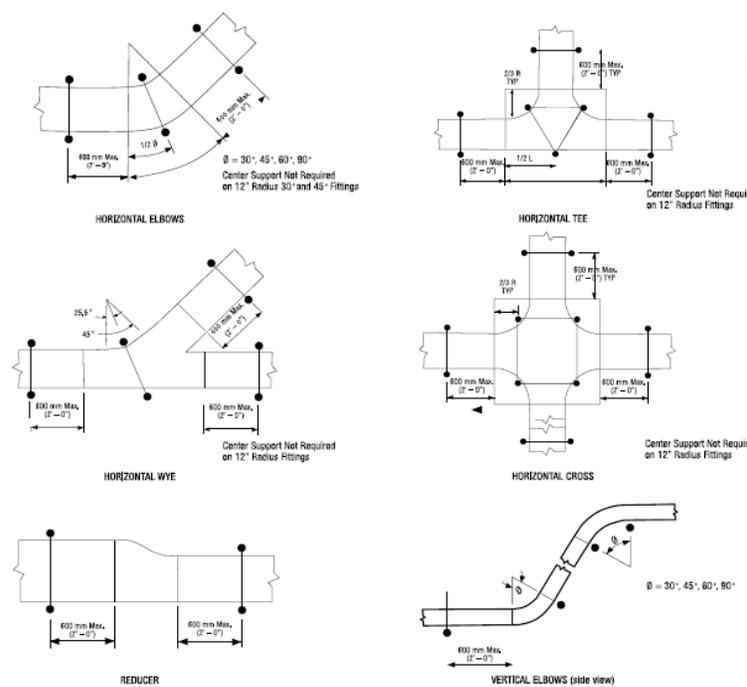


Application	
COMMERCIAL	INDUSTRIAL
Schools	Petrochemical Plants
Hospitals	Automotive Plants
Office Buildings	Paper Plants
Airports	Food Processing
Casinos	Power Plants
Stadiums	Refineries
	Manufacturing
	Mining

Legend	
A Barrier Strip	J Right Reducer
B Box Connector	K Solid Tray
C Flat Cover	L Splice Connector
D Horizontal Cross	M Solid Channel Tray
E Horizontal 45°	N Ventilated Tray
F Horizontal 90°	O Vertical 90° Inside
G Horizontal Tee	P Vertical 90° Outside
H Ladder Tray	Q Vertical Tee
I Peaked Cover	

Gambar 2.34 Cable Tray Sample Plant Layout

(<http://www.tnb.ca/en/pdf-catalogues/cable-tray-systems/tnb-cable-tray/tnb-metallic-cable-tray.pdf>)



Gambar 2.35 Cable Tray Types

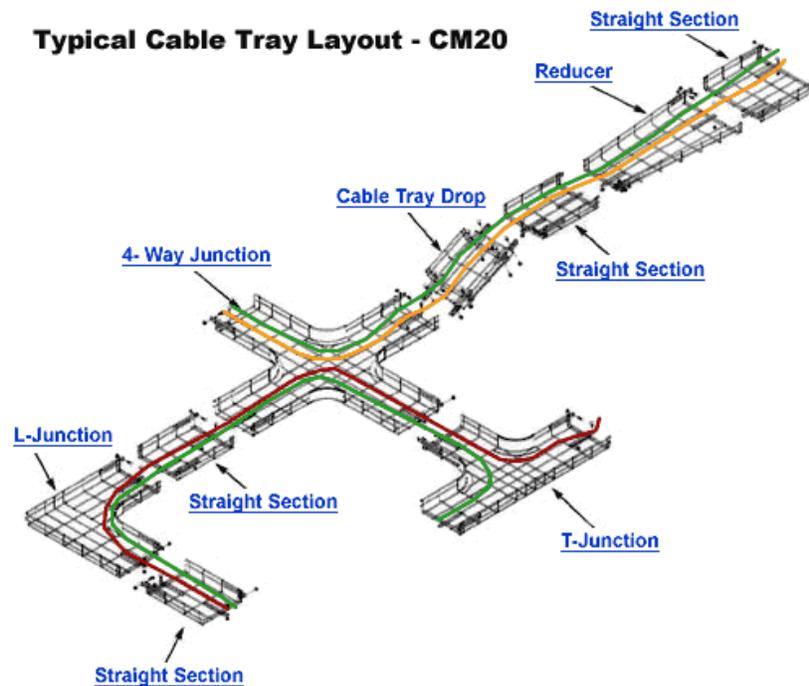
(<http://www.tnb.ca/en/pdf-catalogues/cable-tray-systems/tnb-cable-tray/tnb-metallic-cable-tray.pdf>)

Pada gambar 2.34 dapat dilihat, *cable tray* memiliki beberapa bentuk sesuai dengan kebutuhannya. *Cable tray* tidak fleksibel sehingga untuk instalasi harus diperhitungkan jalurnya seperti apa. Terdapat 6 jenis *cable tray* bentuk khusus yang dibutuhkan dalam instalasi *cable tray* antara lain, *Horizontal Elbows*, *Horizontal Tee*, *Horizontal WYE*, *Horizontal Cross*, *Reducer*, dan *Vertical Elbows*. Masing-masing bentuk khusus ini memiliki fungsi yang berbeda-beda.

2.6.3 Basket Tray

Basket Tray atau lebih dikenal dengan *wiremesh* adalah jalur kabel yang di desain lebih ringan dibandingkan dengan *cable tray* dan *ladder rack*. *Wiremesh* jauh lebih ringan dan jauh lebih mudah untuk di instalasi. Banyak jenis aksesoris yang dapat digunakan bersama *ladder*

rack oleh *wiremesh*. *Wiremesh* berbentuk seperti jaring-jaring dan memiliki warna yang berbeda-beda. Biasanya warna ini dijadikan kode untuk menandakan bahwa *wiremesh* tersebut digunakan untuk kabel jenis apa. Berikut bentuk *wiremesh* yang biasanya digunakan pada *data center*.



Gambar 2.36 Jenis-jenis *Wiremesh/Basket Tray*

(<http://images3.cableorganizer.com/cable-tray/overview-with-cables.gif>)

Wiremesh memiliki bagian-bagian khusus seperti layaknya *cable tray*. Bagian khusus ini dibuat bertujuan agar instalasi menjadi mudah dan lebih rapi. Seperti halnya *cable tray*, *wiremesh* setidaknya memiliki 6 bagian khusus antara lain, *straight section*, *reducer*, *cable tray drop*, *4 way junction*, *T-junction*, dan *L-Junction*.

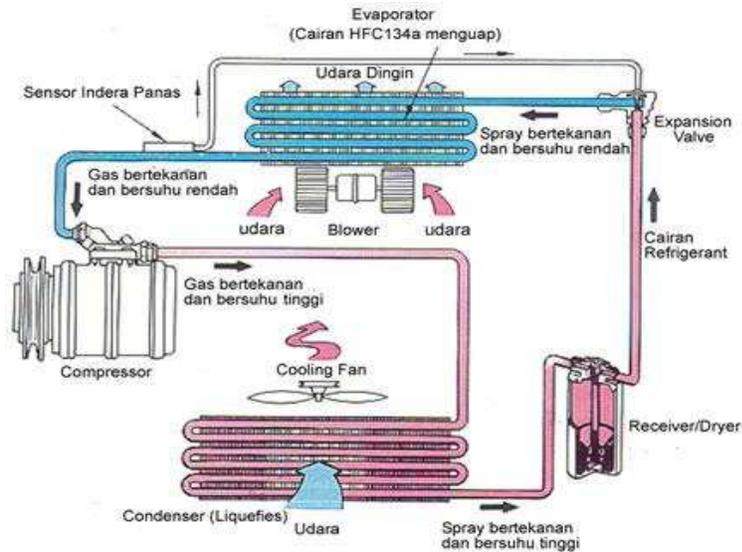
2.7 *Precision Air Conditioner*

Data center dan ruangan IT memiliki panas yang perlu dihilangkan demi menjaga keselamatan perangkat yang digunakan. Meskipun perangkat yang digunakan semakin kecil, namun tetap membutuhkan daya listrik yang besar. Salah satu kunci kesuksesan ketika merancang sistem PAC adalah, pastikan suhu ruangan *data center* berada di sekitar 70 dan 74 derajat Fahrenheit. Kemudian kelembapan harus dipertahankan relatif 45% menjadi 50%. Selain itu usahakan PAC jangan hanya mengandalkan satu *chiller* terpusat, atau dengan kata lain di redundankan (Bell, 2005).

Terdapat 3 buah jenis AC yang terdapat dipasaran, yaitu *AC Comfort*, *AC VRV*, dan *AC Precision*. *AC comfort* adalah AC yang sering digunakan di rumah. Biasanya *AC comfort* ini dikenal dengan sebutan *AC split*. Biasanya AC jenis ini memiliki 1 unit outdoor yang hanya dapat melayani 1 unit indoor. *AC VRV (Variable Refrigerant Volume)* adalah suatu teknologi pengaturan kapasitas AC yang memiliki kemampuan untuk mencegah pendinginan yang berlebih pada suatu area. AC jenis VRV ini dapat melayani sampai dengan 9 unit indoor hanya dengan 1 unit outdoor. Sedangkan *AC precision* adalah suatu teknologi pendingin ruangan yang diciptakan untuk dapat mengatur temperatur dan kelembapan dari suatu ruangan dengan presisi dan konstan.

AC jenis ini dapat mempertahankan temperatur dan kelembapan secara kontinu secara otomatis, sehingga temperatur dan kelembapan ruangan akan stabil. Pendingin ruangan yang presisi dibutuhkan untuk menghilangkan panas yang timbul pada perangkat *data center* dan IT. Dengan *precision air conditioner*, panas yang tidak diharapkan dapat diminimalisir dengan cara mendorong udara panas untuk keluar menuju atmosfer. Secara keseluruhan, 45% daya yang digunakan pada *data center* digunakan oleh sistem pendingin dari *data center* tersebut (Rana W. Alaskar, 2014).

Perlu diketahui kunci utama dari AC adalah *refrigerant*. Dimana pada umumnya *refrigerant* ini berbahan gas *fuorocarbon* yang mengalir dalam sistem pendingin. Gas ini akan dirubah menjadi cairan dan melepaskan panas ketika diberi tekanan oleh kompresor. Dan akan menyerap panas ketika tekanannya dikurangi.



Gambar 2.37 Cara Kerja AC

(<http://daikin-indonesia.blogspot.com/>)

Cara kerja AC secara umum dapat dilihat pada gambar 2.37, dimana udara didalam ruangan akan di tiupkan oleh udara dingin. Kemudian udara panas yang tersirkulasi kedalam unit indoor akan diserap oleh *refrigerant* dalam tekanan rendah dan kemudian dialirkan menuju kompresor. *Refrigerant* ini kemudian dirubah menjadi tekanan tinggi dengan suhu panas. *Refrigerant* tekanan tinggi ini kemudian dialirkan menuju *condenser*. *Condenser* merupakan suatu bagian dari AC yang berfungsi sebagai penurun suhu dari *refrigerant* yang membawa panas. Setelah suhu *refrigerant* tadi diturunkan oleh *condenser*, *refrigerant* kemudian dialirkan kembali ke *Orifice Tube/Expansion Valve*. Fungsi dari *Orifice Tube/Expansion Valve* adalah menurunkan tekanan dan suhu dari *refrigerant* sehingga *refrigerant* menjadi cairan bertekanan rendah dan bersuhu dingin. Ketika suhu didinginkan dan tekanan diturunkan, *refrigerant* kemudian di alirkan menuju *evaporator*. *Evaporator* ini tugas dan bentuknya hampir sama dengan *condenser*. Hanya saja *evaporator* terdapat di unit indoor dan berfungsi untuk melepaskan udara dingin dan menyerap udara panas di dalam ruangan. *Evaporator* akan ditiup oleh *blower* agar udara dingin dapat dilepaskan. Pada dasarnya terdapat 5 metode untuk memindahkan panas yang tidak diharapkan didalam ruangan IT atau *data center*. Setiap metode

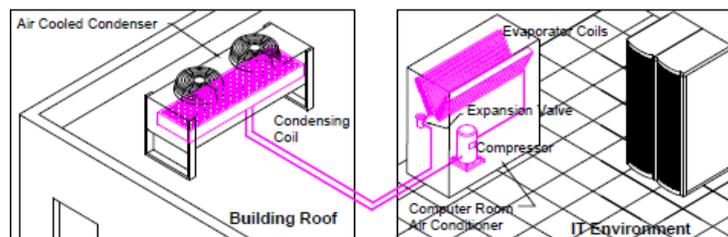
menggunakan siklus *refrigerant* untuk memindahkan atau mendorong panas dari perangkat *data center* atau ruangan komputer menuju lingkungan luar. Beberapa metode dengan mengurangi penggunaan bahan *refrigerant*, dan menggantikannya dengan bahan air atau cairan yang dapat dijadikan sebagai bahan pengganti *refrigerant* (Evans, 2011). Pendingin ruangan IT dikenal dengan sebutan CRAC (*Computer Room Air Conditioner*).

