

**ANALISIS KUALITAS *DISASTER RECOVERY CENTER*  
(*DRC*) DENGAN PARAMETER *QUALITY OF SERVICES*  
(*QOS*) MENGGUNAKAN METODE *MANOVA***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



**OLEH:**

**ANDRIAN KASPARI**

**09011182126004**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2025**

# **HALAMAN PENGESAHAN**

## **SKRIPSI**

### **ANALISIS KUALITAS DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) DENGAN PARAMETER QUALITY OF SERVICES (QOS) MENGGUNAKAN METODE MANOVA**

Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi di

Program Studi S1 Sistem Komputer

Oleh:

**ANDRIAN KASPARI**

**09011182126004**

**Pembimbing 1 : Dr. Ir. Ahmad Heryanto, M.T.**  
**NIP. 198701222015041002**

**Pembimbing 2 : Adi Hermansyah, S.Kom., M.T.**  
**NIP. 198904302024211001**

**Mengetahui**  
**Ketua Jurusan Sistem Komputer**



**Dr. Ir. Sukemi, M.T**  
**196612032006041001**

**AUTHENTICATION PAGE**

**THESIS**

**ANALYSIS OF DISASTER RECOVERY CENTER (DRC)  
QUALITY USING QUALITY OF SERVICE (QOS)  
PARAMETERS WITH THE MANOVA METHOD**

Submitted in Partial Fulfillment of Requirements for the Degree of Bachelor of  
Computer Science

By:

**ANDRIAN KASPARI**

**09011182126004**

**Supervisor 1 : Dr. Ir. Ahmad Hervanto, M.T.**  
**NIP. 198701222015041002**

**Co - Supervisor 2 : Adi Hermansyah, S.Kom., M.T.**  
**NIP. 198904302024211001**

**Acknowledge**  
**Head of Computer System Departement**



**Dr. Ir. Sukemi, M.T**  
**196612032006041001**

## LEMBAR PERSETUJUAN

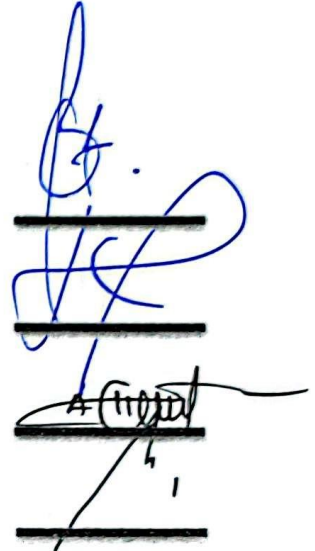
Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Jumat

Tanggal : 29 Agustus 2025

Tim Penguji :

1. Ketua : Sutarno, M.T.
2. Penguji : Huda Ubaya, M.T.
3. Pembimbing I : Dr. Ir. Ahmad Heryanto, M.T.
4. Pembimbing II : Adi Hermansyah, S.Kom., M.T.



Mengetahui, 17/9/25

Ketua Jurusan Sistem Komputer



  
Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.

NIP. 196612032006041001

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andrian Kaspari

NIM : 09011182126004

Judul : Analisis Kualitas Disaster Recovery Ceter (DRC) Dengan Parameter  
Quality of Services (QoS) Menggunakan Metode MANOVA

Hasil Pengecekan Plagiat/Turnitin: 1%

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan kesadaran penuh dan tanpa adanya paksaan dari pihak manapun.



Palembang, September 2025

Yang Menyatakan



Andrian Kaspari

NIM. 09011182126004

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Kualitas *Disaster Recovery Ceter (DRC)* Dengan Parameter *Quality of Services (QoS)* Menggunakan Metode *MANOVA*”**”.

Salawat beserta salam tak lupa penulis haturkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi guru terbaik dan suri tauladan bagi seluruh umat islam. Tak lupa selain itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pribadi hebat yang telah membantu, mendorong, membimbing, mejadi tempat berkeluh kesah, dan merangkul penulis agar tetap berjuang dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini. Dengan demikian, pada kesempatan ini, izinkan penulis untuk mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan saya kesehatan, berkat, dan rahmat- nya yang melimpah.
2. Diri sendiri, yang luar biasa telah bertahan dan berjuang hingga sejauh ini dalam menggapai asa menjadi seorang sarjana.
3. Orang tua, Mami dan Ayah, sebagai sosok yang luar biasan dan memotivasi penulis untuk selalu bertumbuh hingga menjadi pribadi yang saat ini.
4. Adik-adikku, Terkhusus Nara yang selalu menjadi penghibur dikala perasaan gundah gulana
5. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi, M.T., selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Dr. Ir. Ahmad Heryanto, S.Kom., M.T. dan Bapak Adi Hermansyah, M.T., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang sangat sangat baik serta sabar dalam membimbing dan sangat mempermudah mahasiswa/i-nya dalam proses penyusunan Tugas Akhir.
7. Bapak Ahmad Fali Oklilas, M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Kepada Armanda Faturrahman, S. Kom., selaku rekan penulis yang luar biasa dalam menyelesaikan skripsi ini..
9. Kepada Putri Resti Ningsih, S. Kom., selaku saudari sekaligus teman penulis yang luar biasa, yang menerima segala kekurangan saya sejak

mengenalnya di 2021.

10. Kepada Muhamad Bagas Firmansyah, S. Kom., dan Dhani Medianto S, S. Kom, selaku rekan sekaligus tim dalam mengarungi perjalanan skripsi ini, yang mana tanpa mereka tidak mungkin skripsi ini akan selesai dengan luar biasa.
11. Gengs titisan siamang, Rizky Anggraini, S.E., Daniela Salsabrina, S.T., Zaskia Larasati, S.M., Aulia Handini, S. Sos, Agung Prawinata, S. Kom., yang telah menjadi bagian hidup penulis sejak 2009.
12. Salsabila Tiraliana P., S.E. dan Annisatul Qolbi Q.N., S.Pd., selaku sahabat yang selalu menemani sedari sekolah dasar hingga memiliki gelar
13. Kepada Sabrina Nur A, S.E., Septiana Aulia, S.E., Afreizka Indah, S.E., yang telah tulus kebersamaan sejak 2023.
14. Kepada Sefiyah, selaku orang pertama yang menjadi sahabat saya didunia perkuliahan, meski kini kita sudah tak bersama.
15. Seluruh teman di SK Angkatan 2021 yang bisa menerima saya hingga saat ini.
16. Grup grup yang pernah ada dan turut menghiasi masa perkuliahan.
17. Dan seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang selalu memberikan semangat dan bantuan – bantuan yang bermanfaat.

Akhir kata penulis ucapkan dan berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat serta dapat memberikan pengetahuan dan wawasan bagi semua pihak yang membutuhkannya. Khususnya mahasiswa/i Jurusan Sistem Komputer Universitas Sriwijaya.

