

ANALISA INFRASTRUKTUR DATA CENTER VIRTUALISASI DAN DISASTER RECOVERY BERBASIS SITE RECOVERY MANAGER DALAM PEMENUHAN SERVICE LEVEL AGREEMENT PADA PT XYZ

Bambang Adi Mulyani

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang

Jl.Perintis Kemerdekaan I,No.33 Cikokol Kota Tangerang

e-mail : Bambang.adim@gmail.com

Abstrak

Dalam banyak industri, TI semakin menjadi bagian penting dalam dunia bisnis, satu jam downtime dapat mengakibatkan kerugian besar terhadap keuntungan dan reputasi pada era virtual saat ini. Sehingga menjadi sangat penting dalam memiliki waktu pemulihan sesingkat mungkin. Disini akan membantu organisasi dalam mendesain dan menerapkan infrastruktur teknologi yang dapat membantu memastikan kelangsungan operasi dengan solusi yang disesuaikan, terukur dan hemat biaya. Solusi lengkap perangkat terdiri dari *Blade server, Network Switching, Storage Compellent*, perangkat lunak *VMware* dan layanan pendukung bisa menjadi suatu pondasi dari strategi untuk mendukung operasi yang berkesinambungan. *VMware vCenter Site Recovery Manager 5.1* adalah pemulihan bencana solusi yang membantu untuk mengurangi downtime terencana dan tidak terencana dari infrastruktur vSphere. Hal ini memungkinkan pemulihan situs otomatis dan migrasi proses.

Keyword : virtualization, site recovery manager, replication, infrastructure

1. Pendahuluan

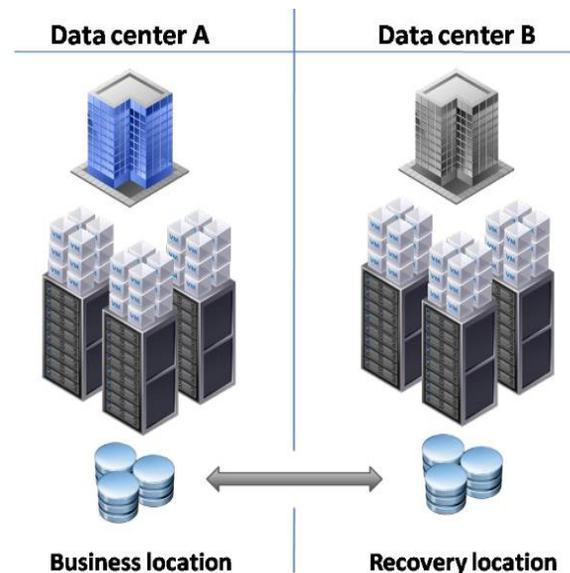
1. Latar Belakang Masalah

PT. XYZ perusahaan yang bergerak di bidang layanan. Dalam melaksanakan layanan membagi wilayah divisi lokal atau regional dalam operasi. PT. XYZ juga mempunyai perluasan area layanan meliputi tidak hanya Indonesia, tetapi juga termasuk masyarakat internasional.

PT. XYZ memberikan kontribusi dalam melayani pelanggan, baik di tingkat nasional dan skala internasional, di dunia keuangan. Strategi PT. XYZ yang diambil adalah strategi untuk memenuhi kebutuhan pelanggan.

PT XYZ saat ini memiliki jejaring yang saling terhubung mulai dari pusat data (DC) dengan 1800 kantor cabang dan 50 mitra kerja di Indonesia. Infrastruktur ini terdiri dari 300 server, dimana 180 server adalah server virtual menggunakan *Vsphere* dari *VMware*. Dengan memanfaatkan teknologi virtualisasi dan konsolidasi, PT. XYZ bisa menghemat jumlah server fisik dan meningkatkan utilisasi dari masing-masing server tersebut. Selain itu penggunaan virtualisasi membantu mengurangi masalah downtime ketika terjadi kerusakan pada server.

PT. XYZ juga memiliki site untuk *disaster recovery* yang berlokasi di Bandung untuk menjaga ketersediaan layanan jika terjadi gangguan atau bahkan terjadi bencana di pusat data (data center). Dengan demikian data yang disimpan di PT. XYZ tetap aman apabila terjadi bencana di pusat data.



Gambar 1. PT. XYZ diagram DC DRC [8]

Dengan demikian, untuk tetap menjaga kelangsungan sistem *virtualisasi* dan memenuhi *SLA* tersebut maka diperlukan suatu kesiapan Infrastruktur dan pemanfaatan konsep *Business Continuity Planning* yang efisien dan efektif. Salah satu bagian dari upaya kelengkapan dan penyempurnaan *Disaster Recovery* maka diperlukan *Down Time Risk* dan *Recovery time Objective (RTO)* untuk mengetahui resiko yang dihadapi dan menentukan waktu realistis dari recovery apabila

terjadi down time pada system *Infrastruktur Virtualisasi*.

Diharapkan dengan diperolehnya informasi mengenai *down time risk* akan memberikan gambaran nyata bagi pihak manajemen PT. XYZ dalam memperhitungkan *operational risk* dalam sistem infrastruktur virtualisasi yang dapat dimanfaatkan dalam proses system operasional. Selain itu, analisa penetapan RTO akan memberikan dasar bagi PT. XYZ dalam pemenuhan *service level agreement* system *virtualisasi* data center .

Maksud dan tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Analisa *implementasi system* di *Data Center* dan *Disaster Recovery Center*
- b. Replikasi antara pusat data yang ada di DC dengan site DRC memenuhi kebijakan yang telah ditentukan yaitu :
 1. Waktu pemulihan sistem dengan SRM(*RTO – recovery time objective*) maksimal adalah 24 jam.
 2. Data yang diperbolehkan hilang (*RPO – recovery point objective*) maksimal 10 menit
 3. Site DR bisa menjadi *Data Center* ketika terjadi masalah atau bencana yang terjadi di *Data Center* atau kantor pusat.
 4. Pemenuhan SLA akan terpenuhi sesuai yang diharapkan PT. XYZ

2. Kajian Pustaka

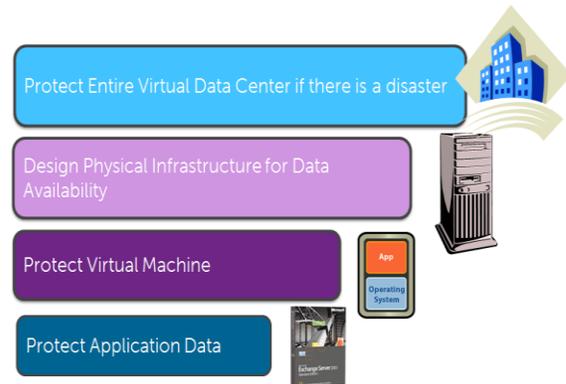
2.1 Infrastruktur Perangkat DC dan DRC

Buat suatu perusahaan ketika berbicara mengenai kesinambungan bisnis (*business continuity*), ada dua pilar teknologi yang menjadikan pondasi :

Sistim Ketersediaan Tinggi (*High-availability*) – Teknologi seperti peredam kejut yang dinamis sehingga membantu menjaga ketersediaan sistim yang kritis ketika terjadi kegagalan sistim atau layanan yang bermasalah. Yang kedua Sistim Pemulihan Bencana (*Disaster recovery*) teknologi seperti ban cadangan dan kantong udara yang membantu dalam memulihkan sistim yang kritis dan data setelah ada kejadian bencana (*disaster*).