2.7.1 Outdoor Unit

Unit outdoor adalah salah satu bagian AC yang sangat penting. Unit ini diletakan diluar ruangan untuk mengeluarkan udara panas ke luar ruangan, dan memasukkan udara dingin kedalam ruangan. Untuk mengantarkan udara dingin kedalam dan udara panas keluar, unit outdoor ini membutuhkan media. Media yang biasanya digunakan adalah udara dan air. Terdapat 3 jenis metode pendinginan CRAC, yaitu *Air Cooled*, *Water Cooled*, dan *Water chilled*. Perbedaannya adalah pada media yang digunakan sebagai *refrigerantnya* saja.

2.7.1.1 Air Cooled System

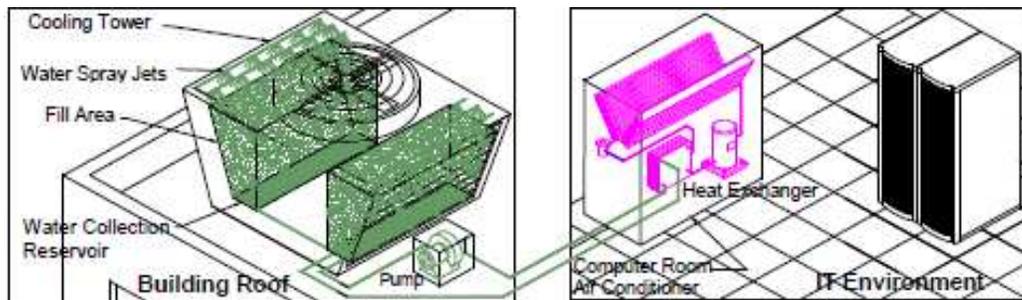
Air cooled sistem adalah sistem pendinginan ruangan komputer dengan menggunakan media udara untuk mendinginkan bahan *refrigerant*. Kipas yang terdapat pada mesin outdoor, memberikan udara dingin kedalam dan menarik udara panas dari dalam ke luar. Kelebihan dari penggunaan CRAC jenis ini adalah paling murah dibandingkan dengan jenis AC lainnya, dan lebih mudah di lakukan pemeliharaan.



Gambar 2.38 *Air Cooled System* (Evans, 2011)

2.7.1.2 Water Cooled System

Water cooled system adalah sistem pendingin ruangan yang menggunakan media air untuk mengirimkan udara dingin kedalam ruangan, dan mendorong udara panas untuk dipindahkan ke luar ruangan. Pada sistem ini air disimpan disebuah penampung air yang memiliki kipas diatasnya. Kemudian air ini akan di turunkan suhunya oleh kipas besar ini dan dipompa untuk menuju kedalam unit indoor. Di unit indoor ini udara dingin dari air akan di hembuskan kedalam ruangan komputer dengan bantuan kipas yang ada didalam indoor unit. Dan udara panas akan di bawa menuju kembali ke *cooling tower* dan panasnya akan dilepas oleh kipas tadi, dan prosesnya akan terus mengulang seperti ini.



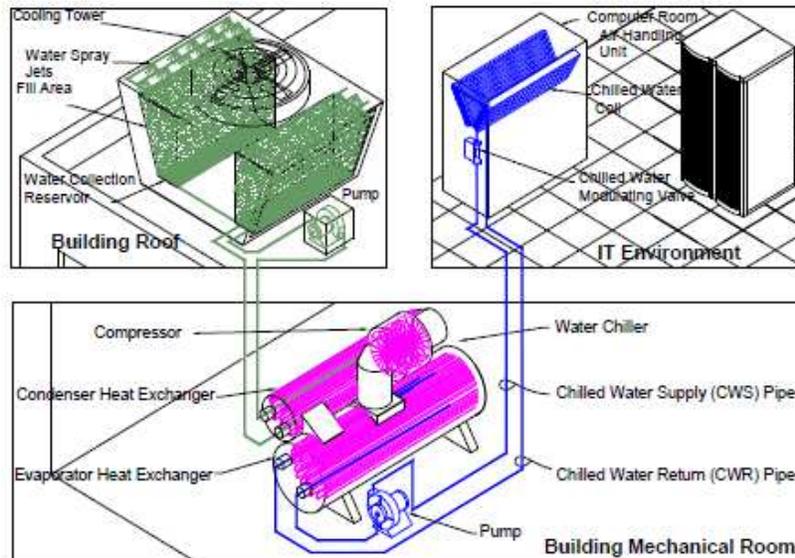
Gambar 2.39 *Water Cooled Systems* (Evans, 2011)

Kelebihan dari AC tipe ini adalah, segala instalasinya dilakukan oleh vendor AC tersebut. Sehingga komponen pendinginan yang digunakan disegel dan telah diuji keandalannya oleh pabrikan. Pipa distribusi dapat diinstalasi lebih jauh dibandingkan jenis *air cooled*, karena air dialirkan dan didorong oleh pompa. Kemudian AC jenis ini dapat melayani unit indoor lebih banyak dengan hanya satu unit outdoor.

2.7.1.3 Water Chilled System.

Water chilled system adalah sistem pendingin ruangan yang menggunakan media air seperti halnya *water cooled*. Hanya saja pada *water chilled* air akan di dinginkan sampai kira-

kira 6 derajat celcius oleh *chiller*. Sehingga udara yang dihembuskan oleh unit indoor benar-benar berasal dari air dingin. Cara kerjanya hampir sama dengan *water cooled*, perbedaannya hanya pada penggunaan *chillernya* saja.



Gambar 2.40 *Water Chilled* (Evans, 2011)

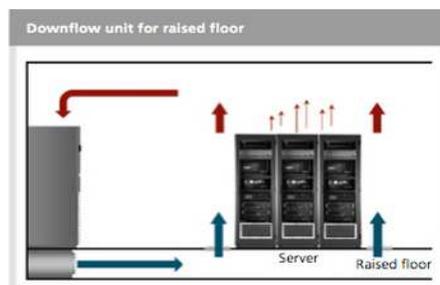
Kelebihan dari AC tipe ini adalah umumnya harganya lebih murah, karena tidak menggunakan banyak part dibandingkan tipe AC lain, dan memiliki kapasitas menghilangkan panas lebih baik dibandingkan tipe AC lain. Instalasi pipa AC ini dapat diinstalasi dengan jarak yang lebih jauh dan dapat melayani banyak lingkungan IT dari hanya 1 buah *chiller*. *Chilled Water* lebih menggunakan sedikit daya listrik untuk kebutuhan yang lebih besar. Efektivitas dari *chiller* dihitung dengan satuan Kw/ton, yang merupakan perbandingan daya dari *chiller* untuk mendinginkan per ton (Dr. J Venkatesh, 2012).

2.7.2 Indoor Unit

Indoor unit merupakan bagian AC yang melepaskan udara dingin yang terdapat pada *evaporator*. Pada unit ini terdapat *controller*, dan juga *evaporator*. Fungsi *controller* ini adalah untuk mengontrol kinerja AC secara otomatis. *Controller* memiliki berbagai sensor yang akan mengatur kelembapan serta temperatur di suatu ruangan. *Indoor unit* merupakan perangkat AC yang akan mengeluarkan hembusan udara dingin. Di pasaran, terdapat 3 jenis *indoor unit* yang berbeda dari arah hembusannya saja. *Upflow* merupakan jenis *indoor unit* yang mengeluarkan udara dingin menuju keatas lalu dikeluarkan melalui ventilasi-ventilasi yang terdapat pada *ceiling*. Kemudian terdapat jenis *downflow*, jenis ini akan menghembuskan udara dingin melalui bawah *raised floor* yang kemudian dikeluarkan oleh *perforated raised floor*. Kemudian terdapat jenis *inrow*, jenis ini menghembuskan udara langsung ke ruangan dan dapat di pasang berdekatan dengan *server rack*.

2.7.2.1 Downflow Unit

Pada *data center* biasanya menggunakan *raised floor* untuk merapikan jalur kabel. Selain itu *raised floor* dapat juga digunakan untuk mensupport hot and *cold aisle* sistem. Untuk itu dibutuhkan AC yang dapat menghembuskan udara dingin ke bawah *raised floor*. AC jenis ini dikenal sebagai AC sistem *downflow*. Udara dingin akan dihembuskan menuju bawah *raised floor*, kemudian udara dingin akan dikeluarkan melalui *perforated raised floor*, sehingga udara dingin dapat masuk kedalam setiap rak. Dengan sistem seperti ini *hot and cold aisle* dapat dibuat dengan mudah, untuk membuat *cold aisle* hanya tinggal mengganti jenis panel *raised floor* menjadi *perforated* dan untuk membuat *hot aisle* dapat menggunakan panel *solid raised floor*.

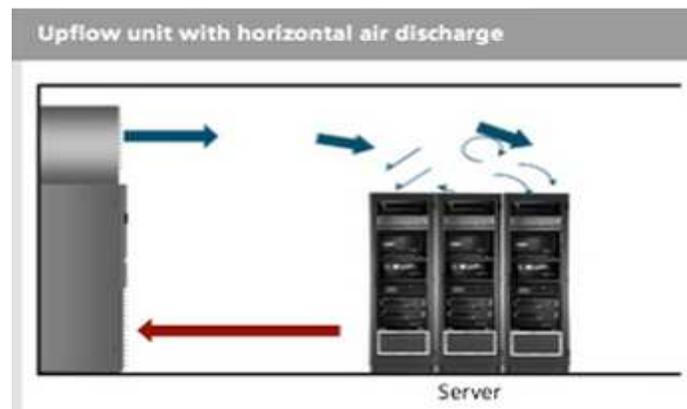


Gambar 2.41 AC Sistem *Downflow*

(<http://www.koolit.co.uk/aircon/server-room-air-conditioning/>)

2.7.2.2 *Upflow Unit*

AC jenis ini mengeluarkan udara dingin melalui bagian atas perangkat indoornya. Udara dingin dialirkan menuju arah *server* secara langsung untuk menekan udara panas yang dihasilkan perangkat menuju kebawah. Udara panas yang terdorong udara dingin akan tersirkulasi ke perangkat indoor untuk ditukarkan dengan udara dingin. AC jenis ini dapat digunakan apabila *data center* tidak menggunakan *raised floor*.



Gambar 2.42 AC Sistem *Upflow*

(<http://www.koolit.co.uk/aircon/server-room-air-conditioning/>)

2.7.2.3 *Inrow Unit*

AC jenis *Inrow* unit, pada dasarnya hanya melakukan pendinginan back to front air flow. Artinya udara disirkulasi dari baris belakang menuju baris depan. Sistem ini sangat cocok dengan *data center* yang menggunakan baris panas dan baris dingin. Selain itu AC jenis ini di desain

agar dapat berkerja bergandengan dengan rak *server*, namun tidak mengganggu kinerja dari *server* tersebut. Dengan kelebeiannya seperti itu, AC jenis ini biasanya digunakan pada rak jenis *containment rack*. Sehingga udara dingin dapat di maksimalkan menuju perangkat.



Gambar 2.43 AC Inrow Based Unit (Avelar, 2014)

2.7.3 PAC Calculation

Tiap Kilowatt dari daya listrik yang digunakan, akan menghasilkan panas pada tiap perangkat yang digunakan pada *data center*, panas yang dihasilkan tersebut harus dihisap dari perangkat, serta ruangan agar temperatur dapat dijaga tetap konstan. (Reichle & De-Massari AG, 2011). Oleh karena itu diperlukan perhitungan yang akurat untuk memperkirakan berapa kebutuhan pendingin yang digunakan, untuk mendinginkan *data center* yang akan di desain. Besar kecilnya kebutuhan pendingin ruangan akan dipengaruhi oleh *volume* ruangan *data center*, panas yang disebabkan beban listrik yang digunakan, dan beberapa faktor panas yang ditimbulkan oleh lingkungan *data center* (faktor panas *data center* yang berada pada iklim tropis akan berbeda dengan *data center* yang di dirikan di lokasi yang berudara dingin). Di eropa satuan pendingin ruangan masih menggunakan satuan BTU/h (*British Thermal Unit*) atau *Tons* (Rasmussen, 2007). Sedangkan di beberapa negara sudah menggunakan satuan watt ataupun

kilowatt. Untuk itu sebelum melakukan perhitungan, ada baiknya untuk mengetahui konversi perangkat pendingin yang akan digunakan.

Tabel 2.12 Konversi Satuan Perangkat Pendingin Ruangan

Given a value in	Multiply by	To get
BTU per hour	0.293	Watts
Watts	3.41	BTU per hour
Tons	3,530	Watts
Watts	0.000283	Tons

Perhitungan kebutuhan perangkat pendingin sebenarnya sangatlah mudah. *Total heat* merupakan hasil penjumlahan dari *heat room* dan *heat equipment*. Dimana untuk mencari *heat room* dapat dilakukan dengan menghitung *volume* ruangan yang dikalikan dengan 750 BTU/h. Dimana 750 BTU/h ini merupakan level kedinginan nyaman yang rata-rata terjadi pada ruangan yang dirasakan pada manusia.

