

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era digital saat ini, *database* menjadi elemen penting yang tidak terpisahkan dari operasional organisasi (Zhang et al., 2021). Data dipandang sebagai aset bernilai tinggi yang harus dijaga ketersediaannya agar dapat mendukung pengambilan keputusan strategis (Shidqi et al., 2022). Namun, dalam pengelolaannya, *database* menghadapi berbagai tantangan seperti kerusakan sistem, kegagalan media penyimpanan, hingga bencana tak terduga (Dhanujati et al., 2018). Data saat ini menjadi salah satu aset paling bernilai di era digital. Ketersediaan data sangat penting dalam menunjang proses bisnis suatu perusahaan atau institusi (Didit, 2023). Karena tanpa data, informasi yang diperlukan untuk pengambilan keputusan atau evaluasi kinerja perusahaan tidak dapat diperoleh.

Untuk memastikan ketersediaan data di *server*, salah satu metode yang digunakan adalah replikasi basis data, yang mencakup penyalinan dan distribusi data, seperti objek basis data, dari satu basis data ke basis data lainnya atau dari satu media penyimpanan ke media penyimpanan lain (Fernando et al., 2025). Replikasi basis data sendiri digunakan sebagai solusi untuk menjamin ketersediaan data, meningkatkan redundansi, dan menghindari *single point of failure* (Linggih, 2021). Replikasi memungkinkan data disalin dari satu *node* ke *node* lainnya secara otomatis (Kevin et al., 2025). Namun, replikasi memiliki dua jenis pendekatan yaitu sinkron dan asinkron. Pada pendekatan asinkron, penulisan data tidak menunggu konfirmasi dari *node* lain, sehingga lebih cepat, tetapi berisiko terhadap

inkonsistensi. Sebaliknya, pada replikasi sinkron, penulisan data baru dianggap berhasil setelah semua *node* merespons, sehingga konsistensi data lebih terjamin (Tomas et al., 2020). Proses ini juga mencakup sinkronisasi antar basis data untuk memastikan data selalu tersedia.

Di Universitas Pendidikan Ganesha, Divisi UPA TIK dihadapkan pada permasalahan dalam pengelolaan sistem kluster basis data, khususnya terkait ketidaksinkronan data antar *server* (Hakim et al., 2024). Infrastruktur saat ini masih menggunakan *Innodb Cluster* dengan skema replikasi *asynchronous* dan arsitektur single-master, di mana hanya satu *node* yang menangani semua operasi tulis (*write*), sedangkan *node* lainnya berfungsi sebagai salinan (*read-only*). Pendekatan ini menyebabkan terjadinya keterlambatan replikasi antar *node* (Baharsyah et al., 2025). Jika *node* utama mengalami kegagalan sebelum data disalin sepenuhnya, maka inkonsistensi data sangat mungkin terjadi. (Shrestha et al., 2023) menegaskan bahwa replikasi asinkron tidak menjamin integritas data jika terjadi kegagalan di tengah-tengah transaksi, karena perubahan belum tentu diterapkan serempak ke seluruh *node*.

Selain itu, ketergantungan terhadap satu *node* utama memperbesar risiko terjadinya single point of *write failure* (Mucha et al., 2023), di mana seluruh layanan akan terganggu jika *node* utama mengalami gangguan. Infrastruktur saat ini juga belum mendukung replikasi *multi-master*, sehingga sistem tidak mampu membagi beban tulis antar *node* secara merata. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, dibutuhkan pendekatan berbasis replikasi sinkron dengan *multi-master cluster* (Saqila et al., 2023), yang mampu memastikan bahwa data direplikasi secara konsisten dan *real-time* antar semua *node*. Salah satu teknologi yang dapat

mengakomodasi kebutuhan tersebut adalah *Galera Cluster* (Fauzan et al., 2025), yang mendukung *synchronous multi-master replication*. Dalam kondisi ini, setiap *node* dapat melakukan operasi tulis maupun baca, dan seluruh perubahan data disinkronkan secara otomatis ke seluruh *node* lainnya.

Meskipun demikian, *Galera Cluster* bukan satu-satunya solusi kluster basis data yang tersedia. Beberapa teknologi kluster lain seperti *MySQL NDB Cluster*, dan *Oracle RAC* juga menawarkan kemampuan replikasi. Akan tetapi, masing-masing memiliki keterbatasan tersendiri. *MySQL NDB Cluster* misalnya, meskipun sangat tangguh dalam *throughput*, memiliki kompleksitas konfigurasi tinggi. Sementara *Oracle RAC* bersifat proprietary dan membutuhkan biaya lisensi yang besar. Di sisi lain, *Percona XtraDB Cluster* sebenarnya merupakan implementasi berbasis *Galera* juga, namun pada *database* yang digunakan pada *Percona XtraDB* sendiri memiliki versi dari *MySQL* dan *MariaDB* dari *Percona server* itu sendiri (Shrestha et al., 2023), Sementara itu, UPA TIK menggunakan *MySQL* dengan versi standar yang umum digunakan. Berdasarkan permasalahan yang dihadapi, penggunaan *Galera Cluster* dinilai sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan replikasi dan ketersediaan data serta replikasi *multi master* (Saputra et al., 2026). Sehingga penggunaan *Galera Cluster* dianggap lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan UPA TIK.

