Perancangan Arsitektur Disaster Recovery Center Perguruan Tinggi Menggunakan Design Science Research

*Rizal Wiedha Verika[1]**
[1]Magister Teknologi Informasi,UIN Syarif Hidayatullah Jakarta

*Corresponding:rizal.wiedha@uinjkt.ac.id**
Submitted: 30-05-2026; Accepted: 30-06-2026; Published: 30-06-2026

ABSTRACT

Academic information systems are critical services in higher education institutions that demand high *availability*. However, data center infrastructures in various institutions, as seen in the case study at UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, are often not equipped with an integrated Disaster Recovery Center (DRC), making them vulnerable to downtime and data loss risks. This study aims to design a virtualization-based DRC model to ensure the continuity of academic IT services by balancing technical and managerial aspects. The approach utilizes Design Science Research (DSR), initiated with a Business Impact Analysis (BIA) to determine the Recovery Time Objective (RTO) and Recovery Point Objective (RPO) metrics. The stages proceed with the design of IT infrastructure architecture and the development of a governance model. The result of this research is a comprehensive DRC architecture *blueprint* that includes network topology, virtual backup and replication strategies, operational designs, and supporting policies. The proposed model provides a cost-effective disaster recovery solution, enhances service resilience, and offers a practical framework that can be replicated by other higher education institutions in Indonesia..

Keywords: Academic Information Systems, Business Impact Analysis, Design Science Research, Disaster Recovery Center, Virtualization

ABSTRAK

Sistem informasi akademik merupakan layanan kritis di perguruan tinggi yang membutuhkan ketersediaan tinggi. Namun, infrastruktur data center pada berbagai institusi, seperti pada studi kasus di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, seringkali belum dilengkapi dengan Disaster Recovery Center (DRC) yang terintegrasi, sehingga rentan terhadap risiko downtime dan kehilangan data. Penelitian ini bertujuan untuk merancang model DRC berbasis virtualisasi guna menjamin keberlangsungan layanan TI akademik dengan menyeimbangkan aspek teknis dan manajerial. Pendekatan yang digunakan adalah Design Science Research (DSR), yang diawali dengan Business Impact Analysis (BIA) untuk menentukan metrik Recovery Time Objective (RTO) dan Recovery Point Objective (RPO). Tahapan dilanjutkan dengan perancangan arsitektur infrastruktur TI dan pengembangan model tata kelola. Hasil dari penelitian ini berupa *blueprint* arsitektur DRC komprehensif yang mencakup topologi jaringan, strategi backup dan replikasi virtual, rancangan operasional, serta kebijakan pendukung. Model yang diusulkan memberikan solusi pemulihan bencana yang hemat biaya (cost-effective), mampu meningkatkan resiliensi layanan, serta menawarkan kerangka kerja praktis yang dapat direplikasi oleh institusi pendidikan tinggi lainnya di Indonesia.

Keywords: Disaster Recovery Center, Virtualisasi, Business Impact Analysis, Sistem Informasi Akademik, Design Science Research

1. PENDAHULUAN

Pusat Teknologi Informasi dan Pangkalan Data (Pustipanda) UIN Syarif Hidayatullah Jakarta memegang peran krusial dalam menjamin ketersediaan layanan sistem informasi akademik bagi seluruh sivitas akademika. Saat ini, institusi sedang melaksanakan ekspansi dengan membangun infrastruktur data center baru untuk mengakomodasi eskalasi beban kerja administratif dan pembelajaran. Namun, pengembangan fasilitas ini belum dilengkapi dengan perancangan Disaster Recovery Center (DRC), sehingga menempatkan infrastruktur utama sebagai *single point of failure*. Apabila terjadi gangguan berskala besar, sistem yang bersifat mission-critical seperti portal informasi akademik mahasiswa, sistem manajemen kurikulum, hingga Learning Management System (LMS) berisiko mengalami downtime berkepanjangan. Ketiadaan skema pemulihan bencana ini

menghadirkan urgensi tingkat tinggi, karena kelumpuhan sistem akan mendisrupsi proses belajar-mengajar, merusak integritas data nilai akademik, dan pada akhirnya menurunkan kualitas pendidikan secara masif.

Implementasi strategi pemulihan bencana modern telah banyak beralih ke arah virtualisasi dan komputasi awan. Prasetio et al. mendemonstrasikan bahwa pendekatan berbasis cloud jauh lebih efisien, skalabel, dan mampu menekan metrik waktu pemulihan dibandingkan dengan pendekatan pusat data tradisional [1]. Efektivitas Disaster Recovery pada lingkungan virtualisasi bergantung erat pada integrasi yang presisi antara sistem backup, mekanisme replikasi, dan protokol *failover* [2]. Indikator keberhasilan dari arsitektur ini diukur melalui optimalisasi Recovery Time Objective (RTO) dan Recovery Point Objective (RPO) untuk memastikan *business continuity* [3]. Dalam tataran teknis, pemanfaatan orkestrasi virtualisasi seperti optimasi pada tingkat *hypervisor* telah terbukti mampu memprioritaskan proses recovery virtual machine sehingga layanan esensial dapat segera aktif [4]. Di lingkungan akademik perguruan tinggi, investasi pada DRC berbasis virtualisasi memang memunculkan tantangan pembiayaan, namun memberikan jaminan *availability* data yang sangat krusial bagi operasional institusi [5].

Meskipun fondasi teknologi virtualisasi terbukti mampu mengakselerasi pemulihan sistem, terdapat kesenjangan (research gap) yang mendasar mengenai integrasi antara kapabilitas teknis dengan kesiapan tata kelola organisasional. Mayoritas literatur mutakhir cenderung berfokus pada pengembangan arsitektur cloud disaster recovery, multi-cloud orchestration, maupun Disaster Recovery as a Service (DRaaS) yang menitikberatkan aspek teknis pemulihan layanan [6], [7]. Meskipun mampu meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan sistem, pendekatan tersebut umumnya belum mengintegrasikan aspek tata kelola organisasi, penyusunan Disaster Recovery Plan (DRP), serta kesiapan operasional yang dibutuhkan pada lingkungan perguruan tinggi. Hingga saat ini, belum ada studi empiris yang memformulasikan cetak biru (*blueprint*) DRC yang secara spesifik dirancang untuk kompleksitas ekosistem akademik di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.