Palembang, September 2025

Penulis,



Andrian Kaspari

NIM. 09011182126004

**ANALISIS KUALITAS DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) DENGAN  
PARAMETER QUALITY OF SERVICES (QOS) MENGGUNAKAN METODE  
MANOVA**

**ANDRIAN KASPARI (09011182126004)**

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email: [andriankaspari025@gmail.com](mailto:andriankaspari025@gmail.com)

**ABSTRAK**

*Disaster Recovery Center* (DRC) merupakan solusi penting untuk menjaga kontinuitas layanan teknologi informasi saat terjadi gangguan. Penelitian ini menganalisis kualitas DRC menggunakan parameter *Quality of Service* (QoS) yaitu *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* dengan metode *Multivariate Analysis of Variance* (MANOVA). Implementasi dilakukan dengan topologi *Hot Standby* dan pengujian lima skenario, termasuk kondisi normal, beban trafik tinggi, dan serangan DoS. Data dikumpulkan melalui tapping jaringan dan dianalisis secara multivariat. Hasil menunjukkan DRC mampu menjaga keandalan layanan, dengan MANOVA mengidentifikasi perbedaan signifikan antar skenario dan konfigurasi terbaik. Metode ini efektif untuk evaluasi performa DRC dan dapat menjadi acuan pengembangan sistem pemulihan data.

**Kata kunci:** Disaster Recovery Center, QoS, MANOVA, Hot Standby.

***ANALYSIS OF DISASTER RECOVERY CENTER (DRC) QUALITY USING  
QUALITY OF SERVICE (QOS) PARAMETERS WITH THE MANOVA METHOD***

***ANDRIAN KASPARI (09011182126004)***

*Department of Computer Systems, Faculty of Computer Science, Sriwijaya  
University*

*Email: [andriankaspari025@gmail.com](mailto:andriankaspari025@gmail.com)*

***ABSTRACT***

*Disaster Recovery Center (DRC) is an essential solution for maintaining the continuity of information technology services during disruptions. This study analyzes the quality of DRC using Quality of Service (QoS) parameters, namely throughput, delay, jitter, and packet loss, with the Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) method. Implementation was done with a hot standby topology and testing of five scenarios, including normal conditions, high traffic load, and DoS attacks. Data was collected through network tapping and analyzed multivariately. The results show that DRC is able to maintain service reliability, with MANOVA identifying significant differences between scenarios and the best configuration. This method is effective for evaluating DRC performance and can serve as a reference for developing data recovery systems.*

***Keyword : Disaster Recovery Center, QoS, MANOVA, Hot Standby.***

# DAFTAR ISI

|                                                 | Halaman |
|-------------------------------------------------|---------|
| HALAMAN PENGESAHAN .....                        | ii      |
| AUTHENTICATION PAGE.....                        | iii     |
| LEMBAR PERSETUJUAN.....                         | iv      |
| HALAMAN PERNYATAAN .....                        | v       |
| KATA PENGANTAR .....                            | vi      |
| ABSTRAK.....                                    | viii    |
| <i>ABSTRACT</i> .....                           | ix      |
| DAFTAR ISI .....                                | x       |
| DAFTAR GAMBAR .....                             | xiv     |
| DAFTAR TABEL .....                              | xvi     |
| BAB I PENDAHULUAN .....                         | 18      |
| 1.1    Latar Belakang .....                     | 18      |
| 1.2    Perumusan Masalah .....                  | 21      |
| 1.3    Tujuan.....                              | 21      |
| 1.4    Manfaat .....                            | 22      |
| 1.5    Batasan Masalah .....                    | 22      |
| 1.6    Sistematika Penulisan .....              | 23      |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....                   | 24      |
| 2.1    Penelitian Terdahulu .....               | 24      |
| 2.2 <i>Disaster Recovery Center (DRC)</i> ..... | 33      |
| 2.2.1 <i>Hot Standby</i> .....                  | 34      |
| 2.2.2 <i>Warm Standby</i> .....                 | 35      |
| 2.2.3 <i>Cold Standby</i> .....                 | 36      |

|                                            |                                                                                 |           |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2.3</b>                                 | <b><i>Quality of Service (QoS)</i></b> .....                                    | <b>37</b> |
| 2.3.1                                      | <i>Throughput</i> .....                                                         | 37        |
| 2.3.2                                      | <i>Delay</i> .....                                                              | 38        |
| 2.3.3                                      | <i>Jitter</i> .....                                                             | 39        |
| 2.3.4                                      | <i>Packet Loss</i> .....                                                        | 40        |
| <b>2.4</b>                                 | <b><i>Data Center</i></b> .....                                                 | <b>41</b> |
| 2.4.1                                      | Berdasarkan Fungsi .....                                                        | 42        |
| 2.4.2                                      | Berdasarkan Infrastruktur .....                                                 | 45        |
| 2.4.3                                      | Berdasarkan Lokasi .....                                                        | 47        |
| <b>2.5</b>                                 | <b>Metode Inferensial Statistik</b> .....                                       | <b>50</b> |
| 2.5.1                                      | <i>ANOVA (Analysis of Variance)</i> .....                                       | 50        |
| 2.5.2                                      | <i>ANCOVA (Analysis of Covariance)</i> .....                                    | 51        |
| 2.5.3                                      | <i>MANOVA (Multivariate Analysis of Variance)</i> .....                         | 51        |
| <b>2.6</b>                                 | <b>Metode <i>MANOVA (Multivariate Analysis of Variance)</i></b> .....           | <b>52</b> |
| 2.6.1                                      | Pengujian Asumsi Normalitas .....                                               | 56        |
| 2.6.2                                      | Pengujian Asumsi Homogenitas .....                                              | 57        |
| 2.6.3                                      | Asumsi Independensi .....                                                       | 58        |
| 2.6.4                                      | Uji <i>MANOVA</i> .....                                                         | 58        |
| 2.6.5                                      | Post-hoc .....                                                                  | 58        |
| 2.6.6                                      | Evaluasi dan Interpretasi Hasil .....                                           | 59        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> ..... |                                                                                 | <b>61</b> |
| <b>3.1</b>                                 | <b>Pendahuluan</b> .....                                                        | <b>61</b> |
| <b>3.2</b>                                 | <b>Kerangka Kerja Penelitian</b> .....                                          | <b>61</b> |
| <b>3.3</b>                                 | <b>Framework <i>Disaster Recovery Center (DRC)</i></b> .....                    | <b>63</b> |
| 3.3.1                                      | Standar <i>ITIL (Information Technology Infrastructure Library)</i> .....       | 64        |
| <b>3.4</b>                                 | <b>Implementasi Standar <i>ITIL v3</i> pada <i>Disaster Recovery Center</i></b> |           |