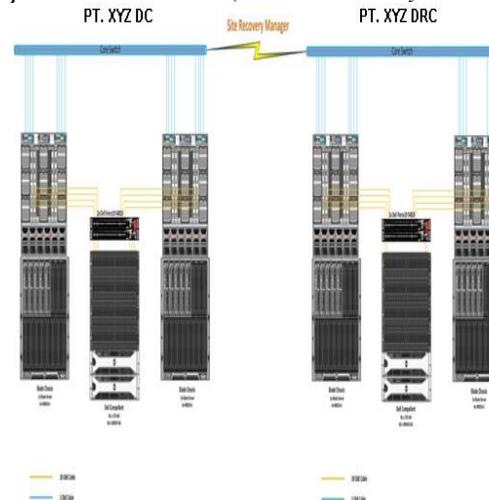
Perusahaan Dell akan membantu desain bisnis anda dan menerapkan infrastruktur yang dapat membantu memastikan kelangsungan operasi yang kritis dengan solusi yang disesuaikan, terukur dan hemat biaya. Di bawah ini pendekatan multi layer DELL sebagai bagian dari ketersediaan tinggi (*high*

availability) dan pemulihan bencana (*disaster recovery*) yang digunakan di PT. XYZ



Gambar 2. Pendekatan multi layer [14]

Berdasarkan dua pilar teknologi kami dan pendekatan empat lapis, berikut adalah desain untuk PT. XYZ di pusat data (*data center*) dan pusat pemulihan bencana (*disaster recovery center*)



Gambar 3. Infrastruktur solusi DC DRC [12]

2.2 Ketersediaan Tinggi (High Availability)

Desain untuk PT. XYZ sudah termasuk solusi ketersediaan tinggi mulai dari perangkat keras atau platform sampai dengan perangkat lunak. Semua solusi dalam rangka meminimalkan downtime yang direncanakan ataupun tidak direncanakan dan menurunkan RTO.

2.3 Chassis Dell M1000e

Enclosure PowerEdge M1000e blade merupakan terobosan dalam arsitektur *server enterprise*. *Enclosure* dan bagian komponennya

adalah sebuah desain *revolutioner* dari bawah ke atas yang menggabungkan kemajuan terbaru dalam daya, pendinginan, I/O, dan manajemen teknologi. Hampir tak terbatas dalam skalabilitas, arsitektur *Blade enclosure PowerEdge M1000e* memberikan fleksibilitas dalam prosesor server dan chipset. Baik Intel dan AMD arsitektur server yang dapat didukung secara simultan oleh infrastruktur M1000e.



Gambar 4. Tampilan chassis PowerEdge M1000e [16]

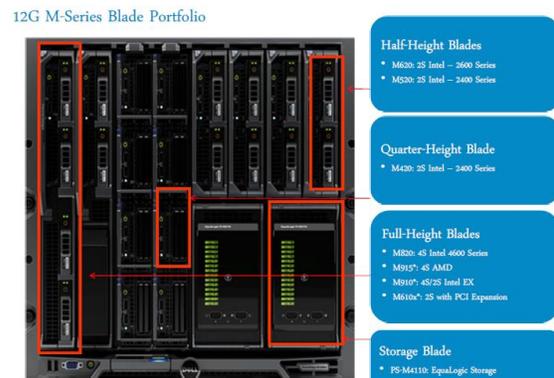
Adapun fitur yang terdapat pada chassis adalah sebagai berikut :

1. Sebuah midplane pasif kecepatan tinggi yang menghubungkan modul server di depan dan power, I/O, dan manajemen infrastruktur di bagian belakang enclosure.
2. Pilihan I/O komprehensif dapat untuk mendukung link ganda dari 40 Gigabits per detik (dengan InfiniBand QDR 4x) dengan dukungan masa depan untuk bandwidth lebih tinggi device I/O saat tersedianya teknologi tersebut, Hal ini menyediakan kecepatan tinggi konektivitas server modul ke jaringan juga untuk penyimpanan, sekarang dan masa depan.
3. Kemampuan manajemen daya termasuk memberikan share power memastikan kapasitas penuh power supply tersedia untuk semua modul server.
4. Kemampuan manajemen yang luas, termasuk private Ethernet, serial, USB, dan manajemen Konektivitas tingkat rendah antara CMC, switch keyboard/video/mouse (KVM), dan modul server.
5. Mendukung 2 chassis management controller (CMC-1 adalah standar, sedang CMC-2 adalah opsi redundansi) dan satu opsional KVM switch yang terintegrasi (iKVM).
6. Bisa menggunakan 6 power supply redundan hot plug dan 9 fan modul hot plug redundan N+1
7. Sistem kontrol panel depan dengan LCD panel dan koneksi dua *USB keyboard/mouse* dan satu Koneksi *video crash-cart*.



Gambar 5. Komponen Dell M1000e tampak muka [16]

Enclosure M1000e mendukung 32 modul server *quarter height*, 16 modul server *half height* dan 8 modul server *full height* yang masing-masing menempati slot yang ada di bagian depan *enclosure*. Juga didesain untuk bisa mengakomodasi form factor lainnya termasuk *modul double width*.



Gambar 6. server blade generasi ke 12 [16]

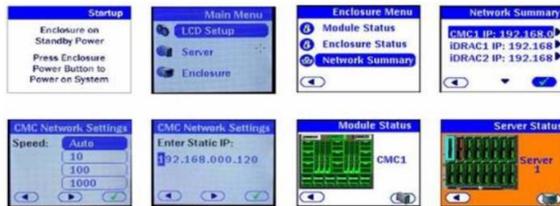
Bagian belakang enclosure M1000e terdapat system management, cooling, power dan komponen I/O. Pada bagian atas enclosure ada slot untuk 2 CMC dan satu switch KVM terintegrasi. Dibagian tengah chassis terdapat fan dan modul I/O. Penempatan ini mengoptimalka keseimbangan aliran udara ke sistem memungkinkan t tekanan rendah terjadi di dalam sistem dan menghasilkan aliran udara yang rendah di dalam yang dibutuhkan oleh fan. Control Panel/LCD

Panel kontrol berisi antarmuka pengguna lokal. Fungsi meliputi *chassis* tingkat diagnostik LED, panel LCD, dan tombol power. Perangkat ini *hot-pluggable* dan selalu didukung, bahkan dalam modus siaga *chassis*.



Gambar 7. LCD panel M1000e [16]

LCD menampilkan informasi yang luas tentang status setiap modul hardware, jaringan informasi untuk CMC dan iDRAC masing-masing, dan pesan status dengan penjelasan rinci dalam bahasa sederhana. Pengguna dapat mengakses berbagai informasi tentang modul menggunakan panel, termasuk, nama jenis mereka ditetapkan pengguna, konfigurasi, nomor layanan tag, dan informasi alamat IP. Panel LCD dapat ditarik kembali ke dalam tubuh chassis, atau diperpanjang dan miring sekali dikerahkan untuk visibilitas penuh di mana pun M1000e dipasang di rak. Panel LCD bisa digunakan sebagai sumber diagnosa dan melakukan konfigurasi parameter yang dibutuhkan komponen chassis seperti konfigurasi *network iDRAC server*. Gambar di bawah menunjukkan beberapa kemampuan dari panel control LCD.

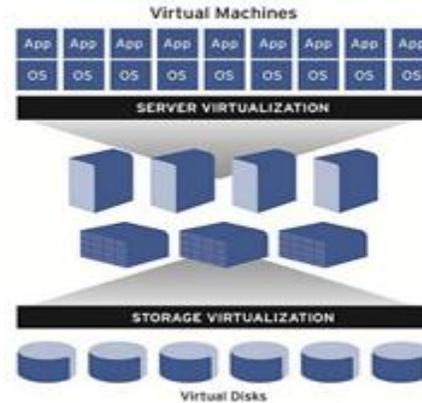


Gambar 8. Fungsi LCD panel control [16]

2.4 Dell Compellent Storage

Anggaran TI saat ini menyusut, namun tuntutan data center terus meningkat. Untuk mengimbangi permintaan meningkatnya storage, analis merekomendasikan mengadopsi solusi yang lebih efisien, solusi manajemen data dengan biaya yang efektif. Solusi *Storage Dell Compellent* benar-benar mengurangi jumlah drive dalam sistem dengan mengoptimalkan pemanfaatan melalui ultra-efisien teknologi seperti *Thin Provisioning*, *Storage tier* secara otomatis, *Replay* (snapshot terus menerus) dan *Virtualisasi Storage*. *Virtualisasi Storage Dell Compellent* adalah pelengkap sempurna untuk setiap *platform server virtual* terkemuka. Menggabungkan disk fisik ke volume virtual yang logis

menghilangkan keterbatasan yang melekat pada drive fisik. Hasilnya adalah *pool* dinamis sumber daya penyimpanan bersama oleh mesin *virtual (VM)*. Penyimpanan disajikan untuk *VMs* hanya sebagai kapasitas, terlepas dari jenis disk, RAID tingkat atau konektivitas server



Gambar 9. Compellent Storage Virtualization[16]

