

Evaluasi Pengembangan Disaster Recovery Center untuk Data Center Universitas Udayana

Kheri Arionadi Shobirin¹, Nyoman Putra Sastra², Made Sudarma³

[Submission: 07-12-2020, Accepted: 08-04-2021]

Abstract – Data Center has a vital and strategic role in supporting university operations. Based on Government Regulation No.17 of 2019 article 20 section 1: Every Data Center owner must have a Disaster Recovery Center.

Evaluation of Disaster Recovery Center Development for Udayana University Data Center conducted by considering aspects of natural threats, human threats, environmental threats, existing Data Center specification, virtualization, and cloud technology used to maintain the availability of Data Center services for Udayana University with the most efficient development costs.

Using cost comparison for DRC development and operation for 3 years, found that implementation cost of Cloud DRC 3 times higher compare to Conventional DRC. High cloud computing cost contribute 67% of Cloud DRC cost structure.

Intisari – Data Center memiliki peran vital dan strategis dalam mendukung operasional perguruan tinggi. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.17 tahun 2019 pasal 20 ayat 1: Setiap pemilik Data Center wajib memiliki Disaster Recovery Center.

Evaluasi Pengembangan Disaster Recovery Center untuk Data Center Universitas Udayana dilakukan dengan mempertimbangkan aspek ancaman alam, ancaman manusia, ancaman lingkungan, spesifikasi Data Center, virtualisasi dan teknologi cloud yang digunakan untuk menjaga ketersediaan layanan Data Center bagi Universitas Udayana dengan biaya pengembangan yang paling efisien.

Dengan membandingkan biaya untuk pembangunan dan operasional DRC, ditemukan bahwa biaya implementasi Cloud DRC 3 kali lebih tinggi dibanding dengan DRC Konvensional. Biaya komputasi awan yang tinggi berkontribusi 67% terhadap struktur biaya Cloud DRC.

Kata Kunci – Data Center/DC, Disaster Recovery Center/DRC, Teknologi Virtualisasi dan Biaya Pengembangan.

I. PENDAHULUAN

Universitas Udayana yang berdiri sejak tanggal 17 Agustus 1962 merupakan perguruan tinggi dengan kampus terbesar yang ada di pulau Bali. Untuk tahun 2018 Universitas Udayana memiliki 17.208 Mahasiswa dan 1.631 Dosen Tetap, belum termasuk dosen tidak tetap dan tenaga pendukung lainnya.

Untuk mendukung operasionalnya, Universitas Udayana

memiliki dua buah DC. DC yang terletak di gedung GDLN kampus Jalan Sudirman yang merupakan DC utama tempat dilakukannya proses komputasi dan penyimpanan data dan sekaligus penempatan pusat jaringan data dan suara untuk lokasi kampus Jalan Sudirman. DC kedua terletak di gedung USDI kampus Bukit Jimbaran yang merupakan lokasi penempatan pusat jaringan data dan suara untuk lokasi kampus bukit Jimbaran.

DC GDLN dan DC USDI berada pada Lempeng Eurasia yang selalu didorong oleh Lempeng Indo-Australia sejauh 7.5 cm per tahun sehingga menyebabkan sering terjadi gempa. DC GDLN berada pada elevasi 19 mdpl sedangkan DC USDI berada pada elevasi 74 mdpl. Jarak antara DC GDLN dan DC USDI sejauh 14.9 kilometer. Lokasi kedua DC berhadapan langsung dengan Samudera Indonesia dan berdekatan dengan 3 gunung berapi aktif yaitu Gunung Raung di arah barat laut, Gunung Agung di arah utara Gunung Rinjani di arah timur laut.

Berdasarkan klasifikasi resiko terhadap ancaman yang berasal dari alam [1] [2] DC GDLN dan DC USDI rentan terhadap tsunami, gempa dan gunung berapi.

Untuk menjaga keberlangsungan kegiatan pengolahan data dari lembaga penyedia layanan publik seperti Universitas Udayana, berdasarkan Peraturan Pemerintah No.17 tahun 2019 pasal 20 ayat 1 [3], pemerintah mewajibkan setiap pemilik DC untuk memiliki rencana keberlangsungan kegiatan untuk menanggulangi gangguan atau bencana sesuai dengan resiko dari dampak yang ditimbulkannya. Potensi kehilangan total dari data center bisa diatasi dengan adanya DC cadangan /Disaster Recovery Center (DRC).

II. STUDI LITERATUR

Berdasarkan kualitas yang dimiliki, Universitas Udayana menempati peringkat 44 dari 2.694 perguruan tinggi Indonesia yang dinilai oleh *webometrics.info* pada bulan Desember 2020 [4], peringkat 18 perguruan tinggi Indonesia yang dinilai oleh *4icu.org* pada tahun 2020 [5] dan peringkat 23 pada klaster 2 dalam sistem klasterisasi perguruan tinggi DIKTI pada tahun 2020 [6].

Walaupun masih memiliki *Gap Capability* terhadap layanan aplikasi yang diberikan oleh DC Universitas Udayana (SIMUDAPAPI, E-Registrasi dan SIMAK) yang hanya mencapai skor rata-rata sebesar 3.62 pada MEA01, MEA02 dan MEA03 dalam penelitian berbasis framework COBIT yang dilakukan Krisnandari, Wiharta dan Sastra [7], jangan sampai nilai tersebut menjadi turun ketika DC tidak bisa berfungsi ketika terjadi bencana.

¹ Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA (telp: 0361-703315; fax: 0361-4321; e-mail: kherias@gmail.com)

^{2,3} Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Jalan Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA (telp: 0361-703315; fax: 0361-4321; e-mail: ²putra.sastra@unud.ac.id, ³msudarma@unud.ac.id)



Berdasarkan laporan FEMA (*Federal Emergency Management Agency*), antara tahun 1976 hingga 2001 telah terjadi bencana dengan kategori besar sebanyak 906 di Amerika Serikat [8]. Sebanyak 43% perusahaan yang terkena bencana tidak pernah buka kembali dan sebanyak 29% tutup dalam 2 tahun setelah bencana. Jadi total sebanyak 72% perusahaan yang terkena bencana tutup dalam 2 tahun setelah kejadian.

