

Secure Operation Data Center menurut TIA-942-A

**Tugas Akhir Mata Kuliah EL6115 Operasi Keamanan dan
Insiden Respon**

Christian Hendy

(23215124)



Magister Teknik Elektro

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung

2016

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin cepat, pengguna internet pun semakin banyak. Hal ini menyebabkan informasi yang tersebar di internet semakin banyak pula. Seiring dengan banyaknya informasi yang beredar di internet, maka tempat penyimpanan informasi-informasi tersebut juga akan semakin bertambah, hal ini dapat dilihat dengan munculnya beberapa *data center* di Indonesia. Ada *data center* yang memang berupa satu lahan atau bangunan yang memang secara khusus untuk dijadikan *data center*, namun ada juga yang hanya mempunyai satu ruangan khusus saja dan mengatakan bahwa itu adalah *data center*. Lalu sebenarnya apakah yang dimaksud dengan *data center* itu? Apakah data center yang berupa bangunan sendiri atau hanya ruangan saja sudah mempunyai lingkungan operasi yang aman? Aman yang dimaksud disini adalah dalam lingkup operasional *data center* sudah mementingkan aspek keamanan baik keamanan fisik maupun keamanan data yang terdapat dalam *data center* tersebut. Dalam makalah ini akan dibahas mengenai standar *data center* menurut TIA 942-A.

Kata kunci: informasi, keamanan, *data center*, TIA 942-A.

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	1
DAFTAR ISI.....	2
DAFTAR GAMBAR	4
1 PENDAHULUAN	5
2. <i>OVERVIEW DATA CENTER</i>	5
2.1 Definisi.....	5
2.2 Desain Data Center.....	5
2.2.1 Secara Umum	5
2.2.2 Hubungan Antara Ruang Data Center dengan Ruang Lain	6
2.2.3 <i>Tiering</i>	6
2.2.4 Pertimbangan Keterlibatan Profesional	8
3. RUANGAN <i>DATA CENTER</i> DAN TOPOLOGI TERKAIT	8
3.1 Struktur Data Center.....	8
3.1.1 Elemen Utama	8
3.1.2 <i>Basic Data Center Topology</i>	10
3.1.3 <i>Reduced Data Center Topology</i>	10
3.1.4 <i>Distributed Data Center Topology</i>	11
3.2 Desain Efisiensi Energi	11
3.2.1 Pemasangan Kabel Telekomunikasi.....	12
3.2.3 Ruang Telekomunikasi	14
3.3 <i>Computer Room Requirements</i>	14
3.4 <i>Entrance Room Requirements</i>	17
3.4 <i>Main Distribution Area (MDA)</i>	18
3.5 <i>Intermediate Distribution Area (IDA)</i>	18
3.6 <i>Horizontal Distribution Area (HDA)</i>	19

3.7 <i>Zone Distribution Area (ZDA)</i>	19
3.8 <i>Equipment Distribution Area (EDA)</i>	19
3.9 <i>Telecommunication Room (TR)</i>	20
3.10 <i>Data center Support Area</i>	20
3.11 <i>Rak dan Kabinet</i>	20
4. PEMASANGAN KABEL <i>DATA CENTER</i>	22
4.1 <i>Pemilihan Media</i>	22
4.2 <i>Horizontal Cabling</i>	22
4.3 <i>Backbone Cabling</i>	23
5. JALUR KABEL <i>DATA CENTER</i>	24
5.1 <i>Keamanan Data Center Cabling</i>	24
5.2 <i>Pemisahan Kabel Listrik dan Telekomunikasi</i>	25
5.3 <i>Jalur Masuk Telekomunikasi</i>	25
5.4 <i>Access Floor System</i>	25
5.5 <i>Overhead Cable Tray</i>	25
6. REDUNDANSI PADA <i>DATA CENTER</i>	26
7. PENUTUP.....	27
DAFTAR PUSTAKA	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Keterhubungan antar ruangan pada <i>data center</i> [1].....	7
Gambar 2 Topologi <i>basic data center</i> [1].....	10
Gambar 3 Topologi <i>reduced data center</i> [1]	11
Gambar 4 Topologi <i>distributed data center</i> [1].....	12
Gambar 5 Contoh hubungan rute perkabelan dan aliran udara.....	13
Gambar 6 Kondisi lingkungan C_1 [4]	16
Gambar 7 Suhu dan Kelembaban computer room yang diharapkan [5].....	17
Gambar 8 Ilustrasi lorong panas dan dingin pada penempatan kabinet [1].....	21
Gambar 9 Topologi horizontal cabling biasanya menggunakan topologi star [1].....	23
Gambar 10 <i>Backbone cabling</i> biasanya menggunakan topologi star [1].....	24
Gambar 11 Jalur kabel teleklomunikasi dan redundansi ruangan pada tier berbeda [1]	26

1 PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin cepat menyebabkan data yang tersebar di internet pun semakin hari semakin banyak. Banyak pula pihak-pihak yang mulai mengembangkan usaha di bidang teknologi dan perlu menggunakan *server* untuk menyediakan layanan aplikasinya. Hal ini yang menyebabkan semakin banyak *data center* yang dibangun. *Data center* yang dibangun ada yang memang untuk dikomersialkan sebagai layanan untuk pihak-pihak yang membutuhkan, ada juga yang memang membangun *data center* untuk kepentingan organisasinya. Bentuk *data center* pun berbeda-beda, ada yang hanya cuman satu ruangan yang dikhususkan untuk menyimpan beberapa *server*, ada yang berupa satu bangunan atau gedung yang diperuntukan untuk menyimpan *server*. Namun apakah *data center* yang sudah ada, sudah mempunyai operasional yang aman, aman dalam artian baik secara fisik maupun data yang tersimpan di dalamnya. Dalam makalah ini akan dibahas mengenai standar *data center* menurut TIA 942-A

2. OVERVIEW DATA CENTER

2.1 Definisi

Menurut TIA 942-A, data center merupakan sebuah bangunan atau sebagian dari bangunan yang mana fungsi utamanya adalah untuk menyimpan sebuah ruangan komputer dan hal-hal lain yang mendukungnya. Definisi ini dikuatkan oleh Gartner pada situsnya, yang mengatakan bahwa data center adalah suatu departemen dalam organisasi yang menyimpan dan mengelola sistem teknologi informasi dan menyimpan data.

2.2 Desain Data Center

2.2.1 Secara Umum

Dalam mendesain *data center*, secara garis besar terdapat beberapa hal yang perlu dilakukan, yakni:

1. Memperkirakan kebutuhan peralatan telekomunikasi, ruangan, listrik, keamanan fisik, dan kebutuhan pendinginan ketika *data center* dalam keadaan maksimal.
2. Memberitahukan arsitek dan *engineer* mengenai kebutuhan akan ruangan, listrik, pendingin, keamanan, *floor loading*, *grounding*, pengamanan kelistrikan dan fasilitas lainnya.

3. Mengkoordinasikan rencana ruangan *data center* yang dengan arsitek dan *engineer*. Berikan saran perubahan apabila diperlukan.
4. Membuat rencana penempatan ruangan-ruangan utama, *entrance area*, *main distribution area*, *intermediate distribution area*, *horizontal distributioin area*, *zone distribution area*, dan *equipment distribution area*. Berikan perkiraan listrik, pendingin, dan floor loading yang dibutuhkan kepada *engineer*. Berikan kebutuhan akan jalur telekomunikasi.
5. Mendapatkan pembaharuan rencana dari *engineer* yang sudah terdapat jalur telekomunikasi, perangkat elektronik, dan perangkat mekanik yang akan ditambahkan pada *data center floor plan* ketika kapasitas maksimal.
6. Mendesain sistem kabel telekomunikasi sesuai dengan kebutuhan sekarang dan rencana penempatan perangkat di masa yang akan datang.

Data center harus memenuhi regulasi setempat dan peraturan proteksi dari kebakaran.

2.2.2 Hubungan Antara Ruangan Data Center dengan Ruangan Lain

TIA-942-A menyampaikan bahwa Gambar 1 merupakan ilustrasi ruangan *data center* pada umumnya dan keterhubungannya dengan ruangan lain diluar data center tersebut. TIA-942-A sendiri membahas mengenai *computer room* dan ruangan pendukung disekitarnya seperti pada Gambar 1.