Kegagalan pada *server database* dapat terjadi kapan saja, terutama pada sistem yang mengandalkan satu *server* sebagai sumber *database*-nya (Setiya et al., 2024). Jika *server* tersebut mengalami masalah, pengguna tidak akan dapat mengakses sistem informasi dan ada potensi kehilangan data yang tersimpan di *server* tersebut. Oleh karena itu, *server database* harus mampu beroperasi dengan

cepat dan memiliki tingkat ketersediaan yang tinggi untuk menjaga kinerjanya (Sugiyatno, 2019). Penelitian ini menjadi penting karena menawarkan pendekatan sistematis untuk mengatasi isu-isu ketidaksinkronan data yang terjadi di UPA TIK. Dengan mengevaluasi dan mengimplementasikan *Galera Cluster*, penelitian ini tidak hanya memberikan solusi teknis, tetapi juga menyumbangkan pemahaman praktis dan teoritis tentang performa sistem terdistribusi dalam konteks institusi pendidikan.

Kebutuhan akan sistem basis data yang selalu tersedia dan konsisten sangat penting dalam mendukung kegiatan operasional lembaga pendidikan (Rahmadani et al., 2025), terutama pada sistem yang melibatkan multi-user dan transaksi simultan seperti sistem akademik, keuangan, hingga kepegawaian. Oleh karena itu, pendekatan berbasis *High Availability Database Cluster* (Setiawan et al., 2021) dengan replikasi *multi-master* seperti *Galera Cluster* menjadi relevan untuk dikaji dan diimplementasikan (Ilham et al., 2026). *Galera Cluster* memiliki kemampuan replikasi sinkron secara *real-time* antar *node*, sehingga ketika data dimasukkan ke satu *node*, data tersebut langsung direplikasi ke *node* lainnya dalam waktu hampir seketika (Wijayanti et al., 2020).

Galera Cluster adalah aplikasi untuk *database cluster* yang menawarkan dukungan untuk *synchronous multi-master database replication* berdasarkan *database* yang memiliki *storage engine InnoDB* (Pinheiro, 2019). Penggunaan teknologi ini menjadi strategi yang relevan untuk meningkatkan *data availability* dan *data consistency*, dua aspek kritis dalam pengelolaan data modern. *Galera* menggunakan *replication plugin Application Programming Interface (API)* untuk

keperluan *multi-master* dan *synchronous replication*. API yang digunakan disebut dengan *Write-Set Replication API* atau *wsrep API* (Aep et al., 2021).

Galera Cluster dapat diterapkan sebagai sebuah metode klasterisasi basis data dengan menggunakan replikasi *multi-master* (Cai et al., 2022), yang bertujuan untuk memastikan keseragaman data di antara seluruh basis data dalam klaster. Dengan pendekatan ini, setiap perubahan data yang terjadi pada satu *node* secara otomatis dan langsung disinkronkan ke seluruh *node* lainnya dalam klaster, sehingga konsistensi data tetap terjaga secara *real-time* di seluruh sistem (Heryanto et al., 2022). Menurut (Galang et al., 2019) konsep *multi-master* meningkatkan efisiensi dalam penerapan *database clustering* dimana setiap *node* dalam klaster berfungsi sebagai master, sehingga tidak ada satupun yang ditetapkan secara khusus sebagai *slave*.

Selain itu, pendekatan ini juga memungkinkan pemulihan sistem (*disaster recovery*) dalam waktu singkat. Studi oleh (Wulan et al., 2022) menunjukkan bahwa penggunaan *Galera Cluster* dalam sistem *Learning Management System* di universitas berhasil menjamin sinkronisasi data secara *real-time* dan meningkatkan ketersediaan layanan. Namun demikian, implementasi seperti ini masih terbatas pada skala tertentu dan umumnya hanya dilakukan dalam konteks sistem terpisah (seperti LMS), bukan sistem informasi akademik secara menyeluruh yang mencakup banyak layanan dan kompleksitas transaksi. Dengan demikian, terdapat celah penelitian berupa kurangnya kajian yang mendalam mengenai penerapan *Galera Cluster* pada sistem informasi akademik yang berjalan secara aktif. Wulan juga menyimpulkan bahwa untuk mengantisipasi potensi kegagalan sistem,

konfigurasi ideal dalam implementasi *clustering* basis data adalah menggunakan tiga *node*.