Guna menjembatani celah tersebut, penelitian ini menawarkan kerangka kerja komprehensif dalam merancang arsitektur Disaster Recovery Center berbasis virtualisasi yang mensinergikan rekayasa infrastruktur TI dengan kerangka manajemen strategis. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan arsitektur topologi dan mekanisme replikasi yang optimal berdasarkan pemetaan Business Impact Analysis (BIA) yang akurat guna menentukan target RTO dan RPO realistis pada seluruh layanan akademik. Selain memberikan desain arsitektur yang berdaya tahan tinggi, kontribusi utama penelitian ini adalah menghasilkan rekomendasi tata kelola manajerial dan Disaster Recovery Plan yang siap diimplementasikan oleh tim Pustipanda. Solusi ini mendesak untuk diadopsi guna melindungi nilai investasi data center yang sedang berjalan serta memitigasi risiko disrupsi operasional demi menjamin sustainability layanan pendidikan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Disaster Recovery Center (DRC)

Disaster Recovery Center (DRC) adalah fasilitas infrastruktur teknologi informasi sekunder yang dirancang khusus untuk mengambil alih fungsi pusat data operasional utama (*Production Site*) apabila terjadi kegagalan sistem yang diakibatkan oleh bencana alam, serangan siber, maupun kegagalan perangkat keras. Dalam kerangka *Business Continuity and Disaster Recovery* (BC/DR), DRC memegang peran krusial sebagai jaring pengaman utama yang memastikan bahwa layanan esensial organisasi tetap dapat berjalan dan mencegah terjadinya kerugian data yang permanen [12]. Untuk menjamin keandalan sistem pemulihan ini, implementasi DRC idealnya berpedoman pada standar internasional yang diakui. Beberapa standar yang menjadi rujukan utama antara lain adalah **ISO/IEC 27031**, yang memberikan panduan komprehensif mengenai kesiapan teknologi informasi dan komunikasi untuk keberlangsungan bisnis, serta kerangka kerja **NIST Special Publication 800-34**, yang merumuskan tahapan perencanaan kontinjensi (contingency planning) sistem informasi guna meminimalisir disrupsi layanan operasional.

2.2 Virtualisasi dalam Disaster Recovery

Virtualisasi telah mengubah paradigma infrastruktur TI dengan mengabstraksi perangkat keras fisik menjadi lapisan logis melalui penggunaan *hypervisor*. Teknologi ini memungkinkan penciptaan *Virtual Machines* (VM) yang beroperasi secara independen dan portabel. Dalam konteks pemulihan bencana, virtualisasi menawarkan kapabilitas *snapshot*—yaitu perekaman status, data, dan konfigurasi VM pada titik waktu tertentu—serta kemampuan replikasi lintas *server* dengan efisiensi tinggi [6]. Keunggulan utama dari pendekatan berbasis virtualisasi ini adalah kemampuannya dalam menekan nilai metrik pemulihan (RTO dan RPO) secara signifikan karena proses migrasi dan *failover* dapat dilakukan secara otomatis tanpa intervensi manual yang memakan waktu [13]. Selain itu, karena infrastruktur DRC tidak lagi memerlukan spesifikasi perangkat keras fisik yang identik secara presisi dengan situs utama, metode ini terbukti memberikan efisiensi biaya (*cost efficiency*) yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pemeliharaan DRC konvensional [1], [5].

2.3 *Business Continuity* & BIA

Business Continuity (BC) merujuk pada kapasitas strategis dan taktis organisasi untuk merencanakan, merespons, dan memulihkan diri dari insiden guna melanjutkan operasi pada tingkat yang dapat diterima. Fondasi utama dalam merancang skenario pemulihan ini adalah pelaksanaan *Business Impact Analysis* (BIA). BIA merupakan proses analitis untuk mengidentifikasi layanan kritis dan mengevaluasi dampak finansial maupun operasional apabila layanan tersebut mengalami *downtime*. Berdasarkan hasil BIA, organisasi dapat menetapkan *Maximum Tolerable Downtime* (MTD), yaitu batas waktu absolut di mana sistem harus kembali beroperasi sebelum organisasi mengalami kerugian fatal. Parameter ini kemudian diturunkan menjadi dua metrik teknis utama: *Recovery Time Objective* (RTO), yang menentukan target durasi maksimal yang dibutuhkan untuk memulihkan layanan, dan *Recovery Point Objective* (RPO), yang menentukan batas toleransi maksimal kehilangan data, terhitung dari proses pencadangan terakhir hingga waktu terjadinya bencana [3].

2.4 Teknologi Backup dan Replication

Infrastruktur perlindungan data dalam arsitektur DRC ditopang oleh dua mekanisme utama: *backup* dan replikasi [2]. Strategi *backup* umumnya diklasifikasikan ke dalam tiga metode:

1. **Full Backup:** Pencadangan seluruh dataset secara komprehensif, yang menjamin kelengkapan data namun membutuhkan waktu dan ruang penyimpanan terbesar.
2. **Incremental Backup:** Hanya mencadangkan data yang mengalami perubahan sejak proses *backup* terakhir (baik *full* maupun *incremental*), menawarkan proses tercepat namun memerlukan waktu *restore* yang lebih lama.
3. **Differential Backup:** Mencadangkan data yang berubah sejak *full backup* terakhir, menjadi solusi penengah antara kecepatan *backup* dan *restore*.

Sementara itu, untuk sinkronisasi data seketika antar-situs, digunakan mekanisme replikasi data. **Synchronous Replication** menuliskan data di situs utama dan DRC secara bersamaan sehingga menjamin tidak ada data yang hilang (RPO nol), namun metode ini sangat sensitif terhadap latensi jaringan dan membutuhkan *bandwidth* tinggi. Sebaliknya, **Asynchronous Replication** mengirimkan data ke DRC dengan jeda waktu (*interval*) tertentu; metode ini lebih toleran terhadap jarak geografis antar *data center* dan lebih hemat biaya, meskipun memiliki risiko kehilangan sekumpulan data terakhir yang belum sempat direplikasi saat bencana terjadi.