2.2.3 Tiering

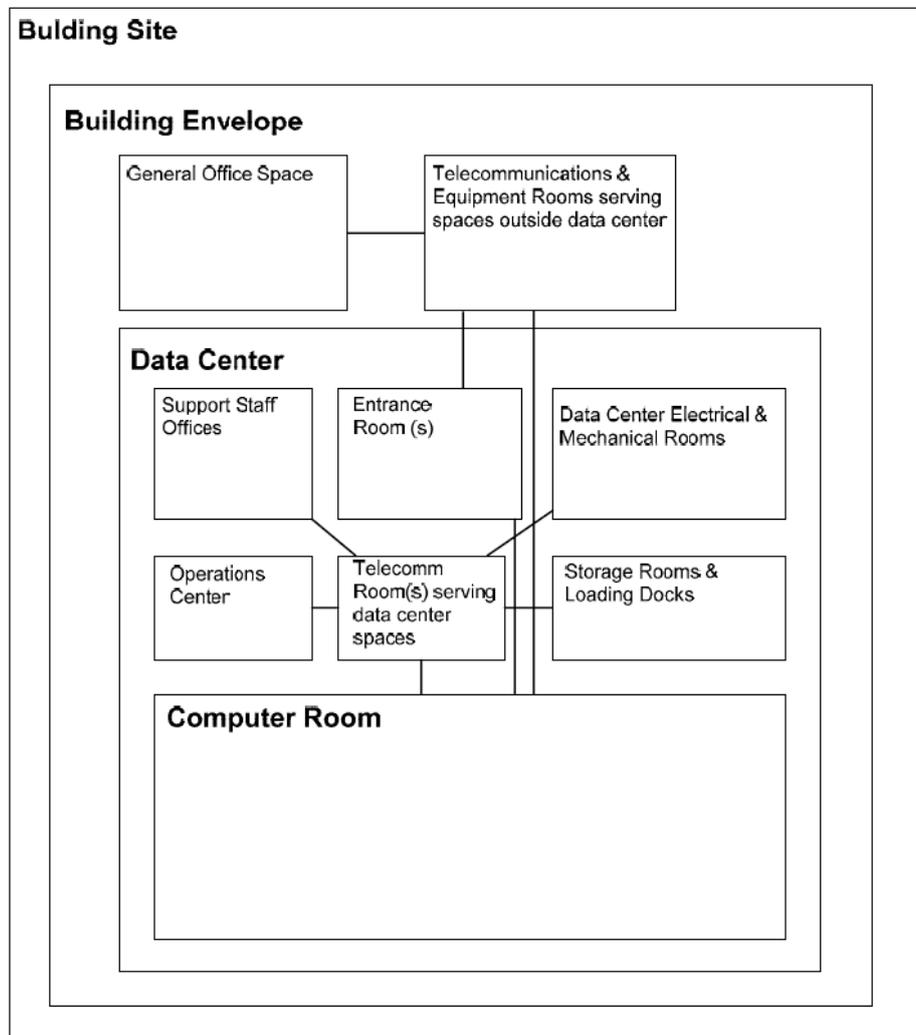
Tiering juga dibahas dalam TIA-942-A, dimana data center dibagi kedalam 4 tingkatan berdasarkan pada ketersediaan dan keamanan bangunan dari data center tersebut. Pemeringkatan data center pertama kali dilakukan oleh The Uptime Institute pada publikasinya yang berjudul “*Industry Standard Tier Classifications Define Site Infrastructure Performance*”. Pemeringkatan tersebut antara lain [3]:

1. Tier I Data Center: Basic

Data center yang mempunyai tingkat ini rentan terhadap gangguan baik yang direncanakan maupun yang tidak direncanakan. Pada umumnya mempunyai UPS atau *generator*, sistem yang berdiri sendiri dan mempunyai banyak *single point of failure*. Infrastruktur biasanya berhenti beroperasi ketika ada pemeliharaan, *error* atau kegagalan komponen lain yang terjadi secara spontan.

2. Tier II Data Center: Redundant Components

Tier II data center mempunyai komponen yang redundan sehingga lebih tidak rentan terhadap gangguan baik yang direncanakan maupun yang tidak direncanakan. *Tier II data center* mempunyai UPS dan *generator*, yang mana kapasitasnya didesain “Need plus one (N+1)”, namun jalur distribusinya hanya satu jalur, sehingga pemeliharaan jalur listrik utama akan menyebabkan pemadaman infrastruktur.



Gambar 1 Keterhubungan antar ruangan pada *data center*[1]

3. *Tier III Data Center: Concurrently Maintainable*

Tier III Data Center memungkinkan segala aktivitas yang direncanakan di infrastruktur tanpa mengganggu operasional komputer. Aktivitas yang direncanakan dapat berupa tindakan pencegahan dan pemeliharaan, perbaikan, penggantian komponen, penambahan atau pembuangan komponen, dll. Kapasitas dan distribusi tenaga harus tersedia secara simultan untuk menanggung beban ketika pemeliharaan atau mencoba jalur lain. Aktifitas yang tidak direncanakan seperti kesalahan dalam

operasional atau kegagalan yang terjadi secara spontan pada infrastruktur masih mungkin menyebabkan gangguan pada *data center*.

4. *Tier IV Data Center: Fault Tolerant*

Tier IV menyediakan kapasitas infrastruktur dan kapabilitas untuk tidak terganggu ketika terjadi tindakan terencana apapun. Fungsionalitas juga tetap berjalan ketika terjadi tindakan tidak terencana yang terburuk dengan catatan tindakan tersebut tidak mempunyai dampak yang critical pada komponen-komponen penting.

The Uptime Institute membagi pemeringkatan *data center* seperti pada pembagian diatas. Namun pada TIA-942-A, tingkatan *data center* dibagi lagi kedalam beberapa aspek, yakni *telecommunication, electrical, architectural infrastructure, mechanical infrastructure*. Sebagai contoh $T_1E_2A_2M_1$ mempunyai arti:

- Telecommunications mempunyai peringkat tier 1 (T_1)
- Electrical mempunyai tingkat tier 2 (E_2)
- Architectural infrastructure mempunyai tingkat tier 1 (A_1)
- Mechanical infrastructure mempunyai tingkat tier 2 (M_2)

Apabila *data center* tersebut mempunyai tingkat yang sama pada setiap aspeknya, sebagai contoh $T_2E_2A_2M_2$ maka dapat dikatakan hanya dengan tier 2 *data center*. Peringkat juga bisa turun seiring dengan berjalannya waktu, hal ini disebabkan karena pemanfaatan sumber daya untuk penambahan perangkat baru.

2.2.4 Pertimbangan Keterlibatan Profesional

Data center pada umumnya didesain untuk mendukung kebutuhan akan banyak perangkat komputer dan telekomunikasi. Oleh karena itu, profesional dalam bidang telekomunikasi dan teknologi informasi harus dilibatkan dalam mendesain *data center*.

3. RUANGAN DATA CENTER DAN TOPOLOGI TERKAIT

3.1 Struktur Data Center

3.1.1 Elemen Utama

Data center membutuhkan suatu ruangan khusus untuk mendukung infrastruktur telekomunikasinya. Ruangan telekomunikasi termasuk *entrance room, main distribution area (MDA), intermediate distribution area (IDA), horizontal distribution area (HDA), zone distribution area (ZDA)* dan *equipment distribution area (EDA)*.

Entrance room merupakan ruangan yang digunakan untuk menghubungkan ruangan sistem perkabelan data center dengan perkabelan pada gedung. *Entrance room* mungkin letaknya di luar *computer room* apabila data center mempunyai *general purpose office* atau ruangan lain di luar *data center*. *Entrance room* juga berada di luar *computer room* untuk meningkatkan keamanan. Sebuah *data center* boleh mempunyai beberapa *entrance room* untuk menyediakan redundansi atau untuk menghindari panjang kabel maksimum yang ditetapkan oleh penyedia akses. *Entrance room* terhubung dengan *computer room* melalui MDA. Dalam beberapa kasus, *entrance room* kedua memiliki sistem perkabelan yang terhubung dengan IDA atau HAD untuk menghindari kelebihan panjang kabel yang sudah ditentukan. *Entrance room* mungkin berdekatan atau disatukan dengan MDA.

Di MDA terdapat *main cross-connect* (MC), yang mana merupakan titik utama distribusi sistem perkabelan dan mungkin termasuk *horizontal cross-connect* (HC) ketika area perangkat dilayani langsung oleh MDA. MDA juga mungkin mendukung *intermediate cross-connect* (IC). Ruangan ini berada dalam *computer room*, bisa juga berada pada ruangan sendiri apabila fasilitas data centernya didesain untuk *multi-tenant*. Setiap *data center* setidaknya mempunyai 1 MDA. *Router*, LAN *switch*, dan SAN *switch* utama yang terdapat pada *computer room*, biasanya terletak pada MDA. MDA mungkin melayani satu atau lebih IDA, HDA, dan EDA dalam *data center*, dan juga satu atau lebih *telecommunication room* yang terletak di luar *computer room* untuk mendukung ruangan kerja dan ruangan pendukung lainnya. IDA mungkin melayani satu atau lebih HAD dan EDA dalam *data center*, dan satu atau lebih *telecommunication room* yang terletak di luar *computer room*.