Seperti lingkungan *VMware*, *Compellent Dell SAN storage* abstrak atribut dari perangkat keras fisik. Penyimpanan disajikan ke server virtual sebagai kapasitas disk, terlepas dari campuran jenis disk, kapasitas disk dan konektivitas server dipilih oleh *administrator*. Akibatnya, *administrator* memiliki jenis yang sama dari fleksibilitas dalam membuat perubahan pada volume penyimpanan virtual seperti yang mereka lakukan dengan mesin *virtual (VM)*. Mereka dapat mengubah tingkat RAID, tingkatan penyimpanan dan konektivitas server tanpa mengubah cara penyimpanan disajikan ke server. Dengan *Compellent Dell*, perusahaan dari semua ukuran dapat menerapkan rencana pemulihan bencana yang kuat. Setelah sinkronisasi situs awal, perubahan hanya dalam data perlu direplikasi. Replikasi tipis menggunakan ruang-efisien *Replays* (snapshot kontinu) untuk memberikan perlindungan *real-time* data dan memastikan ketersediaan tinggi di beberapa situs. Dan karena penyimpanan *Compellent Dell* tidak memerlukan konfigurasi yang identik di setiap situs, pengguna dapat memanfaatkan rendah-biaya SATA atau SAS disk di lokasi terpencil. Biaya replikasi data dan pemulihan data perusahaan dapat diminimalkan lebih jauh dengan menggunakan *Volume Portable*, satu set hard drive dikonfigurasi dirancang untuk sinkronisasi data antara situs. Kebutuhan ruang melonjak biaya energi dan luas dari sebuah pusat data yang cepat tumbuh mengemudi efisiensi TI. Penyimpanan *Compellent Dell* memungkinkan untuk menjadi ekonomis dan ramah lingkungan dengan manajemen penyimpanan

data. Dengan mengambil pendekatan yang lebih granular - aktif, data yang cerdas mengelola di tingkat blok dalam volume - *Compellent Dell* mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya untuk mengurangi konsumsi energi, jejak pusat data dan biaya penyimpanan secara keseluruhan. Efisiensi, skalabilitas dan pengelolaan sistem penyimpanan dapat memiliki dampak bottom-line utama selama masa teknologi. Manajemen perusahaan penyimpanan data harus dimulai dengan *Compellent Dell*. Bersama-sama, sebuah arsitektur Fluid data yang unik, perangkat lunak cerdas dan perangkat keras modular memberikan *Compellent Dell* total biaya terendah kepemilikan (TCO) di industri penyimpanan.

SAN Compellent Dell adalah salah satu sistem penyimpanan pertama yang menawarkan satu set perintah *PowerShell* berbasis untuk mengotomatisasi umum, tugas yang berulang di *Microsoft* ® ® lingkungan Windows. Dengan *Command Center Storage Set* untuk *Windows PowerShell*, administrator memiliki akses ke lebih dari 60 cmdlets untuk merampingkan manajemen SAN, termasuk administrasi volume, jadwal snapshot dan pemulihan data. Sebagai generasi data terstruktur terus meledak, perusahaan dari semua ukuran sedang mencari cara untuk mengkonsolidasikan file-dan-blok data tingkat ke *platform virtual* tunggal. *Dell Compellent* menawarkan dua solusi storage jaringan terpadu: para *zNAS Compellent Dell* dan *Dell NX3000* untuk *Compellent*. Kedua korban NAS terhubung ke *Storage Pusat SAN*, menyediakan organisasi dengan kenyamanan file-tingkat akses dikombinasikan dengan efisiensi dari arsitektur data fluida. Para *zNAS Compellent Dell* sangat ideal untuk NFS murni dan campuran NFS / CIFS lingkungan, sedangkan *NX3000 Dell* untuk *Compellent* cocok untuk lingkungan CIFS murni. Data merupakan salah satu aset organisasi anda yang paling berharga, yang membuat mendukung sistem yang mengelola data anda prioritas tinggi. Memiliki nomor untuk panggilan tidak cukup. Tim dukungan anda harus menjadi perpanjangan dari anda sendiri, proaktif mengungkap dan mengatasi potensi ancaman ke pusat data anda. Dengan dukungan kopilot, *Dell Compellent* melakukan hal ini lebih baik dari siapa pun. Bahkan, majalah penyimpanan menempatkan peringkat kopilot dukungan terbaik di industri. Dan pengguna akhir memberikan kopilot nilai tertinggi dalam survei independen infopro itu. Tidak heran begitu banyak pelanggan *Compellent Dell* menyebutnya kopilot dukungan fitur favorit mereka, karena itu seperti memiliki ahli *Compellent Dell* pada staf. The *Compellent Dell Storage Pusat SAN* adalah, fleksibel hemat biaya penyimpanan perusahaan yang menyediakan solusi manajemen granular, cerdas data

sehingga organisasi yang lebih baik dapat memenuhi kebutuhan bisnis umum. Aplikasi diimplementasikan lebih cepat, informasi untuk membuat keputusan selalu tersedia, teknologi baru akan segera dikerahkan dan data secara terus-menerus dilindungi terhadap *downtime* dan bencana.

Cara Memperkuat Manfaat *Virtualisasi Server* dengan *Compellent Dell*:

Membuat volume virtual untuk ratusan *VMs* tanpa pra-mengalokasikan dimuka kapasitas penyimpanan fisik dengan *Thin Provisioning*. Sederhanakan pengadaan penyimpanan untuk sejumlah *VMs* dengan *Masking Lun* Otomatis. Membebaskan performa tinggi *spindle* untuk menuntut aplikasi virtual dengan penyimpanan berjenjang otomatis. Menyebarkan *VMs* dalam hitungan menit, patch test dan menggelgar upgrade ke beberapa server bebas risiko dengan Boot dari *SAN*. *Recover* setiap ukuran *volume VM* dalam hitungan detik dengan *Replays* terbatas ruang-efisien (snapshot terus menerus). Meningkatkan ketersediaan *VMs* oleh biaya-efektif melindungi data antara beberapa situs dengan Replikasi Tipis.

Cara Meningkatkan Efisiensi Storage dengan *Compellent Dell*:

Optimalkan pemanfaatan kapasitas dengan *Thin Provisioning*, ruang disk mengkonsumsi hanya sebagai data ditulis. Secara otomatis mengklasifikasikan dan migrasi data tidak aktif untuk lebih murah, daya rendah disk dengan penyimpanan berjenjang otomatis. Meminimalkan biaya *downtime* dengan mempersatukan backup data dan mempercepat pemulihan data dengan *snapshot* terus menerus. Menggabungkan semua disk ke dalam lokasi tunggal penyimpanan dengan *Virtualisasi Storage*, memberikan kinerja yang lebih tinggi dengan drive sedikit.

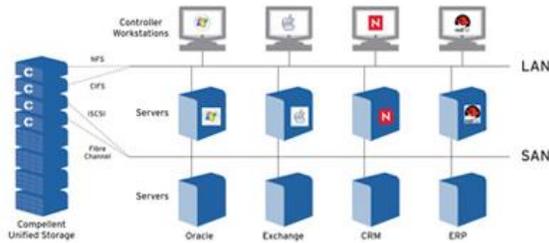
Bagaimana mereplikasi data lebih efektif biaya dengan *Compellent Dell*. Mempercepat sinkronisasi awal menggunakan drive eksternal portabel Volume sebagai pengganti array duplikat atau link data berkecepatan tinggi. Mereplikasi hanya perubahan inkremental dalam data setelah sinkronisasi awal dengan replikasi tipis. Memenuhi kedua persyaratan kinerja dan anggaran dengan simulasi bandwidth yang unik dan membentuk replikasi data antara situs menggunakan native berbasis IP konektivitas dan *built-in FC-to-iSCSI* konversi. Mengatur dan mengelola situs lokal dan remote dengan cepat dan mudah dengan antarmuka point-and-klik

Uji replikasi keberhasilan dalam menit tanpa risiko gangguan terhadap lingkungan produksi

anda

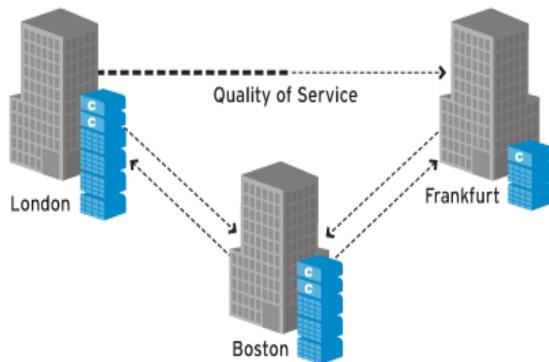


Gambar 10. Disaster Recovery with DELL Compellent [16]



