

Pembuatan Cluster Rubrik Dan Aturan SLA (Service Level Agreement) Pada Rubrik CDM

Muhammad Katamin
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Jakarta, Indonesia

muhammadkhatami634@gmail.com

Jafaruddin Gusti Amri Ginting, S.T., M.T
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia

jafargustiamri@telkomuniversity.ac.id

Gerry August S.T.
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Gunadarma
Jakarta, Indonesia

gerryaugust1997@gmail.com

Abstrak — Peningkatan kompleksitas infrastruktur teknologi informasi menimbulkan tantangan dalam pengelolaan volume data besar secara efisien, terutama pada Cloud Data Management (CDM). Salah satu permasalahan utamanya adalah kurangnya efisiensi dalam pembuatan cluster dan pengelolaan Service Level Agreement (SLA) yang berdampak pada kualitas layanan dan pemanfaatan sumber daya cloud. Topik ini penting karena SLA berperan krusial dalam memastikan kualitas layanan yang sesuai dengan harapan pengguna, seperti pada media streaming atau konferensi video berbasis cloud. Saat ini, terdapat kesenjangan antara kebutuhan pengguna dan efisiensi pengelolaan sumber daya cloud, yang sering kali menghasilkan waktu pemrosesan tinggi dan ketidakpatuhan terhadap SLA. Penelitian ini mengembangkan metode pembuatan cluster Rubrik berbasis SLA untuk mengoptimalkan kinerja layanan CDM. Solusi yang ditawarkan mencakup algoritma pengendalian penerimaan dan penjadwalan ulang sumber daya dengan memanfaatkan pembagian data untuk pemrosesan paralel. Ghost VM digunakan untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya dengan mengurangi waktu pembuatan VM hingga 11,98%. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan efisiensi dan kepatuhan SLA dengan peningkatan signifikan pada atribut Quality of Service (QoS), termasuk throughput, latensi, dan waktu respons. Sistem ini juga berhasil mengurangi beban kerja pengelolaan sumber daya dan memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan data besar berbasis cloud.

Kata kunci — *cloud computing, cdm, sla, cluster rubrik, qos, manajemen sumber daya.*

I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi telah mendorong banyak perusahaan untuk beralih ke komputasi awan (cloud computing) dalam pengelolaan dan penyimpanan data. Cloud computing menawarkan fleksibilitas dan skalabilitas yang tinggi, namun juga menghadirkan tantangan dalam hal keamanan dan pengelolaan data. Untuk mengatasi tantangan ini, manajemen data cloud atau Cloud Data Management

(CDM) menjadi kunci dalam memastikan integritas, ketersediaan, dan perlindungan data.

Salah satu solusi yang digunakan dalam pengelolaan data berbasis cloud adalah Rubrik CDM. Perangkat lunak ini dirancang untuk membantu perusahaan dalam melindungi dan memulihkan data secara efisien, terutama di era digital yang ditandai dengan meningkatnya volume data dan kebutuhan pemulihan yang cepat. Salah satu aspek krusial dalam implementasi Rubrik CDM adalah pengaturan Service Level Agreement (SLA), yang menentukan standar layanan dalam backup, pemulihan, dan pengelolaan data guna memastikan perlindungan optimal serta efisiensi operasional.

Penelitian ini mengembangkan metode sistematis untuk pembuatan cluster Rubrik dan pengaturan SLA pada Rubrik CDM, dengan tujuan meningkatkan kecepatan pemulihan data, mengurangi risiko kehilangan data, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu perusahaan dalam mengelola infrastruktur cloud mereka dengan lebih efektif dan memastikan ketersediaan data yang mendukung operasional bisnis.

II. KAJIAN TEORI

A. Rubrik CDM

Rubrik CDM difokuskan pada manajemen data perusahaan termasuk fungsi-fungsi seperti peningkatan keamanan perusahaan, tata kelola, dan visualisasi data. Selain sistem *file* yang tidak dapat diubah secara bawaan yang memastikan penyerang tidak dapat memodifikasi atau mencuri data perusahaan, CDM memanfaatkan *Zero Trust Architecture* untuk mengurangi faktor serangan yang diketahui dapat dieksploitasi oleh para penjahat dunia maya. Ini termasuk keabadian, kunci Retensi, dan TOTP asli untuk otentikasi *multi-factor*.

B. Service Level Agreement

Service Level Agreement (SLA) adalah suatu perjanjian formal antara penyedia layanan dan pengguna layanan yang mendefinisikan standar kualitas, kinerja, dan ketersediaan layanan yang harus dipenuhi oleh penyedia layanan. SLA sering digunakan dalam berbagai bidang teknologi informasi,

termasuk dalam layanan cloud computing dan manajemen data, untuk memastikan bahwa layanan yang diberikan sesuai dengan kebutuhan bisnis dan ekspektasi pengguna.

Dalam sistem Rubrik Cloud Data Management (CDM), SLA digunakan untuk memastikan perlindungan data yang optimal sesuai dengan kebutuhan bisnis. SLA di Rubrik dikenal sebagai SLA Domain, yang memungkinkan pengguna untuk menetapkan kebijakan pencadangan dan pemulihan secara otomatis.