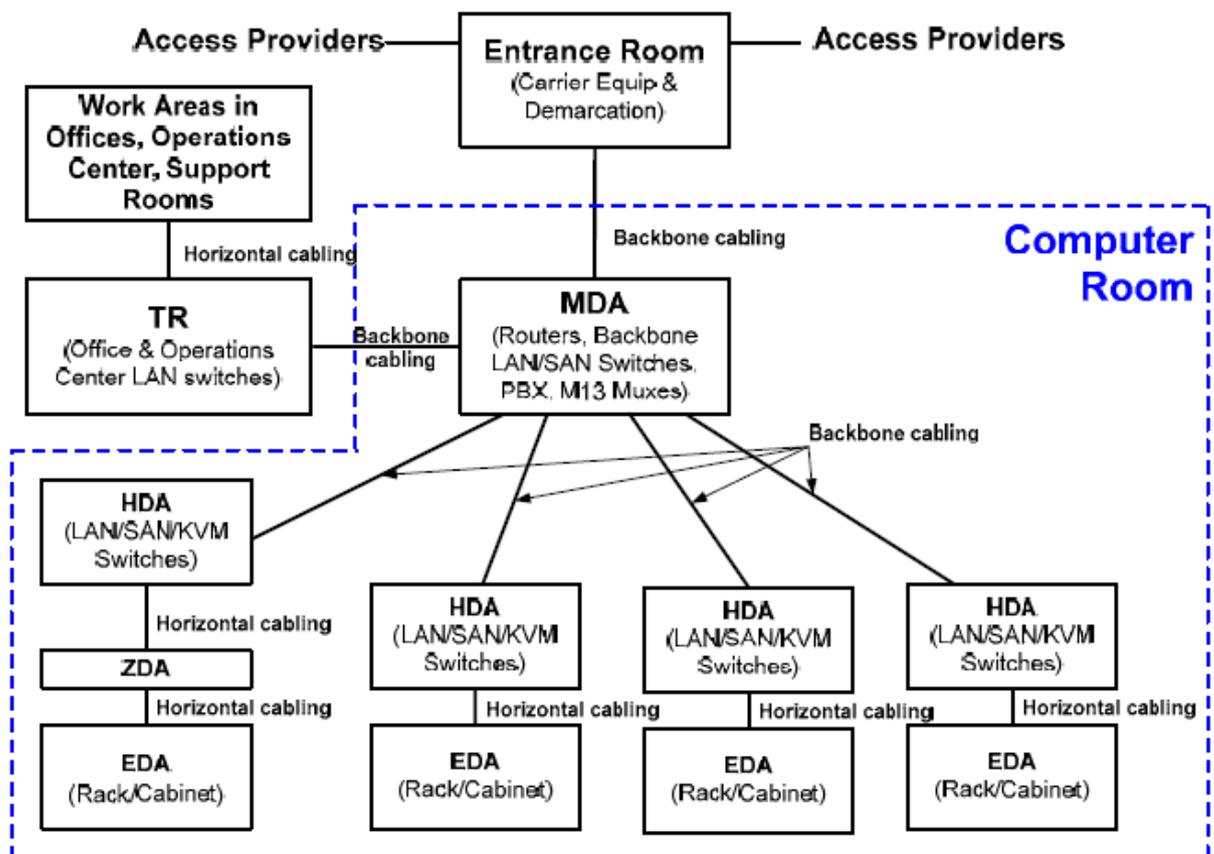
HDA digunakan untuk melayani EDA ketika HC tidak berada pada MDA atau IDA. Oleh karena itu ketika digunakan HDA dapat termasuk HC, yang mana berfungsi untuk distribusi kabel ke EDA. HDA terletak di dalam *computer room*, namun dapat juga diletakan di ruangan khusus dalam *computer room* untuk peningkatan keamanan. HDA biasanya terdiri dari LAN *switch*, SAN *switch*, dan *Keyboard/Video/Mouse* (KVM) *switch* untuk perangkat yang terpadu pada EDA. Sebuah data center dapat mempunyai *computer room* di beberapa lantai dan setiap lantai dilayani oleh HC. Beberapa *data center* mungkin tidak membutuhkan HDA, karena *computer room* sudah dapat didukung oleh MDA. Namun *data center* biasanya mempunyai beberapa HDA.

EDA merupakan ruangan yang digunakan untuk perangkat, termasuk sistem komputer dan telekomunikasi (seperti *server*, *mainframe*, *storage array*). Area ini seharusnya tidak

difungsikan sebagai *entrance room*, MDA atau HDA. Penambahan opsional interkoneksi dalam ZDA dikenal dengan nama *consolidation point*. *Consolidation point* berada diantara HC dan perangkat.

3.1.2 Basic Data Center Topology

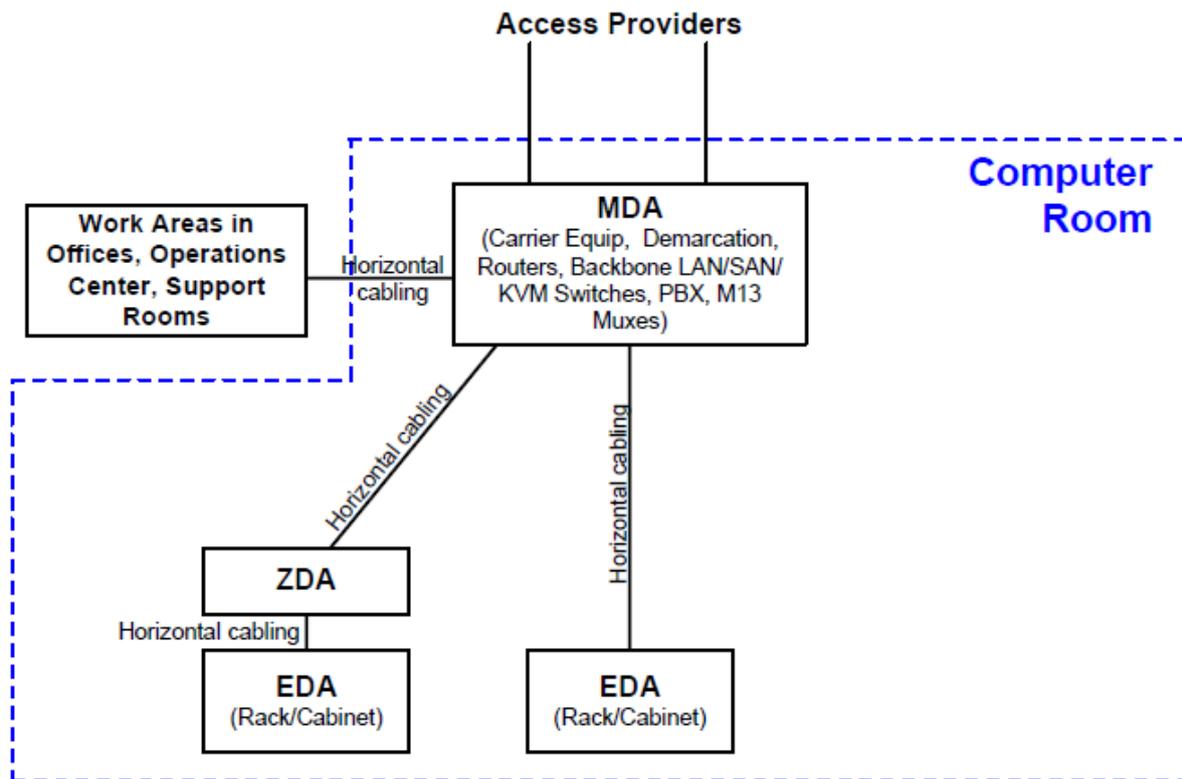
Basic data center terdiri dari sebuah entrance room, mungkin satu lebih telecommunication room, satu MDA dan beberapa HDA. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Topologi basic data center [1]

3.1.3 Reduced Data Center Topology

Desainer data center dapat menggabungkan *main cross-connect* dan *horizontal cross-connect* kedalam sebuah MDA, kemungkinan dalam bentuk sebuah kabinet atau rak kecil. *Telecommunication room* untuk sistem perkabelan pendukung dan *entrance room* mungkin juga dapat digabungkan dengan MDA pada topologi ini. Ilustrasi topologi ini dapat dilihat pada Gambar 3.



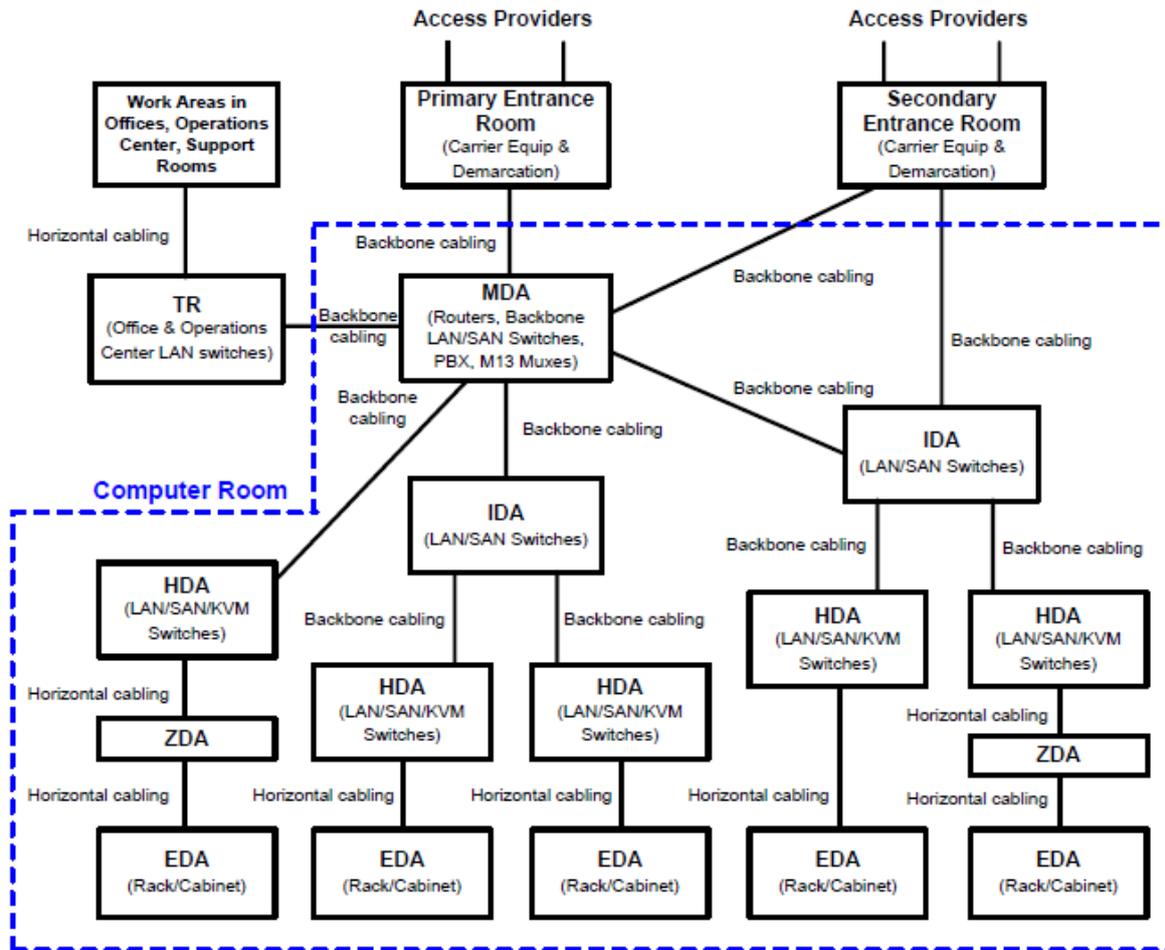
Gambar 3 Topologi *reduced data center* [1]

3.1.4 Distributed Data Center Topology

Data center yang besar, seperti *data center* yang terletak dalam beberapa lantai dan ruangan, mungkin membutuhkan *intermediate cross-connect* yang terletak pada IDA. Setiap ruangan atau lantai mungkin mempunyai satu atau lebih IDA. Beberapa *telecommunication room* diperlukan untuk *data center* yang mempunyai letak kantor yang terpisah. Batasan pada panjang kabel mungkin menyebabkan kebutuhan akan beberapa *entrance room*. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 4.