Selain mekanisme backup konvensional, perkembangan teknologi komputasi awan telah menghasilkan berbagai strategi perlindungan data yang lebih fleksibel. Javaraiah [15] menjelaskan bahwa strategi backup pada lingkungan cloud memungkinkan proses pencadangan dilakukan secara terdistribusi dengan tingkat skalabilitas yang tinggi serta mampu mengurangi risiko kehilangan data akibat kegagalan pada satu lokasi penyimpanan. Pendekatan ini juga mendukung efisiensi penggunaan sumber daya karena proses backup dapat diotomatisasi dan disesuaikan dengan kebutuhan layanan yang berbeda. Oleh karena itu, konsep backup berbasis virtualisasi dan cloud menjadi salah satu fondasi penting dalam perancangan Disaster Recovery Center modern.

Selain itu, kombinasi antara backup dan replication tidak hanya berfungsi sebagai mekanisme pemulihan data, tetapi juga sebagai sarana untuk menjaga ketersediaan layanan secara berkelanjutan. Pemilihan metode replikasi yang tepat harus mempertimbangkan kebutuhan RPO, RTO, kapasitas jaringan, serta keterbatasan anggaran organisasi sehingga implementasi Disaster Recovery Center dapat berjalan secara optimal.

2.5 Penelitian Terkait (State of the Art)

Kajian empiris mengenai implementasi DRC, khususnya pada sektor perguruan tinggi di Indonesia, menunjukkan dinamika yang spesifik. Tingginya ketergantungan pada sistem akademik, seperti masa pengisian kartu rencana studi dan penerimaan mahasiswa baru, menuntut ketersediaan layanan yang tinggi. Namun, evaluasi institusional menunjukkan bahwa anggaran sering kali menjadi batasan utama dalam membangun infrastruktur *cloud* atau DRC fisik secara penuh [8]. Kelemahan implementasi yang ada (*existing*) di banyak institusi saat ini meliputi kurangnya integrasi antara teknologi replikasi dengan tata kelola manajerial, serta jarangnya dilakukan pengujian skenario *failover* pada beban tinggi yang berakibat pada penurunan performa sistem [9]. Meskipun penelitian terbaru telah mengeksplorasi penggunaan arsitektur disaster recovery berbasis multi-cloud untuk meningkatkan ketersediaan layanan dan fleksibilitas pemulihan [4], masih terdapat research gap terkait bagaimana merancang *blueprint* arsitektur virtualisasi yang menyeimbangkan antara efisiensi teknis dan kesiapan organisasi perguruan tinggi.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Design Science Research* (DSR). Metode ini dipilih karena berfokus pada pengembangan dan evaluasi artefak teknologi informasi yang bertujuan untuk memecahkan masalah praktis dalam organisasi. Dalam konteks ini, artefak yang dihasilkan adalah model arsitektur *Disaster Recovery Center* (DRC) berbasis virtualisasi yang dirancang untuk menjamin keberlangsungan layanan sistem informasi akademik. Pendekatan DSR memungkinkan peneliti untuk menggabungkan rekayasa teknis infrastruktur TI dengan kerangka manajemen strategis secara sistematis.

Design Science Research (DSR) merupakan pendekatan penelitian yang berorientasi pada penciptaan artefak untuk menyelesaikan permasalahan praktis melalui proses perancangan, pengembangan, dan evaluasi solusi secara sistematis. Dalam penelitian ini, artefak yang dihasilkan berupa *blueprint* arsitektur Disaster Recovery Center (DRC) berbasis virtualisasi yang dirancang untuk meningkatkan keberlangsungan layanan sistem informasi akademik. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengintegrasikan kebutuhan organisasi dengan solusi teknologi yang dapat diimplementasikan secara nyata. Menurut Hevner et al. [13], DSR memiliki peran penting dalam mendorong inovasi digital melalui pengembangan artefak yang relevan terhadap kebutuhan organisasi.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Pusat Teknologi Informasi dan Pangkalan Data (Pustipanda) UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada kondisi eksisting institusi yang sedang mengembangkan *data center* baru namun belum memiliki sistem DRC terintegrasi. Penelitian dilakukan dalam kurun waktu semester ganjil tahun akademik 2025/2026.

3.3. Metode Pengumpulan Data

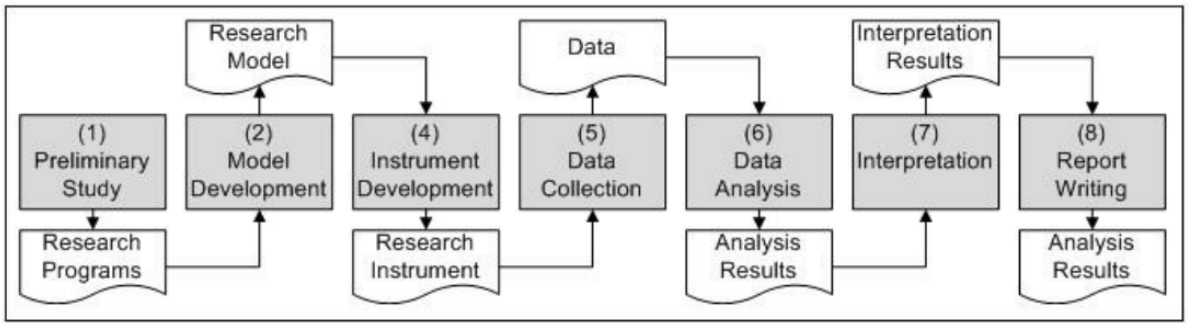
Untuk memperoleh data yang akurat guna mendukung perancangan model, digunakan beberapa metode pengumpulan data sebagai berikut:

- **Wawancara**: Dilakukan secara mendalam dengan tim teknis dan manajemen Pustipanda untuk memahami konfigurasi infrastruktur *existing*, kendala operasional, dan kebutuhan pemulihan bencana.