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| (DRC).....                                                                        | 69         |
| 3.4.1 <i>Service Strategy</i> (Strategi Layanan).....                             | 69         |
| 3.4.2 <i>Service Design</i> (Desain Layanan) .....                                | 70         |
| 3.4.3 <i>Service Transition</i> (Transisi Layanan).....                           | 72         |
| 3.4.4 <i>Service Operation</i> (Operasi Layanan).....                             | 72         |
| 3.4.5 <i>Continual Service Improvement (CSI)</i> (Peningkatan Berkelanjutan)..... | 73         |
| <b>3.5 Topologi Jaringan .....</b>                                                | <b>74</b>  |
| <b>3.6 Skenario Pengujian .....</b>                                               | <b>76</b>  |
| <b>3.7 Kebutuhan Perangkat Pada Topologi Penelitian .....</b>                     | <b>78</b>  |
| 3.7.1 Kebutuhan Perangkat Keras.....                                              | 78         |
| 3.7.2 Kebutuhan Perangkat Lunak.....                                              | 79         |
| <b>3.8 Implementasi Topologi <i>Disaster Recovery Center (DRC)</i>.....</b>       | <b>80</b>  |
| 3.8.1 Implementasi Pada Perangkat Fisik .....                                     | 80         |
| 3.8.2 Konfigurasi Jaringan <i>Disaster Recovery Center (DRC)</i> .....            | 81         |
| 3.8.3 Konfigurasi Server .....                                                    | 83         |
| <b>3.9 Metode Pengumpulan Data .....</b>                                          | <b>86</b>  |
| 3.9.1 Tapping Data.....                                                           | 87         |
| <b>3.10 Pengolahan Data .....</b>                                                 | <b>93</b>  |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                          | <b>97</b>  |
| <b>4.1 Klasifikasi Parameter Pada Data .....</b>                                  | <b>97</b>  |
| 4.1.1. Klasifikasi <i>Throughput</i> .....                                        | 100        |
| 4.1.2 Klasifikasi <i>Delay</i> .....                                              | 102        |
| 4.1.3 Klasifikasi <i>Jitter</i> .....                                             | 104        |
| 4.1.4 Klasifikasi <i>Packet Loss</i> .....                                        | 107        |
| <b>4.2 Uji Asumsi <i>MANOVA</i> .....</b>                                         | <b>110</b> |
| 4.2.1 Uji Asumsi Normalitas.....                                                  | 110        |

|                       |                                                                                                                                |            |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.2                 | Uji Asumsi Homogenitas .....                                                                                                   | 113        |
| <b>4.3</b>            | <b>Pengujian <i>MANOVA</i>.....</b>                                                                                            | <b>115</b> |
| <b>4.4</b>            | <b>Hasil Pengujian <i>MANOVA</i>.....</b>                                                                                      | <b>117</b> |
| <b>4.5</b>            | <b>Statistik Deskriptif .....</b>                                                                                              | <b>120</b> |
| <b>4.6</b>            | <b>Uji Post-Hoc.....</b>                                                                                                       | <b>122</b> |
| <b>4.7</b>            | <b>Analisis dan Visualisasi Hasil Uji Parameter <i>QoS</i> dan Lanjutan<br/>.....</b>                                          | <b>129</b> |
| 4.7.1                 | Parameter <i>Throughput</i> .....                                                                                              | 129        |
| 4.7.2                 | Parameter <i>Delay</i> .....                                                                                                   | 131        |
| 4.7.3                 | Parameter <i>Jitter</i> .....                                                                                                  | 132        |
| 4.7.4                 | Parameter <i>Packet Loss</i> .....                                                                                             | 133        |
| 4.7.5                 | Analisis dan Visualisasi Lanjutan .....                                                                                        | 135        |
| <b>4.8</b>            | <b>Hasil Analisis Kualitas Skenario Percobaan Terbaik.....</b>                                                                 | <b>137</b> |
| <b>4.9</b>            | <b>Evaluasi Skenario Pengujian Sistem Disaster Recovery Center<br/>(DRC) .....</b>                                             | <b>138</b> |
| 4.9.1                 | Skenario 1 ( Kondisi Normal Dengan Beban Trafik Rendah) .....                                                                  | 139        |
| 4.9.2                 | Skenario 2 (Kondisi Normal Dengan Beban Trafik Tinggi).....                                                                    | 142        |
| 4.9.3                 | Skenario 3 ( Kondisi Serangan <i>DoS</i> ) .....                                                                               | 146        |
| 4.9.4                 | Skenario 4 (Kondisi Normal Dengan Beban Trafik Rendah dan<br>Serangan <i>DoS</i> ) .....                                       | 150        |
| 4.9.5                 | Skenario 5 (Kondisi Normal Dengan Beban Trafik Tinggi dan<br>Serangan <i>DoS</i> ) .....                                       | 155        |
| <b>4.10</b>           | <b>Evaluasi Akhir Pengujian dan Dampak Analisis <i>MANOVA</i><br/>terhadap Arsitektur Disaster Recovery Center (DRC) .....</b> | <b>160</b> |
| <b>BAB V</b>          | <b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>                                                                                               | <b>163</b> |
| <b>5.1</b>            | <b>Kesimpulan .....</b>                                                                                                        | <b>163</b> |
| <b>5.2</b>            | <b>Saran .....</b>                                                                                                             | <b>164</b> |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> | <b>.....</b>                                                                                                                   | <b>165</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 2.1</b> Skema <i>Hot Standby DRC</i> .....                                            | 34  |
| <b>Gambar 2.2</b> Skema <i>Warm Standby DRC</i> .....                                           | 35  |
| <b>Gambar 2.3</b> Skema <i>Cold Standby DRC</i> .....                                           | 36  |
| <b>Gambar 2.4</b> <i>Flowchart MANOVA</i> [50] .....                                            | 55  |
| <b>Gambar 3.1</b> Kerangka Kerja Penelitian .....                                               | 62  |
| <b>Gambar 3.2</b> <i>Framework Standar ITIL v3</i> [59].....                                    | 66  |
| <b>Gambar 3.3</b> <i>Framework DRC Standart ITIL v3</i> .....                                   | 67  |
| <b>Gambar 3.4</b> Topologi <i>Disaster Recovery Center (DRC)</i> .....                          | 74  |
| <b>Gambar 3.5</b> Topologi Fisik <i>Disaster Recovery Center (DRC)</i> .....                    | 81  |
| <b>Gambar 3.6</b> Trafik Data Skenario 1.....                                                   | 88  |
| <b>Gambar 3. 7</b> Trafik Data Skenario 2.....                                                  | 90  |
| <b>Gambar 3.8</b> Serangan Siber Pada Sistem <i>DRC</i> .....                                   | 90  |
| <b>Gambar 3.9</b> Trafik <i>Htop</i> dan <i>Wireshark</i> Skenario 3.....                       | 91  |
| <b>Gambar 3.10</b> Trafik Data Skenario 4.....                                                  | 92  |
| <b>Gambar 3.11</b> Trafik Data Skenario 5.....                                                  | 93  |
| <b>Gambar 3.12</b> Diagram Blok Pengolahan Data Menggunakan <i>MANOVA</i> .....                 | 94  |
| <b>Gambar 3.13</b> <i>Flowchart</i> Pengolahan Data .....                                       | 96  |
| <b>Gambar 4.1</b> Diagram Blok Klasifikasi Data .....                                           | 99  |
| <b>Gambar 4.2</b> Informasi <i>Capture File Dataset</i> .....                                   | 101 |
| <b>Gambar 4.3</b> Dataset Penelitian.....                                                       | 103 |
| <b>Gambar 4. 4</b> Dataset Penelitian.....                                                      | 106 |
| <b>Gambar 4.5</b> Informasi <i>Capture File Dataset</i> .....                                   | 108 |
| <b>Gambar 4.6</b> Hasil Uji Asumsi Normalitas .....                                             | 112 |
| <b>Gambar 4. 7</b> Grafik Perbandingan mean Uji <i>MANOVA</i> Parameter <i>Throughput</i> ..... | 130 |
| <b>Gambar 4.8</b> Grafik Perbandingan mean Uji <i>MANOVA</i> Parameter <i>Delay</i> .....       | 132 |
| <b>Gambar 4.9</b> Grafik Perbandingan mean Uji <i>MANOVA</i> Parameter <i>Jitter</i> .....      | 133 |
| <b>Gambar 4.10</b> Grafik Perbandingan mean <i>MANOVA</i> Parameter <i>Packet Loss</i> .....    | 134 |
| <b>Gambar 4.11</b> Grafik Visualisasi Lanjutan ( <i>CDA</i> ).....                              | 136 |
| <b>Gambar 4.12</b> Visualisasi Beban <i>CPU</i> dan <i>RAM</i> Skenario 1.....                  | 140 |
| <b>Gambar 4.13</b> Visualisasi Beban <i>CPU</i> dan <i>RAM</i> Percobaan Gagal Skenario 1.....  | 141 |