3.2 Desain Efisiensi Energi

Efisiensi energi sebaiknya dipertimbangkan ketika mendesain *data center*. Pada bagian ini akan diberikan rekomendasi mengenai sistem perkabelan, ruangan dan jalur telekomunikasi yang dapat meningkatkan efisiensi. Secara natural, *data center* mengkonsumsi energi yang besar, yang mana sebagian besar dikonversi ke panas, sehingga membutuhkan efisiensi pendingin yang sangat baik. Tidak ada satu arsitektur yang dapat memenuhi semua kebutuhan efisiensi energi untuk setiap instalasi, oleh karena itu harus dilakukan evaluasi dan analisis operasional.



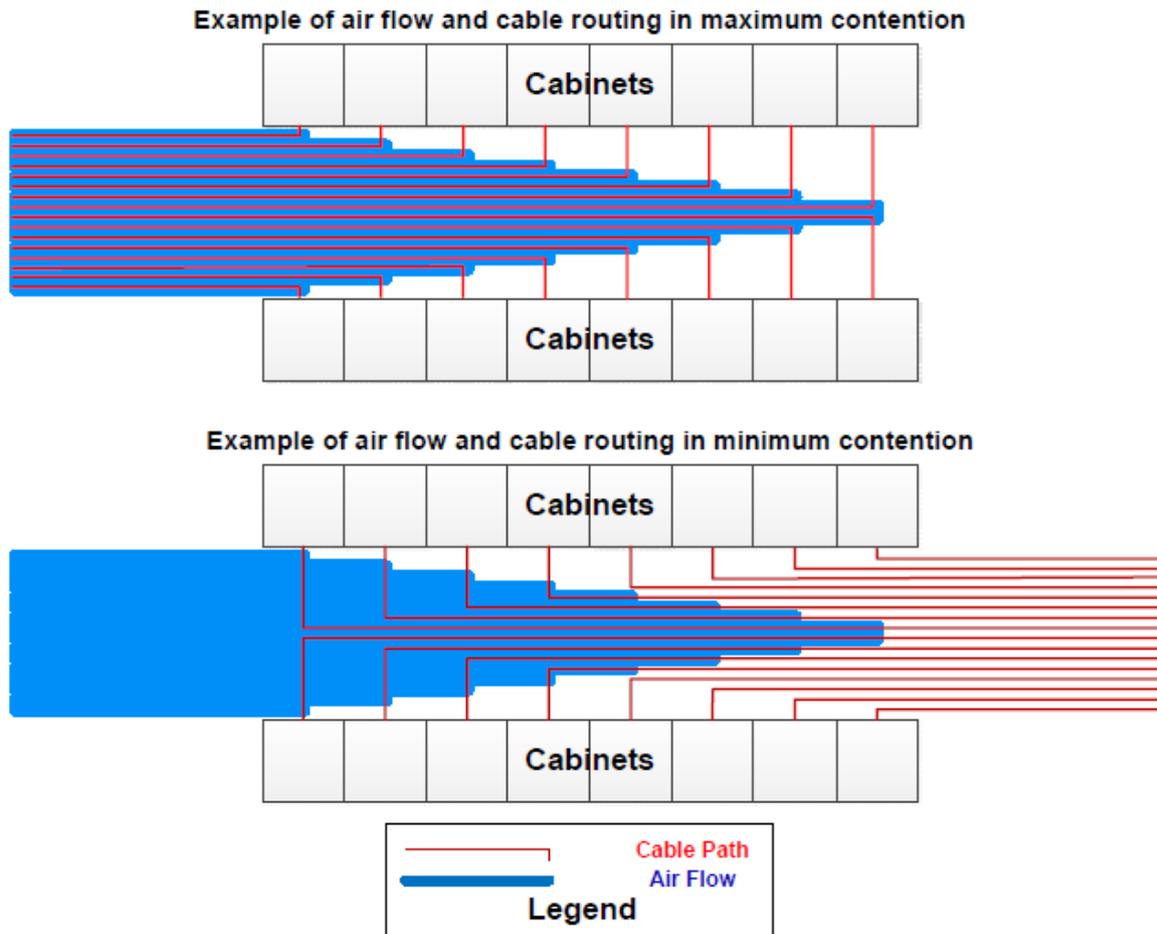
Gambar 4 Topologi *distributed data center* [1]

3.2.1 Pemasangan Kabel Telekomunikasi

Perkabelan telekomunikasi yang diletakkan di langit-langit yang tinggi dapat meningkatkan efisiensi pendinginan dan merupakan *best practice*, karena dapat mengurangi gangguan aliran udara yang disebabkan apabila kabel berada dibawah. Apabila terpaksa harus memasang kabel di bawah lantai, dimana tempat tersebut juga digunakan untuk pendinginan, maka gangguan pendinginan dapat dikurangi dengan cara:

- Menggunakan desain jaringan dan kabel yang mengurangi penggunaan perkabelan di bawah lantai
- Memilih kabel dengan diameter kecil untuk mengurangi volume di bawah lantai
- Mendesain jalur kabel untuk mengurangidampak dari aliran udara
- Desain layout kabel sehingga berlawanan dengan arah aliran udara (lihat Gambar 5)

- Mendesain ruang dan ukuran jalur yang tepat untuk mengakomodasi kabel sehingga gangguan sedikit



Gambar 5 Contoh hubungan rute perkabelan dan aliran udara

Rute dari kabel pada kabinet, rak, dan sistem lainnya sebaiknya tidak menghambat sistem pendingin. Aliran udara harus dijaga sesuai dengan yang diperlukan sesuai dengan standar perangkat. Kabel-kabel yang tidak digunakan juga harus disingkirkan agar jalur tetap rapi, tidak membebani langit-langit apabila kabel di atas, atau mengganggu aliran udara apabila kabel di bawah lantai.

Jalur telekomunikasi sebaiknya diletakkan sedemikian rupa untuk meminimalisir gangguan pada aliran udara ke dan dari perangkat. Misalnya, apabila diletakkan di bawah lantai, jalur tidak seharusnya diletakkan tepat dibawah ubin berventilasi atau ditempat dimana akan mengganggu aliran udara ke dan dari perangkat pendingin. Pertimbangkan penggunaan model *computational fluid dynamics* (CFD) untuk optimisasi aliran udara pada *data center* yang besar.

3.2.3 Ruang Telekomunikasi

Pertimbangkan penggunaan *enclosure* yang dapat meningkatkan efisiensi pendinginan, seperti:

- Kabinet dengan *isolated air-supply*
- Kabinet dengan *isolated air-return*
- Kabinet dengan sistem pendingin di dalamnya
- *Hot-aisle containment* atau *cold-aisle containments systems*
- Kabinet yang meminimalisir aliran udara melewati celah diantara *equipment rails* dan sisi kabinet

Perangkat dengan kebutuhan lingkungan yang berbeda sebaiknya dipisahkan ke tempat yang berbeda agar perangkat yang kebutuhan lingkungannya sedikit dapat beroperasi di lingkungan ruangan yang lebih efisien. Pertimbangkan operasional dan desain yang meminimalisir kebutuhan pendinginan perangkat yang tidak dibutuhkan, seperti:

- Membangun *computer room* dalam beberapa fase atau zona, hanya membangun dan menggunakan ruangan yang dibutuhkan
- Pada data center yang terpakai, lakukan proses untuk identifikasi dan menyingkirkan perangkat yang tidak dibutuhkan lagi
- Memasang perangkat *monitoring* dan melakukan laporan dalam waktu tertentu dari total energi yang digunakan dan energi yang digunakan oleh sistem individu seperti unit distribusi, unit pendingin dan kabinet/rak perangkat TI.
- Pertimbangkan sekat yang dapat dipindahkan dan disesuaikan apabila diperlukan

3.3 Computer Room Requirements

Computer room merupakan ruangan yang terkontrol lingkungannya yang mana fungsi utamanya adalah untuk mendukung perangkat dan perkabelan yang berhubungan langsung dengan sistem komputer dan sistem telekomunikasi lainnya. Dalam pemilihan lokasi *computer room* disarankan untuk menghindari lokasi yang terbatas untuk dikembangkan, seperti terbatas oleh elevator, bangunan utama, tembok atau bangunan lainnya.