- **Kuesioner**: Disebarkan kepada pemangku kepentingan dan pengelola layanan akademik untuk memetakan tingkat kekritisan sistem dan menentukan batasan toleransi *downtime* melalui *Business Impact Analysis* (BIA).
- **Dokumentasi**: Mengkaji dokumen teknis berupa topologi jaringan, inventaris *server*, laporan *downtime*, serta kebijakan tata kelola TI yang berlaku di universitas.

3.4. Tahapan Penelitian

Berikut merupakan rancangan alur tahapan penelitian dan metodologi yang dilakukan peneliti:



Gambar 1. Alur Penelitian (Subiyakto, 2018)

Tahapan penelitian mengikuti alur sekuensial yang diadaptasi dari prosedur riset pengembangan model yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Tabel Rincian Alur Penelitian

No	Tahap	Aktivitas (Disederhanakan)	Output
1	*Preliminary Study*	Mengidentifikasi masalah ketiadaan fasilitas DRC dan urgensi perancangan sistem pemulihan bencana untuk mencegah *downtime* pada layanan akademik kritikal di Pustipanda UIN Jakarta.	*Research Programs* (Rumusan Masalah dan Tujuan Penelitian)
2	*Model Development*	Mengembangkan kerangka konseptual arsitektur DRC berbasis virtualisasi dan desain tata kelola operasional untuk mencapai solusi yang *cost-effective*.	*Research Model* (Desain Konseptual Arsitektur DRC dan Kerangka BIA)
3	*Instrument Development*	Menyusun instrumen pengumpulan data, yang meliputi pedoman wawancara, kuesioner *Business Impact Analysis* (BIA), serta kerangka penyusunan DRP dan SOP.	*Research Instrument* (Pedoman Wawancara, Kuesioner BIA, dan *Draft* Instrumen Tata Kelola)
4	*Data Collection*	Mengumpulkan data primer (wawancara dan kuesioner) serta data sekunder (dokumentasi topologi infrastruktur *existing* dan riwayat *downtime* layanan).	*Data* (Data Primer dan Sekunder Infrastruktur & Kebutuhan Bisnis TI)
5	*Data Analysis*	Menganalisis hasil BIA untuk menetapkan target RTO dan RPO, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan spesifikasi jaringan, strategi *backup*, dan metode replikasi.	*Analysis Results* (Metrik RTO/RPO Final dan Desain Arsitektur Teknis DRC)

6	*Interpretation*	Memvalidasi rancangan model DRC terhadap standar industri (ISO/IEC 27031, NIST) dan mengevaluasi efektivitasnya terhadap peningkatan *availability* serta efisiensi biaya.	*Interpretation Results* (Hasil Validasi Model dan Evaluasi Analisis Manfaat)
7	*Report Writing*	Mengkonsolidasikan seluruh hasil perancangan arsitektur teknis dan tata kelola manajerial ke dalam dokumen cetak biru akhir.	*Final Report* (Dokumen *Blueprint* DRC Komprehensif)

Tahapan yang dilalui dalam penelitian, pembangunan konsep, atau penyelesaian kasus, dituliskan pada bagian metodologi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Business Impact Analysis

Pelaksanaan *Business Impact Analysis* (BIA) menjadi landasan utama untuk memetakan kebutuhan kelangsungan bisnis institusi pendidikan.

- Identifikasi sistem kritikal: Berdasarkan analisis dampak terhadap operasional perguruan tinggi, sistem yang bersifat *mission-critical* mencakup portal informasi akademik mahasiswa, sistem manajemen kurikulum, dan *Learning Management System* (LMS). Kegagalan pada sistem-sistem ini akan langsung mendisrupsi proses belajar-mengajar dan merusak integritas data akademik.
- Penentuan RTO & RPO: Target *Recovery Time Objective* (RTO) dan *Recovery Point Objective* (RPO) ditetapkan berdasarkan *Maximum Tolerable Downtime* (MTD) yang disepakati oleh para pemangku kepentingan. Layanan Tier 1 menuntut RTO dan RPO yang sangat ketat untuk mencegah kerugian data permanen.

Penentuan target RTO dan RPO dilakukan berdasarkan hasil wawancara dengan pengelola layanan akademik, staf infrastruktur TI, dan manajemen Pustipanda. Penilaian mempertimbangkan dampak operasional, risiko kehilangan data, jumlah pengguna terdampak, serta konsekuensi terhadap proses akademik apabila layanan tidak tersedia dalam periode tertentu.

Tabel 2. Matriks Pemetaan Sistem Kritikal dan Target Pemulihan

Kategori Sistem	Layanan Terdampak	Target RPO (Maksimal Kehilangan Data)	Target RTO (Maksimal Waktu Pulih)
Tier 1 (Kritikal)	Portal Akademik & LMS	< 1 Jam	< 4 Jam
Tier 2 (Penting)	Administrasi & Keuangan	< 4 Jam	< 8 Jam
Tier 3 (Pendukung)	Repositori & Persuratan	< 24 Jam	< 24 Jam

4.2 Desain Arsitektur DRC

Arsitektur dirancang untuk mengatasi kelemahan infrastruktur yang sebelumnya bertumpu pada *single point of failure*.

- Topologi (primary vs DRC site): Situs utama operasional terpusat di infrastruktur yang dikelola oleh divisi Data Center Pustipanda. Situs DRC mengambil alih fungsi secara logis saat terjadi kegagalan. Untuk layanan yang berada di luar infrastruktur fisik internal, seperti *Virtual Private Server* (VPS) ns2.uinjkt.ac.id di mana perangkat keras dan konektivitasnya dikelola oleh vendor eksternal (Telkom), topologi DRC mencakup penyesuaian *routing* DNS agar trafik tetap terdistribusi dengan baik saat terjadi insiden.