Berdasarkan FEMA juga, dampak dari badai Andrew yang terjadi pada tahun 1992, 80% yang tidak memiliki BCP (*business continuity plan*) tutup dalam jangka waktu 2 tahun setelah kejadian.

Berdasarkan proses *backup* dan *recovery* membagi level *disaster recovery* menjadi 8 kategori [9], [10], [11] yaitu:

- Tier 0: Tanpa data backup
- Tier 1: Ada data backup tanpa site cadangan
- Tier 2: Ada data backup dengan site cadangan
- Tier 3: Electronic vaulting
- Tier 4: Point-in-time copies
- Tier 5: Transaction integrity
- Tier 6: Zero atau near-zero data loss
- Tier 7: Highly automated, business integrated solution

Berdasarkan pada standar penghitungan yang mengacu pada RPO (*recovery point objective*) dan RTO (*recovery time objective*) bisa dibedakan menjadi 4 kategori.

TABEL I.
LEVEL DISASTER RECOVERY

No	Kategori	RPO	RTO
1	Class I	Kurang dari 1 Minggu	72 Jam – 1 Minggu
2	Class II	Kurang dari 24 Jam	8 – 72 Jam
3	Class III	Kurang dari 15 menit	Kurang dari 8 Jam
4	Class IV	0 Menit	0 Menit

Implementasi DRC melalui *cloud computing* dengan model implementasi DRaaS (*disaster recovery as a service*) bisa membantu institusi dalam menjaga *business continuity* dan dari kehilangan data karena bencana [12]. Implementasi *disaster recovery center* dengan model fisik tradisional memiliki keterbatasan dalam masalah fleksibilitas jika dibandingkan dengan model virtualisasi [13], [14], [15], [16], [17], [18].

Pembangunan DRC harus mempertimbangkan aspek sebagai berikut:

- Level Tier DC dan DRC
- Jarak antara DRC dengan DC
- Kondisi Geography
- Kondisi Lingkungan
- Ketersediaan Layanan Pihak Ketiga
- Kemudahan Akses
- Kemampuan Pengembangan Lanjutan
- Ketersediaan Jaringan Data
- Biaya Investasi dan Operasional

Tantangan dalam implementasi *cloud computing* yaitu pada masalah keamanan, model pembiayaan, model pembebanan, SLA (*service level agreement*) dan kualifikasi yang harus dimigrasikan [19]. Sistem berbasis layanan *cloud computing* dengan model *Software as a Service* pada UMKM mampu memberikan tingkat kepuasan usability yang berada di atas standar [20].

Cloud computing merupakan platform yang paling ideal dalam mengimplementasikan layanan *disaster recovery* karena model *pay-as-you-go* dalam pembiayaan, kemudahan alokasi sumberdaya dan kecepatan *recovery* setelah terjadinya bencana [21], [22].

Efisiensi investasi pada implementasi *server cloud* hanya terjadi pada jangka waktu satu tahun, sedangkan untuk jangka waktu 3 tahun keatas, biaya implementasi *server cloud* lebih tinggi daripada implementasi konvensional berupa *server* fisik [23], [24]. [25].

III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan 6 buah metode/tahapan proses, yaitu:

A. Studi Literature

Studi literature dilakukan untuk menyelaraskan proses penelitian dengan literature-literature yang sudah terbit sebelumnya.

B. Pengambilan Data Langsung

Pengambilan data secara langsung dilakukan dengan melakukan akses terhadap *server* yang sedang berjalan yang dijadikan *host* untuk melihat spesifikasi host, *virtual machine* aplikasi, *virtual machine* database dan atribut-atribut lainnya.

C. Wawancara

Wawancara dilakukan secara tatap muka langsung dan atau menggunakan media email kepada sejumlah staf pelaksana dan pimpinan di Bidang Infrastruktur Teknologi Informasi yang ada di Unit Sumber Daya Informasi Universitas Udayana.

D. Sizing & Pembuatan BOQ/M

Proses *sizing* dilakukan pada DC yang saat ini dimiliki oleh Universitas Udayana untuk memperoleh spesifikasi minimal yang harus dimiliki oleh *disaster recovery center*. Dari spesifikasi tersebut diperoleh BOQ/M (*Built of Quantity / Material*) yang menjadi dasar untuk RFQ (*Request for Quotation*) dari vendor.

E. Pengumpulan Quotation

Pengumpulan Quotation dilakukan dengan melakukan pengumuman mengenai kebutuhan yang terdapat pada BOQ/M di jaringan sosial LinkedIn. Hanya Quotation yang sesuai serta vendor yang memiliki referensi baik yang diproses untuk analisa.

F. Analisa dan Kesimpulan

Analisa dilakukan untuk melihat model *disaster recovery center* yang sesuai untuk DC Universitas Udayana berdasarkan pada hasil analisa kebutuhan dan analisa biaya pengembangan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengambilan Data Langsung

DC Universitas Udayana dikelola USDI (Unit Sumber Daya Informasi) pada Bidang Infrastruktur Teknologi Informasi. DC untuk tujuan komputasi dan penyimpanan data yang berada di DC GDLN memiliki 9 unit *hardware*

komputer *server (host)* dengan total 132 unit *core processor*, 860 GB RAM dan 50TB *harddisk drive*.

Dengan mengakses konsol pada sistem VMWare secara langsung diperoleh data total *virtual machine* yang dijalankan dalam infrastruktur tersebut berjumlah 97 buah. Sembilan puluh tujuh *virtual machine* yang berjalan dalam 9 unit host digunakan untuk menjalankan 231 unit aplikasi yang digunakan oleh semua unit/bagian organisasi yang ada di Universitas Udayana.

TABEL II.
SPESIFIKASI HOST DC UDAYANA

No	Model	IP	Processor	Memory	Harddisk	VM
1	HP DL380 G7	x.x.x.50	12 Core	256 GB	10.0 TB	17
2	HP DL380 G7	x.x.x.51	12 Core	24 GB	1.0 TB	2
3	HP DL380 G9	x.x.x.52	12 Core	48 GB	0.7 TB	7
4	HP DL380 G9	x.x.x.67	20 Core	132 GB	3.3 TB	6
5	HP DL380 G9	x.x.x.68	20 Core	132 GB	6.0 TB	9
6	HP DL380 G9	x.x.x.69	20 Core	132 GB	5.5 TB	11
7	HP DL380 G7	x.x.x.70	12 Core	64 GB	12.0 TB	12
8	HP DL380 G7	x.x.x.71	12 Core	64 GB	12.0 TB	13
9	HP DL30 G7	x.x.x.79	12 Core	8 GB	0.3 TB	20

Sebanyak 3 buah host merupakan *server* Hewlett Packard dengan model DL380 G9, sebanyak 5 buah *host* merupakan *server* Hewlett Packard dengan model DL380 G7 dan 1 buah *host* merupakan *server* Hewlett Packard dengan model DL30 G7. Untuk data lengkap spesifikasi host sebagaimana terlihat dalam Table II.