Ketika *heat room* diketahui, selanjutnya adalah mencari *heat load* yang dibutuhkan. Untuk mencari besaran *heat load* adalah dengan memperkirakan penggunaan beban listrik per rak *server* yang digunakan dalam kondisi berjalan maksimal. Misalkan suatu rak pada *data center* membutuhkan daya sebesar 4 KWh untuk beroperasi secara maksimal. Dan pada *data center* ini terdapat sebanyak 20 rak, maka 20 rak akan dikalikan dengan 4 KWh. Sehingga *heat load* yang didapatkan adalah sebesar 80 KWh namun harus dijumlahkan lagi dengan penggunaan UPS dan baterai sebesar berapa Kwh. Misalnya, baterai dan UPS memiliki besar 90 KWh, maka 80 KWh dijumlahkan dengan 90 KWh sehingga didapatkan *heat loadnya* sebesar 170KWh Setelah *heat load* dan *heat room* ditemukan, maka tinggal menjumlahkan *heat load* dan *heat roomnya*. Sehingga akan ditemukan *heat total* yang mengindikasikan kebutuhan perangkat pendingin yang seharusnya digunakan.

Heat Total (Watt) = Heat Load (Watt) + Heat Room (Watt)

Where :

Heat Load : Server Total Power Consumption + UPS Load + Battery Load

Heat Room : Room Volume X Room heat loss (750 BTU/h)

Contoh :

Diket : Jumlah Rak = 5 unit

Rack Load = 4 KWh/rak

Volume = 168 m³

UPS & Baterai = 22 KWh

Jawab :

$$\begin{aligned}\text{Heat Total} &= \text{Heat Load} + \text{Heat Room} \\ &= (20\text{KWh} + 22 \text{ KWh}) + (168\text{m}^3 \times 750 \text{ BTU/h}) \\ &= 42 \text{ KWh} + 37 \text{ KWh} \\ &= \mathbf{79 \text{ KWh}}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka diketahui untuk *server room* bervolume 168m³ dengan spesifikasi 5 rak *server* yang masing-masing bebanya 4 KWh, dan memiliki UPS sebesar 22 KWh membutuhkan perangkat pendingin (AC) minimum sebesar 79 KWh.

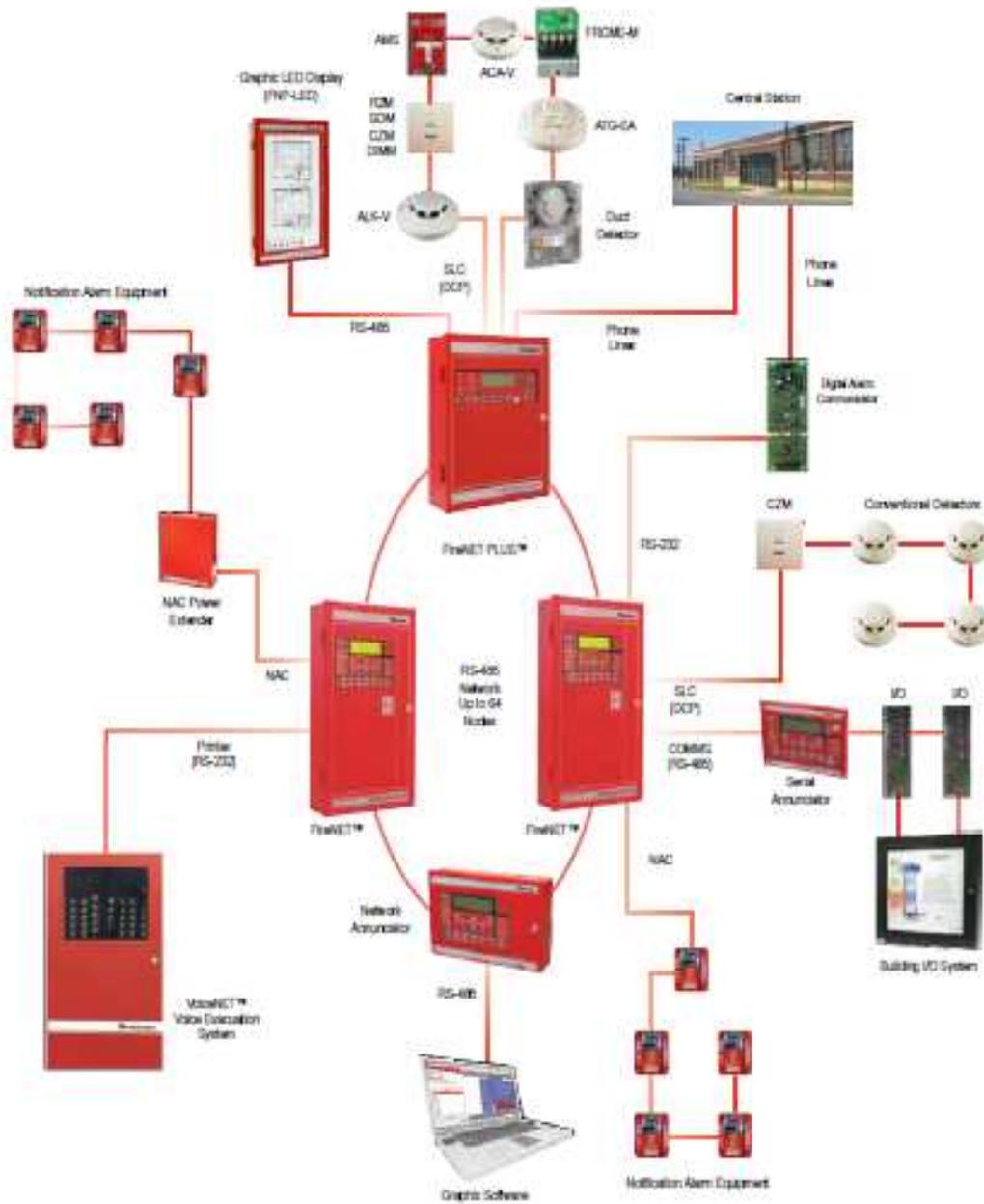
2.8 Fire Alarm & Fire suppression System

Data center merupakan fasilitas yang sangat penting, sehingga harus dijaga keamanannya agar *data center* dapat terus beroperasi dengan baik. Salah satu bahaya yang mengancam keberlangsungan operasional *data center* adalah kebakaran. Perangkat elektronik yang menggunakan daya listrik yang besar, memungkinkan *data center* dapat terbakar kapanpun. Untuk itu *data center* harus dilengkapi dengan sistem peringatan akan kebakaran, dan sistem pemadaman kebakaran. Sistem pemadam kebakaran pada *data center* berbeda dengan sistem kebakaran pada gedung-gedung atau ruangan-ruangan lainnya. Alasan utama adalah *data center* menyimpan berbagai data-data penting perusahaan, sehingga data ini harus di amankan dari segala bentuk kerusakan baik kerusakan logis maupun fisik (Bell, 2005). Kemudian alasan kedua harga perangkat *data center* sangatlah mahal, sehingga akan lebih bijak untuk memastikan

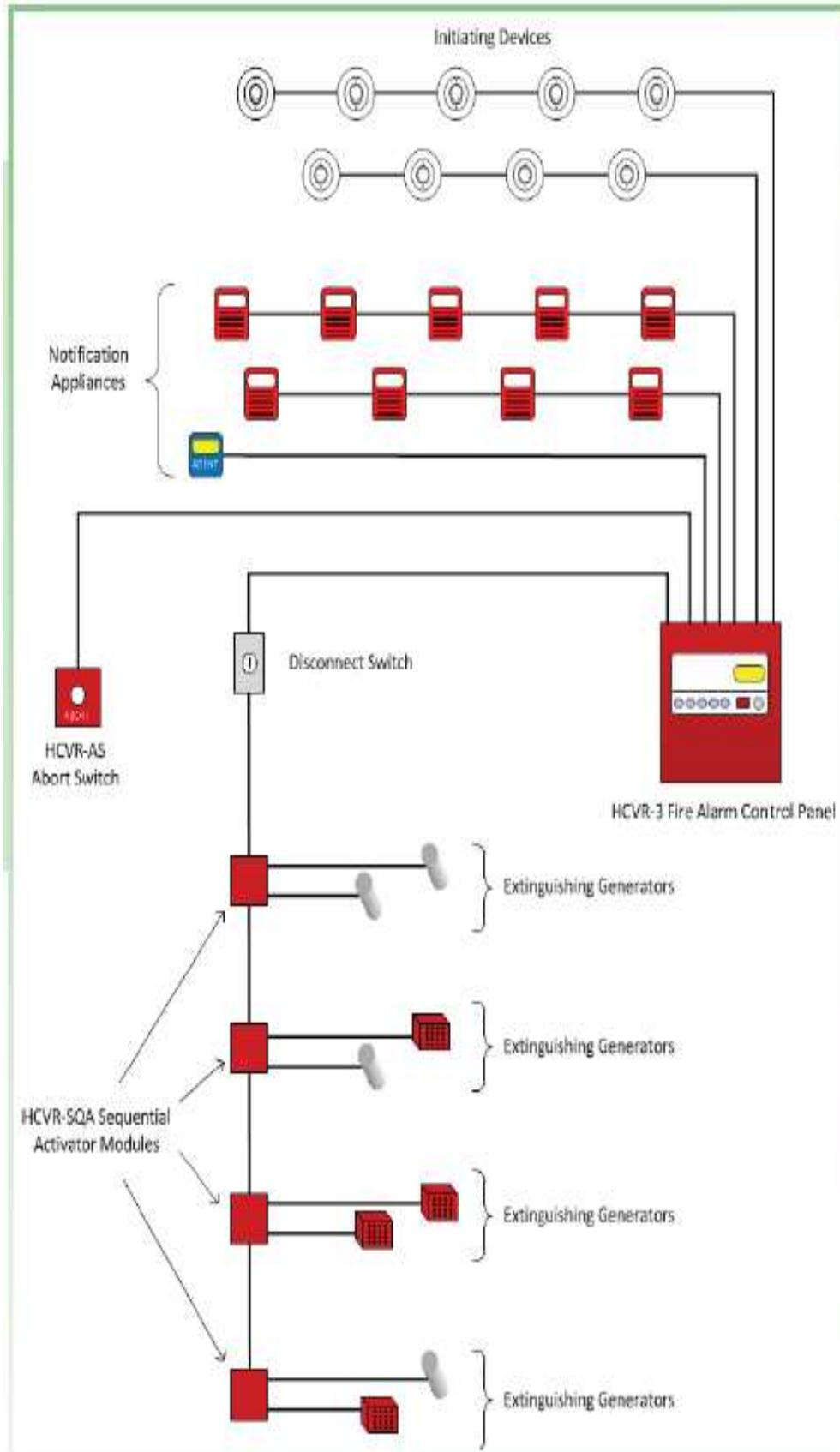
perangkat lain tetap dapat berkerja walaupun sedang terjadi kebakaran. Dengan kedua alasan ini sangat tidak mungkin apabila sistem pemadaman api menggunakan *water sprinkler*. Sehingga disarankan *data center* menggunakan sistem pemadaman api dengan bahan gas. Sistem ini dikenal dengan *gaseous fire suppression*. Sebelum dibahas mengenai apa itu pemadaman api menggunakan agent gas, alangkah lebih baik dibahas mengenai *fire alarm* terlebih dahulu.

2.8.1 Fire Alarm System

Fire alarm system merupakan suatu sistem yang berfungsi sebagai notifikasi ketika terjadinya kebakaran. Komponen utama dari perangkat sistem *fire alarm* ini adalah *controller*, *sensor*, dan *notification*. Ketiga komponen ini yang bertanggung jawab dari mendeteksi hingga memberikan peringatan kepada penghuni gedung bahwa saat itu sedang terjadi kebakaran. Dipasaran terdapat sangat banyak produk *fire alarm*, akan tetapi pada dasarnya sistem kerjanya adalah sama. Perbedaannya biasanya terletak pada modul-modul yang biasanya digunakan. Instalasi *fire alarm* dapat dilakukan sesuai dengan diagram yang ditunjukkan pada gambar 2.44



Gambar 2.44 Contoh Instalasi *Fire Alarm System* (Hochiki)



Gambar 2.45 Instalasi *Supression System (Hochiki)*

2.8.1.1 FACP (*Fire Alarm Control Panel*) / *Alarm Controller*

Alarm Controller adalah panel yang berisikan perangkat elektronik yang fungsinya adalah mengendalikan semua perangkat peringatan pemadaman kebakaran. *Controller* ini mengolah pesan dari sensor, dimana kemudian *controller* akan mengaktifkan notifikasi. *Controller* ini juga yang akan memberikan sinyal kepada *controller fire suppression* untuk melepaskan gas. *Controller* ini terdapat dua macam, yaitu *controller addressable* dan *conventional*. Jika menggunakan *controller* yang sudah *addressable*, setiap perangkat baik sensor, *manual pull release*, dan *notification alert* akan memiliki alamat masing-masing. Alamat akan di program menggunakan komputer.



Gambar 2.46 *Fire Alarm Control Panel (FACP) (Hochiki)*

Dalam instalasi, FACP akan didukung oleh beberapa modul penting. Modul-modul ini merupakan modul standar yang harus ada dalam instalasi *fire alarm*. Modul-modul ini antara lain *manual pull release*, *abort switch*, *disable switch*, *actuator*. Fungsi dari *manual pull release*

adalah untuk mentrigger *controller* secara manual, untuk memberitahu bahwa sedang terjadi kebakaran. *Manual pull release* ini biasanya diletakkan di tempat yang mudah dijangkau oleh manusia. Agar ketika terjadi kebakaran, seseorang yang melihat potensi terjadinya kebakaran dapat memberikan informasi kepada *controller* bahwa terjadi kebakaran.