Gambar 11. Remote Replication dengan Remote Instant Replay [19]

Replay Instant jarak jauh me memanfaatkan ruang-efisien snapshot antara situs lokal dan *remote* untuk biaya-efektif pemulihan bencana dan kelangsungan usaha. Setelah sinkronisasi situs awal, hanya perubahan inkremental dalam data perusahaan perlu direplikasi, meminimalkan kebutuhan kapasitas dan mempercepat pemulihan. Dikenal sebagai Replikasi Tipis, ini pendekatan yang unik memungkinkan administrator jaringan penyimpanan untuk memilih antara *Fibre Channel* atau konektivitas IP asli untuk transfer data. [19]



Gambar 12. Remote Replication with Remote Instant Replay [17]

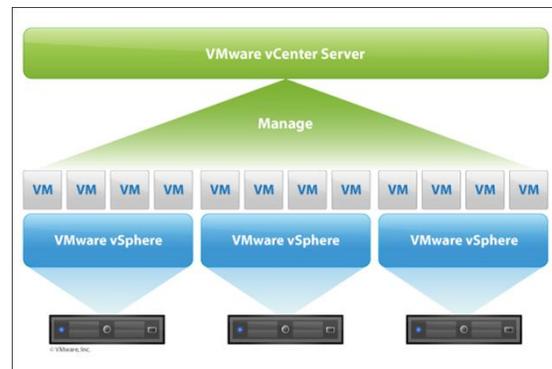
Jumpstarts Volume portabel remote data replikasi dengan memanfaatkan satu set kelas *enterprise hard drive* eksternal dikonfigurasi untuk

digunakan dengan penyimpanan *Compellent Dell*. Dengan *Volume Portable*, pengguna dapat memotong waktu replikasi sinkronisasi awal dari bulan ke hari tanpa perlu berdedikasi tinggi-tinggi link data atau *array duplikat*. [19]

2.2.5 VMware vSphere

VMware vSphere adalah platform virtualisasi yang paling lengkap dan kuat, mengubah data centers menjadi infrastruktur awan yang disederhanakan dan memungkinkan generasi berikutnya yang fleksibel, handal dalam layanan TI. [21]

Memfaatkan teknologi terdepan di industri *VMware* dan berpengalaman, *VMware vSphere 5* memberikan kelebihan dengan cara yang paling efisien, sementara sepenuhnya menjaga pilihan pelanggan. Kombinasi ini dari unsur-unsur yang membuat *VMware vSphere platform* terbaik untuk mencapai manfaat penuh dari komputasi awan. [21]



Gambar 13. vSphere Architecture [21]

Fitur Utama

VMware vSphere terdiri dari sejumlah komponen yang mengubah hardware standar industri menjadi kerangka utama, bekerja bersama seperti lingkungan yang tangguh dengan memanfaatkan di kontrol tingkat layanan untuk semua aplikasi. Komponen *VMware vSphere* diklasifikasikan menjadi:

Infrastruktur jasa-komponen ini secara komprehensif virtualisasi sumber daya server, storage dan jaringan, agregat mereka dan mengalokasikan mereka tepat pada permintaan untuk aplikasi berbasis pada prioritas bisnis. Layanan aplikasi ini adalah komponen yang dibangun dengan menyediakan kontrol tingkat pelayanan kepada semua aplikasi yang berjalan pada platform *vSphere*, terlepas dari jenis aplikasi atau sistem operasi.

VMware vCenter Operations dan *VMware vCenter Server* menyediakan dasar untuk manajemen

virtualisasi, penting untuk mengelola layanan infrastruktur dan aplikasi, dengan visibilitas yang mendalam ke dalam setiap aspek infrastruktur virtual, otomatisasi hari ke hari tugas operasional dan skalabilitas untuk mengelola lingkungan datacenter besar. [21]

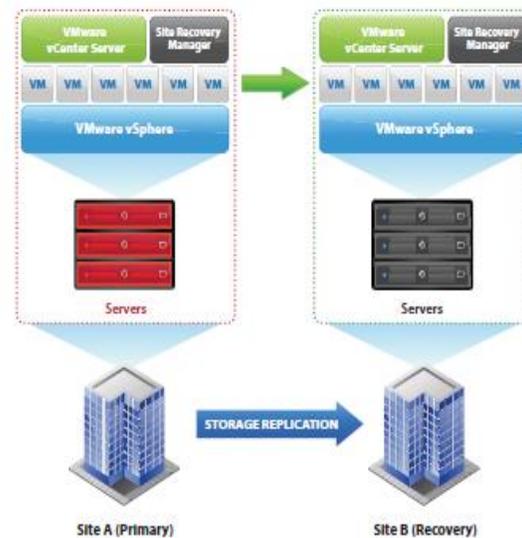
2.6. VMware Site Recovery Manager[14]

Site Recovery Manager mempercepat pemulihan dengan mengotomatisasi proses pemulihan dan menyederhanakan pengelolaan rencana pemulihan bencana dengan membuat pemulihan bencana elemen terpadu mengelola VMware® infrastruktur virtual anda.

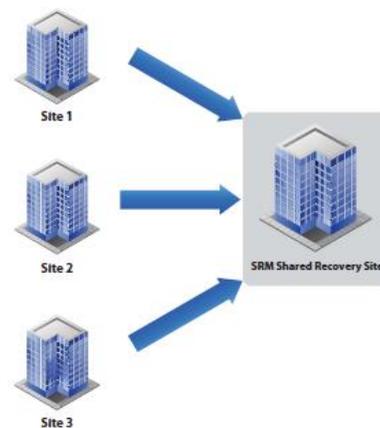
Site Recovery Manager juga memastikan pemulihan yang handal dengan menghilangkan langkah manual pemulihan yang kompleks dan memungkinkan non-mengganggu pengujian rencana pemulihan.[14]

Site Recovery Manager terintegrasi erat dengan VMware vSphere, VMware vCenter Server dan replikasi penyimpanan dari vendor terkemuka penyimpanan untuk membuat failover dan pemulihan yang cepat, handal, terjangkau dan mudah dikelola. Hal ini memungkinkan organisasi untuk mengambil risiko dan kekhawatiran dari pemulihan bencana, serta memperluas perlindungan untuk semua sistem penting dan aplikasi. VMware Site Recovery Manager digunakan pada saat organisasi merasa semakin sulit untuk memberikan solusi pemulihan bencana yang memenuhi kebutuhan mereka. *Site Recovery Manager* membantu organisasi mengatasi tantangan bencana tradisional *recovery* sehingga mereka dapat memenuhi tujuan pemulihan waktu mereka (RTO), tujuan titik pemulihan (RPO) dan persyaratan kepatuhan. Menggunakan site manager pemulihan, organisasi dapat mengelola failover dari pusat data produksi mereka ke situs pemulihan bencana. mereka juga dapat mengatur failover antara dua situs yang keduanya memiliki aktif beban kerja dan bertindak sebagai situs pemulihan untuk satu sama lain. *Site Recovery Manager* juga dapat membantu dengan failover datacenter yang direncanakan dalam skenario seperti migrasi datacenter, dengan mengotomatisasi dan

menyederhanakan proses gagal ke pusat data baru.[14]



Gambar 14. Site Recovery Manager [14]



Gambar 15. Site Recovery Manager [14]

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu data diambil langsung dari lapangan untuk mendapatkan hasil penelitian dengan menggunakan metode Service Level Agreement (SLA), diawali dengan studi literatur tentang beberapa teori dasar *Server, Storage,*