Computer room hanya bisa diakses oleh personil yang berhak saja. Akses tambahan harus sesuai dengan aturan yang ada. Untuk bangunannya, tinggi langit-langit sebaiknya 2.6m dari lantai ke lampu, sprinkle, kamera ataupun tempat kabel. Apabila rak atau kabinet

lebih tinggi dari 2.13m maka langit-langit sebaiknya lebih tinggi dari 2.6m. Jarak minimum ruang kosong adalah 0.46m untuk memastikan sprinkle dapat berfungsi dengan baik. UPS yang menggunakan *flooded-cell batteries* sebaiknya diletakan di ruangan lain kecuali memang diatur oleh aturan yang ada.

Penerangan sebaiknya diletakkan diantara kabinet, daripada persis diatas kabinet. Lampu dan tanda bahaya harus dipasang ditempat yang sudah diatur oleh peraturan setempat. TIA-942-A merekomendasikan agar aturan penerangan dibagi kedalam 3 tingkat, yakni:

- Level 1: *data center* digunakan - penerangan harus cukup untuk memastikan penggunaan perangkat monitoring
- Level 2: awal masuk ke *data center* – sensor gerak harus dapat mengaktifkan lampu di tempat masuk dan memberikan pencahayaan pada jalur yang ada.
- Level 3: ruangan digunakan – ketika *data center* digunakan untuk pemeliharaan atau interaksi lain dengan perangkat, pencahayaan sebaiknya 500 lux *horizontal* dan 200 lux *vertical*, dengan jarak 1m dari lantai. Pada data center yang lebih besar dari 230m² zona cahaya direkomendasikan pada level 3 untuk area kerja dan level 2 di zona lainnya
- *Optional override*: pencahayaan level 3 pada semua zona

Pintu sebaiknya minimum lebar 1m dan tinggi 2.13m, tanpa kusen, berengsel, sliding atau dapat dipindahkan. Pintu harus dapat digembok dan tidak ada sekat dipintu untuk dapat digunakan untuk pemindahan perangkat yang besar. Beban yang dapat ditanggung lantai sebaiknya minimal 7.2 kPA, sedangkan yang direkomendasikan adalah 12 kPA. Pintu masuk untuk tempat yang menggunakan UPS harus diberikan tanda dengan latar belakang warna merah dan tulisan putih dengan tinggi tulisan minimal 50mm.

Lingkungan operasional *computer room* harus memenuhi kondisi lingkungan C₁ yang didefinisikan di ANSI/TIA-568-C.0. Untuk mencapai metode tersebut, hal yang biasa dialukan adalah menggunakan penghalang uap, tekanan ruangan positif, atau *absolute filtration*. Untuk kondisi C₁ dapat dilihat pada Gambar 6. Apabila *computer room* tidak mempunyai sistem HVAC sendiri, *computer room* harus ditempat yang dapat diakses oleh sistem HVAC utama. Suhu dan kelembaban harus mengikuti standar kelas A1 atau A2 pada ANSI/TIA-569-C (Gambar 7). HVAC dioperasikan selama 24 jam dalam 365 haris. Apabila sistem bangunan tidak dapat mengakomodir, maka unit tersendiri harus dapat menyediakan

untuk *computer room*. HVAC juga harus didukung oleh generator. Sumber radio seperti *wireless LAN*, telepon seluler, radio, dll mungkin dapat mengganggu peralatan teknologi informasi dan telekomunikasi, sehingga harus dilihat sesuai dengan aturan yang berlaku.

Listrik untuk *computer room* sebaiknya disediakan dan dapat diterminasi oleh panel listrik tersendiri. Generator harus tersedia dan standby. Apabila tidak ada generator tersendiri, maka aliran listrik utama untuk *computer room* harus terhubung dengan generator yang ada di gedung. Sistem pemadam kebakaran dan tabung pemadam kebakaran harus tersedia dan sesuai dengan NFPA-75. Harus terdapat drainase dibawah lantai untuk aliran air ketika terjadi kebocoran. Setidaknya satu drainase untuk mengevakuasi air untuk setiap 100m² area. Deteksi kebocoran sangat diperlukan disetiap lantai.

Climatic and chemical	C₁
Ambient temperature	-10 °C to +60 °C
Rate of change of temperature	0.1 °C per minute
Humidity	5 % to 85 % (non-condensing)
Solar radiation	700 Wm ⁻²
Liquid pollution (see c) Contaminants	Concentration x 10 ⁻⁶
Sodium chloride (salt/sea water)	0
Oil (dry-air concentration) (for oil types see b)	0
Sodium stearate (soap)	None
Detergent	None
Conductive materials	None
Gaseous pollution (see Note 3) Contaminants	Mean/Peak (Concentration x 10 ⁻⁶)
Hydrogen sulphide	<0.003/<0,01
Sulphur dioxide	<0.01/<0.03
Sulphur trioxide (ffs)	<0.01/<0.03
Chlorine wet (>50 % humidity)	<0.000 5/<0.001
Chlorine dry (<50 % humidity)	<0.002/<0.01
Hydrogen chloride	-/<0.06
Hydrogen fluoride	<0.001/<0.005
Ammonia	<1/<5
Oxides of Nitrogen	<0.05/<0.1
Ozone	<0.002/<0.005

Gambar 6 Kondisi lingkungan C₁ [4]

ASHRAE Class	Environmental requirements
Class A1 Class A2 Class A3 Class A4	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature: 18 – 27 °C (64 – 81 °F) dry bulb <ul style="list-style-type: none"> ◦ High altitude: reduce maximum dry-bulb temperature 1 °C (1.8 °F) for every 300 m (1000 ft) above 1800 m (5900 ft) altitude. • Maximum relative humidity (RH): 60% • Maximum dew point: 15 °C (59 °F) • Minimum dew point (lower moisture limit): 5.5 °C (42 °F)² • Maximum rate of temperature change: 5 °C (9 °F) per hour

Gambar 7 Suhu dan Kelembaban computer room yang diharapkan [5]

3.4 Entrance Room Requirements

Entrance room merupakan sebuah tempat atau ruangan yang mana menghubungkan antara *access-provider* dengan sistem perkabelan *data center*. *Entrance room* mempunyai jalur masuk, blok pelindung untuk *balanced twisted-pair entrance cables*, perangkat terminasi untuk kabel *access provider*, perangkat *access provider*, dan perangkat terminasi untuk perkabelan ke *computer room*. *Entrance room* sebaiknya berada ditempat yang dapat memastikan panjang jalan aliran listrik dari *access provider* ke perangkat tidak melebihi batas. *Entrance room* dapat ditempatkan di dalam maupun diluar *computer room*. Untuk keamanan biasanya *entrance room* berada di luar *computer room* untuk mencegah teknisi mengakses *computer room*, akan tetap pada *data center* yang besar pada umumnya *entrance room* berada di *computer room* karena keterbatasan panjang aliran listrik. Lokasi dan lingkungan *entrance room* harus sesuai dengan klasifikasi M₁I₁C₁E₁ pada ANSI/TIA-568-C.0. Sistem perkabelan harus menggunakan distribusi kabel yang sama dengan di *computer room*, apakah di bawah lantai atau di langit-langit.

Pada data center yang besar, sangat memungkinkan terdapat beberapa *entrance room* untuk menyediakan redundansi. Apabila *entrance room* berada di *computer room* maka jalur masuk ruangan harus tidak mengganggu aliran udara, sistem pendingin dan rute kabel di *computer room*. *Access provider* dan *service provider* untuk *data center* biasanya berada di *entrance room* atau di *computer room*. Untuk lebih jelasnya silahkan lihat ANSI/TIA-569-C. Pemilihan *entrance room* berada di suatu ruangan atau di area terbuka harus berdasarkan

pada keamanan, kebutuhan dinding pelindung, besar ruangan dan lokasi fisik. Besarnya ruangan harus memenuhi perkiraan kebutuhan maksimum dari:

- *Backboard* dan *frame space* untuk terminasi *access provider* dan perkabelan
- Rak *access provider*
- Perangkat yang dimiliki pelanggan yang akan diletakkan di *entrance room*
- Rak pembatas termasuk perangkat terminasi untuk perkabelan di *computer room*
- Jalur

Tinggi langit-langit, pencahayaan, pintu, tanda bahaya untuk *entrance room* sama dengan *computer room*. HVAC yang digunakan di *entrance room* harus mempunyai tingkat yang sama dengan *computer room*, begitu pula dengan tingkat redundansinya. Aliran listrik yang melayani *entrance room* sesuai dengan jumlah perangkat yang terdapat pada *entrance room*. Namun sistem *backup* harus sama dengan yang terdapat pada *computer room*. Proteksi kebakaran dan tabung pemadam kebakaran harus tersedia dan sesuai dengan NFPA-75. Drainase harus ada untuk menghilangkan air apabila terjadi kebocoran. Hindari pembangunan pipa yang dialiri air di atas *entrance room*.

3.4 Main Distribution Area (MDA)

Main distribution area (MDA) merupakan ruangan pusat dimana terdapat titik distribusi untuk sistem perkabelan *data center*. *Data center* harus mempunyai setidaknya 1 buah MDA. *Core routers* dan *core switches* biasanya terdapat di dalam atau di dekat MDA. Pada *data center* yang digunakan beberapa organisasi, seperti *disaster recovery data centers*, *web hosting data centers*, dan fasilitas *collocation*, MDA harus berada di tempat yang aman. Biasanya MDA berada ditengah-tengah untuk menghindari kelebihan panjang kabel *access provider* yang berasal dari *entrance room*. MDA merupakan ruangan tertutup, pertimbangkan penggunaan HVAC, PDU, dan UPS sendiri untuk area ini. Apabila MDA mempunyai HVAC sendiri, pengatur suhu udara untuk pendingin sebaiknya dialiri listrik dan dikendalikan dari PDU yang sama dengan perangkat telekomunikasi di MDA. Hal-hal lainnya pada MDA sama seperti pada *computer room*.