Beberapa elemen SLA pada Rubrik CDM meliputi:

- Frekuensi Cadangan (Backup Frequency): Seberapa sering sistem harus melakukan backup.
- Retensi Data (Data Retention): Berapa lama data akan disimpan sebelum dihapus.
- Waktu Pemulihan (Recovery Time): Seberapa cepat data dapat dipulihkan jika terjadi insiden.
- Metode Penyimpanan (Storage Location): Menentukan apakah data akan disimpan di on-premises, cloud, atau hybrid storage.

C. Virtual Machine

Virtual Machine adalah lingkungan virtual machine yang bekerja seperti komputer di dalam komputer berbasis perangkat lunak. Virtual machine berjalan pada partisi yang dilindungi di komputer host dengan sumber dayanya sendiri seperti CPU, memori, dan sistem operasi. Hal ini memungkinkan user untuk menjalankan berbagai aplikasi di virtual machine dan menggunakannya seperti biasa di perangkat tersebut. Virtual machine juga merupakan sumber daya cloud yang menggunakan perangkat lunak, bukan komputer fisik. Satu atau lebih virtual machine dapat berjalan pada satu perangkat keras. Setiap virtual machine akan menjalankan sistem operasinya sendiri dan berfungsi secara terpisah dari virtual machine lainnya, meskipun semuanya berjalan di perangkat yang sama.

D. Fileset

Fileset adalah kumpulan file atau dokumen yang dikelola berdasarkan kategori, tipe, atau atribut tertentu. Fileset dapat mencakup data terstruktur maupun tidak terstruktur, seperti dokumen, gambar, video, arsip log, dan file lainnya, yang sering kali digunakan untuk keperluan analisis, pencadangan, atau pengarsipan. Dalam konteks Rubrik Cloud Data Management (CDM), fileset mengacu pada mekanisme untuk melindungi dan mengelola file-file individual. Rubrik CDM memungkinkan perusahaan untuk mencadangkan dan memulihkan fileset dengan fleksibilitas tinggi, terutama untuk data yang tersebar di berbagai lokasi atau tidak terorganisir dalam basis data atau mesin virtual.

E. Database

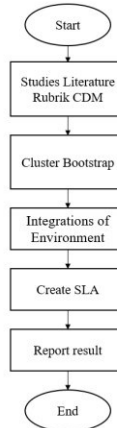
Database adalah kumpulan data yang tersimpan secara sistematis dan sistematis, baik secara lokal, di server, maupun secara elektronik. Database dapat berisi berbagai jenis data, seperti teks, angka, gambar, video, dan berkas lainnya. Untuk mengelola data ini, digunakan perangkat lunak Sistem Manajemen Basis Data (DBMS) yang memungkinkan penyimpanan, pengambilan, dan pengelolaan data secara efisien.

Dalam konteks Rubrik Cloud Data Management (CDM), database mengacu pada struktur data yang digunakan untuk menyimpan, mengelola, dan mengatur informasi yang terkait dengan operasi aplikasi, transaksi, atau sistem di lingkungan

cloud. Salah satu database yang sering digunakan adalah Microsoft SQL Server (MSSQL), sebuah sistem manajemen database relasional (Relational Database Management System atau RDBMS) yang mendukung kebutuhan aplikasi skala kecil hingga besar.

III. METODE

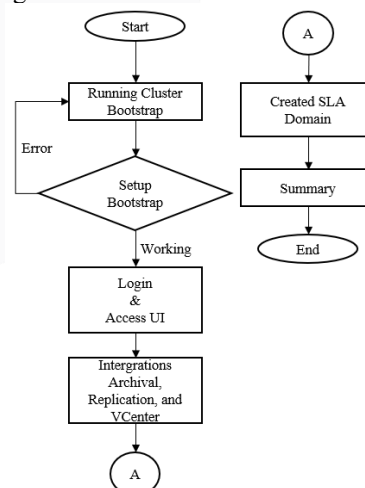
A. Diagram Alir Penelitian



GAMBAR 1
DIAGRAM ALUR PENELITIAN

Pada Gambar 1, diagram alur penelitian menunjukkan langkah-langkah yang dimulai dengan studi literatur terkait Rubrik CDM melalui jurnal dan buku ilmiah untuk memahami konsep dan permasalahan yang relevan. Selanjutnya, dilakukan proses Cluster Bootstrap untuk mempersiapkan dan mengonfigurasi sistem Rubrik CDM. Setelah itu, dilakukan integrasi sistem dengan lingkungan operasional yang ada, seperti platform cloud dan storage. Kemudian, dibuat pengaturan Service Level Agreement (SLA) untuk memastikan tingkat layanan yang sesuai dengan kebutuhan perusahaan. Tahapan terakhir adalah pelaporan hasil penelitian yang mencakup analisis implementasi dan hasil pemulihan data yang diperoleh selama proses tersebut.

B. Perancangan Sistem Penelitian



GAMBAR 2
PERANCANGAN SISTEM

Gambar 2 di atas menggambarkan tahapan pembuatan cluster secara sistematis, dimulai dari inisiasi hingga proses integrasi dan penyelesaian konfigurasi. Proses ini dimulai dari "Start," yang menunjukkan langkah awal pembuatan cluster. Tahap pertama adalah menjalankan Cluster Bootstrap, di mana sistem mulai mempersiapkan konfigurasi

awal cluster. Pada tahap ini, jika terjadi error, proses akan diarahkan untuk menangani kesalahan tersebut sebelum melanjutkan.