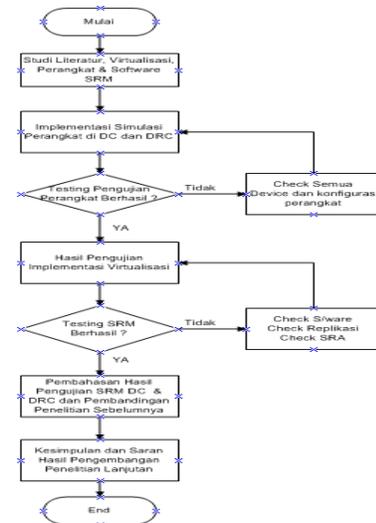
Network, dan *Software* Virtualisasi baik komponen atau *protocol hardware* dan *software* arsitektur yang digunakan, juga teori-teori lain yang terkait. Pada Penelitian ini, SLA singkatan dari Service Level Agreement atau jika diterjemahkan adalah, Perjanjian Tingkat Layanan, Pengertian SLA adalah bagian dari perjanjian layanan secara keseluruhan antara 2 dua entitas untuk peningkatan kinerja atau waktu pengiriman harus di perbaiki selama masa kontrak. Dua entitas tersebut biasanya

dikenal sebagai penyedia layanan dan klien, dan dapat melibatkan perjanjian karena melibatkan uang, atau kontrak lebih informal antara unit-unit bisnis internal. SLA ini biasanya terdiri dari beberapa bagian yang mendefinisikan tanggung jawab berbagai pihak, dimana layanan tersebut bekerja dan memberikan garansi, dimana jaminan tersebut bagian dari SLA memiliki tingkat harapan yang disepakati, tetapi dalam SLA mungkin terdapat tingkat ketersediaan, kemudahan layanan, kinerja, operasi atau tingkat spesifikasi untuk layanan itu sendiri. Teknologi virtualisasi menjanjikan peluang besar untuk mengurangi energi dan hardware biaya melalui konsolidasi server. Namun, untuk aman transisi aplikasi tetap berjalan native pada real hardware untuk lingkungan virtual harus memperkirakan kebutuhan sumber daya tambahan dikeluarkan oleh overhead virtualisasi. Dalam hal ini mengusulkan penggunaan model generasi otomatis sistem untuk mengkarakterisasi hubungan antara platform asli dan virtual, meringankan transisi ke pusat data virtual [3]. Konsolidasi server mengidentifikasi server yang mencoba untuk bermigrasi mesin virtual untuk host dengan berbagi yang tinggi peluang. Dalam melakukannya, VM mencoba untuk menuju ke VM server sehingga dapat mengurangi memori agregat dan memaksimalkan jumlah VM yang bisa disimpan di pusat data. Setelah migrasi yang lengkap, konsolidasi dapat standby dari layanan atau dimatikan sampai kapasitas server baru dibutuhkan, sehingga menghemat operasional (energi) biaya [3].

Pada penelitian ini, Md. Faizul Bari, Raouf Boutaba, dan kawan pada penelitiannya yang berjudul *Data Center Network Virtualization A Survey* menerangkan lebih dalam tentang teknik virtualisasi data center tanpa melibatkan metode *Disaster Recovery* didalamnya [1] sedang jurnal yang dibuat Mueen Uddin dan Azizah Abdul Rahman yang berjudul *Virtualization Implementation Model for Cost Effective & Efficient Data Centers* penelitiannya lebih menekankan kepada analisa harga dan efisiensi data center [2]

<small>IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 15, NO. 2, SECOND QUARTER 2013</small> Data Center Network Virtualization: A Survey Md. Faizul Bari, Raouf Boutaba, Rafael Esteves, Lisandro Zambenedetti Granville, Maxim Podlesny, Md Golam Rabbani, Qi Zhang, and MohamedFaten Zhani Keywords: Data Center Architecture, Virtualization, Virtualized Data Center	
<small>(IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 2, No. 1, January 2011</small> Virtualization Implementation Model for Cost Effective & Efficient Data Centers Mueen Uddin & Azizah Abdul Rahman Department of Information Systems, Universiti Teknologi Malaysia Keywords: Virtualization, Energy Efficient Data Centre	Bambang Adi M, 2014 Analisa Infrastruktur Data Center Virtualisasi & Disaster Recovery Center Berbasis SRM Dalam Pemenuhan SLA Pada PT. XYZ Keywords: Data Center, DRC, Virtualisasi, SRM, Virtual Data Center

Gambar 16. Gambar terkait dengan penelitian ini



Gambar 17. Flowchart Pengujian Implementasi System DC dan DRC

3.1. Studi Literatur

Saat ini penggunaan server belum dapat dikatakan maksimal karena dalam beberapa layanan hanya mengutamakan salah satu perangkat server namun disisi lain perangkat lainnya belum dimanfaatkan secara maksimal. Hal ini terjadi dikarenakan oleh berikut ini, antara lain :

1. Penggunaan resource terutama CPU, RAM dan hardisk dalam native server belum digunakan secara maksimal dan optimal.
2. Biaya yang dikeluarkan pada suatu Data Center (DC) dan Data Recovery Center (DRC) cukup tinggi, seperti biaya pemeliharaan perangkat hardware dan biaya bulanan listrik

Hal tersebut diatas merupakan kendala yang harus diperbaiki demi untuk meningkatkan dan efisiensi suatu server. Diharapkan dengan teknik virtualisasi ini maka kendala-kendala yang ada diatas dapat di minimalisasi.

3.2. Metode pengumpulan data

Tempat dilaksanakannya penelitian ini adalah di pusat data PT. XYZ yang terletak di Jakarta dan Bandung. Proses pengambilan data didapat melalui pengujian eksperimen dengan melakukan pengamatan langsung untuk mendapatkan datanya. Yaitu setiap produk menggunakan hardware yang sama dan tools yang menstimulasikan layanan layanan yang umum dipakai sehingga diharapkan hasil yang didapat mendekati keadaan yang sebenarnya. Selain itu data dalam penulisan tesis kali ini juga didapat dari buku dan literature yang diterbitkan melalui internet serta hasil riset yang dilakukan oleh institusi lain. Dalam proses

pengambilan data yang dianalisis pada infrastructure hardware dan software dalam pemenuhan SLA.

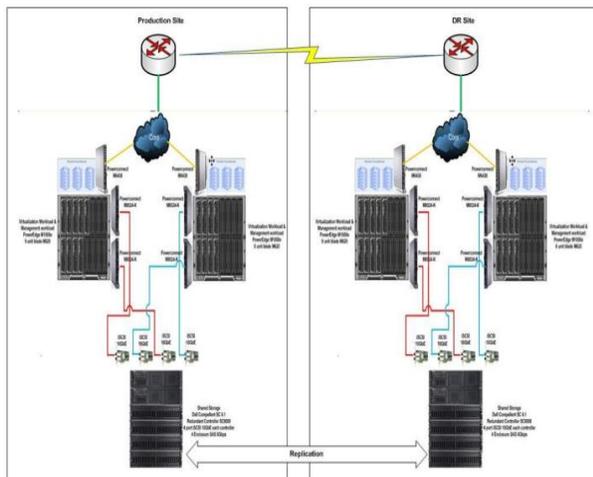
3.3. Metode Experimen

Metode Experimen yang akan dipakai pada penelitian ini adalah menggunakan Service Level Agreement (SLA). Penggunaan Service Level Agreement kali ini meliputi availability, performance dan reporting berdasarkan Key Performance Indikator (KPI) PT. XYZ dengan nilai standar minimum pengesanan 99,9 % .

Berikut beberapa pengukuran yang termasuk dalam standard SLA PT. XYZ :

1. Jumlah Jumlah ketersediaan suatu layanan. Dalam hal ini server, storage, perangkat network dalam presentase
2. Jumlah server yang dapat dilayani storage secara bersamaan.
3. Membandingkan hasil pengujian layanan dalam hal ini server, storage dan perangkat network yang dilakukan secara berkala.
4. Melakukan penggunaan Software untuk layanan Disaster Recovery

3.4. Rencana Pengujian



Gambar 18. Diagram Interconnection Blade Server dan Compellent Storage [12]

Rencana pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan implementasi VMware ESXi™ host pada physical server
2. Melakukan implementasi Network pada Switch module dan core data center dan implementasi feature Network pada VMware ESXi host pada virtual machine / guest server.
3. Melakukan implementasi Storage hardware dan feature software untuk melakukan replikasi antara storage DC dan DRC

4. Melakukan implementasi Clustering server untuk koneksi ke Storage
5. Melakukan implementasi Vcenter untuk Monitoring ESXi host
6. Mengimplementasikan setiap virtual machine kemudian melakukan implementasi Software SRA untuk replikasi aplikasi SRM
7. Setiap DC dan DRC dilakukan step yang sama seperti diatas kemudian akan diuji menggunakan VMware SRM untuk melihat uji kinerja pada replikasi DC dan DRC.