3.5 Intermediate Distribution Area (IDA)

Intermediate distribution area (IDA) merupakan ruangan yang mendukung *intermediate cross-connect*. IDA mungkin digunakan sebagai sistem perkabelan tingkat 2 apabila *data center* terlalu besar yang tidak dapat diakomodir oleh sistem perkabelan tingkat 3 saja (kabel dari MDA) dan sistem perkabelan tingkat 1 (kabel dari HDA ke EDA). IDA bersifat

oposional dan terdiri dari perangkat yang aktif. Pada *data center* yang digunakan beberapa organisasi, seperti *disaster recovery data centers*, *web hosting data centers*, dan fasilitas *collocation*, IDA harus berada di tempat yang aman. Biasanya IDA berada ditengah-tengah untuk menghindari kelebihan panjang kabel *access provider* yang berasal dari *entrance room*. Hal-hal lainnya pada IDA sama seperti pada HDA.

3.6 Horizontal Distribution Area (HDA)

Horizontal distribution area (HDA) merupakan ruangan yang mendukung perkabelan ke EDA. LAN, SAN, console, dan KVM *switch* yang mendukung perangkat juga biasanya terdapat pada area ini. MDA juga mungkin bertindak sebagai HDA untuk perangkat yang berada didekatnya atau untuk seluruh perangkat di *computer room*. Setidaknya terdapat satu *horizontal cross-connect* (HC) di setiap lantai. HC bisa terdapat di dalam HDA, IDA, atau MDA. HDA tambahan mungkin dibutuhkan untuk mendukung perangkat yang tidak terjangkau batas maksimal panjang kabel yang diijinkan. HDA harus ditempatkan sedemikian rupa untuk menghindari kelebihan panjang *backbone* dari MDA atau IDA. HDA merupakan ruangan tertutup, pertimbangkan penggunaan HVAC, PDU, dan UPS tersendiri untuk area ini. Sistem pendingin harus dialiri listrik yang berbeda dari aliran listrik yang mengalir perangkat telekomunikasi di HDA. Hal-hal lainnya pada HDA sama seperti pada *computer room*.

3.7 Zone Distribution Area (ZDA)

Coaxial atau *twisted-pair connections* di ZDA harus dibatasi hingga 288 untuk menghindari kepadatan kabel, enclosure biasanya ditempatkan di langit-langit atau dibawah 600mmx600mm dari lantai. *Cross connection* sebaiknya tidak digunakan di ZDA. Tidak boleh ada lebih dari satu ZDA yang menggunakan kabel *horizontal* yang sama. Seharusnya tidak ada perangkat aktif di ZDA.

3.8 Equipment Distribution Area (EDA)

Equipment distribution area (EDA) merupakan ruangan yang digunakan untuk mengalokasikan perangkat termasuk sistem komputer dan perangkat komunikasi. Perangkat biasanya berupa perangkat yang bisa berdiri atau terpasang di kabinet atau rak. Kabel horizontal diterminasi di EDA. Stopkontak yang cukup dan perangkat yang penghubung harus disediakan untuk setiap perangkat kabinet dan rak untuk meminimalisir panjang *patch cord* dan *power cord*. Perkabelan titik ke titik diperbolehkan antar perangkat di EDA. Panjang kabel dari titik ke titik di EDA tidak lebih dari 15m dan sebaiknya berada diantara

rak atau kabinet yang sebaris. Setiap kabel yang digunakan harus diberikan label, ketika kabel sudah tidak digunakan sebaiknya disingkirkan.

3.9 Telecommunication Room (TR)

Dalam data center, telecommunication room (TR) merupakan ruangan yang digunakan untuk mendukung perkabelan ke area yang berada di luar *computer room*. TR biasanya berada di luar *computer room*, tetapi ketika dibutuhkan bisa digabungkan dengan MDA, IDA atau HDA. *Data center* dapat mempunyai satu atau lebih *telecommunication room* apabila area yang akan didukung tidak cukup didukung hanya oleh satu *telecommunication room*. TR harus memenuhi spesifikasi pada ANSi/TIA-569-C.

3.10 Data center Support Area

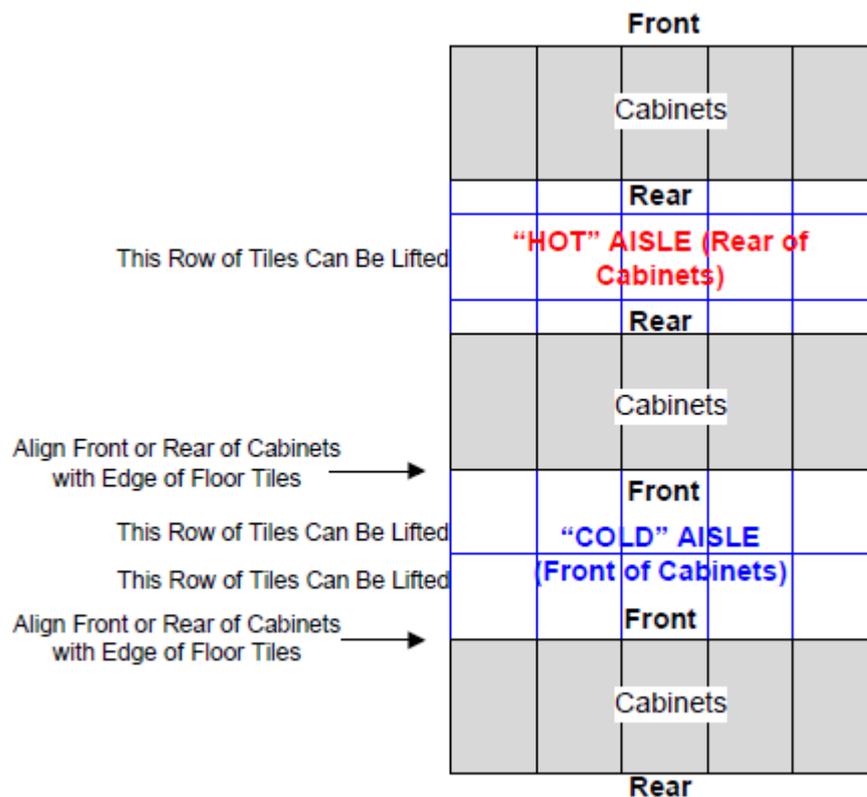
Apabila *data center* menangani area *critical* pada suatu organisasi, pertimbangkan untuk menghilangkan kabel telekomunikasi dari area pendukung *data center* dan kantor dari *telecommunication room* diluar *computer room*. Area pendukung *data center* merupakan area diluar *computer room* yang didedikasikan khusus untuk mendukung fasilitas *data center*, Hal ini termasuk tapi tidak terbatas untuk: *operation center*, *support personnel offices*, *security rooms*, *electrical rooms*, *mechanical rooms*, *storage rooms*, *equipment staging rooms*, dan *loading docks*. Area administrasi dan pendukung sebaiknya mempunyai sistem perkabelan seperti area kantor pada umumnya seperti pada ANSI/TIA-568-C.1. *Operation center console* dan *security console* membutuhkan kabel yang jumlahnya lebih banyak dibandingkan dengan ruangan kerja lain. *Electrical rooms*, *mechanical rooms*, *storage rooms*, *equipment staging rooms* dan *loading docs* sebaiknya mempunyai setidaknya satu buah telepon dinding. *Electrical* dan *mechanical rooms* sebaiknya mempunyai setidaknya sebuah koneksi data dan akses ke *facility management system*.

3.11 Rak dan Kabinet

Rak dan kabinet harus memenuhi spesifikasi pada ANSI/TIA-569-C. Kabinet dan rak harus diatur sedemikian rupa sehingga bagian depannya saling berhadapan pada lorong dingin, sedangkan bagian belakangnya di lorong panas. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 8. Hal ini perlu dilakukan untuk efisiensi. Apabila menggunakan konfigurasi kabel dibawah lantai, maka kabel-kabel aliran listrik ditempatkan di bawah lorong dingin. Sedangkan kabel telekomunikasi ditempatkan di bawah lorong panas.

Ketika ditempatkan di access floor, kabinet dan rak harus diatur sedemikian rupa hingga ubin di deapn dan dibelakangnya dapat diangkat. Kabinet sebaiknya diarahkan dengan

dapan atau belakang dari ubin. Rak harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga *threaded rod* yang mengamankan rak tidak akan merusak bagian dari *access floor*.



Gambar 8 Ilustrasi lorong panas dan dingin pada penempatan kabinet [1]

Ketika menggunakan sistem pendinginan lantai, ubin yang dipotong sebaiknya hanya digunakan untuk mengakomodasikan sistem pendingin atau sebagai rute kabel dari bawah ke atas lantai. Dalam semua kasus, lantai harus tertutup rapat. *Seismic rack* dibaut langsung ke seismic stand atau dibaut ke lempengan. Rak yang mendukung *access floor* sebaiknya dibaut ke papan beton atau besi yang dikutakan dengan *threaded rod*. Bagian yang tajam dari ujung *threaded rod* sebaiknya dilindungi dengan baut berkubah atau metode lainnya.