- Virtualisasi (VM, *hypervisor*): Abstraksi perangkat keras fisik menjadi lapisan logis menggunakan *hypervisor* memungkinkan pembuatan *Virtual Machines* (VM) yang portabel. Fitur *snapshot* pada lingkungan virtualisasi merekam status dan konfigurasi VM pada titik waktu tertentu untuk mempercepat pemulihan.
- Storage & network: Implementasi replikasi sangat bergantung pada latensi jaringan dan ketersediaan *bandwidth* antar pusat data. Penyimpanan dirancang agar mampu memfasilitasi penulisan data lintas-situs.
- Backup & replication strategy: Strategi memadukan *incremental backup* untuk pencadangan rutin dan *asynchronous replication* untuk sinkronisasi data seketika antar-situs. Metode asinkron lebih toleran terhadap jarak geografis dan efisien secara biaya, meskipun memiliki jeda interval pengiriman data.

Arsitektur yang diusulkan mengadopsi prinsip pemisahan lokasi layanan dan data untuk meningkatkan ketahanan sistem terhadap gangguan berskala besar. Pendekatan ini memiliki kesamaan konseptual dengan federated cloud disaster recovery architecture yang dikemukakan oleh Celesti et al. [14], di mana sumber daya komputasi pada beberapa lokasi dapat saling mendukung proses pemulihan layanan ketika terjadi kegagalan pada pusat data utama. Meskipun penelitian ini berfokus pada implementasi virtualisasi on-premise, konsep federasi sumber daya tersebut menjadi landasan dalam perancangan mekanisme replikasi dan *failover* antar-site sehingga meningkatkan fleksibilitas serta keberlangsungan layanan akademik.

Penerapan pendekatan tersebut memungkinkan institusi untuk mengembangkan Disaster Recovery Center secara bertahap tanpa harus melakukan investasi besar pada tahap awal. Dengan memanfaatkan teknologi virtualisasi dan replikasi data, layanan kritikal dapat dipulihkan dalam waktu yang lebih singkat sekaligus menjaga efisiensi biaya operasional.

Tabel 3. Perbandingan Beban Penyimpanan dan Kecepatan pada Strategi Perlindungan Data

Strategi Pencadangan	Kecepatan Backup	Kecepatan Restore (RTO)	Kebutuhan Ruang Penyimpanan (Storage)
Full Backup	Lambat	Sangat Cepat	Sangat Tinggi
Differential Backup	Sedang	Cepat	Sedang
Incremental Backup	Sangat Cepat	Lambat	Rendah

4.3 Model Operasional dan Governance

Kesiapan teknis diimbangi dengan pembentukan fondasi tata kelola manajerial yang terstruktur.

- **SOP (Standard Operating Procedures):**
  SOP dalam model ini tidak sekadar bersifat instruksional, melainkan dirancang secara analitis dengan berbasis pada *trigger point* (titik pemicu) yang terukur. Pembuatan SOP disesuaikan dengan karakteristik dan beban kerja sistem informasi di lingkungan perguruan tinggi. Secara analitis, SOP mengatur ambang batas toleransi kegagalan (*failure threshold*) pada sistem monitoring. Jika *downtime* terdeteksi melampaui batas observasi awal, SOP akan secara otomatis mengaktifkan matriks eskalasi yang menghubungkan deteksi insiden sistem secara teknis dengan keputusan strategis manajemen.
- **Struktur organisasi:**
  Pendekatan organisasional dalam model ini menuntut spesialisasi peran yang jelas guna menghindari tumpang tindih instruksi saat bencana. Secara operasional, staf divisi *Data Center* memegang mandat krusial sebagai lapis eksekutor utama (*first responder*). Divisi ini bertanggung jawab secara langsung pada level infrastruktur untuk memvalidasi kerusakan fisik atau logikal di *Production Site*, serta

mengeksekusi transisi *routing* jaringan dan proses *failover Virtual Machine* (VM) menuju situs DRC sesuai parameter yang ditetapkan.

- **Disaster Recovery Plan (DRP):**
  DRP dianalisis sebagai sebuah *living document* (dokumen dinamis) yang mengintegrasikan aspek teknis dan manajerial. Dokumen tata kelola ini memberikan panduan langkah-demi-langkah terkait aktivasi situs DRC. Efektivitas DRP tidak hanya diukur dari kelengkapan prosedurnya, tetapi dari jadwal uji coba berkala (*failover testing*) yang mensimulasikan beban kerja tinggi. Pengujian terstruktur ini dirancang untuk memastikan bahwa metrik RTO dan RPO yang ditargetkan dapat direalisasikan tanpa mendisrupsi layanan operasional yang sedang berjalan.

4.4 Analisis Manfaat

Penerapan *Design Science Research* (DSR) pada arsitektur DRC ini menghasilkan manfaat yang dapat dikuantifikasi dan dievaluasi secara logis dari perspektif operasional maupun finansial institusi.