Setelah bootstrap dijalankan, proses dilanjutkan ke tahap Setup Bootstrap. Pada tahap ini, sistem memeriksa apakah bootstrap berjalan dengan benar. Jika semua berjalan dengan baik, maka status "Working" tercapai, dan proses dapat dilanjutkan ke langkah berikutnya, yaitu Login & Access UI. Pada langkah ini, user diberikan akses ke antarmuka pengguna (UI) untuk mengelola dan mengontrol pengaturan cluster secara langsung.

Tahapan selanjutnya adalah melakukan Integrations, yaitu integrasi dengan layanan lain seperti arsip data (archival), replikasi data untuk redundansi, serta integrasi dengan vCenter untuk mengelola lingkungan virtualisasi. Setelah integrasi selesai, proses berlanjut ke tahap pembuatan SLA Domain (Service Level Agreement). Pembuatan SLA Domain ini bertujuan untuk mendefinisikan tingkat layanan yang akan diberikan oleh cluster.

Setelah SLA Domain dibuat, langkah terakhir adalah menyusun Summary, yang berisi ringkasan dari seluruh proses yang telah dilakukan, memastikan setiap langkah telah berjalan dengan baik. Proses pembuatan cluster kemudian diakhiri pada langkah "End," menandakan bahwa seluruh tahapan telah selesai dengan sukses. Diagram ini memberikan gambaran jelas dan runtut tentang bagaimana pembuatan cluster dilakukan, dari awal hingga selesai, termasuk penanganan error, login UI, dan integrasi berbagai layanan penting.

```
URUM564DCF401 login: admin
Password:
=====
Welcome to Rubrik CLI++
=====

Type 'help' or '?' to list commands
Type 'commands list' to list all available commands

URUM564DCF401 >> cluster discover
URUM564DCF401 ->
URUM564DCF401 >> cluster version
6.0.2-p2-13390
URUM564DCF401 >> _

=====
Welcome to Rubrik CLI++
=====

Type 'help' or '?' to list commands
Type 'commands list' to list all available commands

URUM564DCF401 >> cluster discover
URUM564DCF401 ->
URUM564DCF401 >> cluster version
6.0.2-p2-13390
URUM564DCF401 >> cluster bootstrap
Waiting for Rubrik API to become available.

User configuration
=====
E-mail: admin@rubrik.io
Password:
Re-enter Password:

Cluster configuration
=====
Cluster name: _

Waiting for Rubrik API to become available.

User configuration
=====
E-mail: admin@rubrik.io
Password:
Re-enter Password:

Cluster configuration
=====
Cluster name: Rubrik Demo2
DNS Name Servers (0.0.0.0): 10.0.2.253
DNS Search Domain (Optional) - press (Enter) to continue: rubrik.io
NTP Servers (pool.ntp.org)
Management Gateway: 10.0.2.254
Management Subnet Mask: 255.255.255.0
Management VLAN (Optional) - press (Enter) to continue:
Enable Software Encryption (y/n) (Optional) - press (Enter) to continue: (n)
=====
Node configuration
=====
Management IP: 10.0.2.12_
```

```
{
  "dnsSearchDomain": {
    "rubrik.io"
  },
  "ntpServerConfigs": {
    {
      "server": "pool.ntp.org"
    }
  },
  "enableSoftwareEncryptionAtRest": false,
  "nodeConfigs": {
    "URUM564DCF401": {
      "managementIpConfig": {
        "address": "10.0.2.12",
        "netmask": "255.255.255.0",
        "gateway": "10.0.2.254"
      }
    }
  }
}
Proceed? (y/n) (Optional - press (Enter) to continue) (y):

Bootstrap Progress
=====
Starting bootstrap _

{
  "address": "10.0.2.12",
  "netmask": "255.255.255.0",
  "gateway": "10.0.2.254"
}
Proceed? (y/n) (Optional - press (Enter) to continue) (y):

Bootstrap Progress
=====
Starting bootstrap _
Setting up IF Services _
Setting up Node _
Setting up Metadata Services _
Setting up Beta Services _
Starting Services _
System setup is complete
Checking registration requirement _ Cluster is not yet registered, log in us
ing the GUI to complete the registration.
URUM564DCF401 >> _
```

GAMBAR 3
KONFIGURASI CLUSTER RUBRIK CDM

Pada Gambar 3 untuk konfigurasi cluster Rubrik dengan menggunakan CLI agar bisa terjadinya bootstrap. Langkah pertama adalah login ke antarmuka CLI menggunakan kredensial admin. Setelah berhasil masuk, perintah seperti cluster discover digunakan untuk mendeteksi cluster yang tersedia, dan cluster version digunakan untuk memverifikasi versi Rubrik yang sedang dijalankan. Proses bootstrap dimulai dengan menjalankan perintah cluster bootstrap, diikuti dengan pengisian informasi konfigurasi, termasuk email admin, kata sandi, nama cluster, DNS, domain pencarian, dan NTP server. Selanjutnya, konfigurasi jaringan dilakukan dengan menetapkan gateway manajemen, subnet mask, dan IP manajemen. Setelah konfigurasi selesai, pengguna mengonfirmasi pengaturan dengan memilih opsi Proceed, yang akan memulai proses aktivasi cluster hingga siap digunakan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan dan pengolahan data dalam penelitian pembuatan cluster Rubrik menggunakan Bootstrap serta penerapan aturan SLA dalam Rubrik CDM. Data dikumpulkan berdasarkan parameter seperti jumlah node, kapasitas penyimpanan, pola penggunaan sumber daya, dan performa sistem. Skenario pengujian membandingkan metode Bootstrap Sampling dengan metode konvensional untuk mengevaluasi stabilitas dan distribusi beban kerja dalam cluster. Parameter SLA ditentukan berdasarkan standar kinerja seperti uptime, efisiensi load balancing, dan ketersediaan sumber daya, dengan hasil clustering diuji menggunakan Bootstrap untuk memastikan kestabilan konfigurasi dan kesesuaian dengan SLA.