Entrance room, MDA, IDA, dan HDA sebaiknya menggunakan rak dengan ukuran 480mm. *Service provider* boleh memasang perangkat mereka sendiri pada *entrance room* dalam rak dengan ukuran 585mm atau kabinet khusus. Dalam *entrance room*, MDA, IDA, dan HDA sebuah *vertical cable management* harus dipasang antar setiap rak atau diantara setiap baris. *Vertical cable management* sebaiknya berukuran sesuai dengan perkiraan kabel yang akan digunakan, termasuk 50% *growth factor*. Selain itu *horizontal cable management* juga harus diimplementasikan diatas dan dibawah setiap panel. Rasio yang diharapkan dari *horizontal cable management* dengan *patch panel* adalah 1:1. *Vertical cable management*,

horizontal cable management, dan *slack storage* harus rapi dan dapat bengkok sesuai dengan kriteria pada ANSI/TIA-568-C-0.

4. PEMASANGAN KABEL DATA CENTER

4.1 Pemilihan Media

Cabling yang didefinisikan pada TIA-942-A dapat diaplikasikan sesuai kebutuhan pada lingkungan *data center*. Bergantung pada karakteristik dari penggunaan, pemilihan media transmisi harus dilakukan. Dalam menentukan pilihan, factor-faktor yang harus dipertimbangkan adalah:

- Fleksibilitas dengan layanan yang didukung
- Masa hidup kabel yang dibutuhkan
- Besar fasilitas dan banyaknya pengguna
- Kapasitas kanal dengan sistem *cabling*
- Rekomendasi atau spesifikasi dari perangkat vendor

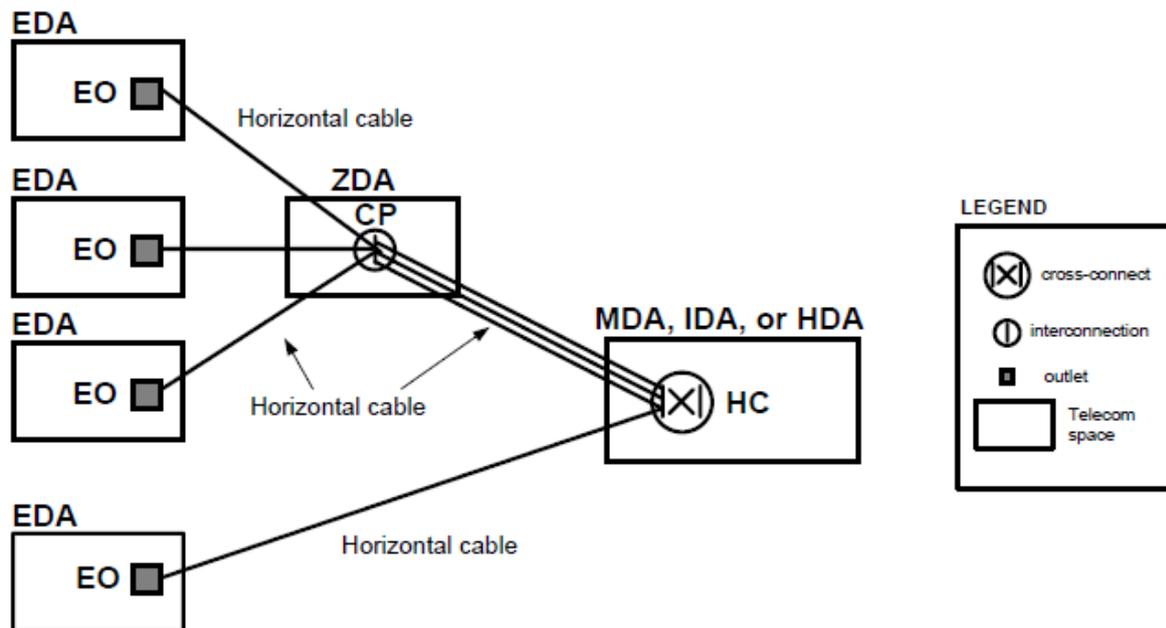
4.2 Horizontal Cabling

Horizontal cabling meneruskan perangkat dari outlet ke horizontal cross-connecet. Berikut beberapa layanan dan sistem yang pada umumnya patut dipertimbangkan ketika mendesain *horizontal cabling*:

- *Voice, modem, dan facsimile*
- Perangkat *switching*
- *Computer dan telecommunications management connections*
- *Keyboard/video/mouse (KVM) connections*
- *Data communications*
- *Wide area network (WAN)*
- *Local area network (LAN)*
- *Storage area network (SAN)*
- Sistem signaling bangunan lain (*building automation system* seperti keamanan, pemadam kebakaran, listrik, HVAC, EMS, dll)

Untuk memenuhi kebutuhan telekomunikasi saat ini, *horizontal cabling* sebaiknya direncanakan untuk mengurangi pemeliharaan dan relokasi. Ia juga harus dapat memenuhi kebutuhan perangkat dan perubahan layanan di masa yang akan datang. *Horizontal cabling*

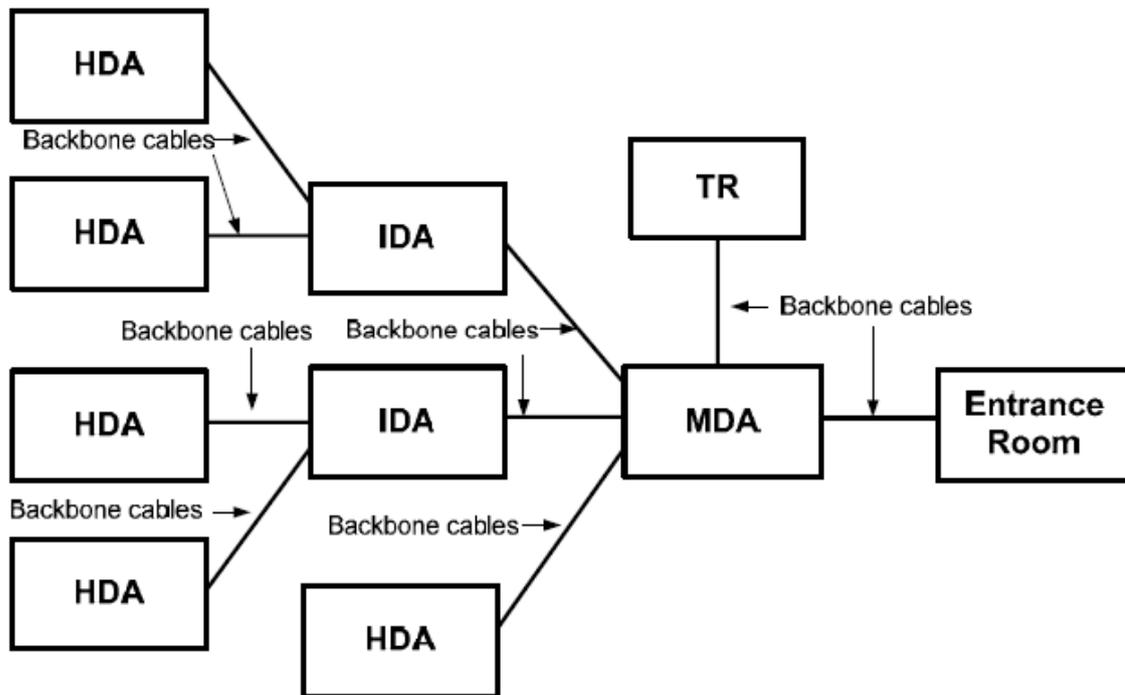
harus memenuhi *requirements* yang terdapat pada ANSI/TIA-568-C.0. Setiap *outlet* perangkat di EDA harus terhubung melalui horizontal cabling ke horizontal *cross-connect* dalam HDA, IDA atau MDA, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 9. *Horizontal cabling* sebaiknya mempunyai tidak lebih dari satu titik pada ZDA diantara *horizontal cross-connect* dan *outlet* perangkat. Panjang kabel pada horizontal cabling harus memenuhi *requirements* pada ANSI/TIA-568-C.0.



Gambar 9 Topologi horizontal cabling biasanya menggunakan topologi star [1]

4.3 Backbone Cabling

Fungsi dari *backbone cabling* adalah memberikan koneksi antara MDA, IDA, HDA, *telecommunication rooms*, dan *entrance facilities* dalam sistem cabling *data center*. *Backbone cabling* terdiri dari kabel *backbone*, *main cross-connect*, *intermediate cross-connect*, *horizontal cross-connect*, *mechanical terminations*, dan *patch cord* atau *jumper* yang digunakan untuk *backbone-to-backbone cross-connection*. Backbone cabling diharapkan dapat melayani kebutuhan dari pengguna *data center* dalam waktu tertentu. Desainnya harus mengakomodasi perkiraan pertumbuhan dari tahun ke tahun. Perkiraan perencanaan berdasarkan pada desain logistik. *Backbone cabling* harus memenuhi *requirements* pada ANSI/TIA-568-C.0. Dari HC, tidak boleh ada lebih dari satu *cross-connect* yang mencapai MC. Oleh karena itu, koneksi antara dua HC harus melewati tiga atau kurang fasilitas *cross-connect*. Contoh topologi *backbone cabling* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 *Backbone cabling* biasanya menggunakan topologi star [1]

Karena layanan yang luas dan besarnya bangunan dimana *backbone cabling* akan digunakan, lebih dari satu media transmisi dapat digunakan, antara lain:

- 100-ohm *balanced twisted-pair cable* dengan kategori 6A
- 850 nm *Laser-Optimized 50.125 um multimode fiber cable* OM3 atau OM
- *Single-mode optical fiber*
- 75-ohm *coaxial cable* – hanya digunakan untuk T-1, T-3, E-1, dan E-3.