Gambar 2.47 *Manual Pull Release Station*

(<http://www.hochikiamerica.com/products/images/HPS-DAK-SR.jpg>)

Kemudian modul ke dua adalah *abort switch*, fungsi dari modul ini adalah untuk membatalkan false alarm yang terjadi. Contohnya ketika terjadi alarm kebakaran, namun potensi api sudah berhasil dipadamkan secara manual. Maka tombol ini dapat ditekan untuk memberitahu kepada FACP bahwa tidak perlu menjalankan *gas discharge*. Atau dengan kata lain alarm yang terjadi dibatalkan.



Gambar 2.48 Abort Switch

(<http://www.hochikiamerica.com/products/images/HCVR-AS.jpg>)

Modul ke tiga yang harus ada untuk mendukung kinerja FACP adalah *disable switch*. Fungsi switch ini adalah untuk mencegah terjadinya gas discharge ketika sistem sedang di maintenance. Pada saat sistem di lakukan perawatan, maka *gas discharge* harus di *disable* terlebih dahulu melalui *switch* ini. Untuk mendisable *gas discharge* hanya perlu memutar kunci pada *switch* ini.



Gambar 2.49 Disable Switch

(http://www.hochikiamerica.com/products/images/SOM-R-DS_Index.png)

Modul ke empat adalah *actuator extinguisher*, *actuator* ini berfungsi sebagai aktivasi *gas discharge* ketika terjadi kebakaran. *Actuator* terdapat 2 macam, *actuator solenoid* dan *actuator sequence*. *Actuator solenoid* digunakan untuk mengaktivasi *gas discharge* yang disimpan di dalam tabung. Sedangkan *actuator sequence* digunakan untuk mengaktivasi *gas discharge* yang

ada sensor dengan sensitivitas tinggi. Menggunakan dua buah sensor ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa kebakaran itu memang terjadi di ruangan tersebut. Sehingga peringatan dan tindakan dapat dilakukan saat itu juga.



Gambar 2.52 *Smoke Detector*

(<http://www.gadgets-zone.com/images/smoke%20detector.jpg>)

2.8.1.3 Notification

Komponen *Fire alarm* yang ketiga adalah *notification*, dimana fungsi komponen ini adalah memberi peringatan kepada penghuni bangunan bahwa sedang terjadi kebakaran. Menurut NFPA (*National Fire Protection Association*), notifikasi kebakaran harus terdiri dari peringatan yang mengeluarkan bunyi (suara), dan peringatan yang mengeluarkan cahaya. Peringatan yang mengeluarkan suara adalah *fire alarm bell*. Benda berbentuk lingkaran berwarna merah ini akan mengeluarkan suara yang nyaring ketika kebakaran.



Gambar 2.53 *Fire Alarm Bell*

(<http://www.suns-usa.com/pictures/CB-6R.JPG>)

Kemudian peringatan yang mengeluarkan cahaya adalah *horn strobe*. Benda yang berbentuk persegi ini dan memiliki tonjolan pada bagian atasnya akan mengeluarkan cahaya berwarna putih seperti halnya *flash* pada kamera ketika terjadinya kebakaran. Selain mengeluarkan cahaya alat ini juga mengeluarkan suara yang nyaring.

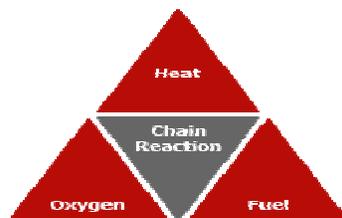


Gambar 2.54 *Horn Strobe*

(http://ecx.images-amazon.com/images/I/61hqeXIEuML._SY355_.jpg)

2.8.2 *Fire Suppression System*

Fire Suppression System merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk memadamkan api ketika terjadi kebakaran secara otomatis. Kemungkinan terjadinya kebakaran akan dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu adanya oksigen, adanya panas, dan adanya material yang mudah terbakar. Untuk memadamkan api dan mencegah kebakaran, salah satu faktor ini harus dihilangkan. Pada umumnya keberadaan oksigen dan panas lah yang akan dihilangkan agar tidak menimbulkan api. Untuk menghilangkan keberadaan oksigen dan panas, kita dapat menggunakan air.



Gambar 2.55 *Fire Triangle*

(<http://www.artinaid.com/wp-content/uploads/2013/04/Fire-Tetrahedron.png>)

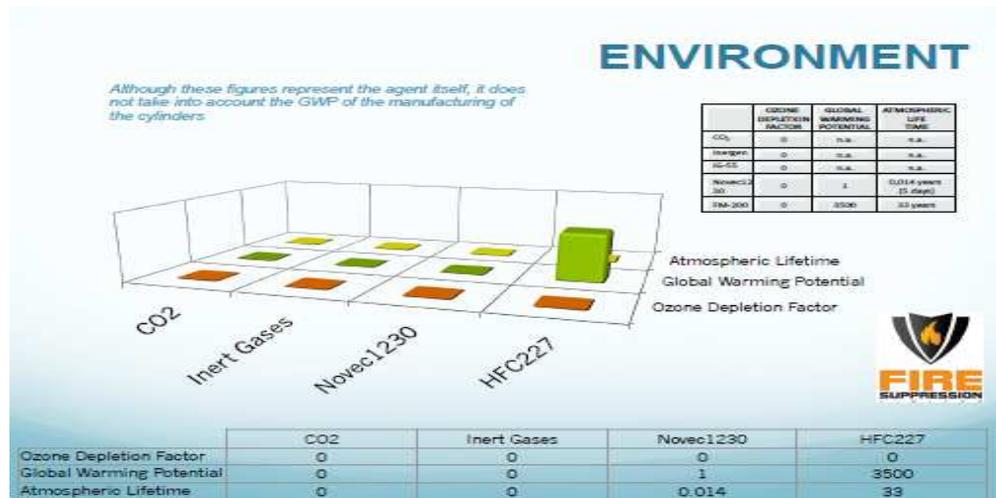
Namun pada *data center* pemadaman menggunakan air tidak dianjurkan sebagai langkah utama pemadaman api. Bukan berarti *water sprinkler* tidak digunakan, namun digunakan ketika sistem utama pemadaman menggunakan gas mengalami kegagalan maka *water sprinkler* akan berkerja. Menurut NFPA (*National Fire Protection Association*) Amerika, kebakaran diklasifikasikan menjadi 6 kelas. Kebakaran kelas A, kebakaran kelas B, kebakaran kelas C, kebakaran kelas D, kebakaran kelas E, dan kebakaran kelas K. NFPA mengklasifikasikan kebakaran dengan tujuan untuk menentukan media pemadam yang efektif sesuai dengan sumber api atau kebakarannya. Selain itu menurut NFPA dengan kebakaran diklasifikasikan, manusia dapat menentukan aman tidaknya jenis media pemadam tertentu untuk memadamkan kelas kebakaran tertentu berdasarkan jenis kebakarannya. Setiap kelas kebakaran dapat dilihat detailnya pada tabel 2.13.

Tabel 2.13 Tabel Klasifikasi Kebakaran Menurut NFPA

(<http://sistemmanajemenkeselamatankerja.blogspot.com/2013/10/kelas-kebakaran-nfpa-dan-media.html>)

KELAS	KEBAKARAN	PEMADAM
 Padat Non Logam	Kertas, Kain, Plastik, Kayu	 Air, Uap Air, Pasir, Busa, CO2, Serbuk Kimia Kering, Cairan Kimia
 Gas/Uap/Cairan	Metana, Amoniak, Solar	 CO2, Serbuk Kimia Kering, Busa
 Listrik	Arus Pendek	 CO2, Serbuk Kimia Kering, Uap Air
 Logam	Aluminium, Tembaga, Besi, Baja	 Serbuk Kimia sodlum Klorida, Grafit
 Radioaktif	Bahan-Bahan Radioaktif	<Belum Diketahui Secara Spesifik>
 Bahan Masakan	Lemak dan Minyak Masakan	 Cairan Kimia, CO2

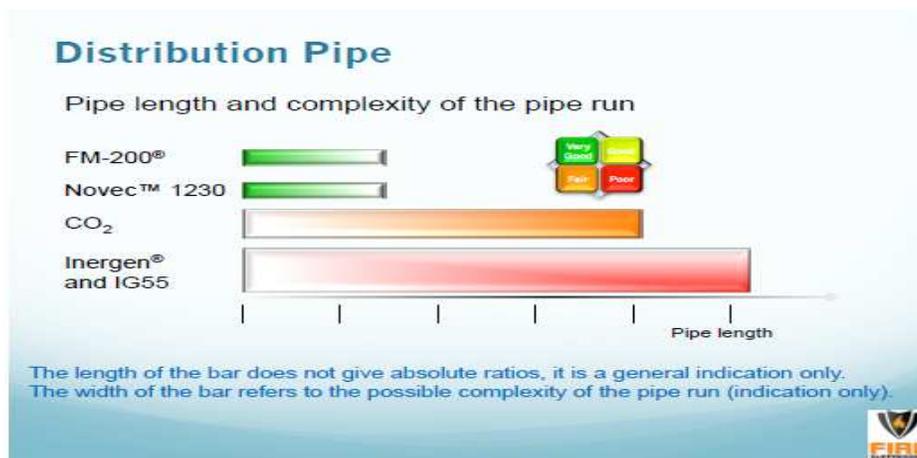
Pada *data center* pemadaman api disarankan menggunakan *gaseous fire suppression*. Hal ini untuk mencegah kerusakan perangkat *server* yang dapat mengganggu operasional dari *data center* tersebut. Sangat banyak jenis dari agent gas pemadam api, namun perlu diperhatikan untuk penggunaan pemadam gas, bahan yang digunakan pada agent pemadam haruslah aman bagi lingkungan dan tidak meninggalkan residu. Aman bagi lingkungan berarti tidak merusak lapisan ozon, kemudian tidak berbahaya bagi keselamatan makhluk hidup. Untuk memilih penggunaan agent gas pemadam api, dapat melihat perbandingan kandungan gas pada *fire suppressant* pada gambar 2.53



Gambar 2.56 *Environment Gas Effect Comparison*

(<http://www.firesuppression.co.uk/productlibrary/FSL-GasesComparison.pdf>)

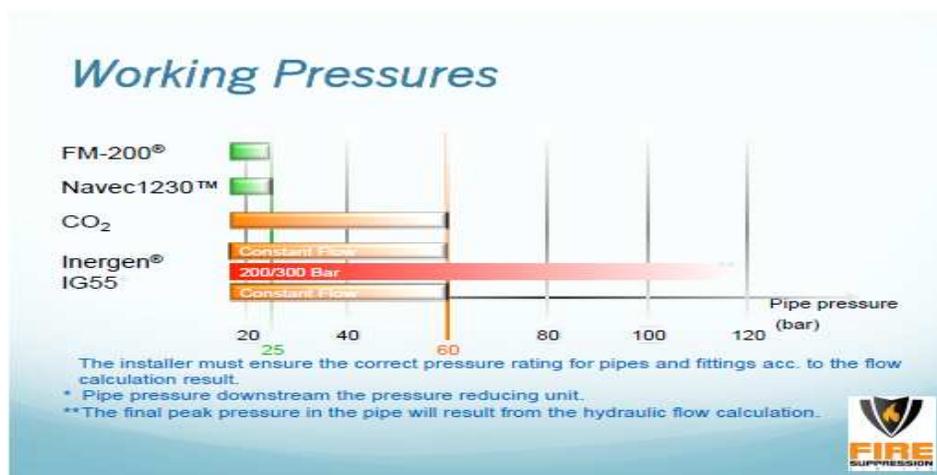
Setiap bahan pemadam, dapat menimbulkan dampak yang berbeda-beda pada lingkungan. Namun dapat dilihat pada gambar 2.56 bahwa yang terdapat dipasaran hanya agent *HFC 227* saja yang memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Sehingga *HFC 227* sangat jarang digunakan. Hanya tiga jenis agent yang sering digunakan pada *data center* yaitu CO₂, Inert gases, dan *Novec 1230*. Selain dilihat dari dampak terhadap lingkungan dan makhluk hidup. Pendistribusian pipa juga menjadi salah satu tolak ukur dalam memilih jenis agent yang digunakan. Distribusi pipa yang digunakan setiap agent berbeda-beda. Ada yang menggunakan pipa berukuran kecil, sedang, maupun besar. Perbandingan pipa distribusi antar gas pemadam api dapat dilihat pada gambar 2.57.