|                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 4.14</b> Visualisasi Beban <i>CPU</i> dan <i>RAM</i> Skenario 2.....             | 144 |
| <b>Gambar 4. 15</b> Visualisasi Beban <i>CPU</i> dan <i>RAM</i> Percobaan Gagal Skenario 2 | 145 |
| <b>Gambar 4.16</b> Visualisasi Beban <i>CPU</i> dan <i>RAM</i> Skenario 3.....             | 147 |
| <b>Gambar 4. 17</b> Visualisasi Beban <i>CPU</i> dan <i>RAM</i> Percobaan Gagal Skenario 3 | 149 |
| <b>Gambar 4.18</b> Visualisasi Beban <i>CPU</i> dan <i>RAM</i> Skenario 4.....             | 152 |
| <b>Gambar 4. 19</b> Visualisasi Beban <i>CPU</i> dan <i>RAM</i> Percobaan Gagal Skenario 4 | 154 |
| <b>Gambar 4.20</b> Visualisasi Beban <i>CPU</i> dan <i>RAM</i> Skenario 5.....             | 157 |
| <b>Gambar 4. 21</b> Visualisasi Beban <i>CPU</i> dan <i>RAM</i> Percobaan Gagal Skenario 5 | 159 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabel 2.1</b> Penelitian Terdahulu .....                                       | 24  |
| <b>Tabel 2.2</b> Kualitas Throughput .....                                        | 38  |
| <b>Tabel 2.3</b> Kualitas Delay.....                                              | 39  |
| <b>Tabel 2.4</b> Kualitas Jitter .....                                            | 40  |
| <b>Tabel 2.5</b> Kategori <i>Packet Loss</i> .....                                | 41  |
| <b>Tabel 2.6</b> Matrix Perbandingan Data Center Berdasarkan Fungsi .....         | 44  |
| <b>Tabel 2.7</b> Matrix Perbandingan Data Center Berdasarkan Infrastruktur .....  | 46  |
| <b>Tabel 2.8</b> Matrix Perbandingan Data Center Berdasarkan Lokasi .....         | 49  |
| <b>Tabel 3.1</b> IP Address Perangkat <i>Disaster Recovery Center (DRC)</i> ..... | 75  |
| <b>Tabel 3.2</b> Skenario Pengujian DRC.....                                      | 77  |
| <b>Tabel 3.3</b> Kebutuhan dan Spesifikasi Perangkat Keras .....                  | 78  |
| <b>Tabel 3.4</b> Kebutuhan dan Spesifikasi Perangkat Lunak .....                  | 79  |
| <b>Tabel 4.1</b> Hasil Perhitungan <i>Throughput</i> Skenario Percobaan.....      | 102 |
| <b>Tabel 4.2</b> Perhitungan <i>Delay</i> .....                                   | 103 |
| <b>Tabel 4.3</b> Hasil Perhitungan <i>Delay</i> Skenario Percobaan .....          | 104 |
| <b>Tabel 4.4</b> Perhitungan <i>Jitter</i> .....                                  | 106 |
| <b>Tabel 4.5</b> Hasil Perhitungan <i>Jitter</i> Skenario Percobaan .....         | 107 |
| <b>Tabel 4.6</b> Hasil Perhitungan <i>Packet Loss</i> Skenario Percobaan.....     | 109 |
| <b>Tabel 4.7</b> Hasil Uji Asumsi Homogenitas <i>Levene's Test</i> .....          | 113 |
| <b>Tabel 4.8</b> Hasil Uji Asumsi Homogenitas <i>Box's Test</i> .....             | 114 |
| <b>Tabel 4.9</b> Hasil Uji Asumsi <i>MANOVA</i> .....                             | 116 |
| <b>Tabel 4.10</b> Hasil Uji <i>MANOVA</i> .....                                   | 118 |
| <b>Tabel 4.11</b> Hasil Uji Test of Between-Subjects Effects .....                | 119 |
| <b>Tabel 4.12</b> Deskripsi Statistik.....                                        | 120 |
| <b>Tabel 4.13</b> Hasil Uji Post-Hoc <i>MANOVA</i> .....                          | 123 |
| <b>Tabel 4.14</b> Interpretasi Hasil Uji Post-Hoc <i>MANOVA</i> .....             | 127 |
| <b>Tabel 4.15</b> Hasil mean Uji <i>MANOVA</i> Parameter <i>Throughput</i> .....  | 130 |
| <b>Tabel 4.16</b> Hasil mean Uji <i>MANOVA</i> Parameter <i>Delay</i> .....       | 131 |
| <b>Tabel 4.17</b> Hasil mean Uji <i>MANOVA</i> Parameter <i>Jitter</i> .....      | 132 |
| <b>Tabel 4.18</b> Hasil mean Uji <i>MANOVA</i> Parameter <i>Packet Loss</i> ..... | 134 |