Oleh karena itu, penelitian ini mengisi *research gap* dengan mengimplementasikan dan menganalisis performa *Galera Cluster* secara langsung dalam lingkungan di UPA TIK Universitas Pendidikan Ganesha. Fokus penelitian meliputi evaluasi sinkronisasi *real-time*, konsistensi data antar *node*, serta kemampuan sistem dalam menghadapi skenario *failover*. Dengan pendekatan studi kasus nyata, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi teknis, tetapi juga menambah literatur akademik terkait penerapan teknologi *database* terdistribusi di sektor pendidikan tinggi di Indonesia. Hasil dari penelitian ini juga diharapkan menjadi rujukan bagi pengambil kebijakan dan pengembang sistem dalam merancang arsitektur *database* yang tangguh dan andal di berbagai sektor lain yang membutuhkan sistem data sinkron dan selalu tersedia.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, terdapat permasalahan utama yang dapat diidentifikasi yaitu:

a. Ketidaksinkronan Data Antar *Node*

Proses replikasi *asynchronous* menyebabkan perubahan data pada satu *node* tidak langsung tercermin pada *node* lainnya, mengakibatkan inkonsistensi antar *server* dalam klaster.

b. Tidak Menggunakan Replikasi *Multi-Master*

Infrastruktur saat ini tidak memanfaatkan replikasi *multi-master* yang memungkinkan setiap *node* berfungsi sebagai master, meningkatkan ketersediaan dan konsistensi data.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana implementasi *Galera Cluster* sebagai solusi replikasi *multi-master* pada sistem basis data di UPA TIK Universitas Pendidikan Ganesha?
2. Bagaimana performa *Galera Cluster* dalam menjamin ketersediaan tinggi (*high availability*) dan menangani skenario *failover*?

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada pengembangan dan evaluasi prototipe sistem *database* klaster berbasis *Galera Cluster*. Fokus utama diarahkan pada aspek teknis, seperti proses instalasi, konfigurasi, mekanisme replikasi, serta pengujian performa sinkronisasi dan *failover* dalam kondisi uji coba (bukan implementasi produksi penuh pada UPA TIK). Penelitian ini dilakukan menggunakan *virtual machine* (VM) yang dibangun dengan aplikasi virtualisasi seperti *VirtualBox* atau *VMware*. Penggunaan VM memungkinkan simulasi lingkungan *server* yang menyerupai kondisi nyata pada UPA TIK tanpa memerlukan perangkat keras fisik tambahan, sehingga mempermudah proses instalasi, konfigurasi ulang, dan pengujian skenario replikasi maupun kegagalan sistem secara berulang. Karena keterbatasan kapasitas *storage* pada lingkungan simulasi, komponen *load balancer* (*HAProxy* dan *MySQL Router*) pada penelitian ini masih ditempatkan pada *node/server* yang sama dengan salah satu *node cluster* (*Node 1*), bukan pada *server* tersendiri yang terpisah dari *node database*, sehingga pemisahan *load balancer* ke *server* independen diarahkan sebagai saran pengembangan pada penelitian selanjutnya.

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman dan solusi konkret terhadap tantangan sinkronisasi dan ketersediaan data pada sistem *database* terdistribusi. Tujuan tersebut dijabarkan secara spesifik sebagai berikut:

1. Merancang penerapan *Galera Cluster* pada sistem basis data di UPA TIK Universitas Pendidikan Ganesha.
2. Mengevaluasi kemampuan *Galera Cluster* dalam menjaga sinkronisasi dan konsistensi data secara *real-time* antar *node* dalam satu klaster dan menilai performa *Galera Cluster* dalam *high availability* dan kemampuan *failover* saat terjadi gangguan pada salah satu *node*.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian yang berjudul “Simulasi implementasi *Galera Cluster* untuk replikasi sinkronisasi pada sistem basis data Undiksha” diharapkan dapat memberikan manfaat, di antaranya adalah sebagai berikut

a. Manfaat Teoritis

Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang sistem basis data terdistribusi dan teknologi replikasi *multi-master*. Secara khusus, penelitian ini menambah literatur mengenai implementasi dan evaluasi *Galera Cluster* dalam konteks dunia pendidikan tinggi di Indonesia, serta menjembatani kesenjangan penelitian yang selama ini lebih banyak bersifat teoritis dan terbatas pada studi skala kecil.

b. Manfaat Praktis

1. Bagi Peneliti

Penelitian ini memberikan pengalaman empiris dan teknis yang berharga dalam merancang, mengimplementasikan, serta menguji performa sistem *Galera Cluster* secara langsung di lingkungan nyata. Pengalaman ini juga memperkaya kemampuan peneliti dalam menganalisis tantangan dan solusi praktis terkait sistem basis data dengan replikasi sinkron.

2. Bagi UPA TIK Universitas Pendidikan Ganesha

Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk meningkatkan performa dan keandalan infrastruktur basis data di lingkungan UPA TIK. Dengan adanya sistem replikasi yang lebih stabil dan *real-time*, ketersediaan layanan informasi akademik, keuangan, dan kepegawaian dapat ditingkatkan secara signifikan.