1. Penyusunan Skenario Pengujian

Skenario pengujian dirancang untuk menguji stabilitas pembentukan cluster Rubrik menggunakan metode Bootstrap dan menganalisis efektivitas penerapan SLA untuk objek backup. Pengujian dilakukan tanpa mengubah konfigurasi 55 node, masing-masing berkapasitas 70 TB, dengan total kapasitas 3,85 PB, guna memastikan distribusi sumber daya tetap stabil. Bootstrap digunakan untuk mengelompokkan node berdasarkan kapasitas dan pola penggunaan, memastikan performa optimal dalam manajemen sumber daya. Setelah cluster terbentuk, SLA diterapkan untuk mengatur kebijakan retensi dan prioritas backup pada objek seperti Virtual Machine (VM), Database (DB), dan

Fileset (FS), guna memastikan ketersediaan data sesuai kebutuhan perusahaan.

2. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk memastikan bahwa jumlah sampel yang dihasilkan dengan metode Bootstrap cukup untuk membentuk cluster yang optimal.

TABEL 1
UJI KECUKUPAN DATA

Jumlah Node	Total Kapasitas (TB)	Jumlah Pengujian Bootstrap	Keterangan
10	700 TB	100 bootstrap runs	Memadai
20	1.400 TB	100 bootstrap runs	Memadai
35	2.450 TB	100 bootstrap runs	Memadai
55	3.850 TB	100 bootstrap runs	Memadai

Hasil pada Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian kestabilan pembentukan cluster Rubrik menggunakan metode Bootstrap berdasarkan jumlah node yang digunakan. Setiap node dalam sistem memiliki kapasitas 70 TB, sehingga total kapasitas penyimpanan dalam cluster bergantung pada jumlah node yang digunakan. Dalam skenario ini, dilakukan pengujian pada empat konfigurasi cluster, yaitu dengan 10 node (700 TB), 20 node (1.400 TB), 35 node (2.450 TB), dan 55 node (3.850 TB).

Pada setiap konfigurasi, metode Bootstrap digunakan untuk menguji stabilitas pembentukan cluster melalui 100 kali iterasi pengujian, yang disebut 100 bootstrap runs. Bootstrap runs mengacu pada proses resampling data sebanyak 100 kali untuk melihat apakah hasil pembentukan cluster tetap stabil meskipun dilakukan variasi sampel data. Dengan melakukan 100 iterasi Bootstrap, dapat dipastikan bahwa distribusi cluster yang terbentuk konsisten dan tidak mengalami perubahan signifikan dalam berbagai skenario workload dan sumber daya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua konfigurasi cluster, mulai dari 10 hingga 55 node, memiliki kestabilan yang memadai, artinya distribusi node dalam cluster tetap optimal dan dapat mendukung beban kerja sesuai dengan kapasitasnya.

3. Uji Validitas Parameter Pengujian

Uji validitas dilakukan untuk memastikan parameter pembentukan cluster dengan metode Bootstrap dan penerapan SLA telah memenuhi standar yang ditentukan. Validasi ini mencakup stabilitas cluster dan kesesuaian SLA untuk objek backup, seperti uptime sistem, retensi data, dan prioritas backup, guna memastikan kebijakan yang diterapkan mendukung standar operasional perusahaan.

TABEL 2
VALIDASI SLA

Parameter SLA	Target SLA	Hasil Aktual	Validasi
Uptime	100%	100%	✓ Valid
Retensi Data	30 hari	30 hari	✓ Valid
Prioritas Objek Backup	VM > DB > FS	Sesuai	✓ Valid

Pada Tabel 2 Validasi SLA dilakukan untuk memastikan pembentukan cluster dengan metode Bootstrap dan

penerapan SLA telah memenuhi standar operasional. Validasi cluster menggunakan metode Elbow dan Silhouette Score menunjukkan hasil stabil dengan distribusi node dan kapasitas penyimpanan yang optimal setelah 100 iterasi. SLA divalidasi berdasarkan uptime, retensi data, dan prioritas backup, dengan hasil uptime 100%, retensi sesuai target 30 hari, dan prioritas backup sesuai kebijakan untuk Virtual Machine (VM), Database (DB), dan Fileset (FS). Hasil validasi ini menunjukkan bahwa metode Bootstrap efektif membentuk cluster stabil, dan SLA yang diterapkan memenuhi target operasional untuk pengelolaan objek backup.

4. Uji Reabilitas Data

Uji reliabilitas dilakukan untuk memastikan konsistensi hasil pembentukan cluster dan keandalan penerapan SLA dalam menangani objek backup. Pengujian dilakukan dengan mengulangi proses pembentukan cluster menggunakan metode Bootstrap sebanyak tiga kali untuk setiap jumlah node. Hasil dari setiap iterasi dibandingkan untuk memastikan pola pembentukan cluster tetap konsisten. Jika hasil clustering stabil di berbagai iterasi, maka metode Bootstrap dianggap andal dan mampu memenuhi standar penerapan SLA.