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabel 4.19</b> Hasil Performa Terbaik <i>MANOVA</i> .....                                | 137 |
| <b>Tabel 4.20</b> Informasi Dataset Skenario 1 .....                                        | 139 |
| <b>Tabel 4. 21</b> Informasi Penggunaan CPU RAM Skenario 1 .....                            | 140 |
| <b>Tabel 4. 22</b> Informasi Penggunaan CPU dan RAM pada Percobaan Gagal<br>Skenario 1..... | 141 |
| <b>Tabel 4.23</b> Informasi Dataset Skenario 2 .....                                        | 143 |
| <b>Tabel 4. 24</b> Informasi Penggunaan CPU RAM Skenario 2 .....                            | 143 |
| <b>Tabel 4.25</b> Informasi Penggunaan CPU dan RAM pada Percobaan Gagal<br>Skenario 2.....  | 145 |
| <b>Tabel 4.26</b> Informasi Dataset Skenario 3 .....                                        | 147 |
| <b>Tabel 4. 27</b> Informasi Penggunaan CPU RAM Skenario 3 .....                            | 147 |
| <b>Tabel 4. 28</b> Informasi Penggunaan CPU dan RAM pada Percobaan Gagal<br>Skenario 3..... | 149 |
| <b>Tabel 4.29</b> Informasi Dataset Skenario 4 .....                                        | 151 |
| <b>Tabel 4. 30</b> Informasi Penggunaan CPU RAM Skenario 4.....                             | 151 |
| <b>Tabel 4. 31</b> Informasi Penggunaan CPU dan RAM pada Percobaan Gagal<br>Skenario 4..... | 153 |
| <b>Tabel 4.32</b> Informasi Dataset Skenario 5 .....                                        | 156 |
| <b>Tabel 4. 33</b> Informasi Penggunaan CPU RAM Skenario 5 .....                            | 156 |
| <b>Tabel 4. 34</b> Informasi Penggunaan CPU dan RAM pada Percobaan Gagal<br>Skenario 5..... | 158 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Data merupakan sekumpulan informasi atau fakta yang umumnya terdiri atas angka, simbol, huruf yang memuat suatu nilai dan informasi penting didalamnya. Data memiliki peranan penting hampir disetiap aspek kehidupan utamanya saat ini dimana era perkembangan teknologi dan informasi yang berkembang kian pesat. Karena itu data merupakan pilar penting dalam keberlangsungan suatu sistem utamanya jika menyangkut operasional suatu organisasi maupun instansi yang berkaitan dengan penggunaan kapasitas data yang besar dan kompleks[1]. Dalam perkembangan dunia digital yang kian terintegrasi ancaman terhadap data pun semakin kompleks dan bervariasi seperti ancaman siber, kesalahan manusia maupun faktor alam. Keamanan data yang kurang baik tentu saja dapat berakibat fatal bagi keutuhan data yang akan berpengaruh bagi suatu organisasi, baik kerugian dalam bentuk materil, hilangnya reputasi bahkan terjadinya pelanggaran hukum[2]. Beberapa waktu lalu, Indonesia mengalami gangguan besar pada pusat data nasional, yang mana hal ini menyebabkan terjadinya *downtime* dari beberapa layanan pokok yang secara kumulatif bergantung pada PDN[3]. Aksesibilitas dari PDN terganggu terjadi akibat dari kegagalan perangkat keras dan serangan siber, yang berdampak sangat besar dalam berbagai sektor layanan vital seperti gangguan pada layanan kesehatan, pemerintahan, keuangan, dan layanan berkomunikasi yang tentunya hal ini sangat merugikan negara dan banyak orang didalamnya[4].

Berdasarkan permasalahan yang ada terhadap keutuhan data, pentingnya setiap organisasi ataupun instansi untuk memiliki sistem yang mampu menjaga serta memulihkan data dengan cepat dan efektif saat terjadinya masalah atau bencana pada pusat layanan data. Oleh karena itu salah satu solusi yang efektif untuk mengatasi hal ini adalah penerapan

*Disaster Recovery Center (DRC)* yang mana penggunaanya dirancang untuk memulihkan data dan sistem TI dalam situasi darurat[5]. *Disaster Recovery Center* atau *DRC* merupakan sebuah sistem yang berfungsi memberikan layanan pemulihan data ketika terjadi kondisi dimana dapat mengancam keberlangsungan data. Bisa disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kesalahan manusia, serangan siber ataupun bencana yang disebabkan karena faktor alam. Fungsi dan kualitas dari layanan *DRC* akan sangat mempengaruhi efektivitas serta kecepatan dari pemulihan data, dan hal ini secara tentu saja akan mempengaruhi tingkat keberlangsungan operasional suatu organisasi atau instansi yang menggunakannya[6].

Terdapat Penelitian sebelumnya[4], [5], [6] yang membahas gambaran umum penerapan sistem *Disaster Recovery Center (DRC)* serta menjelaskan bahwa pentingnya penerapan *Disaster Recovery Center (DRC)* terhadap keberlangsungan keamanan data terhadap suatu pekerjaan. Terdapat penelitian terdahulu sebagai rujukan penulis yang lebih spesifik membahas mengenai penerapan *Disaster Recovery Center (DRC)* . Pada Penelitian [7] membahas pentingnya lokasi dan jaringan distribusi dalam merancang *DRC* yang efisien setelah bencana, menekankan bahwa aksesibilitas *DRC* sangat krusial untuk pengiriman bantuan yang cepat dan efektif, disisi lain penelitian ini juga masih terdapat kekurangan yakni penentuan alokasi serta minimnya penjelasan teknis tentang penerapan *DRC* sehingga dapat memperlambat proses pengimplementasian secara langsung. Selain itu, penelitian [8] menunjukkan bahwa penerapan strategi pemulihan berbasis *cloud* dapat meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi dalam proses pemulihan data, yang pada gilirannya mengurangi risiko kehilangan data dan waktu henti operasional, kekurangan pada penelitian ini ialah kurangnya penjelasan langkah yang spesifik serta manajemen resiko mengenai perlindungan data dalam lingkungan *cloud*. Adapun pada Penelitian [9] memperhatikan pentingnya *platform* pemulihan berbasis *cloud* dalam mengatasi tantangan yang dihadapi selama bencana. Penelitian ini mengutip bahwasannya pemulihan data yang efektif memerlukan pemahaman yang mendalam tentang *QoS*, yang termasuk kedalam aspek kecepatan

pemulihan, keandalan, dan keamanan data, penelitian ini memiliki kekurangan mengenai pembahasan metrik parameter *QoS* yang relevan sehingga menyulitkan dalam menilai ke efektivitasan dari *DR* yang diterapkan. Kemudian, membahas mengenai penggunaan metode *MANOVA* saat ini telah banyak dielaborasi dalam berbagai macam studi untuk menganalisis hubungan antara beberapa variabel dalam satu model statistik, seperti terdapat dalam penelitian [10] menganalisis hubungan antar variabel didalam satu model dengan penerapan metode *MANOVA*, Meskipun telah terdapat beberapa penelitian terdahulu sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya, namun masih cukup sedikit studi yang menjelaskan penerapan *DRC* secara utuh serta menggabungkan metode *MANOVA* untuk melakukan analisis kualitas berdasarkan parameter *QoS*. Dari kekurangan penelitian terdahulu menjadikan landasan penulis untuk melakukan penelitian terhadap pengujian kualitas *Disaster Recovery Center (DRC)* dengan menggunakan metode *MANOVA*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas *Disaster Recovery Center* dengan menggunakan parameter *QoS*, evaluasi kualitas layanan *DRC* dapat dilakukan dengan menggunakan parameter Quality of Service (*QoS*), yang mana dapat diterapkan untuk menguji berbagai aspek teknis dan fungsional dari sistem tersebut, termasuk kecepatan respon, keandalan, dan skalabilitas. kemudian dilakukan pengukuran melalui sejumlah variabel yang relevan yakni seperti *delay*, *jitter*, *throughput* dan *packet loss*. Adapun metode statistik yang digunakan untuk menganalisis data dalam penelitian ini adalah *MANOVA (Multivariate Analysis of Variance)*. Metode *MANOVA* adalah metode uji statistik yang digunakan untuk menguji apakah ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata beberapa grup berdasarkan lebih dari satu variabel dependen yang saling berhubungan[11]. Merujuk pada penjelasan tersebut maka penerapan metode *MANOVA* pada penelitian ini maka akan memungkinkan hasil uji yang kompleks dikarenakan uji *MANOVA* melakukan analisis secara multivariabel secara simultan serta identifikasi yang lebih efisien serta mendalam terhadap korelasi antar parameter *QoS* pada penerapan *Disaster*

*Recovery Center (DRC)* .

