

KEANDALAN DATA CENTER BERDASARKAN SISTEM *TIER CLASSIFICATIONS*

Irham Fadlika

Abstrak—Ketika konsep keandalan (*reliability*) mulai resmi menjadi pendekatan terpadu di tahun 50-an, keandalan dikaitkan dengan laju kegagalan. Hari ini istilah "keandalan" digunakan sebagai definisi yang mencakup berbagai aspek termasuk ketersediaan (*availability*), daya tahan (*durability*), kualitas (*quality*), dan terkadang didefinisikan sebagai fungsi dari sebuah produk. Teknik keandalan dikembangkan untuk mengukur "seberapa handal" sebuah komponen, produk, atau sistem ketika digunakan dalam aplikasi tertentu untuk jangka waktu tertentu. Pada bidang industri telekomunikasi misalnya, keandalan sebuah pusat data (*data center*), telah bergantung pada sistem "*Tier Classifications*". Dalam sistem tersebut, keandalan sebuah sistem data center dikelompokkan menjadi 4 bagian, mulai dari tier 1 hingga tier 4. Dalam tulisan ini akan dibahas mengenai prinsip-prinsip dan teknik pemodelan dari 4 tingkatan tersebut. Sebuah tinjauan dan metrik dari teknik keandalan yang digunakan juga akan disertakan.

Kata kunci—Reliability, Availability, Data Center, Tier Classifications.

Dalam suatu bisnis telekomunikasi, kinerja perangkat yang bebas gangguan dan bekerja secara kontinu merupakan prioritas utama untuk menghasilkan keuntungan dan kepuasan konsumen, utamanya perangkat dalam data center. Seringkali, gangguan yang terjadi berupa kegagalan secara elektrik menyebabkan perangkat harus diperbaiki dalam waktu yang lama dan berujung pada kerugian finansial pada perusahaan telekomunikasi.

Dalam tulisan ini, akan dibahas tentang keandalan perangkat di dalam suatu data center dan pembagiannya dalam kelas-kelas tertentu sebagai sebuah konsiderasi untuk menentukan titik aman dalam kinerja perangkat dalam data center dalam sebuah sistem telekomunikasi. Keandalan didefinisikan sebagai suatu fungsi dalam kinerja perangkat baik dalam hal *availability*, ketahanan (*durability*), dan kualitas perangkat tersebut.

Berbagai prinsip dan teknik pemodelan dalam sebuah konsep keandalan digunakan untuk menentukan

hasil dari masing-masing klasifikasi kelas keandalan. Dengan begitu, kita bisa memberikan konsiderasi desain data center sesuai keandalan yang diharapkan. Di bagian ini, terminologi keandalan dan metrik diperkenalkan. *Availability* (A) adalah perbandingan rata-rata jangka waktu komponen diperbaiki atau sistem dalam pelayanan dan mampu melakukan fungsi yang ditujukan. Sebagai contoh, jika listrik dimatikan selama 1 jam dalam satu tahun, tapi pada sisa tahun tersebut listrik menyala, *availability* tenaga listrik untuk tahun tersebut adalah 8759 jam dibagi dengan 8760 jam, yaitu 0,999886. Sebuah *availability* 0,99999 bisa berarti bahwa sistem ini *down* untuk 5,3 menit (atau 315 detik) per tahun. Ini sama halnya dengan sekali outage dengan waktu 5,3 menit atau 315 detik. Ini juga bisa menjadi salah satu outage selama 1,77 jam dalam 20 tahun. Dalam semua tiga kasus, *availability*-nya adalah 0,99999.

Ada dua ukuran umum dari *availability*, yaitu *inherent availability* dan *operational availability*. Perbedaan antara

keduanya didasarkan pada apa semua termasuk sebagai "*repair time*" atau waktu perbaikan. Untuk *inherent availability*, hanya waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki peralatan disertakan. *Inherent availability* mengasumsikan bahwa teknisi selalu siap untuk bekerja pada saat peralatan itu gagal. Untuk *operational availability*, semua penundaan untuk penjadwalan, waktu perjalanan, suku cadang, dll disertakan. Jika dibutuhkan 24 jam untuk mengirimkan suku cadang untuk memperbaiki peralatan, hal tersebut menambah *repair time*.