3.5 Implementasi System dan Pengujian

Pada bab ini akan dibahas analisa perancangan dan implementasi teknologi virtual pada Local Area Network (LAN) dan Wide Area Network dan Storage Area Network (SAN) untuk replikasi. Pembahasan dimulai dengan perencanaan topologi LAN server tradisional dan LAN server virtual, Storage Area Network (SAN) kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan dalam implementasi, instalasi, koneksi jaringan, konfigurasi, dan persiapan pengujian. Skenario yang akan digunakan adalah analisa penggabungan sepuluh server blade fisik sebagai host ke dalam satu cluster untuk lokasi DC dan 10 server blade fisik sebagai host ke dalam satu cluster di DRC. Selanjutnya setiap host terhubung dengan Storage untuk cluster data storenya. Dimana setiap host yang berisi mesin-mesin virtual sebagai implementasi masing-masing server pada jaringan tradisional dan jaringan virtual. Kemudian akan kita ukur SLA untuk High Availability, Fault tolerance di DC dan DRC. Langkah selanjutnya adalah analisa storage virtual dalam melakukan replikasi di DC dan DRC. Adapun yang terakhir adalah analisa Site Recovery Management dengan menggunakan SRA Storage untuk Replikasi LUN dan VM yang diproteksi di DC dan DRC.

4. Hasil Dan Analisa

Bagian ini berisi tentang implementasi dari sistem yang dibangun pada penelitian ini. Mulai dari simulasi dari beberapa perangkat, implementasi dari device pendukung, dan hasil sampel dari simulasi, berikut analisa SLA dari simulasi tersebut.

1. Simulasi pada Blade server yang dilakukan adalah testing untuk hardware dan perangkat I/O module. Setelah dilakukan simulasi uji perangkat hardware dan feature redundancy dari Hardware Chasis Enclosure, Power Supply, Fan Cooling, I/O module dan Control Management melalui tahap pengujian tidak ada jeda waktu dalam menghandle pada saat

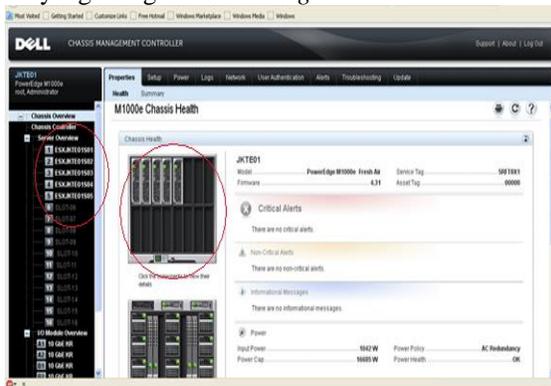
perangkat system yang satu terjadi down / mati. System langsung up tidak ada *down time*.

Maka untuk hasil ini nilai persentase untuk ketersediaan hardware adalah 99,9 % untuk nilai SLA berdasarkan test Key Performance Indikator standard PT. XYZ.

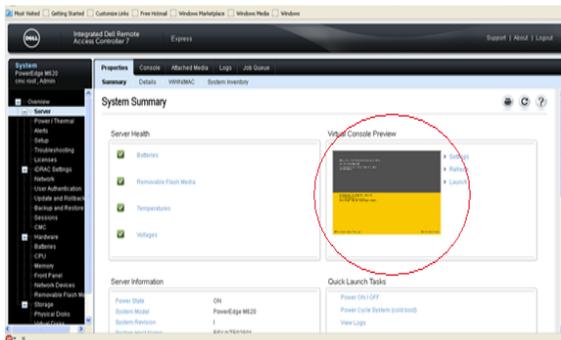
Pada Blade Server layanan dirancang untuk alamat persyaratan layanan ESXi dan Cloud. Blade Service menawarkan server standar teknologi yang aman, dan ketersediaan tinggi lingkungan Data Center. Pelanggan dapat mengoperasikan dan memelihara server dan aplikasi mereka sendiri dari jarak jauh, atau memiliki staf yang melakukan itu bekerja di bawah layanan *Support System*. dan harga yang kompetitif. Efisiensi yang diperoleh dari fitur ini menghasilkan biaya yang lebih rendah.

Pada Server Blade saat uji testing virtualisasi, yaitu kinerja dengan menggunakan *clustering server* yaitu membangun *Server System* dengan cara Paralel yang gabungan server-server ini akan membentuk sebuah Server yang sangat kuat / Powerfull untuk membentuk satu kesatuan dan menciptakan System yang *High Availability* maupun *Zero Downtime Server System*.

Dalam system diatas menggunakan ESXi 5.1 yang mengatur *clustering Server*.

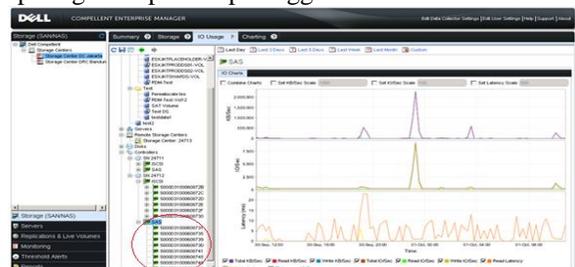


Gambar 19. Chassis Blade Server hasil pengujian



Gambar 20 Blade Server Virtual Console ESXi 5.1 hasil pengujian

2. Simulasi pada *Compellent Storage Virtualisasi* yang dilakukan adalah testing untuk hardware dan Feature. Setelah dilakukan simulasi perangkat hardware dan *feature redundancy* dari *Controller* yang masing masing terdiri dari Power Supply, Memory, Cache, Card Back End SAS, HBA dan NIC. Pada saat melalui tahap pengujian tidak ada jeda waktu dalam handle pada saat perangkat system yang satu terjadi down / mati. *System redundancy* langsung up tidak ada *down time*. Sedang untuk manajemen tersedia *Virtual Management*. Bekerja apabila NIC management physical terjadi error atau mati. Maka untuk hasil uji tes storage ini nilai persentasinya 99.9 %. Desain yang memberikan lapangan diuji ketersediaan 99,999%. Perlindungan data lokal dan jarak jauh dengan rangkaian lengkap fitur terintegrasi. hardware yang kuat dan handal yang memanfaatkan generasi pengalaman desain dari Dell. *Feature Intelijen* otomatis *Dell Compellent* yang mengelola *scalable virtual disk* untuk *block* dan *file* yang memaksimalkan kinerja. Teknologi tiering otomatis. Dukungan Dell kopilot support telah menyampaikan 96,77 persen peringkat kepuasan pelanggan.



Gambar 21. Storage mapping Server I/O hasil pengujian

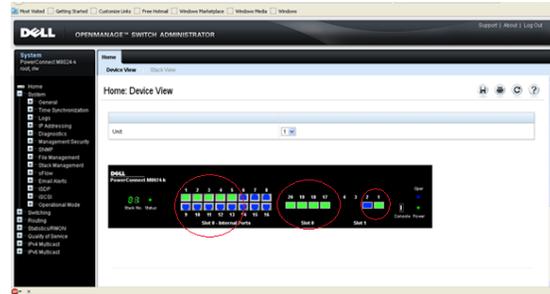
Name	Size	Type	...
ESXi-001	100 GB	Thin	...
ESXi-002	100 GB	Thin	...
ESXi-003	100 GB	Thin	...
ESXi-004	100 GB	Thin	...
ESXi-005	100 GB	Thin	...
ESXi-006	100 GB	Thin	...
ESXi-007	100 GB	Thin	...
ESXi-008	100 GB	Thin	...
ESXi-009	100 GB	Thin	...
ESXi-010	100 GB	Thin	...
ESXi-011	100 GB	Thin	...
ESXi-012	100 GB	Thin	...
ESXi-013	100 GB	Thin	...
ESXi-014	100 GB	Thin	...
ESXi-015	100 GB	Thin	...
ESXi-016	100 GB	Thin	...
ESXi-017	100 GB	Thin	...
ESXi-018	100 GB	Thin	...
ESXi-019	100 GB	Thin	...
ESXi-020	100 GB	Thin	...