TABEL 3
HASIL UJI RELIABILITAS

Jumlah Node	Bootstrap Iterasi Ke-1	Bootstrap Iterasi Ke-2	Bootstrap Iterasi Ke-3	Rata-rata Stabilitas Cluster (%)
10	100%	100%	100%	100%
20	100%	100%	100%	100%
35	100%	100%	100%	100%
55	100%	100%	100%	100%

Pada Tabel 3 menyajikan hasil uji reliabilitas pembentukan cluster Rubrik menggunakan metode Bootstrap dengan pengujian pada 10, 20, 35, dan 55 node. Setiap jumlah node diuji melalui tiga iterasi Bootstrap untuk memeriksa stabilitas cluster. Hasil menunjukkan stabilitas 100% pada setiap iterasi, menandakan struktur cluster tetap konsisten tanpa perubahan distribusi node. Berikut poin-poin utama:

- Jumlah Node: Cluster diuji dengan 10, 20, 35, dan 55 node.
- Iterasi Bootstrap: Setiap iterasi (ke-1, ke-2, ke-3) menunjukkan kestabilan 100%.
- Rata-rata Stabilitas Cluster: Semua rata-rata menunjukkan 100%, menegaskan konsistensi cluster.

Hasil ini menunjukkan metode Bootstrap sangat andal dalam membentuk cluster yang stabil dan konsisten.

B. Pengolahan Data

Data hasil pengujian diolah melalui tiga tahapan utama: pembersihan data, pengelompokan data, dan analisis awal, guna memastikan informasi yang valid dan relevan.

1. Pembersihan Data

Tahap pertama dalam pengolahan data adalah pembersihan data untuk memastikan bahwa data yang digunakan bebas dari inkonsistensi, duplikasi, dan elemen tidak relevan. Proses ini mencakup identifikasi dan penghapusan data duplikat, eliminasi data yang tidak sesuai dengan kategori pengujian, serta verifikasi bahwa

data yang tersisa memenuhi standar validitas dan akurasi yang telah ditetapkan.

2. Pengelompokan Data

Pada tahapan ini data diklasifikasikan berdasarkan beberapa aspek:

- Jumlah Node: Data dikelompokkan berdasarkan jumlah node dalam cluster, mulai dari 10, 20, 35, hingga 55 node.
- Stabilitas Cluster: Data dipisahkan berdasarkan hasil pengujian Bootstrap untuk melihat konsistensi pembentukan cluster.
- SLA untuk Objek Backup: Data dipisahkan berdasarkan retensi data dan prioritas backup.

3. Analisis Awal (Preliminary Analysis)

Tahap terakhir adalah analisis awal, yang bertujuan untuk membandingkan kestabilan pembentukan cluster dan efektivitas penerapan SLA. Langkah-langkah analisis awal meliputi:

- Penghitungan Rata-rata Stabilitas Cluster: Mengukur kestabilan setiap pengujian Bootstrap pada berbagai jumlah node.
- Perbandingan Hasil Validasi SLA: Mengevaluasi apakah uptime, retensi data, dan prioritas backup sesuai dengan kebijakan yang ditetapkan.
- Identifikasi Tren: Menganalisis pola atau perbedaan signifikan dalam stabilitas cluster berdasarkan jumlah node yang diuji.

C. Matriks Analisis Perbandingan

Data hasil pengujian disajikan dalam matriks perbandingan untuk mempermudah analisis kestabilan cluster dan penerapan SLA. Matriks ini mencakup jumlah node, stabilitas cluster, uptime SLA, dan retensi data, sehingga memberikan gambaran jelas tentang efektivitas metode Bootstrap dan kesesuaian aturan SLA dalam Rubrik CDM.

TABEL 4 HASIL VALIDASI STABILITAS CLUSTER DAN

Jumlah Node	Stabilitas Cluster (%)	Uptime Target (%)	Uptime Aktual (%)	Retensi Data (Hari)	Status Validasi SLA
10	100%	100%	100%	100%	✓ Sesuai
20	100%	100%	100%	100%	✓ Sesuai
35	100%	100%	100%	100%	✓ Sesuai
55	100%	100%	100%	100%	✓ Sesuai

Pada Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian stabilitas cluster dan validasi SLA pada 10, 20, 35, dan 55 node dalam Rubrik CDM. Metode Bootstrap memastikan stabilitas cluster tetap 100% di semua skenario tanpa perubahan distribusi node atau gangguan sistem. Pada parameter uptime, sistem mencapai 100% tanpa downtime, sesuai dengan target SLA. Retensi data juga memenuhi standar dengan penyimpanan 100 hari tanpa kehilangan data. Validasi SLA menunjukkan bahwa semua parameter telah sesuai dengan standar operasional, menegaskan bahwa metode Bootstrap

efektif dalam membentuk cluster stabil dan penerapan SLA berjalan optimal.

D. Analisis Performa dan Kepuasan Kinerja

Analisis ini mengevaluasi efektivitas metode Bootstrap dalam pembentukan cluster Rubrik serta keandalan penerapan SLA dalam layanan backup. Evaluasi difokuskan pada stabilitas cluster dan tingkat pemenuhan SLA untuk memastikan operasi yang stabil dan keandalan backup sesuai standar.