B. Wawancara

Setelah melakukan evaluasi terhadap *virtual machine* pada DC dengan menggunakan matrik penilaian resiko berdasar pada konsekuensi (*consequences*) dan pada paparan (*likelihood*), dilakukan wawancara dengan operator DC sehingga diperoleh 3 kategori untuk penggolongan *virtual machine*.

1) *Virtual machine Kategori 1*: Merupakan *virtual machine* yang digunakan untuk aplikasi dan database yang

2) *Virtual machine Kategori 2*: Merupakan *virtual machine* yang digunakan untuk aplikasi dan database yang harus bisa kembali beroperasi antara satu hari hingga satu minggu sejak terjadi bencana. Terdapat 22 buah *virtual machine* untuk kategori dua.

3) *Virtual machine Kategori 3*: Merupakan *virtual machine* yang digunakan untuk aplikasi dan database yang harus bisa kembali beroperasi lebih dari satu minggu sejak terjadi bencana. Terdapat 21 buah *virtual machine* untuk kategori tiga.

Berdasarkan pengkategorian dan pemilahan *virtual machine* yang dimiliki oleh DC Universitas Udayana diperoleh sebanyak 65 buah VM yang harus ada dalam DRC. Jumlah ini lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah total existing *virtual machine* yang ada pada saat ini yaitu sebanyak 97 buah *virtual machine*. Selisih jumlah *virtual machine* yang berjumlah 32 buah merupakan *virtual machine* yang digunakan untuk *backup* dari *virtual machine* aplikasi dan *virtual machine* database yang sedang berjalan.

C. Sizing DC

Selain jumlah *virtual machine* yang berkurang, jumlah *storage* yang diperlukan juga berubah sehingga spesifikasi untuk kebutuhan penyimpanan berubah menjadi 25TB. Untuk mempertimbangkan ekspansi kebutuhan penyimpanan *storage* dialokasikan *harddisk* sebanyak 6 unit dengan kapasitas 10TB dengan menggunakan RAID 6 pada NAS (*network attached storage*) kapasitas 12 slot sehingga akan diperoleh kapasitas penyimpanan sebesar 40TB. Jika masih diperlukan maka masih tersedia 6 slot untuk diisi dengan *harddisk* yang memiliki spesifikasi yang sama.

Untuk alokasi *core processor* dan RAM tetap tidak berubah karena utilisasinya masih di atas 100% dari kapasitas yang tersedia, yaitu 240% untuk processor dan 147% untuk RAM. Untuk lebih jelas bisa dibaca pada Tabel III.

D. DRC Universitas Udayana

TABEL III
HASIL RESIZING DATA CENTER UNIVERSITAS UDAYANA

SERVER NAME	SERVER 50	SERVER 51	SERVER 52	SERVER 67	SERVER 68	SERVER 69	SERVER 70	SERVER 71	TOTAL
IP Address	172.16.121.50	172.16.121.51	172.16.121.52	172.16.121.67	172.16.121.68	172.16.121.69	172.16.121.70	172.16.121.71	
Brand Model	HP DL380 G7	HP DL380 G7	HP DL380 G7	HP DL380 G9	HP DL380 G9	HP DL380 G9	HP DL380 G7	HP DL380 G7	
CPU Brand	Intel(R) Xeon®								
CPU Models	X5660	X5660	X5660	E5-2650 v3	E5-2650 v3	E5-2650 v3	E5649	E5649	
CPU Frequency	2.80GHz	2.80GHz	2.80GHz	2.30GHz	2.30GHz	2.30GHz	2.53GHz	2.53GHz	
CPU Cores	2 x 6 Cores	2 x 6 Cores	2 x 6 Cores	2 x 10 Cores	2 x 10 Cores	2 x 10 Cores	2 x 6 Cores	2 x 6 Cores	
CPU Cores	12	12	12	20	20	20	12	12	120
vCPU	24	24	24	40	40	40	24	24	240
vCPU Allocated	145	8	68	79	89	99	46	43	577
vCPU Allocation %	604%	33%	283%	198%	223%	248%	192%	179%	240%
HDD Cap (GB)	10.001,25	1.090,00	690,00	3.300,00	6.000,00	5.450,00	11.923,75	11.370,00	49.825,00
HDD Used (GB)	5.303,84	16,08	1.231,95	1.328,18	1.613,22	3.244,54	8.052,26	4.217,45	25.807,52
HDD Free (GB)	4.697,41	273,92	(541,95)	1.971,82	4.386,78	2.205,46	3.871,49	7.152,55	24.017,48
HDD Free %	47%	25%	-79%	60%	73%	40%	32%	63%	48%
RAM Capacity (MB)	212.992,00	24.576,00	45.056,00	131.072,00	131.072,00	131.072,00	65.536,00	65.536,00	806.912,00
RAM Allocated (MB)	351.232,00	16.384,00	73.728,00	130.048,00	165.888,00	218.112,00	143.360,00	87.940,00	1.186.692,00
RAM Allocation %	165%	67%	164%	99%	127%	166%	219%	134%	147%

harus bisa kembali beroperasi dalam satu hari. Terdapat 22 buah *virtual machine* untuk kategori satu.

Kheri A. Shobirin dkk: Evaluasi Pengembangan Disaster ...

Berdasarkan proses *resizing* DC Universitas Udayana, diperoleh spesifikasi *disaster recovery center* untuk DC Universitas Udayana seperti tampak pada Tabel IV.