Gambar 2.57 *Distribution Pipe Comparison*

(<http://www.firesuppression.co.uk/productlibrary/FSL-GasesComparison.pdf>)

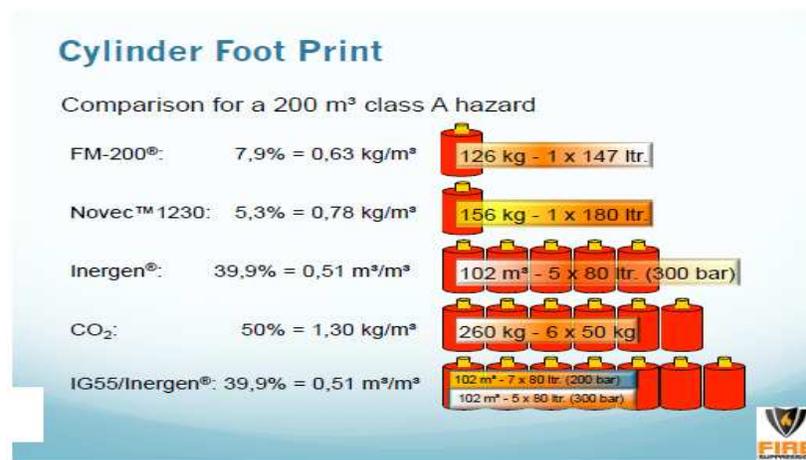
Pada gambar 2.57 dapat dilihat bahwa penggunaan *FM-200* dan *Novec 1230* memiliki instalasi pipa yang mudah dan tidak membutuhkan instalasi pipa yang panjang. Selain melihat dimensi penggunaan pipa, pemilihan gas juga harus melihat tekanan yang digunakan oleh gas tersebut saat bekerja. Hal ini disebabkan gas yang digunakan memiliki tekanan yang berbeda-beda. Ada yang *low pressure* (bertekanan rendah) dan *high pressure* (bertekanan tinggi). Perbandingan tekanan yang digunakan oleh setiap gas dapat melihat gambar 2.58.



Gambar 2.58 *Working Pressures Comparisons*

(<http://www.firesuppression.co.uk/productlibrary/FSL-GasesComparison.pdf>)

Selain tekanan antar gas yang berbeda, ukuran tabung dan banyaknya gas yang digunakan dalam memadamkan api juga berbeda. Perbandingan untuk memadamkan api di area sebesar 200m³ jumlah gas yang digunakan berbeda-beda. Semakin banyak gas yang digunakan, maka semakin banyak pula tabung yang digunakan. Perbandingan jumlah gas yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.59.



Gambar 2.59 *Cylinder Foot Print Comparison*

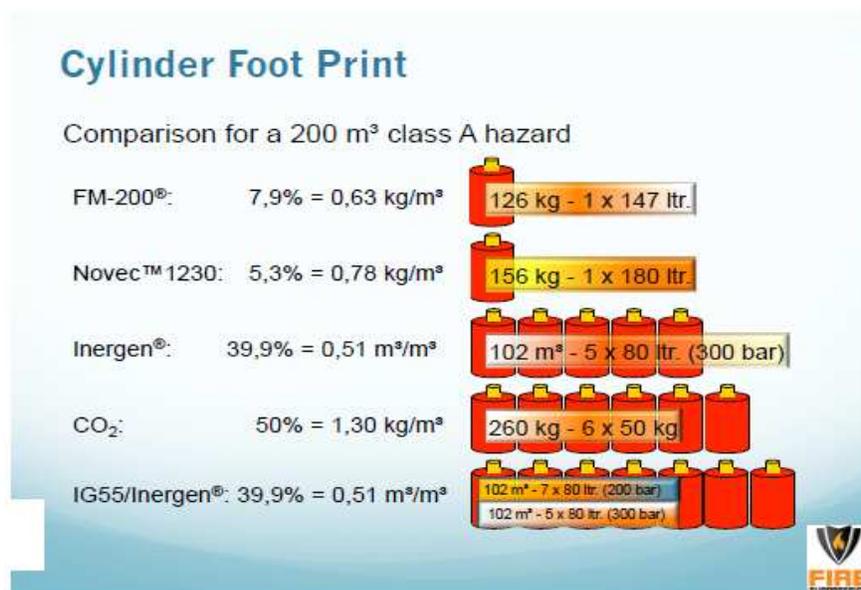
(<http://www.firesuppression.co.uk/productlibrary/FSL-GasesComparison.pdf>)

2.8.3 *Instalasi Fire Suppresion System*

Instalasi harus mencakup *raised floor* dan seluruh fasilitas dari *data center*, sesuai dengan regulasi NFPA 72E. *Detector* harus menggunakan dua jenis sensor panas dan sensor asap dan terkoneksi dengan jaringan *fire suppression yistem*, *alarm system*, dan pusat monitoring (Bell, 2005).

Ketika melakukan instalasi, yang pertama kali dilakukan adalah mengetahui kebutuhan agent yang digunakan dengan menghitung jumlah agent pemadam api yang akan digunakan.

Mengetahui kebutuhan agent ini dapat dilakukan dengan menghitung keseluruhan *volume* ruangan. Menghitung *volume* ruangan *data center* dibagi menjadi tiga layer untuk mengetahui kebutuhan agentnya. Layer pertama adalah layer *raised floor*, dimana pada layer ini harus diletakkan satu *nozzle* karena daerah ini sangat rentan terjadinya kebakaran. Layer kedua adalah *mid room* (ruang utama), disini kita harus menghitung *volume* ruangan yang berisikan rak-rak *server*. Kemudian layer yang terakhir adalah *top ceiling*, pada layer ini *volume* juga harus diperhitungkan karena pada ruangan ini terdapat kabel-kabel dan jalur AC yang mungkin dapat menyebabkan kebakaran. *Volume* ke tiga ruangan tadi kemudian dikalikan dengan kebutuhan agent untuk memadamkan gas untuk daerah 1 m². Gas yang dibutuhkan untuk memadamkan area tertentu dikenal dengan total flooding. Kebutuhan gas yang digunakan agar *total flooding* terpenuhi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.60 Gas Total Flooding

(<http://www.firesuppression.co.uk/productlibrary/FSL-GasesComparison.pdf>)

Sehingga untuk perhitungan kebutuhan *agent suppression*, dapat menggunakan rumus dibawah ini.

$$\mathbf{TAR}_{(n)} = \mathbf{Room Volume}_{(n)} \times \mathbf{GR}$$

$$\mathbf{TFR} = \mathbf{TAR}_{(\text{Top Ceiling Layer})} + \mathbf{TAR}_{(\text{Mid Room Layer})} + \mathbf{TAR}_{(\text{Raised floor Layer})}$$

Keterangan :

TFR : *Total Flooding Requirement.*

TAR : *Total Agent Requirement.*

GR : *Gas Requirement (kg/m², m³/m³).*

(n) : *Layer Properties (Top Ceiling Layer / Mid Room Layer / Raised floor Layer).*

Contoh :

Terdapat *server room* dengan ukuran 7m x 8m x 4m (P x L x T), tinggi *false ceiling* ke top ceiling adalah 80cm dan tinggi *raised floor* yang digunakan 40cm. Hitung berapa TFR yang digunakan untuk memadamkan api pada *data center* tersebut jika menggunakan agent FM-200?

Jawab :

$$\begin{aligned} \mathbf{TAR}_{(\text{MR})} &= 224 \times 0,63 \\ &= 141.12 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

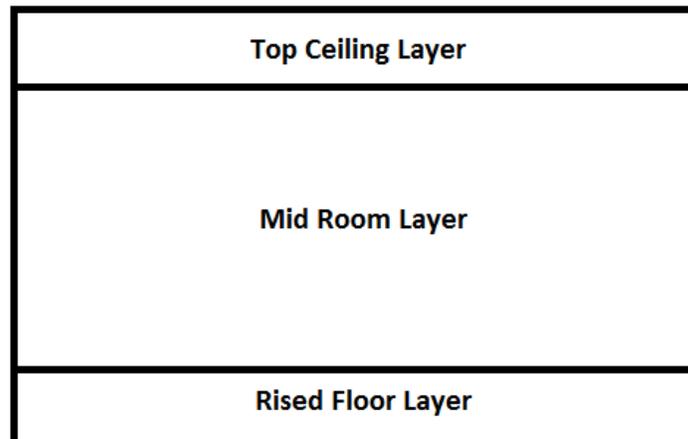
$$\begin{aligned} \mathbf{TAR}_{(\text{TC})} &= 44.8 \times 0,63 \\ &= 28.224 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{TAR}_{(\text{RF})} &= 22.4 \times 0,63 \\ &= 14.112 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{TFR} &= 141.12 + 28.224 + 14.112 \\ &= 183.456 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

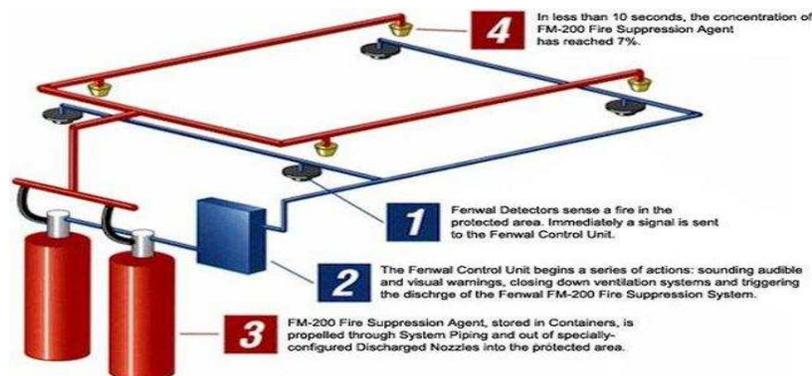
Sehingga untuk *data center* tersebut membutuhkan minimal 183.456 kg/m³ atau 2 buah tabung FM-200 dalam instalasi fire suppression system. Setiap layer akan diberikan *nozzle* agar gas dapat mendischarge ke tiap layer. Menentukan kebutuhan agent yang digunakan harus dapat

melewati batas *total flooding* yang dibutuhkan oleh ruangan tersebut. Sehingga apabila diperhitungan mendapatkan nilai sekitar 2kg, maka ada lebih baik kita mempersiapkan gasnya lebih besar dari 2 kg.



Gambar 2.61 *Fire Suppression Instalation Layer*

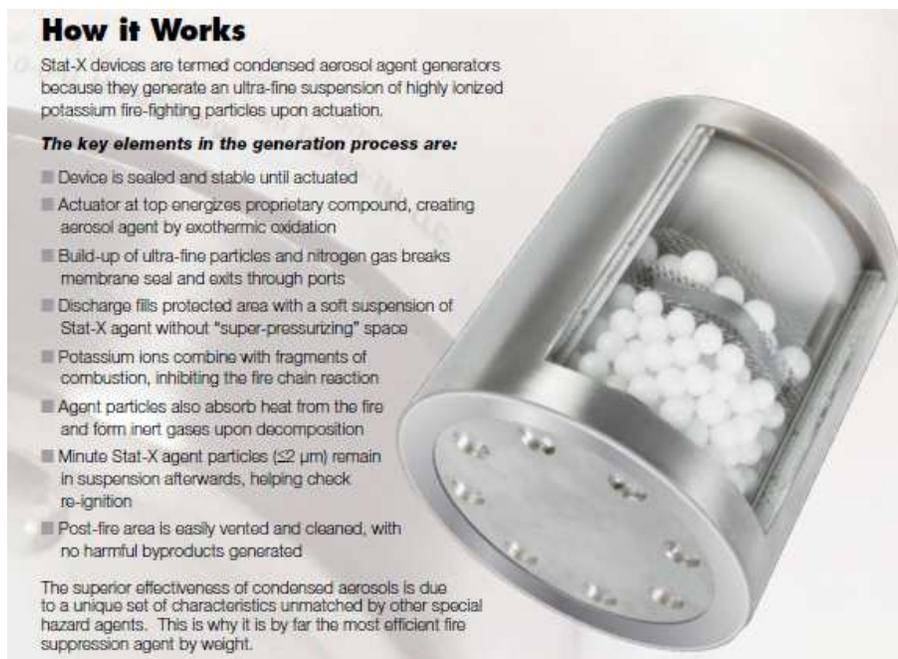
Setelah *volume* ruangan diketahui, menentukan distribusi pipa yang dibutuhkan untuk menyalurkan *gas fire suppression*. Untuk menentukan distribusi pipa, penempatan tabung juga harus dipertimbangkan baik-baik. Jauh tidaknya pipa yang digunakan tergantung jenis gas yang digunakan. Apabila tekanan tinggi maka pipa dapat disambung panjang, namun apabila gas yang digunakan *low pressure* maka tidak disarankan menggunakan pipa dengan jarak yang jauh.



Gambar 2.62 *Fire Suppression System*

(<http://www.methodstatementhq.com/method-statement-installation-clean-agent-fire-suppression-system.html>)

Selain menggunakan pipa, terdapat satu jenis agent gas yang instalasinya sangat mudah dan sederhana. Dimensi tabungnya pun jauh lebih kecil dibandingkan dengan tabung *FM-200*, *inergent*, ataupun *HFC 1302*. Agent ini dikenal dengan *aerosol*, *aerosol* ini berbentuk seperti butiran garam yang apabila terpicu oleh arus listrik akan berubah wujud menjadi gas.