Gambar 22. Storage mapping Server I/O chart hasil pengujian

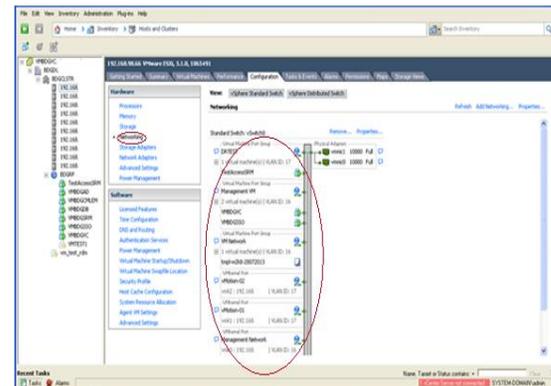
3. Simulasi pada *Module Network Switch M8048* dan *Dell Force10 S4810* yang dilakukan adalah testing untuk hardware dan *feature virtualisasi*.

Selanjutnya setelah dilakukan simulasi perangkat hardware dan *feature redundancy* dari *Dell networking Switch* yang masing masing redundancy untuk module I/O Blade. Adapun untuk Dell Force10 S4810 redundancy berupa Power Supplly. Pada saat melalui tahap pengujian tidak ada jeda waktu dalam menghandle saat perangkat system yang satu terjadi down / mati. System redundancy langsung up tidak ada down time. Untuk test uji dari hardware dengan presentase nilai 99.9 % untuk SLA nya. *Dell Force10 switch network datacenter* memberikan solusi infrastruktur kinerja tinggi didukung oleh industry paling inovatif, berbasis standar sistem jaringan. *Solusi datacenter Dell Force10* dikerahkan di Web 2.0 dan portal, lingkungan komputasi kinerja tinggi, pusat data perusahaan, dan awan dan jaringan hosting. Solusi ini mencakup GbE datacenter yang menawarkan *end-to-end 40 gbdan* kerangka terbuka Otomasi yang kaya fitur untuk merampingkan operasi dan meningkatkan ketersediaan layanan.

Virtual network menyediakan konektivitas untuk *host-host* ESXi dan mesin-mesin virtual. Komponen dasar *virtual network* adalah *virtual switch*. *Virtual switch* merupakan *software* yang diterapkan dalam kernel VM, sehingga memungkinkan *host-host* yang telah diinstalasikan ESXi dapat memiliki konektivitas. Semua komunikasi melalui jaringan ditangani oleh *host-host* yang dihubungkan oleh satu atau lebih *virtual switch*. Suatu *virtual switch* menyediakan konektivitas bagi mesin-mesin virtual, baik yang terdapat pada sesama *host*, maupun berbeda *host*. *Virtual switch* dapat membentuk konektivitas untuk pengaturan jaringan pada *host-host* ESXi dan konektivitas untuk mengakses alamat IP media penyimpanan. *Virtual switch* bekerja pada layer kedua dari OSI Layer, sehingga 2 *virtual switch* tidak dapat dipetakan pada fisik *Network Interface Card* (NIC) yang sama, akan tetapi 2 atau lebih NIC dapat dipetakan pada *virtual switch* yang sama. Pada saat dua atau lebih mesin virtual dihubungkan pada *virtual switch* yang sama maka lalu lintas jaringan diantara kedua objek tersebut di routing secara lokal. Apabila adapter *uplink* pada fisik adapter *Ethernet* dihubungkan dengan *virtual switch*, maka setiap mesin virtual dapat mengakses jaringan eksternal yang terkoneksi dengan fisik adapter *Ethernet*.



Gambar 23. Network Module M8024-K Devices Switch hasil pengujian

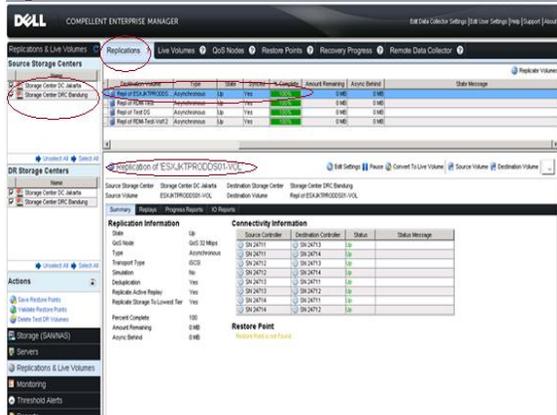


Gambar 24. Network Devices Switch ESXi Host hasil pengujian

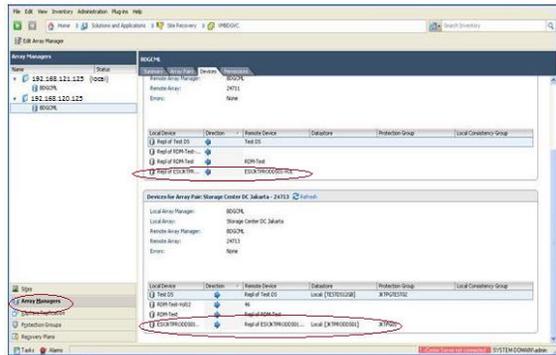
- Uji simulasi Konfigurasi SRM 5.1 dengan *Dell Compellent replikasi*, Mengkonfigurasi dengan beberapa LUN/volume dengan mesin virtual dan virtual disk. Instalasi *VMware SRM* dan konfigurasi *vSphere replikasi*. Selanjutnya menggunakan *VSphere replikasi* untuk mereplikasi *VMs* di lokasi penyimpanan *Storage Compellent* berbasis array replikasi. Menggunakan *VSphere Rreplikasi* meniru sebuah *VM* tunggal atau kelompok *VMs* ke situs pemulihan. *Compellent Enterprise Manager Versi 5.5.4* atau *6.2.2* diperlukan untuk *SRM 5.1* untuk *Replikasi Storage Adapter (SRA)* dapat berfungsi. *SRA* membuat panggilan langsung ke *Enterprise Manager Data Collector* untuk memanipulasi penyimpanan. Disarankan untuk memiliki versi terbaru dari *Enterprise Manager Data Collector* dipasang untuk memastikan kompatibilitas dengan *SRM 5.1* dan *Compellent SRA*.

Site Recovery Manager menggunakan Replikasi Berdasarkan Array membutuhkan dua sistem *Compellent* mereplikasi antara satu sama lain. *SRM* menggunakan *VSphere Replication* dapat memanfaatkan setiap penyimpanan bersertifikat untuk digunakan dengan *VSphere* termasuk *Dell*

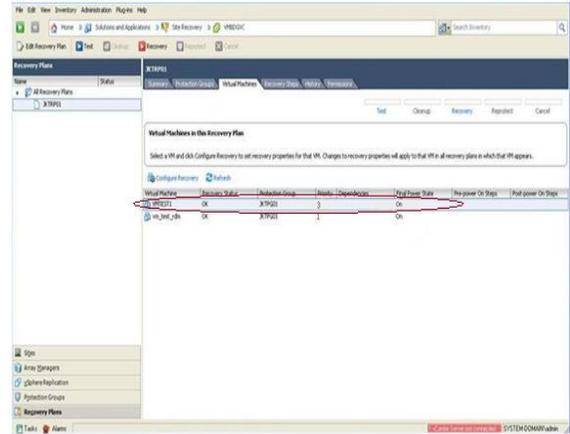
Compellent Storage Center. VMware Site Recovery Manager 5.1 dengan vCenter 5.1., lisensi Sphere Essentials Plus diperlukan. Kemudian menggunakan Reprotect Mode untuk mempercepat failback dan meningkatkan portabilitas VM. Berikutnya menggunakan dependensi dan prioritas pesanan untuk mengkonfigurasi SRM berdasarkan kategori yang ada aplikasi dan layanan.. rencana pemulihan secara custom. Dalam test uji replikasi LUN untuk VM yang diproteksi antara DC dan DRC bisa berjalan dengan normal. Tergantung dari besarnya LUN Storage dan bandwidth yang diperlukan. Apabila replikasi sudah selesai, maka LUN hasil replikasi bisa kita mounting untuk di restore ke path drive. Replikasi antar storage DC dan DRC nilai keberhasilannya dalam presentase 99.9 %. Sedangkan untuk test SRM untuk VM yang di proteksi nilai keberhasilan dalam presentase 99.9 %.