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372



TABEL IV.
KEBUTUHAN DISASTER RECOVERY CENTER

No	Spesifikasi	DC	Resizing	DRC
1	Host Server	9 Unit	8 Unit	5 Unit
2	Processor	132 Core	120 Core	160 Core
3	Memory	860 GB	806 GB	1.280 GB
4	Storage	50 TB	25 TB	40 TB ~ 6 x 10TB RAID6
5	Virtual Machine	97 VM	65 VM	65 VM
6	Aplikasi	231 aplikasi	231 aplikasi	231 aplikasi

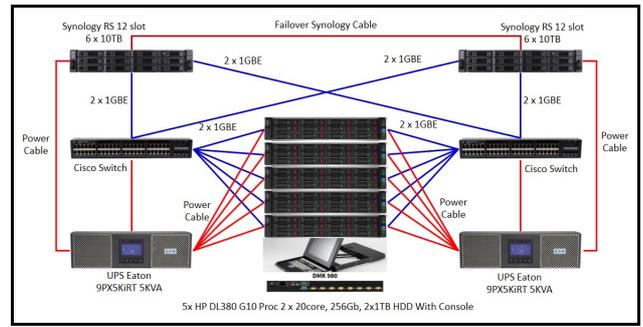
Tabel IV merupakan informasi yang diberikan kepada vendor layanan *cloud* untuk memperoleh harga jasa layanan *cloud* yang digunakan sebagai DRC (DRaaS: *Disaster Recovery as a Service*).

TABEL V.
SPESIFIKASI DISASTER RECOVERY CENTER

No	Deskripsi	Jumlah	Satuan
1	Rack 42U	1	Lot
2	Power Distribution Unit	2	Lot
3	UPS Eaton 9PX 9PX5KiRT 5KVA	2	Lot
4	Rackmount Keyboard & LCD Monitor	1	Lot
5	8 ports KVM Switch	1	Lot
6	Server HP DL380 G10 – 2 proc @16 Core – 256 GB RAM – 2x1TB HDD – 2PSU	5	Lot
7	Synology RS3617RPxs – 6x10TB HDD WD101KFBX – 68R56N0	2	Lot
8	Switch 24 ports Gigabit Ethernet	2	Lot
9	Cable Management	1	Lot
10	Hardware Installation	1	Lot

Untuk memenuhi kebutuhan spesifikasi *disaster recovery center* Universitas Udayana dibuat konfigurasi komponen perangkat *hardware* yang disatukan dalam satu paket *rack DC*.

Tabel V merupakan RFQ yang diberikan kepada *vendor system integrator* untuk memperoleh harga paket *disaster recovery center* dalam satu *rack*. Paket *rack disaster recovery center* dipasang pada ruang *disaster recovery center* milik



Gambar 1: Konfigurasi DRC Universitas Udayana

Implementasi DRC untuk DC Universitas Udayana akan mengevaluasi 3 solusi alternatif yaitu:

1) *DRC Konvensional*:

Dalam DRC konvensional dibangun DC baru yang difungsikan sebagai DRC. DC dan DRC berjalan parallel secara bersamaan.

Biaya *colocation* diperlukan untuk menempatkan Paket *rack DRC* yang akan diimplementasikan. Biaya dihitung berdasarkan jumlah area dan kapasitas listrik yang diperlukan. Karena DRC bisa dirakit menjadi 1 Paket *rack DRC* maka biaya yang diperlukan adalah biaya *colocation* untuk satu buah *rack DRC*.

2) *DRC Warm/Cold Cloud*

Pada DRC yang menggunakan metode *warm cloud* dan *cold cloud* dibangun tempat penyimpanan *backup* data pada *cloud storage*. Ketika DC utama mengalami kerusakan maka *backup* data yang berada di *cloud storage* diaktifkan dan difungsikan sebagai DRC. Selama DC aktif maka DRC tidak diaktifkan dan hanya melakukan proses *backup* dari DC yang sedang aktif.

TABEL VI
RINGKASAN HARGA PENAWARAN UNTUK PAKET DATA CENTER DARI 5 VENDOR SYSTEM INTEGRATOR

NO	Deskripsi Perangkat	Jumlah	Satuan	Harga Rata-Rata		Harga Terendah	
				Harga Satuan	Harga Total	Harga Satuan	Harga Total
1	Rack 42U	1	Lot	16,827,250	16,827,250	10,005,000	10,005,000
2	Power Distribution Unit	2	Lot	2,149,250	4,298,500	920,000	1,840,000
3	UPS EATON 9 PX 9PX5KiRT 5KVA	2	Lot	55,824,400	111,648,800	28,750,000	57,500,000
4	1U Rackmount Keyboard & LCD Monitor	1	Lot	36,210,250	36,210,250	27,830,000	27,830,000
5	8 ports KVM switch	1	Lot	21,455,617	21,455,617	15,000,000	15,000,000
6	Server HP DL380 G10 - 2 proc @16Core - 256GB RAM - 2x1TB HDD - 2 PSU	5	Lot	239,550,750	1,197,753,750	180,642,000	903,210,000
7	Synology RS3617RPxs with 6x 10TB HDD WD101KFBX - 68R56N0	2	Lot	133,741,558	267,483,116	109,725,000	219,450,000
8	Switch 24 ports Gigabit Ethernet	2	Lot	27,298,087	54,596,174	45,000,000	90,000,000
9	Cable Management	1	Lot	13,333,333	13,333,333	10,000,000	10,000,000
10	Hardware Installation	1	Lot	100,000,000	100,000,000	15,000,000	15,000,000
TOTAL				1,823,606,789	1,823,606,789	TOTAL	1,349,835,000

pihak ketiga dengan status *colocation*.

Penyusunan konfigurasi DRC untuk DC Universitas Udayana bisa dilihat dalam Gambar I.

Dalam skema DRC dengan metode *cold cloud*, *backup* terhadap *virtual machine* dilakukan dalam bentuk *file storage*. Tidak ada *virtual machine* yang aktif sehingga biaya operasional yang dikeluarkan hanya dalam bentuk biaya layanan *cloud storage*. DRC *cold cloud* tidak memerlukan lisensi *software* tambahan untuk Host ataupun *virtual machine*

karena lisensi menggunakan lisensi yang ada pada DC. Lisensi pada DRC *cold cloud* baru aktif pada saat DC mengalami kegagalan dalam menjalankan fungsinya sehingga DRC harus aktif menggantikan DC utama.

mengimplementasikan DRC yang digunakan untuk DC Universitas Udayana.