Inherent dan *operational availability* menunjukkan ketersediaan yang berbeda aspek dari sistem yang sedang dianalisis. *Operational availability* merupakan kondisi nyata, bagaimana sistem benar-benar beroperasi. Biasanya ada penundaan antara waktu sebuah peralatan gagal dan ketika perbaikan dimulai. Persediaan suku cadang juga sangat signifikan dan berdampak langsung terhadap *operational availability*. Oleh karena itu, ketika menentukan persediaan suku cadang, analisis *operational availability* digunakan.

Inherent availability adalah alat yang lebih berguna dalam menganalisis desain suatu sistem. Karena ada variasi yang luas dalam praktek pemeliharaan dari fasilitas ke fasilitas, *operational availability* bisa bervariasi secara signifikan antara dua fasilitas dengan infrastruktur yang identik. Dengan menghilangkan semua aspek logistik yang terlibat dalam mendapatkan suku cadang dan individu yang terlatih dengan peralatan dan hanya menghitung waktu perbaikan yang sebenarnya memberikan evaluasi yang lebih akurat dari desain infrastruktur. Ini menunjukkan *availability* yang "*inherent*" untuk sebuah desain, jika suku cadang persediaan dan perbaikan yang sempurna. Dalam tulisan ini, semua

diskusi akan dikhususkan mengenai *inherent availability*.

Laju kegagalan (λ) didefinisikan sebagai kegagalan per unit waktu yang terjadi dalam sebuah interval, mengingat bahwa tidak ada kegagalan telah terjadi pada awal interval. Jadi waktu antara kegagalan (Mean Time Between Failure), atau biasa disebut MTBF adalah waktu rata-rata peralatan melakukan fungsi yang diinginkan antara kegagalan. Untuk kasus tingkat kegagalan konstan,

$$MTBF = 1 / \lambda$$

Peralatan elektronik, bersama dengan banyak jenis peralatan lainnya, memiliki tingkat kegagalan yang relatif konstan selama umur kerjanya dan mengikuti distribusi statistik eksponensial. Asumsi umum untuk analisis keandalan adalah semua kegagalan adalah acak dan tingkat kegagalan adalah konstan. Semua perhitungan yang ditunjukkan di bawah mengasumsikan tingkat kegagalan konstan untuk peralatan. Berarti waktu untuk memperbaiki (Mean Time to Repair) atau biasa disebut MTTR adalah rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kegagalan dan mendapatkan peralatan kembali beroperasi. *Availability Inherent* secara matematis didefinisikan sebagai MTBF yang dibagi dengan MTBF ditambah MTTR.

$$A = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

Realibilitas (R) adalah peluang bahwa peralatan akan beroperasi dengan baik pada jangka waktu tertentu di bawah kondisi operasi desain tanpa kegagalan. Keandalan tergantung waktu. Semakin lama waktu, semakin rendah keandalan, terlepas seperti apa desain sistem. Semakin baik desain sistem, semakin tinggi kemungkinan keberhasilan operasi untuk periode waktu yang lebih lama.

Untuk tingkat kegagalan yang konstan, λ , keandalan sebagai fungsi waktu $R(t)$ adalah

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Tabel I MTBF pada contoh outage

<i>Availability</i> <i>y</i>	Jumlah <i>outage</i> per tahun	λ (kegagalan/jam)	MTBF (jam)	MTBF (tahun)	<i>Reliability</i> (1 tahun)
0.99999	315	$3,6 \times 10^{-2}$	27,81	0,0032	0 %
0.99999	1	$1,14 \times 10^{-4}$	8760	1	36,78 %
0.99999	0.05	$5,71 \times 10^{-6}$	175200	20	95,12 %

Dari persamaan di atas, kita dapat melihat bahwa ada lima faktor penting untuk mendefinisikan "keandalan" dari suatu sistem, yaitu MTBF, MTTR, *availability*, *reliability*, dan waktu. Dapat dilihat juga bagaimana lima faktor tersebut saling berkaitan. Secara implisit, *availability* tidak tergantung waktu, karena merupakan kombinasi dua istilah yang keduanya merupakan rata-rata selama jangka waktu (MTBF dan MTTR). Keandalan, seperti yang kita bisa lihat dari persamaan di atas, sangat tergantung waktu.