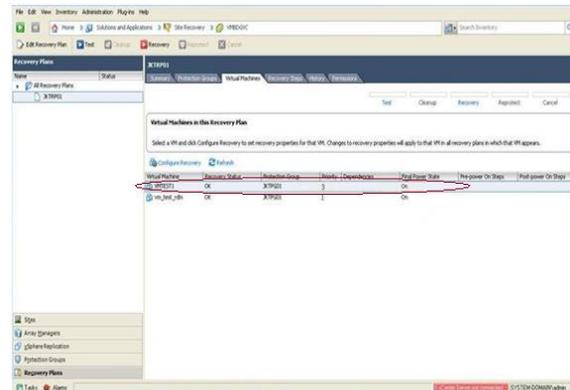
Gambar 25. Storage Volume yang di replikasi hasil pengujian



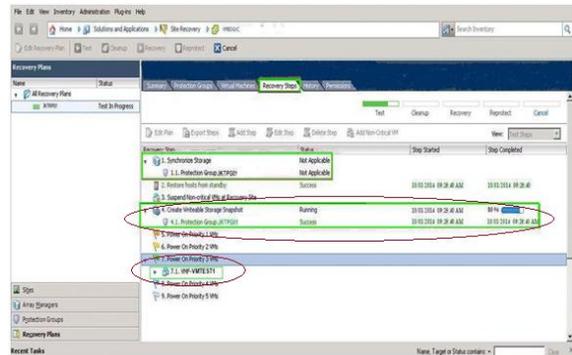
Gambar 26. VMware SRM Storage Volume yang di replikasi hasil pengujian



Gambar 27. VMware SRM Storage Volume yang di replikasi hasil pengujian



Gambar 28. VMware SRM rencana Virtual Mesin akan recovery hasil pengujian



Gambar 29 VMware SRM Virtual Mesin testing yang di recovery hasil pengujian

Tabel 1 Hasil pengukuran test uji perangkat Infrastruktur dalam pemenuhan SLA

KEY PERFORMANCE INDICATOR (KPI)

CATEGORY	ITEM	TARGET	WIEGHT %	PERFORMANCE OF THE MONTH	SCORE ON DEC 2014
Server Performance	Processor, Memory, Disk, and Network	Performance, Utilization, Availability	100%	1	99%
Storage Performance	Processor, Memory, Disk, and Network	Performance, Utilization, Availability	100%	1	99%
Network Performance	Processor, Memory, Function	Performance, Bandwidth, Latency, Load	100%	1	98%
Software Performance	ESXi, VM, SRM	Performance and utilization information	100%	1	99%
Maintenance Performance	Problem solved within SLA	The solution to the problem must be in accordance with SLA	100%	1	100%
	Total Problem Raised to Contractor	There was no problem		Note: Problem = 3 Solved Problem = 3 See Attachment	
				Performance Score	99%

Criteria

Type	Performance Score (%)	Payment (%) of Total invoice amount
Excellent	95-100	100
Good	90-94	95
Fair	80-89	90
Poor	<80	80

Prepare By
Contractor

Approved By
PT. XYZ

V. Kesimpulan Dan Saran

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh setelah dilakukan analisa penelitian sebagai berikut:

1. *VMware vCenter Site Recovery Manager 5.1* adalah pemulihan bencana solusi yang membantu untuk mengurangi downtime terencana dan tidak terencana dari infrastruktur vSphere. Hal ini memungkinkan pemulihan situs otomatis dan migrasi proses. Hal ini dapat memanfaatkan *vSphere Replication built-in* untuk hypervisor berbasis replikasi yang dapat menutupi berbagai pemulihan yang dibutuhkan.
2. System Infrastruktur virtualisasi untuk perangkat server, storage, network dan VMware untuk redundancy dan high availability mendekati nilai 99,9 % di *Data Center* dan *Disaster Recovery Center*, sehingga untuk pemenuhan nilai SLA nya terpenuhi
3. Replikasi perangkat storage dan *VMware SRM* antara pusat data yang ada di DC dengan site DRC memenuhi kebijakan dengan waktu pemulihan system kurang dari 24 jam (RPO) dan data yang diperbolehkan hilang maksimum 10 menit (RTO). Adapun testing availability sebesar 99.9%, sehingga SLA nya terpenuhi.

5.2 Saran

1. Kebutuhan akan DC dan DRC pada masa kini sudah menjadi suatu keharusan. Karena kegiatan bisnis pada era sekarang ini hamper semua kegiatannya sudah berbasis virtualisasi. Jadi apabila terjadi permasalahan pada data center, maka kegiatan bisnis akan berhenti atau

mengalami gangguan. Untuk itu disarankan agar setiap perusahaan dapat memiliki recovery data center yang berguna saat terjadinya bencana.

2. Upaya terpadu di DC dan DRC yang terkoordinasi ini harus menyediakan administrator TI dengan beberapa pilihan untuk mencocokkan tujuan titik pemulihan yang diinginkan (RPO) dan waktu tujuan pemulihan (RTO).
3. Untuk Infrastruktur perangkat virtualisasi ini, untuk kedepannya sudah bisa digunakan untuk Infrastruktur dalam membangun system Cloud (IAAS, SAAS, PAAS) hanya tinggal menambahkan software Orchestor dan self service cloud

Daftar Pustaka

Almathami Mohammed *SLA-based risk analysis in cloud computing environments* A thesis, Rochester Institute of Technology RIT Scholar Works, 2012.

David Erickson *Using Network Knowledge to Improve Performance in Virtualized Data Centers*. A dissertation submitted to the department of computer science and the committee of Graduate studies of Stanford University in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy, May 2013.

Dell Desain M1000 VMware Vsphere
http://www.partnerdirect.dell.com/Active_System_1000_with_VMware_vSphere_Reference_Architecture.pdf

Dell Data center dan Cloud business
<http://www.dell.com/us/business/p/data-center-and-cloud-management>

VMware Virtualisasi Data Center Disaster recovery Center
www.vmware.com/files/pdf/practical_guide_bcdr_vmb.pdf

Dell PowerEdge M620 series data sheet
www.dell.com/documents~dell-poweredge-m620-technical-guide16.

Dell M1000e Enclosure Technical guide
www.dell.com/server-poweredge-m1000e-tech-guidebook.pdf

Dell Compellent technical user guide
www.dell.com/storage/pdf/Compellent%20VMware%20Integration

Dell Compellent storage business
www.dell.com/Compellent/compellent-storage-center-specsheet.pdf

Dell Compellent technical practical
https://portal.compellent.com/document/practical_guide.pdf

Dell Networking S4810
http://www.dell.com/learn/us/en/555/networking_21.
Vmware Business sales force
<https://na6.salesforce.com/apex/PartnerUniversity>

J. Lakshmi *System Virtualization in the Multi-core Era - a QoS Perspective*. A Thesis submitted for the degree of doctor of philosophy in the faculty of engineering Supercomputer Education and Research Center Indian Institute of Science Bangalore – 560 012, December 2010.

Md. Faizul Bari, Raouf Boutaba, Rafael Esteves, Lisandro Zambenedetti Granville, Maxim Podlesny, Md Golam Rabbani, Qi Zhang, and Mohamed Faten Zhani *Data Center Network Virtualization: A Survey* IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, VOL. 15, NO. 2, SECOND QUARTER 2013

Md Rabbani *Resource Management in Virtualized Data Center* A thesis, presented to the University of Waterloo in fulfillment of the thesis Requirement for the degree of Master of Mathematics in Computer Science Waterloo, Ontario, Canada, 2014
Jielong Xu, Jian Tang, K. Kwiat, Weiyi Zhang, and Guoliang Xue. *Survivable virtual infrastructure mapping in virtualized data centers*. In IEEE International Conference on Cloud Computing (CLOUD), 2012.

Mueen Uddin & Azizah Abdul Rahman, Department of Information Systems,

Universiti Teknologi Malaysia.
Virtualization Implementation Model for Cost Effective & Efficient Data Centers (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol.2, No.1, January 2011.

Naveed Yaqub *Comparison of Virtualization Performance: VMWare and KVM* Network and System Administration Oslo University College, May 2012

Paulus Kampert *A taxonomy of virtualization technologies* Master Thesis, Delft University of Technology Faculty of Systems Engineering Policy Analysis & Management August, 2010 Pradeep Padala *Automated Management of Virtualized Data Centers* A dissertation submitted in partial fulfillment for the degree of Doctor of Philosophy (Computer Science and Engineering) in The University of Michigan 2010.

Timothy Wood *Improving Data Center Resource, Deployment, And Availability with Virtualization* A Dissertation Presented, Submitted to the Graduate School of the University of Massachusetts Amherst in fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy September 2011.