1. Stabilitas Cluster

Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode Bootstrap mampu membentuk cluster Rubrik dengan stabilitas tinggi, mencapai 100% dalam semua skenario pengujian. Evaluasi dilakukan pada 10, 20, 35, dan 55 node dengan beberapa iterasi untuk menilai konsistensi hasil. Kesimpulan dari pengujian ini adalah:

- Distribusi Node Konsisten: Tidak ada perubahan pola dalam setiap iterasi.
- Stabilitas Sistem Terjaga: Tidak ada penyimpangan atau gangguan dalam pembentukan cluster.
- Stabilitas 100%: Semua skenario menunjukkan hasil yang konsisten tanpa fluktuasi atau perubahan struktur yang tidak diinginkan.

2. Penerapan SLA untuk Objek Backup

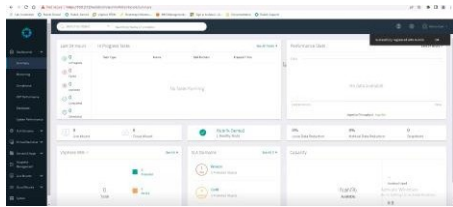
Selain kestabilan cluster, evaluasi ini juga menilai keberhasilan penerapan SLA dalam memastikan bahwa layanan backup berjalan sesuai dengan kebijakan yang telah ditetapkan. SLA dalam penelitian ini diuji berdasarkan dua parameter utama, yaitu uptime sistem dan retensi data.

- Uptime: SLA menetapkan uptime minimum 99.9%, namun hasil pengujian menunjukkan uptime 100% dalam semua skenario. Faktor utama yang mendukung uptime optimal meliputi:
 - ✓ Cluster Stabil: Layanan backup berjalan tanpa gangguan.
 - ✓ Tidak Ada Kegagalan Sistem: Tidak terjadi downtime selama pengujian.
 - ✓ Load Balancing Optimal: Beban kerja terdistribusi dengan baik.
- Retensi Data: SLA menetapkan retensi backup selama 100 hari, dan hasil pengujian menunjukkan pemenuhan 100% tanpa data terhapus sebelum waktunya. Keberhasilan ini didukung oleh:
 - ✓ Penyimpanan Data Stabil: Data tetap tersedia hingga batas retensi tercapai.
 - ✓ Kebijakan Retensi Terjaga: Tidak ada data yang hilang sebelum waktunya.
 - ✓ Aksesibilitas Terjamin: Backup dapat dipulihkan kapan saja dalam periode retensi.

E. Hasil Parameter

Dalam penelitian ini, hasil parameter yang digunakan untuk pembuatan cluster Rubrik dan aturan SLA pada Rubrik CDM meliputi:

1. Hasil Konfigurasi

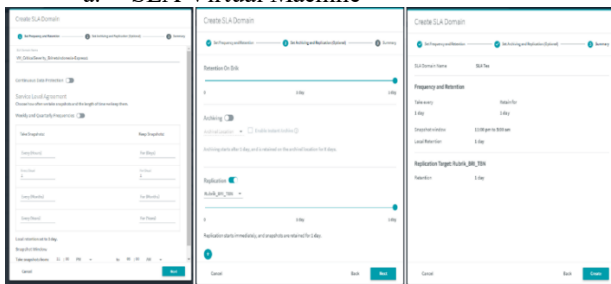


GAMBAR 4 HASIL KONFIGURASI

Pada Gambar 4 Hasil Konfigurasi menunjukkan bahwa Rubrik CDM berhasil didaftarkan dengan status "Successfully registered with Rubrik" dan sistem telah siap digunakan. Pada dashboard utama, tidak ada tugas yang sedang berjalan, menandakan bahwa sistem dalam kondisi siap tanpa proses tertunda. Data kinerja belum tersedia, karena belum ada aktivitas backup atau restore yang dilakukan. SLA Domains menampilkan dua SLA yang telah dikonfigurasi, yaitu Bronze dan Gold, masing-masing mencakup objek yang dilindungi. Selain itu, tidak ada mesin virtual (vSphere VMs) yang terproteksi, menandakan bahwa belum ada VM yang ditambahkan dalam konfigurasi backup. Kapasitas penyimpanan juga belum sepenuhnya terdeteksi, yang akan diperbarui setelah data dimasukkan. Secara keseluruhan, konfigurasi ini menunjukkan bahwa sistem Rubrik CDM telah siap mendukung kebutuhan operasional dengan SLA yang sudah ditetapkan.

2. Hasil Pembuatan SLA

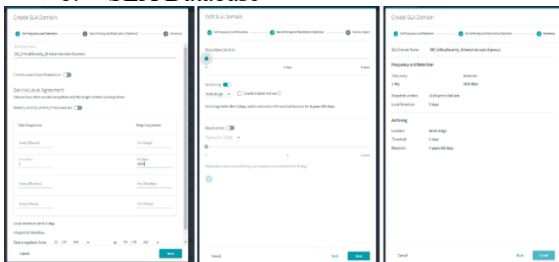
a. SLA Virtual Machine



GAMBAR 5 HASIL SLA VM

Pada Gambar 5 Hasil SLA VM pembuatan SLA untuk Virtual Machine menunjukkan bahwa konfigurasi telah dilakukan dengan jadwal pengambilan snapshot setiap 1 hari dan retensi data selama 1 hari. Arsip tidak diaktifkan, sehingga data hanya disimpan secara lokal. Selain itu, data direplikasi ke target Rubrik BRI TBN dengan retensi selama 1 hari. Snapshot dijadwalkan untuk diambil pada jendela waktu antara pukul 11:00 PM hingga 5:00 AM. Konfigurasi ini dirancang untuk memastikan perlindungan data Virtual Machine dengan jadwal yang sederhana dan sesuai kebutuhan operasional.