Keandalan adalah peluang keberhasilan untuk suatu periode waktu tertentu. Keandalan adalah definisi yang terkait langsung dengan seberapa sering (atau seberapa cepat) sistem mengalami kegagalan. Seperti terlihat pada Tabel I, sistem yang gagal sekali dalam setahun selama 5,3 menit akan memiliki keandalan jauh lebih baik dibandingkan dengan sistem yang gagal 315 kali setiap 1 detik, tapi tidak dapat dikatakan baik sebagai sistem yang gagal sekali dalam 20 tahun untuk 1,77 jam, meskipun semua memiliki *availability* yang sama.

Keandalan menurun menjadi 36,8 % pada saat MTBF dari sistem tercapai (lihat MTBF dari 1 tahun pada Tabel I). Oleh karena itu, sistem yang gagal 315 kali dalam setahun memiliki keandalan

36,8 % lebih sedikit, sehari setelah dioperasikan, dimana saat sistem yang gagal satu kali membutuhkan waktu satu tahun untuk mencapai tingkat keandalan yang sama. Yang terakhir membutuhkan waktu 20 tahun keandalan untuk turun menjadi 36,8 %. Diskusi di atas menunjukkan pentingnya menggunakan keandalan dan *availability* sebagai definisi untuk menentukan seberapa besar ketergantungan peralatan atau sebuah sistem.

Diagram Blok *Reliability*

Ada beberapa metodologi umum untuk melakukan perhitungan *reliability*. Pada tulisan ini digunakan *Reliability Block Diagram* (RBD), yang merupakan representasi grafis dari komponen dari sistem dan bagaimana mereka terhubung. Pada sistem kelistrikan, diagram satu garis (*Single Line Diagram*) digunakan, dan masing-masing komponen utama, seperti switchboard, generator, modul UPS (*Uninterruptible Power Supply*), transformator, digambarkan sebagai blok pada diagram. Laju kegagalan dan perbaikan untuk masing-masing komponen dimasukkan dalam blok yang mewakili dalam RBD. Blok-blok yang terhubung dalam cara yang sama seperti aliran daya listrik, termasuk jalur paralel.

Perhitungan tersebut kemudian dilakukan untuk menentukan keandalan, *availability*, dan MTBF untuk sistem yang dimodelkan dalam RBD.

Untuk dua blok secara seri dengan tingkat kegagalan of λ_1 dan λ_2 , fungsi keandalannya diberikan sebagai berikut

$$R(t) = R(1) \times R(2) = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}$$

Untuk dua blok yang tersusun secara paralel dengan redundansi, fungsi keandalannya adalah

$$R(t) = R(1) + R(2) - [R(1) \times R(2)] \\ = e^{-\lambda_1 t} + e^{-\lambda_2 t} - \left[e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t} \right]$$

Kebanyakan fasilitas utama terdiri atas banyak blok dengan gabungan baik seri maupun paralel. Jika komponen dari sistem dapat diperbaiki, hal ini semakin menambah masalah. Untuk sistem yang kompleks dengan beberapa interkoneksi, dimana beberapa komponen baik tersusun secara seri maupun paralel tetapi dalam kondisi standby (seperti genset yang hanya aktif selama kegagalan peralatan), perhitungan analitis langsung tidak dapat dilakukan. Keandalan sistem tersebut dapat dihitung menggunakan program komputer yang melakukan simulasi distribusi acak, disebut simulasi Monte Carlo.

Ketika melakukan simulasi Monte Carlo, serangkaian simulasi acak dilakukan pada RBD. Simulasi ini dilakukan pada sistem mulai dari *node* awal sampai *node* akhir yang bertujuan untuk menentukan bekerja sesuai desain atau gagal.

Reliability sebagai Alat Pemanding dalam Tier Classifications

Industri data center saat ini mengandalkan skala prioritas atau biasa disebut Tier Classifications sebagai skala gradien pada konfigurasi data center dan persyaratan dari minimal (Tier 1) ke skala yang paling dapat diandalkan (Tier

4). Skala prioritas menyediakan beberapa pedoman yang sangat berguna untuk menentukan kebutuhan yang spesifik. Namun, seperti yang akan kita lihat dalam beberapa contoh sistem sederhana dan kecil, Tier 4 belum tentu terbaik bagi kebutuhan klien secara keseluruhan. Dengan "N" yang menunjukkan jumlah generator, modul UPS, dan komponen lainnya, yang diperlukan untuk menyuplai beban. Jika beban 500 kW, satu 500 kW UPS akan menjadi "N". "N +1" menunjukkan terdapat satu komponen cadangan. Dalam kasus di atas beban 500 kW, "N +1" menunjukkan dua modul 500 kW UPS, satu untuk menyuplai beban dan satu modul UPS cadangan.