Berdasarkan rangkaian penjelasan diatas, telah dijelaskan mengenai pentingnya penerapan *Disaster Recovery Center (DRC)* terhadap keutuhan data dan sistem bagi suatu organisasi maupun instansi. Serta penerapan *MANOVA* yang dapat melakukan analisis komperhensif terhadap hubungan antar variabel dependen dan independen yang mana dalam konteks ini ialah variabel parameter QoS. Sehingga latar belakang ini dibuat oleh penulis untuk melakukan penelitian terhadap Analisis Kualitas *Disaster Recovery Center (DRC)* Dengan Parameter *Quality of Service (QoS)* Menggunakan Metode *MANOVA*.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Dari latar belakang yang ada, terdapat perumusan masalah yang di bahas dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan *Disaster Recovery Center (DRC)* dapat meminimalisir gangguan serta kehilangan data pada suatu organisasi atau instansi?
2. Bagaimana mengetahui kualitas *Disaster Recovery Center (DRC)* dengan menerapkan metode *MANOVA*?

## **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memastikan keberlangsungan operasional saat terjadi gangguan dengan penerapan *Disaster Recovery Center (DRC)* .
2. Menjaga keutuhan data terhadap resiko kehilangan data jika terjadi bencana baik faktor teknis, kesalahan manusia maupun alam.
3. Mengimplementasikan teknik analisis *QoS* dengan metode *MANOVA*.

## 1.4 Manfaat

Berikut merupakan manfaat yang akan diperoleh dari penulisan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Menerapkan sistem pemulihan yakni *Disaster Recovery Center (DRC)* , sehingga dapat meminimalisir resiko gangguan operasional.
2. Meningkatkan perlindungan terhadap data penting organisasi melalui sistem *Disaster Recovery Center (DRC)* .
3. Memperluas penerapan metode *MANOVA* untuk uji kualitas parameter *QoS* sistem *Disaster Recovery Center (DRC)*.

## 1.5 Batasan Masalah

Merujuk pada rumusan masalah sebelumnya, maka batasan masalah yang terdapat pada penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Penelitian ini menerapkan sistem *Disaster Recovery Center (DRC)* dengan startegi pemulihan *Hot Standby*.
2. Parameter yang diterapkan pada pengujian ini ialah parameter *QoS* antara lain *delay*, *jitter*, *throughput* dan *packet loss*.
3. Metode analisis yang diterapkan adalah metode statistik *MANOVA* (*Multivariate Analysis of Variance*).
4. Metode yang digunakan untuk memastikan bahwa data diantara kedua server sama ialah *Database Synchronization Tools*.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Dalam pengerjaan Tugas Akhir agar mempermudah penulis dalam penyusunan Tugas Akhir, maka dibuat sistematika penulisan, yakni sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab pertama akan menjelaskan secara sistematis yang berisi bahasan utama yang dimuat pada penelitian ini, antara lain mencakup latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan, manfaat serta batasan masalah yang ada pada penelitian ini.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab kedua akan menjabarkan dasar teori dan kerangka penelitian seperti pembahasan mengenai konsep *DRC*, konsep penerapan parameter *QoS* serta penerapan metode *MANOVA* yang mana akan menjadi landasan pada penelitian ini.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ketiga akan memaparkan langkah serta proses penelitian secara sistematis meliputi tahapan proses, pengumpulan serta pengolahan data dari penerapan skenario yang ada pada *Disaster Recovery Center (DRC)* .

### **BAB IV HASIL DAN ANALISA**

Bab keempat ini akan memaparkan hasil dari pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada penelitian.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab kelima akan menyajikan kesimpulan hasil dari rangkain proses penelitian serta menempatkan saran untuk penelitian yang akan mendatang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Indah, A. Sidabutar, and N. Annisa, "1 Jurnal Bidang Penelitian Informatika Peran Cyber Security Terhadap Keamanan Data Penduduk Negara Indonesia (Studi Kasus: Hacker Bjorka)," *J. Bid. Penelit. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.kreatifcemerlang.id/index.php/jbpi>
- [2] B. Alouffi, M. Hasnain, A. Alharbi, W. Alosaimi, H. Alyami, and M. Ayaz, "2 A Systematic Literature Review on Cloud Computing Security: Threats and Mitigation Strategies," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 57792–57807, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3073203.
- [3] T. W. Ramdhan, I. D. Florina, and D. Permadi, "5 Analisis Framing Pemberitaan Peretasan Pusat Data Nasional ( PDN) di Media Online Tempo.co," *J. Educ. Res.*, vol. 5, no. 3, pp. 3368–3379, 2024, doi: 10.37985/jer.v5i3.1491.
- [4] L. Munn, "6 Injecting failure: Data center infrastructures and the imaginaries of resilience," *Inf. Soc.*, vol. 36, no. 3, pp. 167–176, 2020, doi: 10.1080/01972243.2020.1737607.
- [5] J. Mendonca, R. Lima, E. Queiroz, E. Andrade, and D. S. Kim, "3/5 Evaluation of a Backup-as-a-Service Environment for Disaster Recovery," *Proc. - IEEE Symp. Comput. Commun.*, vol. 2019-June, 2019, doi: 10.1109/ISCC47284.2019.8969658.
- [6] W. Pu and X. Fu, "4 Research on Disaster Recovery and Application of College Data Center," no. Iceeeecs, pp. 418–421, 2018, doi: 10.25236/iceeeecs.2018.088.
- [7] J. D. Hong and K. Jeong, "9 Cross-evaluation based super efficiency DEA approach to designing disaster recovery center location-allocation-routing network schemes," *J. Humanit. Logist. Supply Chain Manag.*, vol. 10, no. 4, pp. 485–508, Jan. 2020, doi: 10.1108/JHLSCM-03-2020-0019.
- [8] S. Tatineni, "10 Cloud-Based Business Continuity and Disaster Recovery Strategies," *Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci.*, no. 11,