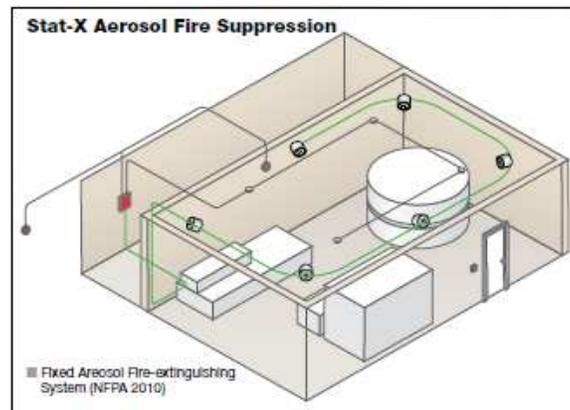


Gambar 2.63 *Aerosol Fire Suppression System*

(<http://www.statx.com/brochure/>)

Ada tiga jenis pemicu agent *aerosol*, *electrical system*, *thermal system*, dan *manual system*. *Electrical system* dimana *aerosol* akan mendischarge gasnya apabila tabungnya di beri tegangan sebesar 24V oleh *actuator*. Sedangkan *thermal system* akan mendischarge gasnya ketika sensor panas yang dimilikinya mendeteksi panas yang tidak wajar. Dan *manual series*,

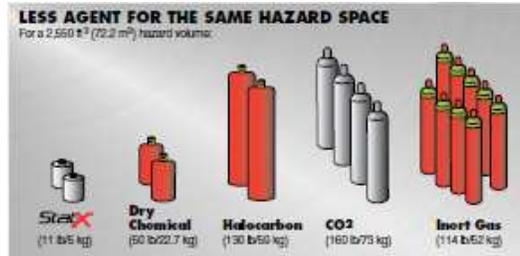
akan mengeluarkan gasnya ketika *pull trigger*nya ditarik secara manual. Agent ini menjadi pilihan yang bagus bagi *data center* yang tidak memiliki banyak space untuk menempatkan tabung-tabung yang besar. Karena *aerosol* ini tabungnya sangat berukuran kecil, sehingga dapat dipasang ditempelkan di dinding *data center*.



Gambar 2.64 *Aerosol Fire Suppression System*

(<http://www.statx.com/brochure/>)

Apabila dilihat dari perbandingannya, *aerosol* ini memiliki banyak kelebihan, dari ukuran tabungnya, penggunaan bahannya, sampai dengan kemudahan instalasinya. Namun mungkin akan menjadi kekurangan apabila dilihat dari sisi estetika. Karena sangat kurang baik dilihat apabila menggunakan *aerosol* ini, karena ukuran tabung terbesar mereka kira-kira berdiameter 30 cm dan tinggi kurang lebih 50 cm. Sehingga apabila di gantungkan di dinding akan kurang nyaman dilihat. Namun kembali lagi pada fungsinya, apakah dilihat dari fungsinya atau ingin dilihat dari estetika. Penggunaanya akan kembali lagi pada pertimbangan-pertimbangan faktor tertentu.

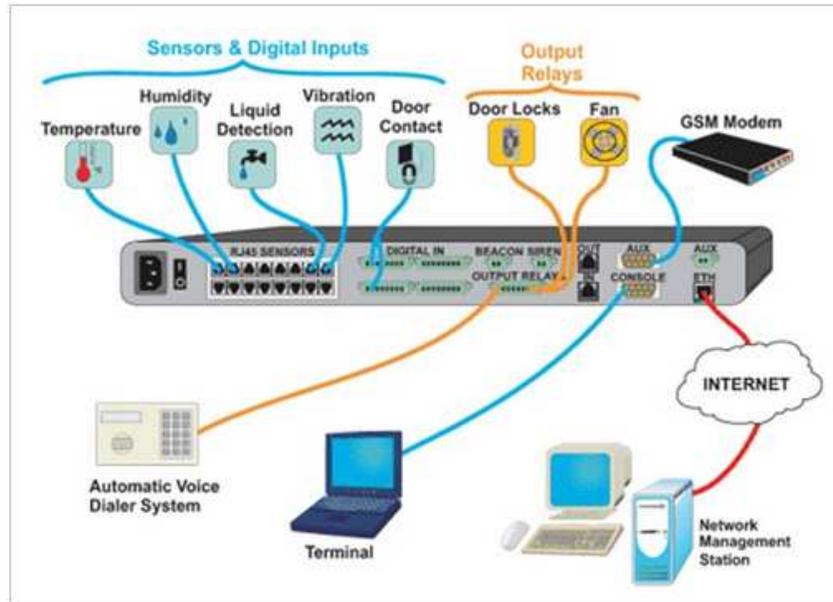


Gambar 2.65 Aerosol Cylinder Size Comparison

(<http://www.statx.com/brochure/>)

2.9 Environment Monitoring System

Fungsi utama dari EMS (*Environment Monitoring System*) adalah memonitor operasional *data center* dari ancaman lingkungan yang ada disekitarnya. Oleh karena operasional *data center* yang non-stop maka perlindungan dan monitoring pada fasilitas ini harus diutamakan. Pada umumnya gangguan yang dimonitor oleh EMS ini adalah suhu & kelembapan pada *server room*, kebocoran air dibawah *raised floor (Water Leak)* yang diakibatkan kondensasi AC, getaran, dan tegangan listrik akibat pemadaman yang tiba-tiba. Untuk memonitoring perangkat EMS ini didukung oleh beberapa sensor cerdas yang berupa *modular sensor*. Sensor ini bervariasi, diantaranya sensor status on/off AC, sensor *water leak*, *door contact*, *temperature*, *humidity*, *vibration*, *air flow*, *voltage*, *smoke detector*, dll. Sensor ini mendeteksi adanya kelainan pada lingkungan *data center*, yang kemudian informasi tersebut dikirimkan ke perangkat EMS. Perangkat ini kemudian akan mengirimkan sinyal peringatan berupa alarm, buzzers, e-mail, sms, dan telepon ke *system administrator* atau *network administrator* yang selalu siaga di NOC, sehingga masalah tersebut dapat di tangani secepat mungkin.



Gambar 2.66 EMS (*Environment Monitoring System*)

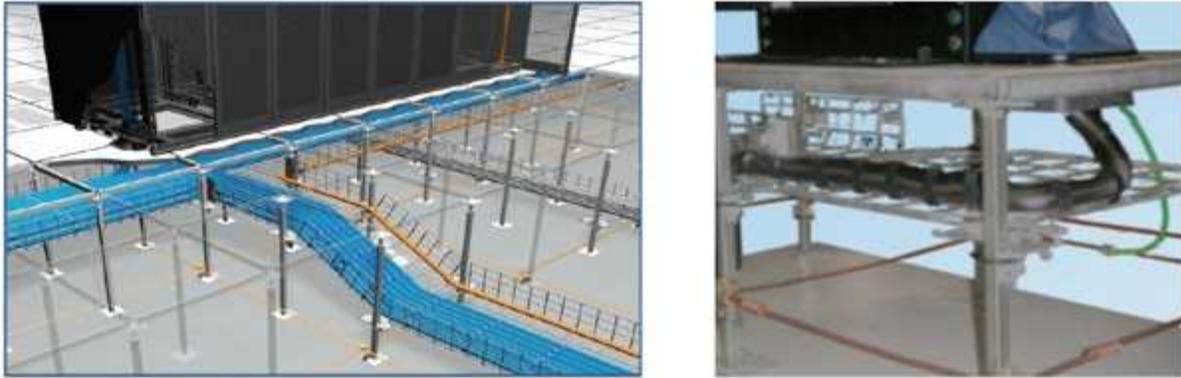
(<http://www.jalasisistema.com/index.php/product-a-services/ems>)

2.10 *Grounding and Bonding System*

Grounding perangkat elektronik sebenarnya sama saja dengan *grounding* pada gedung umumnya. Hanya saja pada perangkat elektronik lebih menekankan keselamatan perangkat dari gangguan yang disebabkan oleh adanya *ground* sumber listrik, electrical harmonic, kilatan petir, listrik statis, dan medan electromagnetik. Karena gangguan listrik ini dapat menyebabkan kerusakan ringan sampai dengan berat pada perangkat komputer. Pada dasarnya konsep utama dari *grounding* ini adalah membesarkan *impedance* pada sebatang tembaga dengan menggunakan impedance tanah/bumi. Dengan bumi dipercaya memiliki *impedance* yang kecil, sehingga ketika listrik mengalir dalam suatu instalasi sistem kelistrikan, listrik yang berlebihan atau listrik yang mengganggu akan mengalir ke tanah akibat kecilnya *impedance* yang terdapat pada batang tembaga tadi.

Kualitas dari *grounding system* akan ditentukan oleh besar kecilnya penampang yang digunakan, lalu kualitas tanah di lokasi tersebut. Tanah yang gembur, basah atau lembab, memiliki kualitas *grounding* yang baik. Pada *data center*, *grounding* dan *bonding* diatur dalam standar TIA/EIA 607. *Grounding data center corporate* biasanya di sambungkan dengan *grounding* gedung atau membuat *grounding* khusus yang terpisah dengan *grounding* gedung.

Pedestal raised floor umumnya di ikatkan dengan kawat tembaga yang digunakan untuk menyalurkan muatan berlebih pada setiap *rack server* ke sistem *grounding*.



Gambar 2.67 *Raised Floor Grounding System* (PANDUIT, 2009)

Pada *TIA/EIA 607* kabel *grounding* yang disarankan untuk digunakan adalah kabel dengan ukuran 6 AWG. Konduktor yang digunakan harus diletakkan didalam pipa *ferrous metallic* dengan panjang diatas 1 m. Selain itu *TMGB* (*Telecommunications main grounding busbar*) harus memiliki ketebalan 6mm dan 100mm lebarnya, dengan panjang yang dapat divariasikan. Ukuran *ground rod* yang digunakan minimal 2.5 m panjangnya dan berdiameter 5/8 in (460mm)'.

2.11 Structured Cabling in Data center

Perancangan *data center* juga menggunakan standar internasional *TIA/EIA-568* yang mendefinisikan standar mengenai sistem perkabelan, dan menyambungkan performa infrastruktur perangkat telekomunikasi. *TIA/EIA-568C* adalah revisi terbaru dan memiliki 4 bagian yakni 568-C.0, 568-C.1, 568 C.2, dan 568 C.3. Standar *TIA/EIA-568-C.0* mencakup informasi mengenai perkabelan sistem telekomunikasi untuk pelanggan, dimana meliputi mengenai topologi LAN, sistem *Grounding dan Bonding*, instalasi kabel, serta persyaratan pengetesan sistem. *TIA/EIA-568-C.1* mencakup standar perkabelan pada gedung telekomunikasi,

standar *TIA/EIA-568-C.2* mencakup mengenai standar komponen, serta sistem perkabelan *Twisted-Pair* yang digunakan pada *data center*, dan standar *TIA/EIA-568-C.3* mencakup informasi mengenai standar dari sistem perkabelan *fiber optic*, dan komponennya, penjelasan lebih lanjut dapat dilihat dibawah.

2.11.1 TIA/EIA-568-C.0 & TIA/EIA-568-C.1

Horizontal Cabling pada suatu gedung didistribusikan tiap lantai dari *Horizontal cross-connect* dalam *Telecommunication Room*, kepada *outlet Work Area*.

2.11.1.1 Bend Radius & Pull Force

Pada kabel 4-pair UTP, kabel dapat dibengkokkan maksimum sebesar 4 kali dari diameter kabel, dan dapat menahan hingga daya Tarik sebesar 25 Lbs. Sedangkan pada kabel *Fiber Optic*, kabel dapat dibengkokkan maksimum sebesar 10 kali diameter kabel, dan dapat menahan hingga daya Tarik sebesar 25 lbs. **Invalid source specified.**

2.11.1.1.1 Connectors

Konektor yang direkomendasikan adalah *8-position modular jack and plug*, *568SC*, dan *ST-Style Fiber Connectors*, dan *SFF Fiber Connectors*: *LC* dan *MT-RJ*.

2.11.1.1.2 Consolidation Point

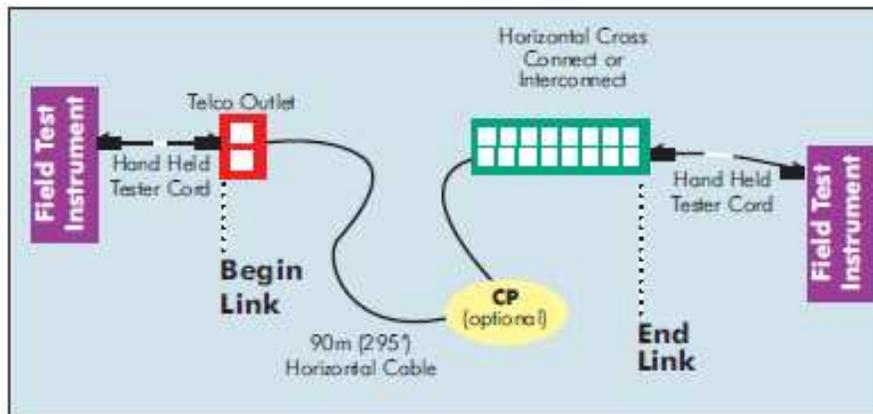
Consolidation Point merupakan *node* penyambung opsional pada *Horizontal cabling* yang terletak diantara *Telecommunication room*, dan *work area*. *Consolidation Point* sesuai dengan standar *TIA/EIA-568-C* haruslah dipasang pada struktur gedung yang permanen, dan bebas dari halangan, maupun peralatan lainnya, dan *Cross Connect* tidaklah diperbolehkan berada dekat dengan *Consolidation Point*. *Consolidation Point* juga sebaiknya diletakkan minimal 15 meter dari *telecommunication room*, dan hanya 12 *work area* yang dapat dilayani oleh tiap *consolidation point*.

2.11.2 TIA/EIA-568-C.2 & TIA/EIA-568-C.3

Standar ini mencakup performansi kelistrikan untuk kabel UTP yang terpasang, dan perangkat penghubung untuk tiap kategori, serta mendefinisikan persyaratan performansi *optical*, mekanikal untuk kabel *fiber optic*, dan konektornya.