1) *Biaya DRC Konvensional*

Berdasarkan RFQ untuk pembuatan DC yang diberikan kepada *vendor* diperoleh 5 penawaran harga dengan ringkasan harga penawaran seperti yang terdapat pada Table VI.

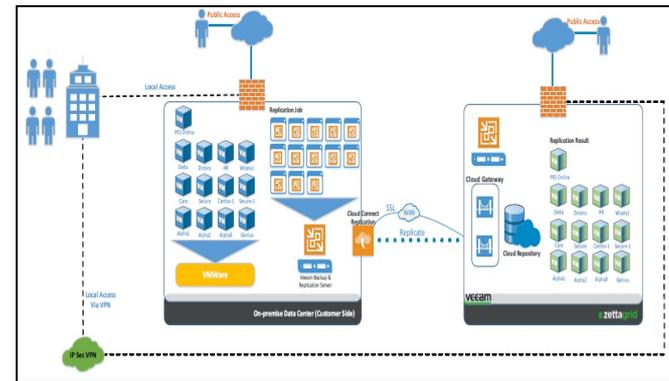
Dalam table ditampilkan data penawaran yang dirangkum menjadi 2 kelompok harga, yaitu harga rata-rata dan harga terendah. Harga satuan untuk harga rata-rata diperoleh dengan menghitung harga rata-rata dari setiap item yang terdapat dalam penawaran *vendor*. Sedangkan harga satuan untuk harga terendah diperoleh dengan mengambil harga terendah dari setiap item yang terdapat dalam penawaran *vendor*.

Dari hasil perhitungan berdasarkan harga penawaran diperoleh harga terendah untuk pengadaan perangkat DC adalah sebesar Rp 1.349.835.000 (satu milyar tiga ratus empat puluh sembilan juta delapan ratus tiga puluh lima ribu rupiah). Sedangkan harga rata-rata untuk pengadaan perangkat DC adalah sebesar Rp 1.823.606.789 (satu milyar delapan ratus dua puluh tiga juta enam ratus enam juta tujuh ratus delapan puluh sembilan rupiah)

TABEL VII.

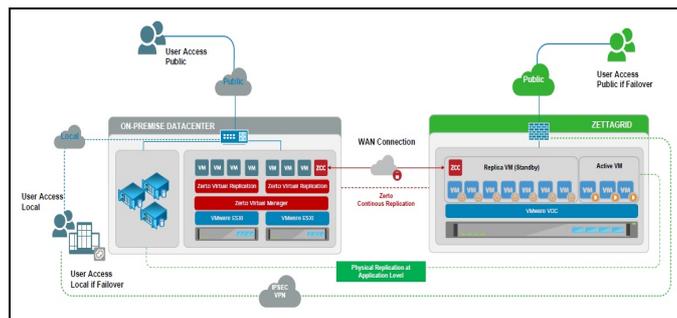
BIAYA COLOCATION DARI 4 VENDOR DATA CENTER

Deskripsi Layanan	Biaya Rata-rata	Biaya Terendah
Ukuran Rack Sever	42 U	42 U
Kebutuhan Listrik	10 KVA	10 KVA
Biaya Tambahan per 1KVA	415.000	220.000
Biaya Instalasi	2.300.000	1.000.000
Biaya Bulanan	10.950.000	6.500.000
BW IIX 100Mbps	2.500.000	2.500.000
Total Biaya Bulanan	13.450.000	9.000.000
Biaya 1 Tahun	161.400.000	108.000.000
Biaya 3 Tahun	484.200.000	324.000.000



Gambar 2: Topologi DRC Cold Cloud

Dalam skema DRC *warm cloud*, backup terhadap *virtual machine* di DC dilakukan dalam bentuk *virtual machine* yang tidak aktif di DRC sehingga tidak memerlukan biaya *cloud compute engine*. Ada beberapa *virtual machine* yang aktif untuk menjalankan fungsi sebagai *host* untuk *virtual machine* sehingga biaya yang diperlukan tentunya lebih tinggi dari biaya DRC *cold cloud*.



Gambar 3: Topologi DRC Warm Cloud

Pada DRC *warm cloud* diperlukan lisensi tambahan untuk *host* dan *virtual machine* yang aktif. *Virtual machine* yang aktif diperlukan untuk melakukan kontrol terhadap proses backup *virtual machine* dari DC ke DRC *cloud*.

3) *DRC Hot Cloud*

Pada DRC dengan metode *hot cloud* dibangun DC baru dalam layanan *cloud* yang difungsikan sebagai DRC. DC dan DRC berjalan secara *parallel*. Karena DC dan DRC berjalan secara *parallel* maka lisensi yang diperlukan untuk DRC jumlahnya sama dengan lisensi yang diperlukan untuk DC.

E. *Biaya Implementasi DRC*

Biaya implementasi DRC baik itu DRC konvensional, DRC *warm cloud*, DRC *cold cloud* dan DRC *hot cloud* dikumpulkan dari semua *vendor* untuk memperoleh informasi mengenai seberapa besar biaya yang diperlukan untuk mengimplementasikannya.

Biaya implementasi yang dibandingkan adalah biaya-biaya yang terkait langsung dengan pengadaan perangkat keras, perangkat lunak dan fasilitas yang diperlukan untuk Kheri A. Shobirin dkk: Evaluasi Pengembangan Disaster ...

Untuk mengimplementasikan DRC Konvensional diperlukan ruangan yang memenuhi syarat sebagai tempat yang difungsikan untuk DC. Berikut ini adalah biaya *colocation* untuk paket DC berupa satu buah *rack* berukuran 42U. Mengingat lokasi DC yang berada di Kota Denpasar maka lokasi *colocation* untuk DRC berdasarkan kriteria pemilihan lokasi berada di sekitar Kota Jakarta.

Biaya rata-rata *colocation* diperoleh dengan membuat rata-rata biaya *colocation* dari penawaran harga *colocation* yang diajukan oleh semua *vendor*. Sedangkan biaya minimum *colocation* diperoleh dengan mengambil harga *colocation* paling rendah dari penawaran harga *colocation* yang diajukan oleh semua *vendor*.