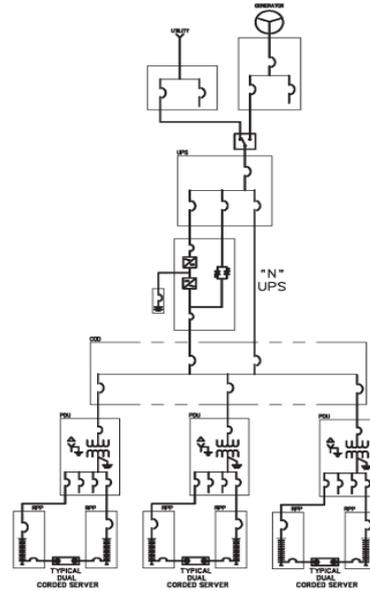
"2N" menunjukkan sistem dengan dua subsistem lengkap yang salah satu dari keduanya dapat menyuplai beban. Tidak hanya terdapat modul UPS kedua, tetapi ada sistem UPS kedua yang lengkap termasuk input dan output *switchboards* UPS, *Automatic Transfer Switch* (ATS), dan komponen lainnya. Gambar 1 menunjukkan desain yang diklasifikasikan pada Tier 1. Terdapat modul UPS tunggal yang memasok listrik ke beban penting IT.

Dalam beberapa contoh ini, diasumsikan bahwa baban IT utama memiliki *dual cords*, yaitu terdapat dua buah *power supply* yang terpasang pada beban IT, dimana salah satu dari keduanya yang berfungsi menyuplai daya. Dalam analisis yang akan dilakukan selanjutnya, diasumsikan bahwa 99% setiap waktu beban IT dengan *dual cord* akan tetap berfungsi ketika terdapat gangguan pada salah satu dari *power supply*-nya.

Gambar 2 menunjukkan desain yang dikategorikan dalam Tier 1. Terdapat sebuah modul UPS yang menyuplai daya pada beban IT. Pada contoh ini, generator dan ATS termasuk dalam

kategori opsional, dijelaskan pada Tabel II.

Pada sistem *Tier 1* ini, kegagalan pada panel daya tidak akan menyebabkan kegagalan pada beban IT. (Modul UPS bisa gagal dan saklar *static bypass* bisa menyuplai beban IT, jika utilitas daya tersedia). Jika ATS atau input UPS *switchboard* mengalami kegagalan, beban IT akan disuplai oleh baterai hingga baterai kosong dan menyebabkan kegagalan pada beban perangkat IT apabila tidak ada perbaikan pada ATS atau input UPS *switchboards*.



Gambar 1. Konfigurasi Tier 1 (N)

Tabel II gambaran umum Skala Prioritas pada Sistem Data Center

	<i>Generator</i>	<i>Sistem UPS</i>	<i>Mekanikal</i>	<i>Perbaikan</i>
<i>Tier 1</i>	<i>Opsional</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>Outage for maintenance</i>
<i>Tier 2</i>	<i>N</i>	<i>N + 1</i>	<i>N + 1</i>	<i>Outage for maintenance</i>
<i>Tier 3</i>	<i>N + 1</i>	<i>N + 1</i>	<i>N + 1</i>	<i>Concurrently maintenance</i>
<i>Tier 4</i>	<i>2N</i>	<i>2N</i>	<i>2N</i>	<i>Fault tolerant</i>

Gambar 2 menunjukkan penambahan modul UPS dan generator cadangan. Generator dan UPS tersebut berfungsi pada saat suplai daya mengalami gagal.