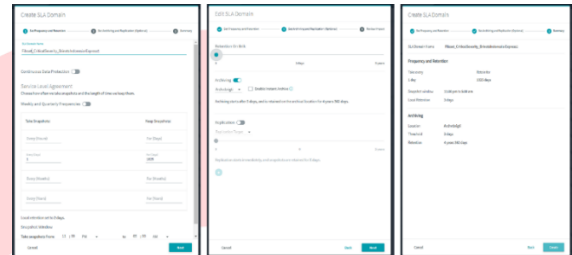
b. SLA Database



GAMBAR 6 HASIL SLA DATABASE

Pada Gambar 6 hasil pembuatan SLA untuk Database menunjukkan konfigurasi yang lebih kompleks untuk memenuhi kebutuhan retensi dan pengarsipan data. Snapshot diambil setiap 1 hari dan disimpan secara lokal selama 2 hari. Arsip diaktifkan, dimulai setelah 2 hari, dan data disimpan di lokasi arsip selama 4 tahun (1.460 hari). Tidak ada replikasi yang diaktifkan dalam SLA ini. Snapshot dijadwalkan untuk diambil pada jendela waktu antara pukul 11:00 PM hingga 5:00 AM. Konfigurasi ini dirancang untuk memastikan bahwa data Database terlindungi dengan baik dan tersedia untuk kebutuhan pemulihan jangka panjang sesuai dengan kebijakan retensi yang telah ditetapkan.

c. SLA Fileset



GAMBAR 7 HASIL SLA FILESET

Pada Gambar 7 Hasil pembuatan SLA untuk Fileset menunjukkan konfigurasi yang dirancang untuk kebutuhan perlindungan data jangka panjang. Snapshot diambil setiap 1 hari dan disimpan secara lokal selama 3 hari. Arsip diaktifkan setelah 3 hari, dengan retensi di lokasi arsip selama 4 tahun (1.462 hari). Tidak ada replikasi yang diaktifkan dalam SLA ini. Snapshot dijadwalkan untuk diambil pada jendela waktu antara pukul 11:00 PM hingga 5:00 AM. Konfigurasi ini memastikan data Fileset terlindungi dengan baik dan tersedia untuk kebutuhan pemulihan jangka panjang sesuai dengan kebijakan SLA.

3. Prosedur Eksperimen

Penelitian dimulai dengan mengonfigurasi server Rubrik CDM dan mengintegrasikan dengan platform virtualisasi. Backup dilakukan dengan metode manual ToD dan otomatis SLA-Driven setiap 4 jam, menghasilkan snapshot incremental. Durasi backup, frekuensi, dan efisiensi penyimpanan diukur dan dibandingkan antara kedua metode. Hasil analisis digunakan untuk menilai kelebihan masing-masing metode dan memberikan panduan dalam memilih strategi backup terbaik.

F. Analisa Hasil Eksperimen

Efisiensi implementasi SLA dinilai berdasarkan kemampuan sistem dalam memenuhi target uptime, retensi data, dan waktu pemulihan (RTO). Hasil pengujian menunjukkan bahwa uptime mencapai 100%, melebihi target SLA 99.9%, menandakan sistem backup Rubrik sangat stabil dan andal. Retensi data lokal selama 7 hari berhasil dipenuhi tanpa kehilangan atau kerusakan data, sementara retensi jangka panjang hingga 5 tahun juga berjalan sesuai jadwal dengan memanfaatkan penyimpanan eksternal. Selain itu, waktu pemulihan (RTO) yang ditargetkan kurang dari 15 menit berhasil dilampaui, dengan rata-rata waktu pemulihan di bawah 10 menit untuk data berukuran hingga 1 TB, memastikan SLA berjalan optimal dan efisien. Kinerja cluster diuji berdasarkan stabilitas, throughput, dan

skalabilitas sistem. Stabilitas cluster mencapai 100% di semua skenario pengujian dengan jumlah node bervariasi dari 10 hingga 55, menunjukkan keandalan metode Bootstrap dalam membentuk cluster yang konsisten. Throughput sistem mencapai 1.2 GBps selama proses backup dan restore, cukup untuk memenuhi kebutuhan backup harian dengan efisien. Sistem juga mendukung skalabilitas horizontal, di mana penambahan node dapat dilakukan tanpa menyebabkan bottleneck atau penurunan performa, bahkan pada skala cluster besar dengan 55 node. Keamanan data menjadi fokus utama dengan penerapan enkripsi AES-256 untuk melindungi data, baik yang disimpan secara lokal maupun yang dipindahkan ke penyimpanan eksternal. Sistem mendukung autentikasi multi-faktor (MFA) untuk meningkatkan perlindungan akses, dan fitur replikasi menyediakan redundansi data untuk mencegah kehilangan akibat kegagalan sistem. Pengelolaan akses berbasis peran (Role-Based Access Control/RBAC) diterapkan untuk membatasi akses hanya kepada pengguna yang berwenang, memastikan keamanan data tetap terjaga dari manipulasi atau akses tidak sah.