Biaya kontrak *colocation* diambil dengan durasi 3 tahun mengingat tingkat kesulitan dari proses pemindahan *disaster recovery center* dari satu *vendor colocation* ke *vendor colocation* yang lain. Hal lain yang dipertimbangkan adalah adanya resiko jeda tanpa *disaster recovery center* ketika proses pemindahan dilakukan.

Berdasarkan komponen harga tersebut diperoleh biaya rata-rata untuk mengimplementasikan DRC Konvensional sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan dalam jangka waktu 3 (tiga) tahun untuk DC Universitas Udayana adalah sebesar Rp



2.307.806.789 (dua milyar tiga ratus tujuh juta delapan ratus enam ribu tujuh ratus delapan puluh sembilan rupiah).

Sedangkan biaya minimum untuk mengimplementasikan DRC Konvensional sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan dalam jangka waktu 3 (tiga) tahun untuk DC Universitas Udayana adalah sebesar Rp 1.673.835.000 (satu milyar enam ratus tujuh puluh tiga juta delapan ratus tiga puluh lima ribu rupiah).

2) Biaya DRC Warm/Cold Cloud

Terdapat 2 vendor cloud yang menawarkan harga untuk disaster recovery center dengan kategori cold cloud dan 2 vendor cloud yang menawarkan harga untuk disaster recovery center dengan kategori warm cloud.

Pada Tabel VIII terlihat jika harga DRC cold cloud dalam jangka waktu 3 (tiga) tahun untuk DC Universitas Udayana yang paling rendah adalah sebesar Rp 685.140.000 (enam ratus delapan puluh lima juta seratus empat puluh ribu rupiah).

TABEL VIII.
BIAYA DRC COLD CLOUD DARI 2 VENDOR CLOUD

Deskripsi	Vendor 1A	Vendor 2A
Biaya Bulanan	49.300.000	18.615.000
Biaya Instalasi	45.000.000	15.000.000
Biaya per 1 Tahun	636.600.000	238.380.000
Biaya per 3 tahun	1.819.800.000	685.140.000
Biaya DRC Activ per Hari (Biaya Komputasi)	10.800.667	7.540.942
Infrastructure Provider	Zetta Grid	Local

Pada Tabel IX bisa dilihat jika harga DRC metode warm cloud dalam jangka waktu 3 (tiga) tahun untuk DC Universitas Udayana yang paling rendah adalah sebesar Rp 3.315.000.000 (tiga milyar tiga ratus lima belas juta rupiah).

TABEL IX.
BIAYA DRC WARM CLOUD DARI 3 VENDOR CLOUD

Deskripsi	Vendor 1B	Vendor 2B	Vendor 3B
Biaya Bulanan	102.000.000	91.666.667	95.914.500
Biaya Instalasi	25.000.000	15.000.000	0
Biaya per 1 Tahun	1.249.000.000	1.115.000.000	1.150.974.000
Biaya per 3 tahun	3.697.000.000	3.315.000.000	3.452.922.000
Biaya DRC Activ per Hari (Biaya Komputasi)	12.348.000	7.540.942	8.978.750
Infrastructure Provider	Zetta Grid	Local	Google Cloud

Dari komponen biaya yang ada pada biaya DRC metode cold cloud dan DRC metode warm cloud terdapat komponen Biaya DRC Active atau biaya komputasi per hari. Biaya tersebut adalah biaya per hari yang harus dibayar untuk mengaktifkan semua virtual machine pada DRC ketika DC mengalami kegagalan dalam beroperasi sehingga semua fungsi komputasi serta kapasitas penyimpanan dipindahkan ke DRC.

3) Biaya DRC Hot Cloud

Terdapat 3 vendor cloud yang menawarkan harga untuk DRC dengan kategori hot cloud.

TABEL X.
BIAYA DRC HOT CLOUD DARI 3 VENDOR CLOUD

Deskripsi	Vendor 2C	Vendor Azure	Vendor 3A
Biaya Bulanan	226.242.990	220.192.000	269.362.500
Biaya Instalasi	15.000.000	0	0
Biaya per 1 Tahun	2.729.915.880	2.642.304.000	3.232.350.000
Biaya per 3 tahun	8.159.747.640	7.926.912.000	9.697.050.000
Biaya DRC Activ per Hari (Biaya Komputasi)	0	0	0
Infrastructure Provider	Azure	Azure	Google Cloud

Harga paling rendah untuk mengimplementasikan DRC hot cloud dalam jangka waktu 3 (tiga) tahun adalah sebesar Rp 7.926.912.000 (tujuh milyar sembilan ratus dua puluh enam juta Sembilan ratus dua belas ribu rupiah).

Pada DRC hot cloud tidak terdapat komponen Biaya DRC Active per Hari karena biaya pada DRC hot cloud semua virtual machine sudah dalam kondisi berjalan.

4) Perbandingan Biaya DRC

Tabel XI menunjukkan perbandingan informasi biaya implementasi DRC dengan menggunakan metode konvensional, cold cloud, warm cloud dan hot cloud.

TABEL XI.
BIAYA DRC KONVENSIONAL, COLD / WARM / HOT CLOUD

Tipe DRC	Biaya DC	Durasi Downtime	Biaya DRC		
			Investasi Awal	Operasional per Bln	Komputasi per Bln
Konvensional	1.349.835.000	8 Bulan	1.349.835.000	9.000.000	0
Cold Cloud	1.349.835.000	8 Bulan	15.000.000	18.615.000	7.540.942
Warm Cloud	1.349.835.000	8 Bulan	15.000.000	90.416.667	7.540.942
Hot Cloud	1.349.835.000	8 Bulan	0	220.192.000	0

Dengan asumsi sebagai berikut dibawah ini, maka bisa dibandingkan biaya implementasi DRC untuk setiap metode untuk memperoleh data biaya implementasi DRC total dalam waktu 3 tahun.

- Terjadi satu kali bencana yang menyebabkan kerusakan total pada DC Universitas Udayana sehingga DC yang baru harus dibangun.
- Ketika DC utama mengalami kerusakan total, DRC difungsikan dan diaktifkan sebagai DC pengganti.
- Pada saat DRC difungsikan sebagai DC utama maka diperlukan DRC pengganti yang menggunakan metode cold cloud.
- Proses pengadaan dan pembangunan kembali DC diasumsikan memerlukan waktu selama 8 (delapan) bulan.