2.11.2.1 *Permanent Link Testing*

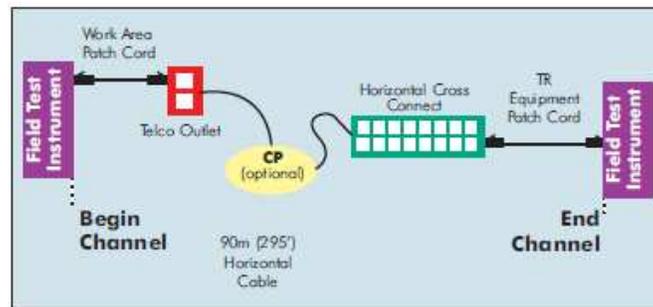
Permanent Link Testing mencakup pengetesan suatu konfigurasi dari sebuah *Horizontal Cable* dan konektor yang terhubung pada tiap ujungnya, dan *Consolidation Point* opsional juga dapat digunakan. *Permanent link* terhubung dari *Cross-connect panel* dalam *Telecommunication Room*, menuju *Work Station outlet*. Panjang kelerusuhan maksimum *permanent link* yang dapat digunakan adalah 90 meter. Contoh gambar *Permanent Link Testing* dapat dilihat pada gambar 2.68 dibawah.



Gambar 2.68 *Permanent Link Testing (Premise)*

2.11.2.2 *Channel Field Testing*

Channel Field Testing mencakup pengetesan suatu konfigurasi dari sebuah *Horizontal cable* dengan panjang maksimum 90 meter, *work area cord*, dua *patch cord connection*, dan satu *Consolidation Point* opsional. Panjang keseluruhan *channel* yang dapat digunakan adalah 100 meter. Contoh gambar *Channel Field Testing* dapat dilihat pada gambar 2.69 dibawah.



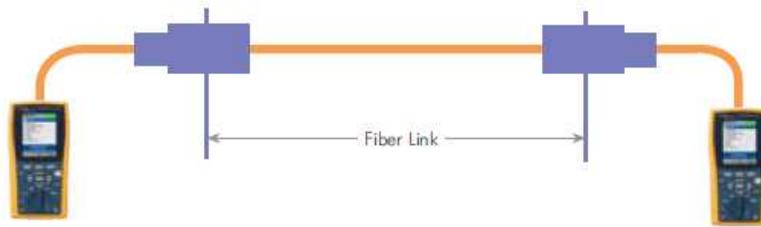
Gambar 2.69 *Channel Field Testing (Premise)*

2.11.2.3 *Performance Specifications*

Spesifikasi performansi *Multimode* dan *Single mode fiber optic connector* adalah Maksimum *Insertion loss* adalah 0.75 dB, dan maksimum *splice loss* adalah 0.3 Db. Maksium *return loss* adalah 20 dB untuk *multimode*, dan 26 dB untuk *fiber single mode*

2.11.2.4 *Fiber Link Testing*

Optical Fiber Link Testing mencakup sebuah *Horizontal*, ataupun *Backbone cabling* dengan konektor yang terhubung pada tiap ujungnya. *Consolidation Point* opsional dapat digunakan dalam *system loss budget*. Tiap bagian dari *link* individual haruslah diukur untuk mendapatkan *segment loss*. *Total link insertion* didapatkan dari penjumlahan tiap *segment loss* yang didapat. Contoh gambar *Fiber Link Testing* dapat dilihat pada gambar 2.70 dibawah.

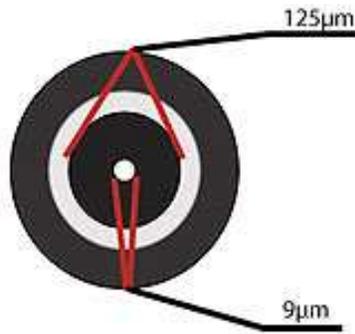


Gambar 2.70 *Fiber Link Testing (Premise)*

2.12 *Data center Cabling Infrastructure*

Pada desain dan instalasi *data center*, digunakan 2 tipe kabel yakni *fiber optic* dan *Copper cable*. Penggunaan *fiber optic* pada *data center* sudah menjadi hal yang lumrah dikarenakan oleh perlunya *bandwidth* serta *data rate* yang semakin meningkat. *fiber optic* sendiri dapat dibagi menjadi 2 tipe yakni *fiber optic single mode* dan *fiber optic multimode*. Perbedaan *fiber optic single mode* dan *multimode* adalah *fiber optic single mode* memiliki diameter *core* yang kecil, dimana hanya dapat melewati 1 mode cahaya untuk berpropagasi. Oleh karena itu jumlah pantulan cahaya yang lewat hanya sedikit, sehingga cahaya dapat ditransmisikan lebih cepat dan lebih jauh, sangat cocok untuk aplikasi jarak jauh. Sedangkan *fiber optic multimode* memiliki diameter *core* yang besar, sehingga lebih dari 1 mode cahaya yang lewat. Oleh karena itu jumlah pantulan cahaya pada *core* sangatlah banyak dibandingkan dengan *single mode*. Karena tingginya dispersi dan atenuasi kabel ini, kualitas sinyalnya berkurang seiring jarak bertambah, sehingga aplikasi *multimode fiber* lebih cocok untuk jarak dekat.

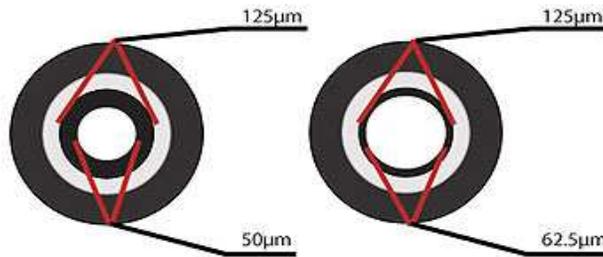
Berikut adalah gambar *fiber optic single mode*



Gambar 2.71 *Fiber Optic Single Mode*

(www.multicominc.com)

Berikut adalah gambar *fiber optic multimode*



Gambar 2.72 *Fiber Optic Multimode*

(www.multicominc.com)

Pada penggunaannya di *data center*, *fiber optic multimode* dapat dikategorikan menjadi 4 yakni OM1, OM2, OM3, dan OM4 seperti yang dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 2.14 Perbedaan *OM1*, *OM2*, *OM3*, *OM4*

Type Optic	Fiber	Wavelength	Overfilled Modal Bandwidth- length product (MHz*km)	Effective Modal Bandwidth-Length Product(MHz*km)
62.5/125 μm OM1	850	200	Tidak Diperlukan	
	1300	500	Tidak Diperlukan	
50/125 μm OM2	850	500	Tidak Diperlukan	
	1300	500	Tidak Diperlukan	
850 μm Laser optimized 50/125 μm (OM3)	850	1500	2000	
	1300	500	Tidak Diperlukan	
Tabel seperti yang tertera di halaman sebelumnya				
850 μm Laser Optimized 50/125 μm (OM4)	850	3500	4700	
	1300	500	Tidak Diperlukan	

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa perbedaan utama antar OM1 dengan OM2 – OM4 adalah ukuran *core/cladding*nya dimana OM1 memiliki ukuran *core/cladding* 62.5/125 μm sedangkan OM2-OM4 memiliki ukuran 50/125 μm . factor penentu lain ialah OM3 dan OM4 dioptimalkan penggunaannya untuk laser sedangkan OM2 hanya terbatas pada LED. Tabel berikut menunjukkan jarak maksimum yang dapat ditempuh OM3 dan OM4 pada tiap kecepatan transmisi data pada penggunaannya di *data center*

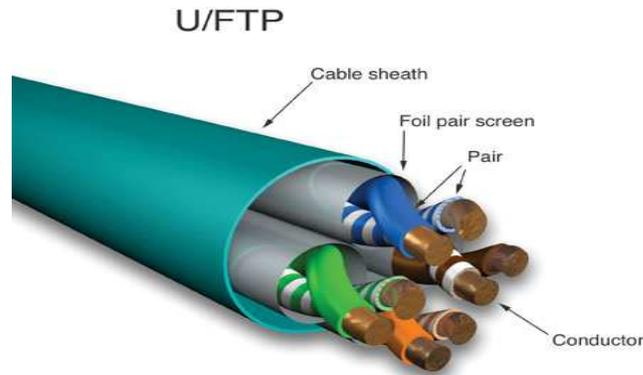
Tabel 2.15 Jarak Tempuh pada 850nm *Ethernet*

	1Gbps	10Gbps	40Gbps	100Gbps
OM3	1000 m	300 m	100 m	100 m
OM4	1000 m	550 m	150 m	150 m

Tabel 2.16 Jarak Tempuh pada 850nm *Fiber Channel*

	4Gbps	8Gbps	16Gbps
OM3	1000 m	300 m	100 m
OM4	1000 m	550 m	150 m

Berbeda dengan *fiber optic*, *copper cabling* sangat cocok digunakan untuk komunikasi jarak yang dekat pada *data center*. Hal ini dikarenakan kabel jenis ini hanya dapat dijamin kualitas komunikasinya dibawah dari 100m. Setelah diatas 100m atau sudah mendekati jarak 100m maka akan terjadi pelemahan sinyal (*attenuasi*). Kabel *copper* terdiri dari 4 pasang kawat yang dipelintir sepanjang kabel, putaran sangat penting dengan cara kerja kabel. Apabila kabel *copper* terurai-urai maka kabel akan lebih rentan terhadap gangguan. *Copper cables* memiliki dua jenis konfigurasi, yaitu *solid cables* dan *stranded cables*. *Solid cables* memberikan performa yang lebih baik dan tidak terlalu rentan terhadap gangguan. Sedangkan *stranded cables* lebih fleksibel dan lebih murah, dan biasanya hanya digunakan untuk *patch cord* saja.



Gambar 2.73 Copper Cable

(<http://www.peninsula.co.uk/data-cabling/copper-cabling/>)

Copper cable memiliki beberapa kategori seperti halnya kabel *fiber*. Setiap kategori memiliki kemampuan dan fungsi masing-masing. Umumnya pada *data center* dan perangkat komputer, kabel yang digunakan adalah kabel yang ada pada category 5 ke atas. Untuk kejelasan lebih lanjut dapat melihat pada tabel kategori kabel dibawah ini.

Tabel 2.17 Kategori Kabel Data Tembaga

(http://hyperline.com/info/struct_cabling/img/cap_224615.gif)

Network data rates, supporting cable types, & distances			
Minimum performance	Token Ring	Ethernet	Maximum distance
Category 3	4 Mbits/sec	10 Mbits/sec	100 meters
Category 4	16 Mbits/sec		100 meters
Category 5		100 Mbits/sec	100 meters
Category 5e		1,000 Mbits/sec	100 meters
Category 6		10 Gbits/sec	37 to 55 meters
Category 6A		10 Gbits/sec	100 meters

Dengan kemajuan teknologi, maka kemampuan kabel penghantar informasi terus berkembang dan semakin berkembang. Demi mendukung komunikasi data yang cepat dan handal. Tidak hanya kabel *fiber optic*, kabel tembaga juga berkembang dengan berjalannya waktu. Saat ini kabel tembaga yang umum digunakan pada *data center* adalah kabel dengan category 6A yang memiliki kecepatan untuk mengantarkan data 10 Gbits/sec. Namun bukan berarti kabel ini akan bertahan lama, karena saat ini telah dikembangkan kabel tembaga cat 8 dengan kemampuan mengantar data sampai dengan 40 Gbits/sec. Evolusi yang terjadi dalam perkembangan kabel tembaga dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.18 Evolusi *Copper Cable*

The Evolution of Ethernet Standards to Meet Higher Speeds				
Date	IEEE Std.	Name	Data Rate	Type of Cabling
1990	802.3i	10BASE-T	10 Mb/s	Category 3 cabling
1995	802.3u	100BASE-TX	100 Mb/s*	Category 5 cabling
1998	802.3z	1000BASE-SX	1 Gb/s	Multimode fiber
	802.3z	1000BASE-LX/EX		Single mode fiber
1999	802.3ab	1000BASE-T	1 Gb/s*	Category 5e or higher Category
2003	802.3ae	10GBASE-SR	10 Gb/s	Laser-Optimized MMF
	802.3ae	10GBASE-LR/ER		Single mode fiber
2006	802.3an	10GBASE-T	10 Gb/s*	Category 6A cabling
2015	802.3bq	40GBASE-T	40 Gb/s*	Category 8 (Class I & II) Cabling
2010	802.3ba	40GBASE-SR4/LR4	40 Gb/s	Laser-Optimized MMF or SMF
	802.3ba	100GBASE-SR10/LR4/ER4	100 Gb/s	Laser-Optimized MMF or SMF
2015	802.3bm	100GBASE-SR4	100 Gb/s	Laser-Optimized MMF
2016	SG	Under development	400 Gb/s	Laser-Optimized MMF or SMF

Note: *with auto negotiation

(http://www.blog.beldensolutions.com/wp-content/uploads/B29_Chart.jpg)

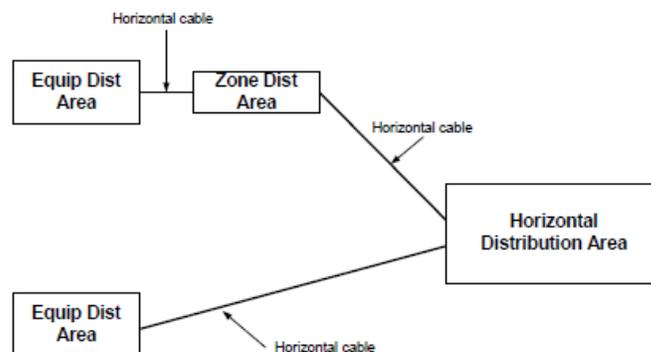
2.12.1 Data center Network Topology

2.12.1.1 Horizontal Cabling

Horizontal Cabling (HC) merupakan sistem perkabelan yang terhubung dari *termination* pada *equipment distribution area*, kepada *horizontal cross connect* didalam *horizontal distribution area* ataupun kepada *main cross-connect* didalam *main distribution area*. *Horizontal cabling* mencakup *horizontal cable*, *mechanical termination*, *patch cords*, dan *zone outlet* pada *zone distribution area*.