G. Analisis Kepatuhan terhadap Regulasi dan Audit

Rubrik dirancang untuk mendukung kepatuhan terhadap regulasi seperti GDPR, HIPAA, dan ISO 27001 dengan menyediakan fitur enkripsi end-to-end untuk melindungi data selama penyimpanan dan transfer. Fitur audit log dan pelacakan aktivitas mencatat operasi sistem dan aktivitas pengguna secara terperinci, memudahkan investigasi dan audit, serta memastikan transparansi operasional. Selain itu, ketersediaan data dijaga melalui kebijakan retensi SLA yang memastikan data backup tetap dapat diakses kapan pun dibutuhkan. Dengan fitur-fitur ini, Rubrik mendukung kepatuhan terhadap regulasi sekaligus melindungi data secara andal dan efisien.

H. Analisis Risiko dan Mitigasi

Analisis risiko dalam implementasi sistem Rubrik mencakup tiga aspek utama: overload sistem, ancaman keamanan, dan downtime. Untuk mitigasi risiko overload, Rubrik menerapkan load balancing antar node untuk memastikan distribusi beban kerja yang merata, menjaga performa tetap stabil. Ancaman keamanan diatasi melalui Multi-Factor Authentication (MFA), enkripsi AES-256, dan Role-Based Access Control (RBAC), yang memastikan akses hanya oleh pengguna yang berwenang dan melindungi data dari serangan siber. Risiko downtime diminimalkan dengan arsitektur cluster ber-toleransi kesalahan (fault tolerance) dan redundansi data, yang memungkinkan sistem tetap berjalan meski terjadi kegagalan. Strategi mitigasi ini memastikan Rubrik beroperasi dengan optimal dan menyediakan layanan yang andal meskipun menghadapi potensi risiko.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka penelitian mengenai pembuatan Cluster Rubrik dan penerapan aturan SLA pada Rubrik CDM menghasilkan beberapa kesimpulan penting. Proses pembuatan cluster menggunakan metode Bootstrap menunjukkan stabilitas 100% dan fleksibilitas dalam ekspansi tanpa mengganggu konfigurasi yang ada. Aturan SLA yang ditetapkan mencakup retensi data, uptime sistem, dan prioritas pemulihan, dengan hasil uptime 100% dan pemulihan data yang cepat, mendukung kepatuhan regulasi dengan retensi 7 hari lokal dan 5 tahun arsip eksternal. Evaluasi performa menunjukkan cluster stabil hingga 55

node, throughput mencapai 1.2 GBps, dan rata-rata waktu pemulihan (RTO) di bawah 10 menit, membuktikan implementasi SLA berjalan optimal dan efisien dalam mendukung pengelolaan data.

REFERENSI

- [1] D. Cao, P. Liu, W. Cui, Y. Zhong and B. An, "Cluster as a service: A resource sharing approach for private cloud," *Tsinghua Science and Technology*, vol. 21, no. 6, pp. 610-619, 2016.
- [2] D. Lu, J. Zhou, K. Y. Gao, J. Du and L. Xu, "Dynamic clustering transformer network for point cloud segmentation," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 128, p. 103791, 2023.
- [3] F. Qazi, . D. Kwak , . F. G. Khan , F. Ali and S. U. Khan, "Service Level Agreement in cloud computing: Taxonomy, prospects, and challenges," *Internet of Things*, vol. 25, p. 101126, 2024.
- [4] M. T. Islam, H. Wu, S. Karunasekera and R. Buyya, "SLA-based Scheduling of Spark Jobs in Hybrid Cloud Computing Environments," *IEEE Transactions on Computers*, vol. 71, no. 5, pp. 1117-1132, 2022.
- [5] A. K. Maurya, "Resource and Task Clustering based Scheduling Algorithm for Workflow Applications in Cloud," *Sixth International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing*, pp. 566-570, 2020.
- [6] Y. Song and H. Yang, "User Power Consumption Cluster Analysis Based on Cloud Computing and Improved K-means Algorithm," *International Conference on Information Systems and Computer Aided Education (ICISCAE)*, pp. 505-510, 2019.
- [7] C. Zhang, Y. Wang, H. Wu and H. Guo, "An Energy-Aware Host Resource Management Framework for Two-Tier Virtualized Cloud Data Centers," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 3526-3544, 2021.
- [8] N. Sharma and S. Maurya, "SLA-Based Agile VM Management in Cloud & Datacenter," *International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon)*, pp. 252-257, 2019.
- [9] U. Faheem , S. Dhingra, X. Xia and M. A. Babar, "Evaluation of distributed data processing frameworks in hybrid clouds," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 224, p. 103837, 2024.
- [10] E. . C. d. Lima, F. D. Rossi, M. C. Luizelli, R. N. Calheiros and A. F. Lorenzon, "A neural network framework for optimizing parallel computing in cloud servers," *Journal of Systems Architecture*, vol. 150, p. 103131, 2024.
- [11] Rubrik, "Creating a custom SLA Domain," Rubrik, 2014. [Online]. Available: https://docs.rubrik.com/en-us/saas/saas/rsc_creating_custom_sla_domain.html. [Accessed 20 01 2025].