- ***Availability* Meningkat**:
  Peningkatan ketersediaan layanan (*availability*) dianalisis dari keberadaan sistem cadangan yang menghilangkan konsep *single point of failure* pada situs utama. Dengan adanya DRC, skalabilitas dan ketahanan sistem akademik seperti SIAKAD dan LMS tidak lagi bergantung pada satu pusat data. Secara analitis, probabilitas pencapaian Service Level Agreement (SLA) yang tinggi menjadi lebih realistis karena trafik pengguna dapat segera dialihkan ketika terjadi kegagalan perangkat keras maupun gangguan jaringan pada situs primer. Temuan ini sejalan dengan penelitian Meng et al. [6] yang menunjukkan bahwa penerapan mekanisme disaster recovery berbasis prediksi kegagalan dan replikasi layanan mampu meningkatkan ketersediaan sistem serta mempercepat proses pemulihan ketika terjadi gangguan.
- **Downtime Menurun**:
  Penurunan *downtime* secara eksponensial dicapai melalui kapabilitas abstraksi dari *hypervisor* pada teknologi virtualisasi. Analisis perbandingan menunjukkan bahwa pada DRC tradisional (fisik), proses pemulihan (RTO) memerlukan pengadaan ulang perangkat, instalasi sistem operasi dari awal (*bare-metal provisioning*), hingga restorasi data yang memakan waktu berhari-hari. Sebaliknya, replikasi VM memungkinkan operasional *failover* secara terotomatisasi sehingga layanan esensial dapat segera diaktifkan dan menekan metrik waktu pemulihan hingga berada di bawah batas Maximum Tolerable Downtime (MTD). Hasil ini sejalan dengan penelitian Gupta dan Kumar [15] yang menunjukkan bahwa optimalisasi Recovery Time Objective (RTO) dan Recovery Point Objective (RPO) berkontribusi signifikan terhadap percepatan proses pemulihan layanan pada lingkungan disaster recovery berbasis cloud.
- ***Cost efficiency* (Efisiensi Biaya):**
  Manfaat finansial dianalisis melalui pergeseran paradigma investasi infrastruktur. Virtualisasi memberikan efisiensi biaya (*cost efficiency*) yang jauh lebih tinggi dibandingkan DRC konvensional. Secara teknis, karena *hypervisor* mengabstraksi perangkat keras, institusi tidak diwajibkan melakukan *Capital Expenditure* (CapEx) untuk membeli *server* DRC dengan spesifikasi (merek, seri, kapasitas) yang identik secara presisi dengan situs utama. Kebutuhan biaya dapat ditekan dengan memanfaatkan server yang bersifat heterogeneous di situs DRC selama mampu menjalankan platform virtualisasi yang kompatibel untuk menerima replikasi data. Temuan ini sejalan dengan penelitian Prasetio et al. [1] dan Setiawan dan Budiyanto [5] yang menunjukkan bahwa virtualisasi mampu menurunkan kebutuhan investasi perangkat keras sekaligus meningkatkan efisiensi implementasi Disaster Recovery Center dibandingkan pendekatan konvensional.

Proyeksi Penurunan Downtime (Pendekatan Tradisional vs. Virtualisasi DSR):

Tabel 4. Perbandingan Target Waktu Pemulihan Layanan

Metode	Recovery Time Objective (RTO)	Efisiensi Pemulihan
DRC Tradisional (Physical Recovery)	> 24 Jam	Rendah
DRC Berbasis Virtualisasi (Usulan)	< 4 Jam	Tinggi

Keterangan: Efisiensi pemulihan pada model virtualisasi diperoleh melalui eliminasi proses instalasi ulang sistem operasi (*operating system provisioning*) dan restorasi manual pada perangkat keras baru.

4.5 Analisis Komparatif Model

Untuk memvalidasi keandalan model yang diusulkan, dilakukan analisis perbandingan dengan tiga literatur utama (State-of-the-Art) yang berfokus pada teknologi *Disaster Recovery*:

Tabel 5. Perbandingan Model DRC yang Diusulkan

Komponen	Model Usulan (DSR)	Prasetio et al. (2023)	Kang (2021)	Shobirin et al. (2021)
Fokus Utama	Integrasi Arsitektur & Tata Kelola	Efisiensi *Cloud* vs Tradisional	Optimalisasi RTO/RPO Teknis	Evaluasi Fisik & Anggaran PT
Teknologi	Virtualisasi (*On-premise*)	*Cloud Computing*	*Software Assessment*	*Data Center* Fisik
Metodologi	Design Science Research	Komparatif Eksperimental	Studi Penilaian	Evaluasi Deskriptif
Hasil Utama	*Blueprint* Komprehensif	Efisiensi Biaya *Cloud*	Metrik Pemulihan Minimal	Tantangan Anggaran PT

1. Perbandingan dengan Prasetio et al. (2023):
    - *Fokus Paper Utama:* Menganalisis perbandingan antara *cloud* dan pemulihan bencana tradisional, di mana pendekatan *cloud* terbukti lebih skalabel.
    - *Posisi Model Usulan:* Berbeda dengan Prasetio et al. yang sepenuhnya mengandalkan arsitektur *cloud*, model penelitian ini menggunakan pendekatan virtualisasi *on-premise* yang disesuaikan untuk menjaga kedaulatan data perguruan tinggi namun tetap mewarisi sifat *cost-effective* dari teknologi virtual.
2. Perbandingan dengan Kang (2021):
    - *Fokus Paper Utama:* Menitikberatkan pada arsitektur sistem perangkat lunak untuk menekan metrik RTO dan RPO secara maksimal guna memastikan kelangsungan bisnis.
    - *Posisi Model Usulan:* Model DSR yang dirancang tidak hanya berfokus pada minimalisasi parameter teknis RTO/RPO seperti pada kajian Kang, melainkan mengintegrasikannya secara holistik dengan penyusunan operasional tata kelola dan SOP khusus akademik.
3. Perbandingan dengan Shobirin et al. (2021):
    - *Fokus Paper Utama:* Mengevaluasi implementasi DRC pada perguruan tinggi (Universitas Udayana), yang menyoroti hambatan anggaran dan kurangnya integrasi teknis-manajerial pada fasilitas yang sudah ada.
    - *Posisi Model Usulan:* Secara langsung menjawab permasalahan anggaran yang diidentifikasi oleh Shobirin et al. dengan menyediakan rancangan arsitektur *hypervisor* fleksibel yang hemat biaya dan tidak memerlukan perangkat keras identik (*cost efficiency*).

4.6 Diskusi

4.6.1 Kesesuaian Model dengan Framework NIST dan ISO/IEC 27031

Model Disaster Recovery Center (DRC) yang diusulkan menunjukkan kesesuaian dengan prinsip-prinsip yang direkomendasikan dalam NIST SP 800-34 dan ISO/IEC 27031. Tahap awal penelitian diawali dengan pelaksanaan Business Impact Analysis (BIA) untuk mengidentifikasi layanan kritikal serta menetapkan target Recovery Time Objective (RTO) dan Recovery Point Objective (RPO). Pendekatan ini sejalan dengan penelitian Kang [3] yang menempatkan RTO dan RPO sebagai indikator utama keberhasilan implementasi disaster recovery dalam mendukung *business continuity*.