5. JALUR KABEL DATA CENTER

5.1 Keamanan Data Center Cabling

Perkabelan telekomunikasi sebaiknya tidak melalui ruangan yang dapat diakses oleh umum atau oleh tenant dari bangunan tersebut, kecuali kabel berada di saluran tertutup yang terkunci. Kabel untuk telekomunikasi sebaiknya tidak melalui *common equipment room* (CER). Akses ke *pull boxes* untuk kabel data center yang terletak di tempat umum atau tempat tenant harus dikontrol. *Pull boxes* harus dimonitor oleh sistem keamanan *data center* menggunakan camera maupun alarm. Tempat masuk ke lorong yang digunakan untuk kabel telekomunikasi dan kabel lainnya untuk *data center* harus terkunci.

5.2 Pemisahan Kabel Listrik dan Telekomunikasi

Pemisahan dilakukan untuk mengakomodasi banyaknya perangkat yang terdapat di *data center*. Apabila *data center* menggunakan *access floor*, maka pemisahan kabel listrik dan telekomunikasi dapat diakomodasi dengan cara:

- Pada lorong utama, apabila memungkinkan, pisahkan lorong untuk kabel listrik dan telekomunikasi.
- Menyediakan pemisahan baik secara horizontal maupun vertical, apabila tidak memungkinkan pemisahan dilakukan pada lorong utama.
- Pada lorong kabinet juga dilakukan pemisahan.

Kabel *fiber* dan *twisted-pair* pada *cable tray* sebaiknya dipisahkan sehingga meningkatkan efisiensi kegiatan administrasi dan operasional. Pemisahan dengan pembatasan secara fisik tidak terlalu diperlukan, apabila dilakukan pemisahan, pada umumnya kabel *fiber* berada di atas kabel *twisted-pair*.

5.3 Jalur Masuk Telekomunikasi

Jalur masuk telekomunikasi sebaiknya berada di bawah tanah. Jalur kabel dari atas/udara tidak disarankan karena ada eksposur dari luar dan menimbulkan kerentanan. Jumlah kanal masuk bergantung pada banyaknya *access provider* yang akan memberikan layanan ke *data center* dan juga jumlah *circuit* yang akan disediakan *access provider*. Setiap *access provider* harus mempunyai setidaknya satu kanal *metric designator* 103. Kanal tambahan mungkin diperlukan untuk *campus cabling*. Kanal yang digunakan untuk jalur masuk kabel *fiber* optik harus mempunyai tiga *innerducts* dan satu *metric designator* 27 atau tiga *metric designator* 32.

5.4 Access Floor System

Access floor system dapat digunakan oleh *data center* yang mana perangkatnya didesain untuk menggunakan kabel dari bawah. Kabel tidak boleh ditinggalkan di bawah *access floor*. Kabel harus diterminasi pada satu ujung di MDA atau HDA, atau disingkirkan. Untuk informasi mengenai *access floor system*, silahkan mengacu ke ANSI/TIA-569-C. Minimal jarak dari bawah lantai ke *access floor* adalah 20mm. *Access floor* disarankan menggunakan sistem yang berbaut karena menurut *best practice*, yang berbaut lebih kuat dan stabil.

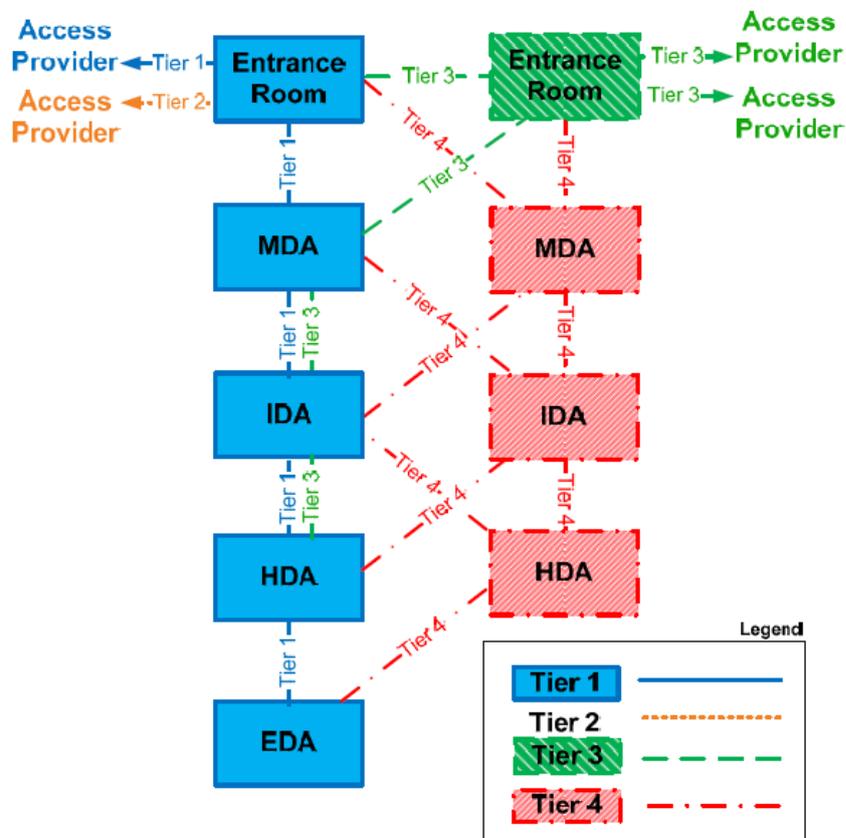
5.5 Overhead Cable Tray

Overhead cable tray bisa mengurangi penggunaan *access floor* pada *data center* yang tidak menggunakan *floor-standing* yang membutuhkan kabel dari bawah. *Overhead cable*

tray dapat dipasang beberapa lapis untuk meningkatkan kapasitas. Pemasangan biasanya menggunakan dua atau tiga layer *cable trays*, satu untuk kabel listrik, satu atau dua untuk kabel telekomunikasi. Kabel tidak boleh ditinggalkan begitu saja di *cable tray*. Kabel yang tidak digunakan harus disingkirkan. Maksimum kedalaman kabel pada *cable tray* yang direkomendasikan adalah 150mm. *Overhead cable tray* biasanya digantung di langit-langit. *Overhead cable tray* biasa terletak diatas kabinet atau rak, bukan diatas lorong yang mana tempat lampu berada.

6. REDUNDANSI PADA DATA CENTER

Redundansi pada *data center* diperlukan untuk menjamin fungsionalitas *data center* ketika kondisi yang direncanakan maupun tidak terencana terjadi. TIA-942-A membagi *data center* menjadi 4 tier. Gambar 11 melihatkan redundan infrastruktur komponen dapat ditambahkan ke infrastruktur dasar berdasarkan keempat tier tersebut.



Gambar 11 Jalur kabel teleklomunikasi dan redundansi ruangan pada tier berbeda [1]

Tingkat reliabilitas infrastruktur telekomunikasi dapat ditingkatkan dengan menyediakan redundan *cross-connect* area dan jalur yang secara fisik terpisah. Hal biasa pada *data center*

untuk mempunyai beberapa *access provider* yang menyediakan layanan, redundan *router*, redundan *switch*, dsb. Walaupun topologi jaringan sudah menyediakan redundansi hingga tingkatan tertentu, duplikasi layanan dan perangkat itu sendiri tidak menjamin *single point of failure* tereliminasi. Perkiraan waktu respon dari teknisi yang melakukan perbaikan juga dapat mengganggu reliabilitas, tergantung pada tingkat redundansi dan arsitektur jaringan pada infrastruktur.

7. PENUTUP

TIA-942-A memaparkan mulai dari topologi *data center* pada umumnya, letak-letak *entrance room*, *telecommunication room*, *computer room*, dsb, serta apa saja yang perlu ada di dalam ruangan tersebut. Standar ini juga mendefinisikan mengenai papan tanda bahaya atau peringatan dengan warna dan ukuran tulisan tertentu. Pintu masuk setiap area juga diatur dalam standar ini. TIA-942-A hanya membahas infrastruktur *data center* itu sendiri, tidak ada *guidelines* untuk pemilihan lokasi *data center* yang tepat seperti yang terdapat pada BSI EN 50600-2-1:2014. Pemilihan yang dimaksud seperti mempertimbangkan risiko bencana alam, banjir, dsb. ketika memilih lahan yang akan dijadikan *data center* [6]. Hal-hal lain dalam TIA-942-A juga dibahas pada BS EN 50600-2, perlu diketahui bahwa TIA-942-A merupakan standar Amerika, sedangkan BS EN 50600-2 standar Eropa untuk *data center*. Walaupun demikian, dengan mengikuti standar ini diharapkan operasional *data center* dapat aman dan terkendali.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Telecommunications Industry Association. (2012). *TIA-942-A Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers*. Arlington: Telecommunications Industry Association.
- [2] Gartner, Inc. Sumber: <http://www.gartner.com/it-glossary/data-center/>, diakses pada 15 Mei 2016.
- [3] Turner, P., Seader, H., & Brill, K. (2005). *Industry Standard Tier Classifications Define Site Infrastructure Performance*. The Uptime Institute.
- [4] Telecommunications Industry Association. (2009). *TIA-568-C.0 Generic Telecommunications Cabling for Customer Premises*. Arlington: Telecommunications Industry Association.
- [5] Telecommunications Industry Association. (2012). *TIA-569-C Telecommunications Pathways and Spaces*. Arlington: Telecommunications Industry Association.
- [6] The British Standard Institution. (2014). *BS EN 50600-2-1 Information Technology - Data Centre Facilities and Infrastructures*. BSI Standards Limited.