TABEL XII
 PERBANDINGAN BIAYA TOTAL IMPLEMENTASI DRCUNTUK SEMUA METODE

Type DRC	Biaya Total Selama 3 tahun dengan kehilangan total pada bulan ke-x																	
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
Konvensional	3.188	3.188	3.188	3.188	3.188	3.188	3.188	3.188	3.188	3.188	3.188	3.188	3.188	3.188	3.188	3.188	3.188	3.188
Cold Cloud	4.009	4.009	4.009	4.009	4.009	4.009	4.009	4.009	4.009	4.009	4.009	4.009	4.009	4.009	4.009	4.009	4.009	4.009
Warm Cloud	6.594	6.594	6.594	6.594	6.594	6.594	6.594	6.594	6.594	6.594	6.594	6.594	6.594	6.594	6.594	6.594	6.594	6.594
Hot Cloud	9.441	9.441	9.441	9.441	9.441	9.441	9.441	9.441	9.441	9.441	9.441	9.441	9.441	9.441	9.441	9.441	9.441	9.441

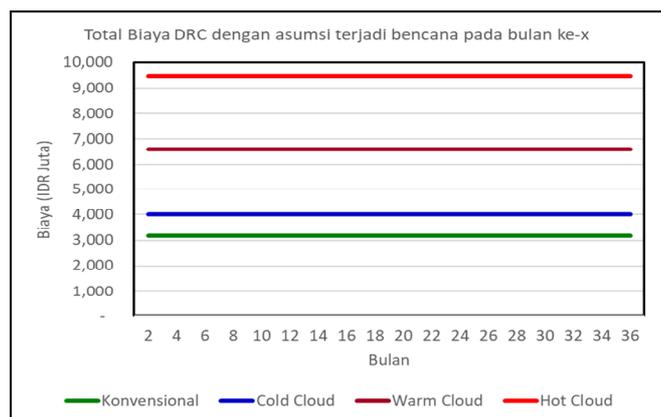
- Ketika DC baru selesai dibangun maka dilakukan proses migrasi data dari DRC yang aktif sebagai DC Utama ke DC yang baru.
- Ketika DC yang baru bisa difungsikan menjadi DC Utama maka DRC yang aktif sebagai DC utama dikembalikan fungsinya menjadi DRC kembali.
- Ketika fungsi DRC yang sebelumnya difungsikan menjadi DC utama dikembalikan menjadi DRC maka DRC pengganti yang aktif menggunakan metode *cold cloud* bisa dihentikan layanannya.

Berdasarkan asumsi tersebut di atas bisa dihitung biaya total implementasi DRC selama 3 tahun. Untuk menghitung biaya total dengan menggunakan persamaan 1.

$$C_{Total} = C_{inv} + (C_{ops} \times 36_{bl}) + (C_{down} \times 8_{bl}) + C_{ndc} + (C_{idrecc} + (C_{drecc} \times 8_{bl})) \dots\dots\dots(1)$$

- $C_{investasi}$: Cost investasi awal DRC
- C_{ops} : Cost operasional DRC pada saat DC beroperasi
- C_{down} : Cost aktivasi DRC pada saat DC mati / Cost Komputasi
- C_{ndc} : Cost new DC / pengganti DC yang rusak dan tidak termasuk biaya pembangunan gedung.
- C_{idrecc} : Cost investasi DRC metode *cold cloud*
- C_{drecc} : Cost DRC metode *cold cloud*

Berdasarkan angka yang terdapat pada Tabel XI yang kemudian dimasukkan ke dalam Persamaan 1 diperoleh data sebagaimana seperti yang terdapat pada Tabel XII. Kemudian jika Tabel XII dipetakan ke dalam suatu grafik maka dihasilkan grafik seperti tampak pada Gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4: Grafik Perbandingan Biaya Implementasi DRC Total

Dari Grafik yang terdapat pada Gambar 4 bisa dilihat bahwa biaya implementasi total DRC untuk DC Universitas Udayana yang paling rendah adalah dengan menggunakan metode konvensional. Sedangkan biaya implementasi paling

tinggi adalah dengan menggunakan metode *hot cloud*. Hal ini terjadi karena disebabkan oleh masih tingginya biaya komputasi di *cloud* untuk layanan komputasi yang bersifat tetap dan terus menerus. Biaya komputasi awan yang tinggi berkontribusi 67% terhadap struktur biaya.

Dari Tabel XII ataupun dari Gambar 4 bisa dihitung perbandingan antara biaya implementasi DRC dengan metode konvensional, DRC dengan metode *cold cloud*, DRC dengan metode *warm cloud* dan DRC dengan metode *hot cloud* dengan perbandingan 1.00 : 1.26 : 2.07 : 2.96.

Artinya biaya implementasi DRC metode *cold cloud* 1.26x lebih tinggi dari biaya implementasi DRC metode konvensional. Biaya implementasi DRC metode *warm cloud* 2.07x lebih tinggi dari biaya implementasi DRC metode konvensional. Sedangkan biaya implementasi DRC metode *hot cloud* 2.96x lebih tinggi dari biaya implementasi DRC metode konvensional.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dalam evaluasi pengembangan DRC untuk DC di Universitas Udayana diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan mempertimbangkan tingkat resiko keterpaparan yang tinggi terhadap bencana gempa bumi, gunung berapi serta tsunami, DC Universitas Udayana memiliki potensi terhadap kehilangan total.
2. DRC model konvensional paling ideal diimplementasikan sebagai DRC untuk DC Universitas Udayana. Jika DRC konvensional diimplementasikan dengan metode Cold DRC atau Warm DRC maka bisa tersedia *computing resources* yang bisa digunakan untuk sarana riset.
3. Pada proses *resizing* dilakukan VM *cleansing*. *Data cleansing* pada data dalam setiap *virtual machine* terutama untuk penyimpanan file individu ataupun *sharing storage* tidak dilakukan. *Data cleansing* untuk file gambar, music dan video yang tidak berhubungan dengan operasional Universitas Udayana bisa mengurangi ukuran *storage* secara signifikan.
4. Penggabungan beberapa aplikasi dalam satu *server* sudah dilakukan. Penyusunan arsitektur yang lebih efektif dan efisien mampu mengurangi jumlah VM dan *storage* yang digunakan. Ukuran file instalasi OS bisa jadi lebih besar jika dibandingkan dengan aplikasi yang dilayaninya.
5. Dengan membandingkan biaya DRC untuk pembangunan dan operasional, ditemukan bahwa biaya implementasi *Cloud DRC* 3 kali lebih tinggi dibanding dengan DRC



Konvensional. Biaya komputasi awan yang tinggi berkontribusi 67% terhadap struktur biaya *Cloud* DRC.