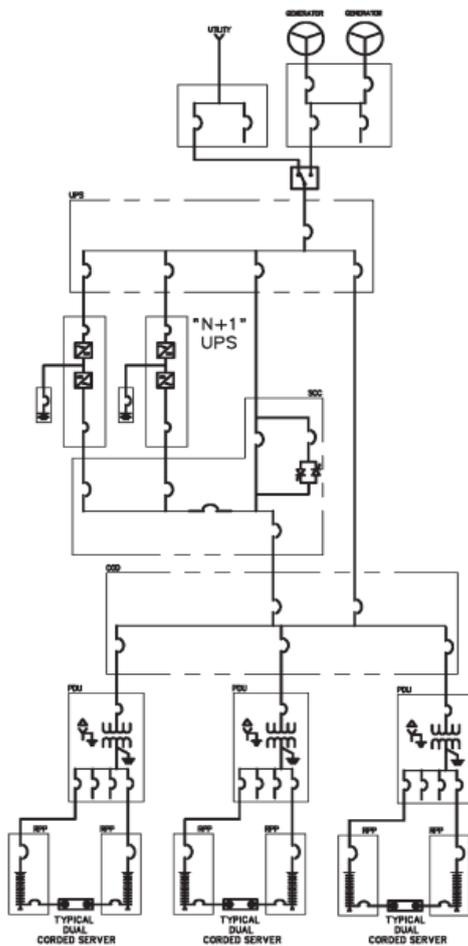
Gambar 3 menunjukkan penambahan jalur kedua. Dalam desain ini, terdapat dua ATS dan dua set COD (*Critical Output Distribution*) dan PDU (*Power Distribution Unit*). Bagian pertama adalah jalur dengan modul UPS yang disebut sumber “aktif”. Bagian kedua adalah ATS menyediakan sumber "pasif". Sistem pada Gambar 3 adalah *concurrent maintainable* atau dipertahankan bersama dengan

menggunakan sumber pasif. Lebih lanjut dalam tulisan ini, keandalan sistem ini tidak naik secara signifikan, karena pada sisi sumber pasif membutuhkan penyaklaran secara manual.

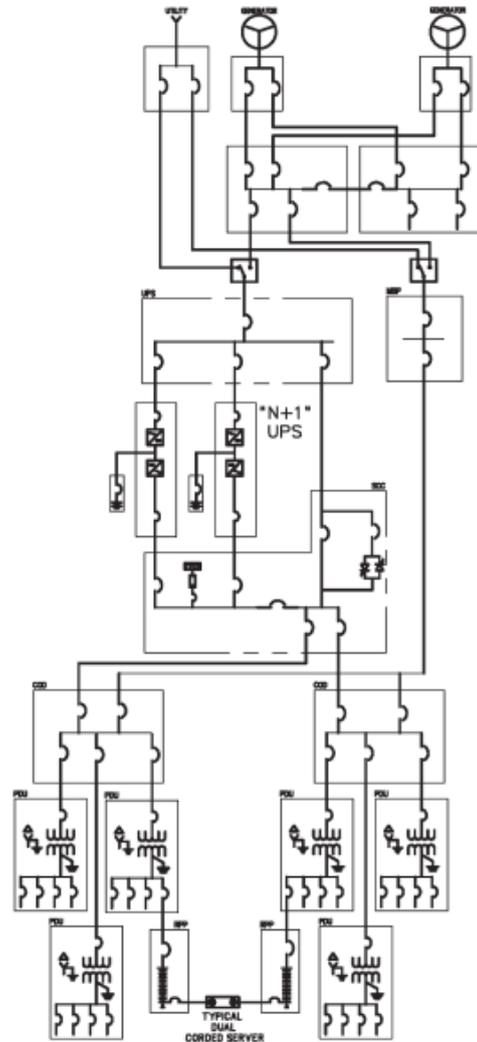
Gambar 4 menunjukkan dua jalur aktif yang menyuplai daya pada beban IT utama. Pada desain ini, semua titik kegagalan telah dieliminasi dari sistem distribusi listriknya. Terlihat bahwa dengan perbandingan yang disajikan pada Tabel III, keandalan tidak akan optimum hingga *Tier 4* tercapai. Hal ini dapat menyebabkan pemahaman yang salah bahwa untuk memperoleh sistem

dengan keandalan yang tinggi harus menggunakan sistem dengan kategori Tier 4.

Pada Gambar 5, dapat dilihat contoh lain desain untuk sistem Tier 3. Desain ini memiliki STS (*Static Transfer Switch*) untuk mengalihkan daya dari jalur aktif ke jalur pasif ketika terdapat kegagalan pada sumber aktifnya. Dengan STS ini, proses manuver transfer daya dari jalur aktif ke jalur pasif dapat dilakukan dengan sangat cepat tanpa harus mengganggu beban IT utama. Untuk contoh pada Gambar 5, ketika sumber aktif mengalami kegagalan, STS memindahkan beban IT pada sumber pasif. Dengan begitu keandalan pada konfigurasi ini meningkat dibandingkan dengan sistem UPS dengan jalur tunggal N + 1.