- pp. 1389–1397, 2023, doi: 10.56726/irjmets46236.
- [9] M. A. Khoshkholghi, A. Abdullah, R. Latip, S. Subramaniam, and M. Othman, “11 Disaster Recovery in Cloud Computing: A Survey,” *Comput. Inf. Sci.*, vol. 7, no. 4, p. 39, 2014, doi: 10.5539/cis.v7n4p39.
  - [10] U. S. Jacob and J. Pillay, “12 A comparative study of pre-service teachers’ knowledge and perceptions of, and attitudes toward, inclusive education,” *Front. Educ.*, vol. 7, no. October, pp. 1–12, 2022, doi: 10.3389/educ.2022.1012797.
  - [11] P. Deshpande *et al.*, “8 Metaheuristic Deep Learning-Driven Wireless Communication Security Adaptation Using Multivariate Analysis of Variance (MANOVA),” *Secur. Commun. Networks*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/8426997.
  - [12] D. Hussein and G. Bhat, “21 12 SensorGAN: A Novel Data Recovery Approach for Wearable Human Activity Recognition,” *ACM Trans. Embed. Comput. Syst.*, vol. 23, no. 3, 2024, doi: 10.1145/3609425.
  - [13] Y. Zhang *et al.*, “16 13 Bds+: An inter-datacenter data replication system with dynamic bandwidth separation,” *IEEE/ACM Trans. Netw.*, vol. 29, no. 2, pp. 918–934, 2021, doi: 10.1109/TNET.2021.3054924.
  - [14] A. M. Abdelmoniem and B. Bensaou, “17 14 T-RACKs: A Faster Recovery Mechanism for TCP in Data Center Networks,” *IEEE/ACM Trans. Netw.*, vol. 29, no. 3, pp. 1074–1087, 2021, doi: 10.1109/TNET.2021.3059913.
  - [15] Y. Liu, F. Zhou, C. Chen, Z. Zhu, T. Shang, and J. M. Torres-Moreno, “18 15 Disaster Protection in Inter-DataCenter Networks Leveraging Cooperative Storage,” *IEEE Trans. Netw. Serv. Manag.*, vol. 18, no. 3, pp. 2598–2611, 2021, doi: 10.1109/TNSM.2021.3089049.
  - [16] X. Wang *et al.*, “12 16 Intelligent post-disaster networking by exploiting crowd big data,” *IEEE Netw.*, vol. 34, no. 4, pp. 49–55,

- 2020, doi: 10.1109/MNET.011.1900389.
- [17] S. Ferdousi *et al.*, “13 17 Joint Progressive Network and Datacenter Recovery after Large-Scale Disasters,” *IEEE Trans. Netw. Serv. Manag.*, vol. 17, no. 3, pp. 1501–1514, 2020, doi: 10.1109/TNSM.2020.2983822.
  - [18] C. Wang, C. Gill, and C. Lu, “15 18 Adaptive data replication in real-time reliable edge computing for internet of things,” *Proc. - 5th ACM/IEEE Conf. Internet Things Des. Implementation, IoTDI 2020*, pp. 128–134, 2020, doi: 10.1109/IoTDI49375.2020.00019.
  - [19] T. Tsubaki, R. Ishibashi, T. Kuwahara, and Y. Okazaki, “19 Effective disaster recovery for edge computing against large-scale natural disasters,” *2020 IEEE 17th Annu. Consum. Commun. Netw. Conf. CCNC 2020*, pp. 1–2, 2020, doi: 10.1109/CCNC46108.2020.9045528.
  - [20] A. Setyawan, Y. Giri Sucahyo, and A. Gandhi, “20 Design of disaster recovery plan: State university in indonesia,” *2020 5th Int. Conf. Informatics Comput. ICIC 2020*, no. May, 2020, doi: 10.1109/ICIC50835.2020.9288543.
  - [21] A. Aghdai, C. Y. Chu, Y. Xu, D. H. Dai, J. Xu, and H. Jonathan Chao, “22 21 Spotlight: Scalable Transport Layer Load Balancing for Data Center Networks,” *IEEE Trans. Cloud Comput.*, vol. 10, no. 3, pp. 2131–2145, 2022, doi: 10.1109/TCC.2020.3024834.
  - [22] L. R. Tavares, T. S. Costa, K. B. De Melo, J. L. S. De Silva, and M. G. Villalva, “27 22 Statistical analysis ANOVA and MANOVA of irradiation and temperature database for photovoltaic systems,” *Proc. IEEE Int. Conf. Ind. Technol.*, vol. 2020-Febru, pp. 554–559, 2020, doi: 10.1109/ICIT45562.2020.9067233.
  - [23] X. Li, H. Wang, S. Yi, S. Liu, L. Zhai, and C. Jiang, “23 Disaster-and-Evacuation-Aware Backup Datacenter Placement Based on Multi-Objective Optimization,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 48196–48208, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2909084.
  - [24] L. Ma and B. Yang, “29 24 Data backup against progressive disasters

- in geo-distributed data center networks,” *Proc. - 2018 Int. Conf. Netw. Netw. Appl. NaNA 2018*, pp. 223–226, 2018, doi: 10.1109/NANA.2018.8648708.
- [25] N. Dhanujati and A. S. Girsang, “24 25 Data Center-Disaster Recovery Center (DC-DRC) for High Availability IT Service,” *Proc. 2018 Int. Conf. Inf. Manag. Technol. ICIMTech 2018*, no. September, pp. 55–60, 2018, doi: 10.1109/ICIMTech.2018.8528170.
- [26] R. S. Radkov and I. D. Dimitrov, “25 26 Are Disaster Recovery Levels sufficient to assess the Data Center’s disaster preparedness?,” *2018 IEEE 27th Int. Sci. Conf. Electron. 2018 - Proc.*, pp. 1–4, 2018, doi: 10.1109/ET.2018.8549602.
- [27] S. Liu, H. Xu, L. Liu, W. Bai, K. Chen, and Z. Cai, “27 RepNet: Cutting Latency with Flow Replication in Data Center Networks,” *IEEE Trans. Serv. Comput.*, vol. 14, no. 1, pp. 248–261, 2021, doi: 10.1109/TSC.2018.2793250.
- [28] J. Xu, K. Ota, and M. Dong, “26 27 Fast networking for disaster recovery,” *IEEE Trans. Emerg. Top. Comput.*, vol. 8, no. 3, pp. 845–854, 2020, doi: 10.1109/TETC.2017.2775798.
- [29] L. Tomás *et al.*, “28 Disaster Recovery Layer for Distributed OpenStack Deployments,” *IEEE Trans. Cloud Comput.*, vol. 8, no. 1, pp. 112–123, 2020, doi: 10.1109/TCC.2017.2745560.
- [30] S. Al Mamoori, A. Jaekel, and S. Bandyopadhyay, “7/13 29 Disaster-aware WDM network design for data centres,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 9–12, 2017, doi: 10.1145/3007748.3007765.
- [31] A. Nahir, A. Orda, and D. Raz, “31 Replication-Based Load Balancing,” *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.*, vol. 27, no. 2, pp. 494–507, 2016, doi: 10.1109/TPDS.2015.2400456.
- [32] G. Liu, H. Shen, and H. Chandler, “Selective data replication for online social networks with distributed datacenters,” *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.*, vol. 27, no. 8, pp. 2377–2393, 2016, doi: 10.1109/TPDS.2015.2485266.