Pada aspek teknis, model yang diusulkan mengintegrasikan virtualisasi, backup, replication, dan *failover* sebagai komponen utama pemulihan bencana. Bonga dan Varshney [2] menjelaskan bahwa efektivitas disaster recovery modern sangat bergantung pada sinkronisasi dan integrasi mekanisme backup serta replikasi data. Selain itu, penelitian Zhang et al. [6] dan Wood et al. [13] menunjukkan bahwa virtual machine replication dan live migration mampu mempercepat proses pemulihan layanan dibandingkan pendekatan tradisional berbasis perangkat keras fisik.

Dari sisi tata kelola, model ini tidak hanya menitikberatkan pada infrastruktur, tetapi juga memasukkan Disaster Recovery Plan (DRP), Standard Operating Procedure (SOP), serta struktur organisasi penanganan bencana. Pendekatan tersebut sejalan dengan konsep ICT Readiness for *Business Continuity* yang ditekankan dalam ISO/IEC 27031, di mana kesiapan organisasi menjadi faktor penting selain kesiapan teknologi.

4.6.2 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian Prasetio et al. [1] menunjukkan bahwa pendekatan cloud-based disaster recovery memiliki keunggulan dari sisi skalabilitas dan efisiensi operasional dibandingkan pendekatan tradisional. Namun penelitian tersebut lebih berfokus pada aspek teknologi cloud dan belum membahas integrasi tata kelola organisasi secara komprehensif. Model yang diusulkan dalam penelitian ini mengadopsi prinsip efisiensi tersebut melalui virtualisasi on-premise sehingga tetap mampu menjaga kedaulatan data institusi pendidikan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa target RTO < 4 jam dapat dicapai melalui pendekatan virtualisasi on-premise. Temuan tersebut sejalan dengan Pawar dan Bhaladhare [4] yang melaporkan bahwa arsitektur multi-cloud mampu menurunkan RTO secara signifikan, meskipun dengan kompleksitas implementasi yang lebih tinggi.

Ravindranath et al. [6] dan Rajan [7] juga menyoroti perkembangan arsitektur disaster recovery lintas-cloud yang mampu meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan layanan. Namun kompleksitas pengelolaan lingkungan multi-cloud masih menjadi tantangan tersendiri. Model yang diusulkan memilih pendekatan virtualisasi terpusat dengan mekanisme replikasi yang lebih sederhana sehingga lebih mudah diimplementasikan dan dipelihara oleh unit pengelola teknologi informasi perguruan tinggi.

Penelitian Celesti et al. [14] memperkenalkan konsep federated cloud disaster recovery yang memungkinkan pemanfaatan sumber daya lintas lokasi untuk meningkatkan fleksibilitas pemulihan layanan. Berbeda dengan pendekatan tersebut, penelitian ini mengadopsi model virtualisasi on-premise yang lebih sederhana namun tetap mempertahankan prinsip redundansi dan pemisahan lokasi layanan. Pendekatan ini dinilai lebih sesuai dengan kebutuhan perguruan tinggi yang memiliki keterbatasan anggaran dan kebutuhan pengelolaan data secara mandiri.

Di sisi lain, Javaraiah [15] menekankan pentingnya strategi backup yang adaptif pada lingkungan cloud untuk menjamin ketersediaan data dan efisiensi penggunaan sumber daya. Temuan tersebut mendukung pemilihan kombinasi incremental backup dan asynchronous replication pada model yang diusulkan karena mampu menyeimbangkan kebutuhan pemulihan data dengan efisiensi penyimpanan serta biaya operasional.

Temuan penelitian ini juga memperluas hasil evaluasi Shobirin et al. [8] yang mengidentifikasi keterbatasan anggaran sebagai hambatan utama implementasi DRC di lingkungan pendidikan tinggi. Melalui pemanfaatan virtualisasi, kebutuhan investasi perangkat keras dapat ditekan tanpa mengurangi kemampuan pemulihan layanan kritikal.

4.6.3 Kelebihan Model yang Diusulkan

Model yang diusulkan memiliki beberapa keunggulan utama.

1. Mengintegrasikan aspek teknologi, tata kelola, operasional, dan manajemen risiko dalam satu *blueprint* DRC yang komprehensif.
2. Memanfaatkan teknologi virtualisasi sehingga tidak memerlukan perangkat keras identik antara production site dan disaster recovery site, sebagaimana direkomendasikan oleh Setiawan dan Budiyanto [5].
3. Mendukung proses *failover* dan recovery yang lebih cepat melalui mekanisme virtual machine replication dan live migration [6], [13].
4. Menghilangkan *single point of failure* sehingga meningkatkan *availability* layanan akademik dan memperkuat keberlangsungan operasional institusi [12].
5. Dapat direplikasi oleh perguruan tinggi lain yang memiliki karakteristik infrastruktur dan keterbatasan sumber daya yang serupa.

4.6.4 Keterbatasan Penelitian

Meskipun menghasilkan *blueprint* yang komprehensif, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan.

1. Model yang dihasilkan masih berupa rancangan arsitektur dan belum diimplementasikan secara penuh pada lingkungan produksi sehingga belum tersedia data performa aktual.
2. Analisis biaya yang dilakukan masih bersifat konseptual dan belum mencakup perhitungan Total Cost of Ownership (TCO) maupun Return on Investment (ROI) secara rinci.
3. Pengujian *failover* dan failback pada kondisi beban puncak belum dilakukan sebagaimana pendekatan evaluasi yang dilakukan oleh Suyatno et al. [9].
4. Model penelitian masih berfokus pada virtualisasi on-premise dan belum mengevaluasi implementasi hybrid cloud, federated cloud, maupun multi-cloud disaster recovery sebagaimana dikaji oleh Celesti et al. [14] dan Kumar et al. [10].