Gambar 2. Konfigurasi Tier 2 (N + 1)



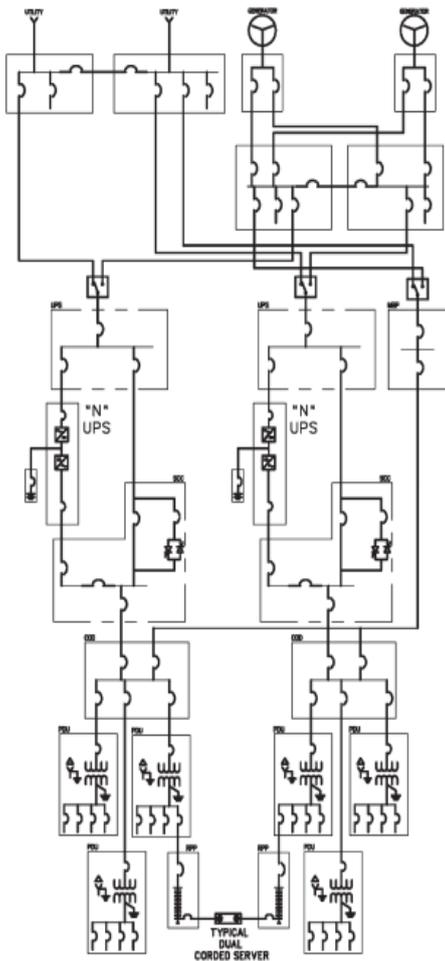
Gambar 3. Konfigurasi Tier 3 (N + 1, aktif dan pasif)

Permasalahan yang muncul dari sistem Tier 3 pada Gambar. 5 yaitu pada angka *availability*-nya. Seperti terlihat pada Tabel IV, *availability* cukup tinggi, lebih baik daripada sistem 2N pada Tier 4. Jika diselidiki lebih lanjut, akan ditemukan jawabannya dalam nilai MTTR-nya. Dengan menggunakan persamaan dari Bagian Pendahuluan, kita menemukan MTTR untuk contoh Tier 3-STS menjadi 0,47 jam dan untuk contoh Tier 4 menjadi 3,2 jam. Untuk desain Tier 3-STS, beban IT langsung disuplai jika sistem UPS gagal. Oleh

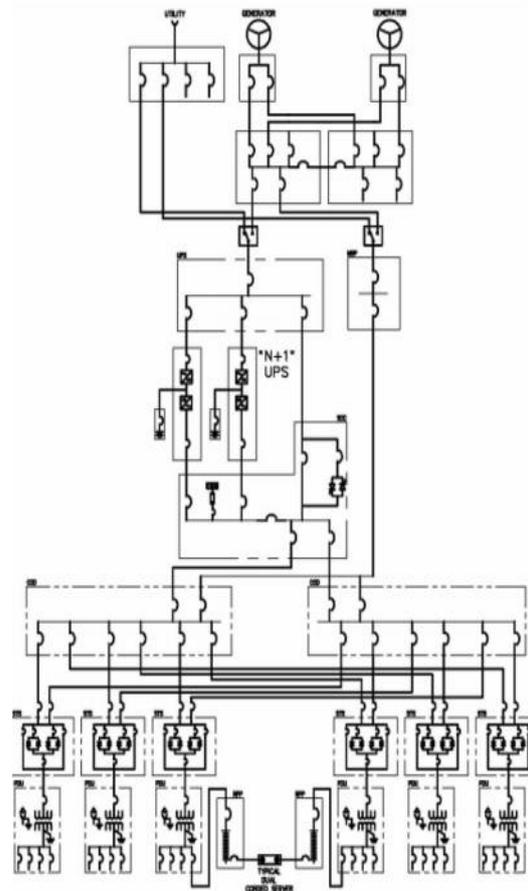
karena itu, setiap *voltage sag* dapat dirasakan secara langsung oleh beban IT. Dari nilai MTTR, diketahui bahwa kegagalan disebabkan oleh *voltage sag* ketika beban IT disuplai oleh sumber cadangan memiliki persentase kegagalan

yang cukup tinggi. Jika diinginkan keandalan yang lebih tinggi dibandingkan data pada Tabel IV, penambahan STS pada desain Tier 4 2N harus dilakukan.