REFERENSI

- [1] Dominic M. Began. "Disaster Recovery Considerations for Academic Institution". *Disaster Prevention and Management* Vol.20 No.4, 2011.
- [2] Marianne Swanson, Pauline Bowen, Amy Wohl Phillips, Dean Gallup dan David Lynes. "Contingency Planning Guide for Federal Information Systems - Recommendations of the National Institute of Standards and Technology". *NIST Special Publication 800-34 Rev. 1*: 2010.
- [3] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 Pasal Tentang Penyelenggaraan Sistem Dan Transaksi Elektronik. 2019.
- [4] (2020) Ranking Web of Universities [Online]. Available: <http://webometrics.info/en/detalles/unud.ac.id>
- [5] (2020) University Ranking 4ICU [Online]. Available: <https://www.4icu.org/reviews/2221.htm>
- [6] (2020) Klasterisasi Perguruan Tinggi [Online]. Available: <http://klasterisasi-pt.kemdikbud.go.id/id=001013>
- [7] Anak Agung Made Dian Krisnandari, Dewa Made Wiharta dan Nyoman Putra Sastra. "Penerapan Teknologi Informasi dalam Reformasi Birokrasi pada Bidang Pendidikan". *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 18, No. 2, Mei - Agustus 2019.
- [8] Virginia Cerullo dan Michael J Cerullo. "Business Continuity Planning: A Comprehensive Approach". *ISM Journal Summer* 2004.
- [9] Robert Kern dan Victor Peltz. "Disaster Recovery Levels". *IBM System Magazine* November 2003.
- [10] W. Pitt Turner IV, PE, John H. Seader, PE, Vince Renaud, PE, and Kenneth G. Brill. "Tier Classification Define Site Infrastructure Performance". White Paper Uptime Institute. 2008.
- [11] A. Srinivas, Y. Seetha Ramayya dan B. Venkatesh. "A study on Cloud Computing Disaster Recovery". *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, Vol.1 Issue.6 p1380-1388, 2013.
- [12] Dennis C. Guster and Olivia F. Lee. "Enhancing the Disaster Recovery Plan through Virtualization". *Journal of Information Technology Research*, Vol.4 (4) p18-40, 2011.
- [13] Dennis C. Guster, Olivia F. Lee, Brandon P. McCann. "Outsourcing and replication Consideration in Disaster Recovery Planning". *Disaster Prevention and Management* Vol.21, No.2, 2012.
- [14] Cahyo Prihantoro, Hanung Adi Nugroho, Wing Wahyu Winarno. "Komponen Dasar Implementasi *Cloud Computing* Strategy Kategori Software as a Service (SaaS) dan Infrastructure as a Service (IaaS)". *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia* 5.2.19-24, 2015.
- [15] Omar H Alhazmi, dan Yashwant K Malaiya. "Evaluating disaster recovery plans using the cloud". *Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)* 28-31 Jan 2013.
- [16] Peter Mell dan Timothy Grance. "The NIST Definition of Cloud Computing - Recommendations of the National Institute of Standards and Technology". *NIST Special Publication 800-145*, 2011.
- [17] Mohammad Ali Khoshkholghi, Azizol Abdullah, Rohaya Latip, Shamala Subramaniam & Mohamed Othman. "Disaster Recovery in Cloud Computing: A Survey". *Computer and Information Science*, Vol. 7, No.4, 2014.
- [16] Lee Badger, Tim Grance, Robert Patt-Corner dan Jeff Voas. "Cloud Computing Synopsis and Recommendations - Recommendations of the National Institute of Standards and Technology". *NIST Special Publication 800-146*. 2012.
- [17] Tharam Dillon, Chen Wu dan Elizabeth Chang. *Cloud Computing: issues and Challenges*". *24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, p27-33, 2010.
- [18] Rifky Lana Rahardian, Linawati dan Made Sudarma. "Implementasi Layanan *Cloud Computing Software As a Service* Pada Usaha Mikro Kecil dan Menengah". *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 17, No. 3, September - Desember 2018.
- [19] Abedallah Zaid Abualkishik, Ali A. Alwan dan Yonis Gulzar. "Disaster Recovery in Cloud Computing Systems: An Overview". *International Journal of Advance Computer Science and Application (IJACSA)*, Vol. 11, No. 9, 2020.
- [20] Timothy Wood, Emmanuel Cecchet, K.K. Ramakrishnan, Prashant Shenoy, Jacobus van der Merwe dan Arus Venkataramani. "Disaster Recovery as a Cloud Service: Economic Benefits & Deployment Challenges". *HotCloud'10: Proceedings of the 2nd USENIX conference on Hot topics in cloud computing*, June 2010.
- [21] I Ketut Adi Kurniawan, Nyoman Putra Sastra dan Made Sudarma. "Analisis Performansi Dan Efisiensi *Cloud Computing* Pada Sistem Perbankan". *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 19, No. 1, Januari - Juni 2020.
- [22] (2021) ECAR-TCO Working Group. "TCO for Cloud Services: A Framework". Research bulletin. Louisville, CO: ECAR. [Online] Available: <http://www.educause.edu/ecar>.
- [23] (2021) Jacob Gsoedl. "Disaster Recovery Site Option: Hot, Warm and Cold Site". [Online] Available: <http://searchdisasterrecovery.techtarget.com/news/1370733/Disaster-recovery-site-options-Hot-warm-and-cold-sites>.
- [24] (2021) Jahmel, "How Much Does Disaster Recovery Cost?" [Online]. Available: <https://www.atg-it.co.uk/disaster-recovery-business-continuity/how-much-does-disaster-recovery-cost/>
- [25] (2021) Optimal Networks. "How Much Does Disaster Recovery Cost?" [Online] Available: <https://resource.optimalnetworks.com/blog/2015/08/31/cost-disaster-recovery>