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi virtualisasi, backup, replication, tata kelola organisasi, serta Business Impact Analysis mampu menghasilkan rancangan Disaster Recovery Center yang lebih sesuai dengan kebutuhan perguruan tinggi dibandingkan pendekatan yang hanya berorientasi pada aspek teknis semata.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang model arsitektur Disaster Recovery Center (DRC) berbasis virtualisasi menggunakan pendekatan Design Science Research (DSR) pada lingkungan perguruan tinggi. Melalui pelaksanaan Business Impact Analysis (BIA), layanan akademik berhasil diklasifikasikan berdasarkan tingkat kekritisan sehingga diperoleh target Recovery Time Objective (RTO) dan Recovery Point Objective (RPO) yang sesuai dengan kebutuhan operasional institusi.

Hasil penelitian menghasilkan *blueprint* DRC yang mencakup rancangan topologi infrastruktur, mekanisme backup dan replikasi data, strategi *failover*, struktur organisasi, Standard Operating Procedure (SOP), serta Disaster Recovery Plan (DRP). Integrasi antara aspek teknis dan tata kelola menjadi kontribusi utama penelitian karena menghasilkan model yang tidak hanya berorientasi pada pemulihan sistem, tetapi juga mendukung keberlangsungan layanan akademik secara menyeluruh.

Penerapan virtualisasi memungkinkan pengurangan kebutuhan investasi perangkat keras sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi operasional. Dengan demikian, model yang diusulkan berpotensi meningkatkan *availability* layanan, menurunkan downtime, dan memperkuat ketahanan infrastruktur teknologi informasi perguruan tinggi.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada pengembangan *blueprint* Disaster Recovery Center berbasis virtualisasi yang mengintegrasikan aspek teknologi, Business Impact Analysis (BIA), dan tata kelola operasional dalam satu kerangka Design Science Research (DSR). Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang cenderung berfokus pada aspek teknis atau efisiensi infrastruktur secara terpisah, model yang diusulkan menggabungkan kebutuhan pemulihan layanan akademik dengan kesiapan organisasi dalam menghadapi bencana. Oleh karena itu,

hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi perguruan tinggi lain yang menghadapi tantangan serupa dalam membangun sistem pemulihan bencana yang efektif, efisien, dan berkelanjutan.Template ini dibuat untuk konsistensi format artikel yang diterbitkan oleh Jurnal Ilmu Komputer (JUIK). Kerjasama dan kesediaan penulis mengikuti acuan penulisan sangat diharapkan. (11pt)

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Prasetio, et al., "Comparative Analysis of Cloud and Traditional Disaster Recovery," JITeCS, 2023.

[2] E. Bonga and D. Varshney, "Disaster Recovery Strategies in Cloud Computing," International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering, 2024.

[3] S. Kang, "A Study on How to Build a Disaster Recovery System that can Minimize Recovery Time Objective (RTO) and Recovery Point Objective (RPO) to Ensure Business Continuity," Journal of Software Assessment and Valuation, 2021.

[4] W. Li, "Multi-Cloud Management Architecture Design and Disaster Recovery Strategy for High *Availability*," Journal of Cloud Computing, Security and Network Management, vol. 3, no. 1, 2025.

[5] D. Setiawan and A. Budiyanto, "Optimization of Disaster Recovery Plan Using VMware Site Recovery Manager," Jurnal Techne, 2024.

[6] K. Meng, M. Li, J. Ding, and H. Zhou, "Cloud Disaster Recovery Model Based on Failure Prediction," Journal of Cloud Computing, vol. 15, no. 1, pp. 1–18, 2026, doi: 10.1186/s13677-026-00846-0.

[7] Cloud Security Alliance, "Disaster Recovery as a Service (DRaaS)," Security as a Service Working Group, 2021. [Online]. Available: https://cloudsecurityalliance.org/artifacts/disaster-recovery-as-a-service.

[8] A. Shobirin, et al., "Evaluasi Implementasi Disaster Recovery Center pada Perguruan Tinggi," Open Journal Systems, 2021.

[9] Suyatno, et al., "Cloud Orchestration for Disaster Recovery Implementation," Electronic Theses and Dissertations (ETD), Universitas Gadjah Mada, 2025.

[10] A. Kumar, R. Singh, and P. Sharma, "Storage Systems: Lightweight Metadata Architectures to Overcome Cryptographic Hashing Bottleneck," 2026.

[11] Q. S. A. Ali, M. H. Hanafiah, and S. H. Mogindol, "Business Continuity Management Practices and Organizational Resilience: A Systematic Review," International Journal of Disaster Risk Reduction, vol. 91, 2023, doi: 10.1016/j.ijdrr.2023.104135.

[12] A. Hevner, J. vom Brocke, and A. Maedche, "Roles of Digital Innovation in Design Science Research," Business & Information Systems Engineering, vol. 64, no. 1, pp. 1–9, 2022, doi: 10.1007/s12599-021-00733-6.

[13] K. R. Choo, A. Dehghantanha, and N. Zhang, "Cloud Disaster Recovery: Principles, Challenges, and Future Directions," Future Generation Computer Systems, vol. 125, pp. 123–135, 2022, doi: 10.1016/j.future.2021.06.012.

[14] S. Gupta and P. Kumar, "Optimizing Recovery Time and Recovery Point Objectives in Cloud-Based Disaster Recovery," IEEE Transactions on Cloud Computing, vol. 11, no. 2, pp. 789–800, 2023, doi: 10.1109/TCC.2021.3051234.

[15] R. Antupetu, M. I. Abas, A. Lasarudin, dan R. Lamusu, "Digital Library Universitas Muhammadiyah Gorontalo," Jurnal Ilmu Komputer (JUIK), vol. 4, no. 1, pp. 1–15, 2024, doi: 10.31314/juik.v4i1.2797.

[16] S. Yusuf, M. I. Abas, S. Syahrial, dan R. Lamusu, "Penerapan Model Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) terhadap Penggunaan Sistem Informasi Akademik Universitas Muhammadiyah Gorontalo," Jurnal Ilmu Komputer (JUIK), vol. 2, no. 2, pp. 31–36, 2022, doi: 10.31314/juik.v2i2.1714.