RBD	MTBF (jam)	Availability	Peluang kegagalan dalam 5 tahun
Contoh Tier 1	83576	0.9999470	36,68%
Contoh Tier 2	114379	0.9999512	31,42%
Contoh Tier 3	106261	0.9999791	31,06%
Contoh Tier 4	1336104	0.9999976	3,01%

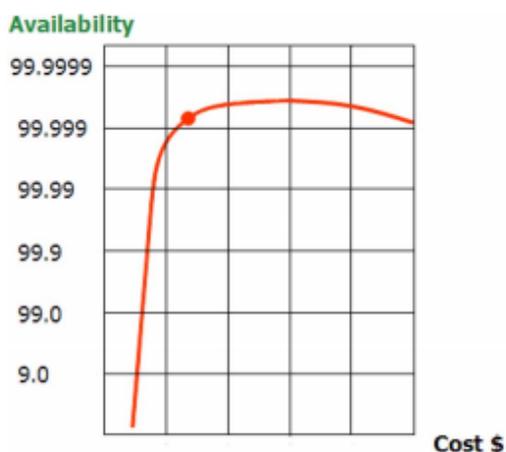


Gambar 4. Konfigurasi Tier 4 (2N, 2 jalur aktif)



Gambar 5 Konfigurasi Lain dari Tier 3 (1 aktif dan 1 pasif dengan STS)

Tabel III Perhitungan *reliability* untuk masing-masing konfigurasi Tier 1, 2, 3, dan 4



Gambar 6. Kurva *Availability* terhadap *Cost* (\$)

Dalam Gambar 6 ditunjukkan kurva *availability* terhadap biaya. Meskipun kurva ini hanya merupakan suatu kurva yang diperoleh berdasarkan hipotesis, kurva ini memberikan konsep yang cukup

Tabel IV Perhitungan *Reliability* pada Tier 3 dengan STS

RBD	MTBF (jam)	Availibility	Peluang Kegagalan dalam 5 Tahun
Contoh Tier 3 – STS	791445	0.9999994	0,77 %
Contoh Tier 4	1336104	0.9999976	3,01 %

penting. Ketika *availibility* mencapai 99,999%, penambahan komponen tidak menambah keandalannya.

Hal yang bisa terjadi adalah bahwa kompleksitas sistem mulai bekerja terhadap peningkatan redundansi, dan apa yang diperoleh di satu sisi yang hilang di sisi lain. Pemodelan keandalan ini dapat menjadi suatu komponen penting dalam menentukan titik dimana sistem paling andal dan tidak terlalu memakan biaya yang terlalu tinggi.

Dalam aplikasi pada data center dalam skala kecil, konfigurasi yang

digunakan biasanya pada tingkat Tier 1 atau 2. Pertimbangan ini diambil bergantung pada *cost* untuk membangun jaringan tersebut dan distribusi listrik pada daerah dimana data center tersebut akan dibangun.

Konsep *reliability* yang sangat bergantung pada *cost* dibahas di sini. Resiko yang akan dihadapi pada aplikasi praktis tersebut berupa resiko finansial pada sisi pemilik bisnis telekomunikasi. Resiko ini juga merupakan probabilitas kegagalan perangkat yang terjadi selama periode tertentu.

$$R (\$ / year) = Failure\ rate\ (failure / year) \times Severity\ (\$ / failure)$$

$$R = \lambda S$$

KESIMPULAN

Dari paparan yang telah disampaikan, *Tier Classifications* memberikan gambaran yang jelas dan pedoman yang membantu dalam mendesain sebuah *data center* dengan tingkat keandalan yang diinginkan.

Dalam peninjauan tingkat keandalan sebuah *data center*, terdapat beberapa parameter penting yang digunakan, yaitu MTBF dan MTTR. Parameter tersebut yang berguna dalam suatu ukuran dan tingkat kegagalan yang terdapat dalam sistem yang akan dimodelkan.

DAFTAR RUJUKAN

W. P. Turner, IV and K. G. Brill, Industry standard tier classifications define site infrastructure performance, The Uptime Inst., New York, NY, 2001.

R. Arno, P. Gross, and R. Schuerger, “What five 9’s really mean and managing expectations,” in Conf.

Rec. IEEE IAS Annu. Meeting, 2006,
pp. 270–275.

*IEEE Recommended Practice for the
Design of Reliable Industrial and
Commercial Power Systems*,
Standard 493-2007.

- F. Bodi. “DC-grade” reliability for UPS
in telecommunications data centers.
29th International
Telecommunications Energy
Conference. INTELEC 2007.
- S. Roy. Twenty-Third International
Telecommunications Energy
Conference. INTELEC 2001.