2.12.1.1.1 Topologi

Sistem *Horizontal cabling* dipasang dengan menggunakan topologi star, tiap *mechanical termination* dalam *equipment distribution area* terhubung pada *horizontal cross-connect* dalam *horizontal distribution area* atau *main cross-connect* dalam *main distribution area* melalui *horizontal cable*. Contoh gambar topologi *Horizontal cabling* dapat dilihat pada diagram dibawah.



Gambar 2.74 Topologi Star pada *Horizontal Cabling* (Telecommunications Industry Association, 2005)

Horizontal cabling tidak boleh memiliki lebih dari 1 *consolidation point* dalam *zone distribution area* diantara *horizontal cross-connect* dalam *horizontal distribution area* dan *mechanical termination* dalam *equipment distribution area*.

2.12.1.1.2 Cabling Distance

Horizontal cable memiliki jarak tempuh yang terhitung dari *mechanical termination* pada *Horizontal cross-connect* didalam *Horizontal distribution area* atau *main distribution area* kepada *mechanical termination* didalam *equipment distribution area*. Maksimum jarak horizontal yang dapat digunakan adalah 90 meter, dan maksimum jarak *channel* termasuk *equipment cord* adalah 100 meter. Jarak maksimum *horizontal cabling* dalam *data center* yang tidak termasuk *Horizontal distribution area* adalah 300 meter untuk *fiber optic* yang termasuk *cords*, dan 90 meter untuk *Copper cable* yang tidak termasuk *cords*, dan 100 meter yang termasuk *cords*. (Telecommunications Industry Association, 2005).

2.12.1.1.3 Media

Karena penggunaan *Horizontal cabling* beragam dari segi layanan maupun ukuran ruangan, *Horizontal cabling* dapat menggunakan lebih dari 1 media transmisi yang dapat digunakan secara individual, maupun digabungkan dengan *horizontal cabling*. Contoh media yang dapat digunakan adalah 100-ohm *twisted pair cable* dengan rekomendasi *category 6*, *multimode optical fiber cable* dengan ukuran 62.5/125 *micron* maupun 5-/125 *micron*, dan *singlemode optical fiber cable*. Sedangkan media untuk kabel *coaxial* adalah 75-ohm *coaxial cable* dan *coaxial connector*. (Telecommunications Industry Association, 2005).

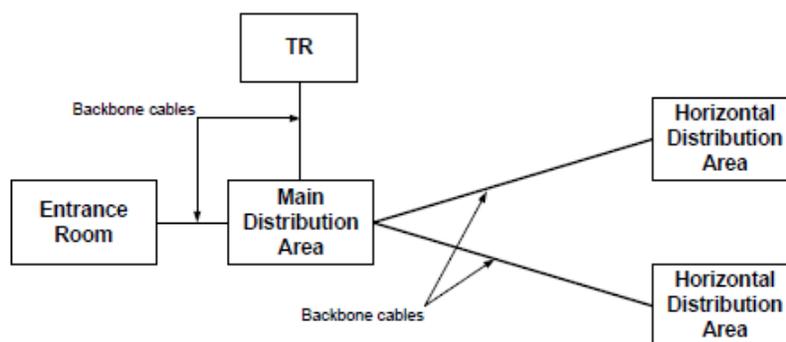
2.12.1.2 Backbone Cabling

Backbone Cabling merupakan sistem perkabelan yang menghubungkan *Main Distribution area* (MDA), *Horizontal Distribution Area* (HDA), serta *Entrance Room* (ER) pada *data center*. *Backbone cabling* mencakup *backbone cable*, *main cross-connect*, *horizontal cross-*

connect, mechanical termination, dan patch cord yang digunakan untuk koneksi backbone – backbone.

2.12.1.2.1 Topologi

Backbone cabling dipasang menggunakan topologi star, dimana pada tiap horizontal cross-connect dalam horizontal distribution area terhubung langsung kepada main cross-connect dalam main distribution area. Tidak boleh ada lebih dari 1 tingkat hierarki dari cross-connect dalam backbone cabling. (Telecommunications Industry Association, 2005) . Contoh diagram dari topologi star pada Backbone cable dapat dilihat pada diagram dibawah.



Gambar 2.75 Topologi Star pada Backbone Cabling (Telecommunications Industry Association, 2005)

2.12.1.2.2 Media

Karena penggunaan *Backbone cabling* beragam dari segi layanan maupun ukuran ruangan, lebih dari 1 media transmisi dapat digunakan secara individual, maupun digabungkan dengan *backbone cabling*. (Telecommunications Industry Association, 2005). Contoh media yang dapat digunakan adalah 100-ohm *twisted pair cable* dengan rekomendasi *category 6, multimode optical fiber cable* dengan ukuran *62.5/125 micron* maupun *5-/125 micron*, dan *singlemode optical fiber cable*. Sedangkan media untuk kabel *coaxial* adalah *75-ohm coaxial*

cable dan *coaxial connector*. TIA/EIA – 942 merekomendasikan pemakaian *laser-optimised 50 micron multimode fiber* untuk *backbone cabling* dikarenakan mendukung kecepatan transmisi data yang cepat terhadap jarak jauh dengan harga yang lebih *cost-effective* dibandingkan *singlemode fiber* (ADC Telecommunications Inc., 2008).

2.12.1.2.3 Cabling Distance

Jarak maksimum yang dapat digunakan pada *Backbone cabling* bergantung pada aplikasi dan media yang digunakan. Panjang maksimum dari kabel kategori 3 *multipair* 100 ohm adalah 90 meter. Panjang maksimum dari kabel kategori 5e maupun 6 100 ohm adalah 90 meter. (Telecommunications Industry Association, 2005).

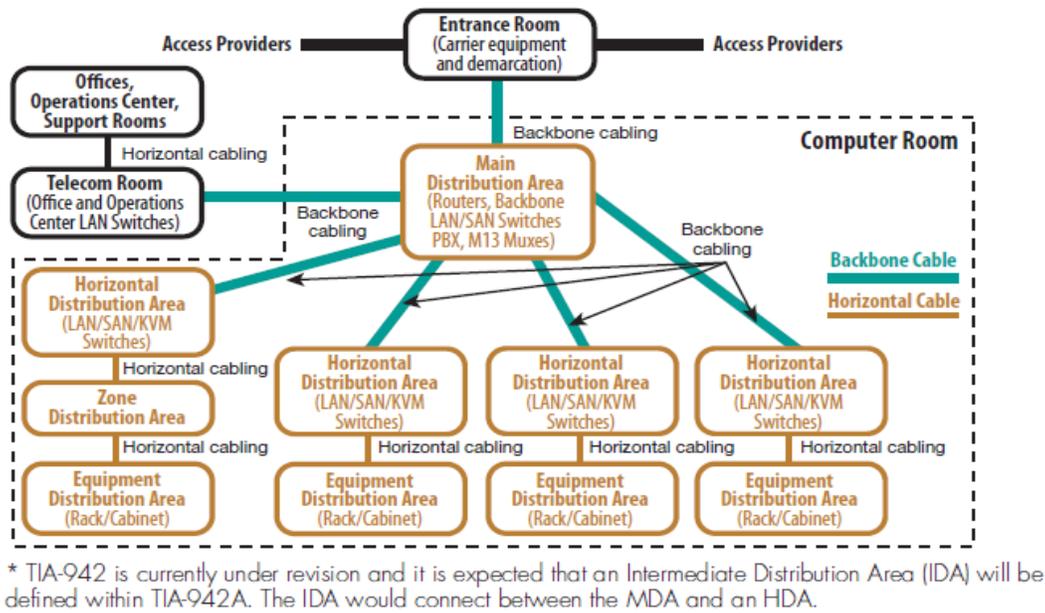
2.12.1.2.4 Main Cross-connect

Main Cross-connect merupakan area pusat dari *backbone cabling* yang digunakan untuk terminasi, serta mengelola *backbone cabling*, menyediakan konektifitas kepada *equipment room* (ER), *horizontal cross-connect*, dan *intermediate cross-connect*

2.12.1.2.5 Horizontal Cross-connect

Horizontal Cross-connect (HC) adalah koneksi dari *backbone* gedung, serta *horizontal cabling* bertemu pada *Telecommunication Room* (TR)

Diagram dibawah menunjukkan topologi dari standar TIA/EIA-942



Gambar 2.76 Topologi Cabling *Data Center Guide* (Telecommunications Industry Association, 2005)

2.13 Labeling & Documentation

Labeling & Documentation mengacu pada standar TIA/EIA 606 yang bertujuan untuk menyediakan skema administrasi yang seragam yang tidak tergantung pada aplikasi-aplikasinya. Standar ini digunakan sebagai petunjuk dan pilihan terhadap kelas administrasi guna mengolah suatu sistem infrastruktur telekomunikasi. Terdapat 4 kelas administrasi yang dipisahkan berdasarkan kompleksitas dari infrastruktur tersebut. Kelas 1 dari standar ini diterapkan untuk kebutuhan administrasi infrastruktur dari suatu tempat yang hanya dilayani oleh satu *Equipment Room* (ER). Pada kelas 1, ER merupakan satu-satunya *Telecommunication Space/Room* (TR) untuk suatu kantor atau organisasi, tidak ada TR maupun *backbone cabling* yang perlu diadministrasi.

Berikut adalah identifikasi yang diperlukan untuk kelas 1: identifikasi TR, *horizontal link*, *Telecommunication Main Ground Bus bar*, *Telecommunication Ground Bus*. Kelas 2 dari standar TIA/EIA-606 ditujukan untuk infrastruktur dari suatu bangunan tunggal yang memiliki satu maupun lebih *Telecommunication Space/Room* (TR) dengan satu atau lebih ruangan telekomunikasi. Administrasi kelas 2 mencakup semua komponen dari kelas 1 ditambah dengan identifikasi untuk *backbone cabling*, lokasi dari *fire stopper*, dan *cable fiber*. Kelas 3 dari standar

TIA/EIA-606 ditujukan untuk lingkungan kampus, serta semua bangunan dan elemen diluar gedung. Administrasi kelas 3 mencakup semua komponen administrasi kelas 2 ditambah dengan identifikasi bangunan, *campus backbone cabling*, *campus multi-pair/fiber cable backbone*. Dan identifikasi berikut adalah opsional: identifikasi elemen diluar bangunan, identifikasi jalur *campus*. Kelas 4 dari standar *TIA/EIA-606* ditujukan untuk infrastruktur yang terdiri dari banyak *site* (bangunan/*campus*) yang terpisah. Administrasi kelas 4 mencakup semua komponen dari kelas 3 ditambah identifikasi dari setiap *site*. Dan identifikasi berikut adalah opsional: semua identifikasi opsional pada kelas 3, elemen identifikasi *intra-campus*.

2.13.1 Color Coding

Pembedaan warna pada terminasi kabel/label akan memudahkan sistem administrasi perkabelan. Pembedaan warna adalah berdasarkan dua level hirarki konfigurasi dari kabel *backbone*. Level pertama mencakup kabel dari *cross-connect* utama menuju ke *telecommunication room* pada bangunan yang sama, atau dari *cross-connect* utama ke *cross-connect* perantara dibangunan yang terpisah jauh. Level kedua mencakup kabel antara dua *Telecommunication room* dalam sebuah bangunan dimana terdapat *cross-connect* utama, atau kabel antara *cross-connect* perantara dan TR pada bangunan lain yang terpisah jauh.

2.13.2 General Rules

Aturan yang berlaku pada umumnya adalah: label-label terminasi yang digunakan untuk mengidentifikasi dua ujung dari kabel yang sama harus menggunakan warna yang sama, dan hubungan *cross-connection* pada umumnya dibuat antara *termination field* yang terdiri dari dua warna yang berbeda. Tiap komponen dari infrastruktur telekomunikasi diberi label yang unik yang menghubungkannya kepada label sejenis, seperti contoh dari *work area* terhubung kepada label di *patch panel*. Label yang digunakan harus dipastikan bahwa mudah dibaca dan memiliki bahan yang tahan terhadap kondisi lingkungan, seperti contoh diekspos terhadap udara panas dan dingin, dan semua label harus dicetak. Contoh gambar labeling dapat dilihat dibawah:



Gambar 2.77 *Cable Labeling*

(http://www.cablinginstall.com/content/dam/etc/medialib/new-lib/cablinginstall/online-articles/2012/issue-4/50191.res/_jcr_content/renditions/pennwell.web.300.190.jpg)