- [33] S. S. E. F. Osella, “No Title,” *Fault-tolerance pattern Switch. Protoc. Mult. hot cold standby redundancies*, 2018.
- [34] M. Catelani, L. Ciani, A. Bartolini, G. Guidi, and G. Patrizi, “Standby Redundancy for Reliability Improvement of Wireless Sensor Network,” *5th Int. Forum Res. Technol. Soc. Ind. Innov. to Shape Futur. RTSI 2019 - Proc.*, pp. 364–369, 2019, doi: 10.1109/RTSI.2019.8895533.
- [35] M. Asif, S. Khan, R. Ahmad, M. Sohail, and D. Singh, “Quality of service of routing protocols in wireless sensor networks: A review,” *IEEE Access*, vol. 5, no. c, pp. 1846–1871, 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2654356.
- [36] W. Chen, B. Liu, I. Paik, Z. Li, and Z. Zheng, “QoS-Aware Data Placement for MapReduce Applications in Geo-Distributed Data Centers,” *IEEE Trans. Eng. Manag.*, vol. 68, no. 1, pp. 120–136, 2021, doi: 10.1109/TEM.2020.2971717.
- [37] S. N. Dhanvadkar and N. Masood, “34 Next Generation Network Quality of Service (QoS) Standart ITU.T Y.2001,” *Proc. Int. Symp. Consum. Electron. ISCE*, 2007, doi: 10.1109/ISCE.2007.4382215.
- [38] S. Kwon, “QoS-Aware Data Center Operations Based on Chance- and Risk-Constrained Optimization,” *IEEE Trans. Cloud Comput.*, vol. 10, no. 4, pp. 2887–2896, 2022, doi: 10.1109/TCC.2020.3031612.
- [39] D. Mytton, “Data centre water consumption,” *npj Clean Water*, vol. 4, no. 1, 2021, doi: 10.1038/s41545-021-00101-w.
- [40] A. Roy, H. Zeng, J. Bagga, G. Porter, and A. C. Snoeren, “Inside the Social Network’s (Datacenter) Network,” *Comput. Commun. Rev.*, vol. 45, no. 4, pp. 123–137, 2015, doi: 10.1145/2785956.2787472.
- [41] I. Magaki, M. Khazraee, L. V. Gutierrez, and M. B. Taylor, “ASIC clouds: specializing the datacenter,” *SIGARCH Comput. Arch. News*, vol. 44, no. 3, pp. 178–190, Jun. 2016, doi: 10.1145/3007787.3001156.
- [42] K. Anders, “Resolution of Students t-tests, ANOVA and analysis of

- variance components from intermediary data.,” *Biochem. medica*, vol. 27, no. 2, pp. 253–258, Jun. 2017, doi: 10.11613/BM.2017.026.
- [43] J. E. Harris, P. M. Sheean, P. M. Gleason, B. Bruemmer, and C. Boushey, “Publishing nutrition research: a review of multivariate techniques--part 2: analysis of variance.,” *J. Acad. Nutr. Diet.*, vol. 112, no. 1, pp. 90–98, Jan. 2012, doi: 10.1016/j.jada.2011.09.037.
- [44] G. Shieh, “Power Analysis and Sample Size Planning in ANCOVA Designs,” *Psychometrika*, vol. 85, no. 1, pp. 101–120, 2020, doi: 10.1007/s11336-019-09692-3.
- [45] S. Lipovetsky, “MANOVA, LDA, and FA criteria in clusters parameter estimation,” *Cogent Math.*, vol. 2, no. 1, p. 1071013, 2015, doi: 10.1080/23311835.2015.1071013.
- [46] K. N. Smith, K. N. Lamb, and R. K. Henson, “Making Meaning out of MANOVA: The Need for Multivariate Post Hoc Testing in Gifted Education Research,” *Gift. Child Q.*, vol. 64, no. 1, pp. 41–55, Dec. 2019, doi: 10.1177/0016986219890352.
- [47] Y. Stukalin and H. Einat, “Analyzing test batteries in animal models of psychopathology with multivariate analysis of variance (MANOVA): One possible approach to increase external validity,” *Pharmacol. Biochem. Behav.*, vol. 178, no. November, pp. 51–55, 2019, doi: 10.1016/j.pbb.2017.11.003.
- [48] V. Todorov and P. Filzmoser, “Robust statistic for the one-way MANOVA,” *Comput. Stat. Data Anal.*, vol. 54, no. 1, pp. 37–48, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.csda.2009.08.015>.
- [49] T. T. Cai and Y. Xia, “High-dimensional sparse MANOVA,” *J. Multivar. Anal.*, vol. 131, pp. 174–196, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2014.07.002>.
- [50] J. Engel *et al.*, “Regularized MANOVA (rMANOVA) in untargeted metabolomics,” *Anal. Chim. Acta*, vol. 899, pp. 1–12, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2015.06.042>.
- [51] F. L. Huang, “MANOVA: A Procedure Whose Time Has Passed?,” *Gift. Child Q.*, vol. 64, no. 1, pp. 56–60, Dec. 2019, doi:

10.1177/0016986219887200.

- [52] “Pare-1358-Warne.”
- [53] F. Konietzschke, A. C. Bathke, S. W. Harrar, and M. Pauly, “Parametric and nonparametric bootstrap methods for general MANOVA,” *J. Multivar. Anal.*, vol. 140, pp. 291–301, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2015.05.001>.
- [54] I. Ullah and B. Jones, “Regularised Manova for High-Dimensional Data,” *Aust. N. Z. J. Stat.*, vol. 57, no. 3, pp. 377–389, Sep. 2015, doi: <https://doi.org/10.1111/anzs.12126>.
- [55] S. Friedrich, F. Konietzschke, and M. Pauly, “Resampling-based analysis of multivariate data and repeated measures designs with the R package MANOVA. RM,” *R J.*, vol. 11, no. 2, pp. 380–400, 2019, doi: 10.32614/rj-2019-051.
- [56] A. El Yamami, K. Mansouri, M. Qbadou, and E. H. Illousamen, “56 Toward a new multi-agents architecture for the adoption of ITIL framework by small and medium-sized enterprises,” *Colloq. Inf. Sci. Technol. Cist*, vol. 0, no. 978, pp. 40–45, 2016, doi: 10.1109/CIST.2016.7805091.
- [57] M. Vicente, N. Gama, and M. M. Da Silva, “57The Value of ITIL in Enterprise Architecture,” *Proc. - IEEE Int. Enterp. Distrib. Object Comput. Work. EDOC*, no. 1, pp. 147–152, 2013, doi: 10.1109/EDOC.2013.24.
- [58] S. Bayona, Y. Baca, and G. Vela, “58 IT service management using ITIL v3: A case study,” pp. 1–6, 2017, doi: 10.23919/cisti.2017.7975963.
- [59] R. Pereira and M. M. Da Silva, “59 A maturity model for implementing ITIL V3 in practice,” *Proc. - IEEE Int. Enterp. Distrib. Object Comput. Work. EDOC*, pp. 259–268, 2011, doi: 10.1109/EDOCW.2011.30.