

# Sistem Terdistribusi (ST)

## Pertemuan 7 : Model Konsistensi

Alauddin Maulana Hirzan

Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi  
Universitas Semarang

# Outline

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

**1** Model Konsistensi

**2** Analisis Trade-Off

**3** Lastly

# Definisi Consistency dalam Sistem Terdistribusi

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

Consistency adalah jaminan bahwa seluruh node dalam sistem terdistribusi memiliki pandangan data yang selaras sesuai aturan tertentu setelah suatu operasi dilakukan. Jika suatu operasi tulis (write) terjadi, maka operasi baca (read) berikutnya harus mencerminkan hasil write tersebut sesuai model konsistensi yang digunakan.

# Ilustrasi

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

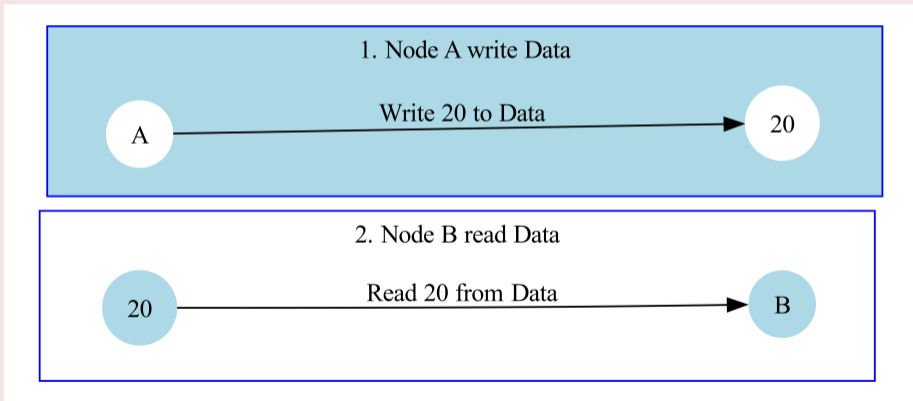
Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

## Konsistensi Kuat



# Data Consistency vs Data Replication

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

Aspek	Data Consistency	Data Replication
Definisi	Keselarasan nilai data antar node	Proses penyalinan data ke beberapa node
Fokus	Kebenaran dan urutan data	Ketersediaan dan redundansi
Tujuan	Menghindari konflik data	Meningkatkan availability & fault tolerance
Masalah utama	Konflik update	Sinkronisasi antar replika

# Trade-off: CAP Theorem

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

- Konsep CAP diperkenalkan oleh CAP Theorem.
- Tiga komponen:
  - **Consistency (C)** → semua node melihat data yang sama
  - **Availability (A)** → sistem selalu merespon request
  - **Partition Tolerance (P)** → sistem tetap berjalan meskipun terjadi network partition
- Prinsip utama: Dalam kondisi partition, sistem hanya dapat memilih antara Consistency atau Availability.

# Ilustrasi

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

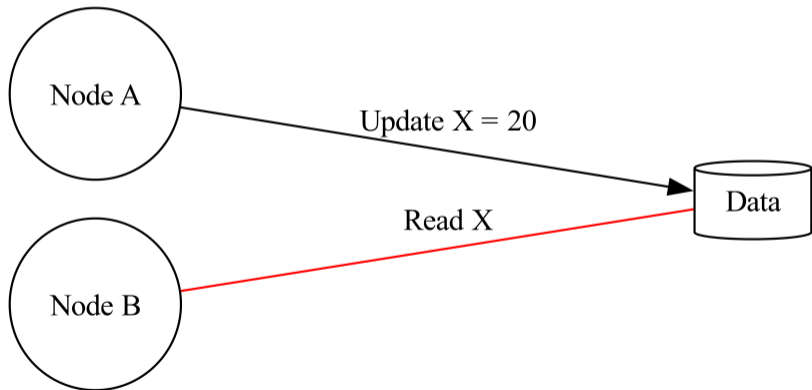
Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

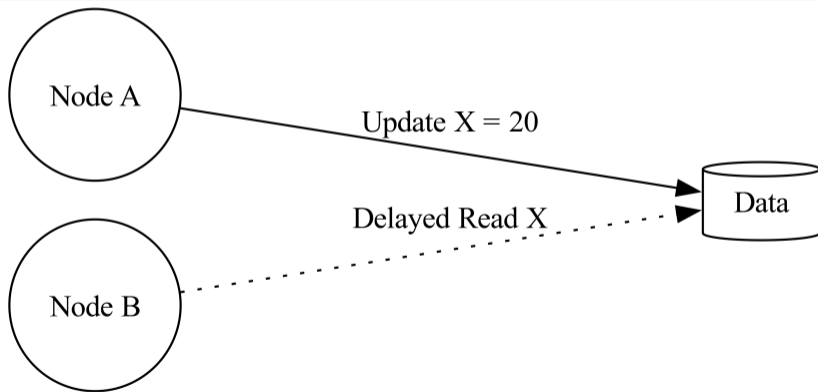
Lastly

## Konsistensi Kuat



# Ilustrasi

## Ketersediaan Tinggi



Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

# Klasifikasi Model Konsistensi

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

## 1 Strong Consistency

- **Linearizability** : Semua operasi tampak terjadi secara instan dan global
- **Sequential Consistency** : Semua operasi mengikuti urutan yang sama, tetapi tidak harus real-time.

## 2 Weak Consistency

- **Eventual Consistency** : Jika tidak ada update baru, maka semua node akhirnya akan konsisten.

## 3 Client-Centric Consistency : Berbasis perspektif klien, bukan sistem global.

- **Monotonic Read** : Tidak membaca data lama setelah membaca data baru
- **Monotonic Write** : Urutan write dijaga
- **Read Your Writes** : Setelah write, read akan melihat hasilnya
- **Writes Follow Reads** : Write berdasarkan read terbaru

# Ilustrasi

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

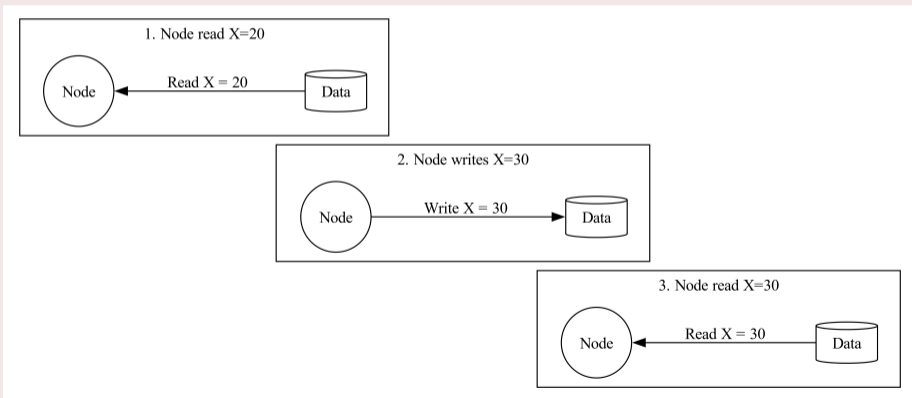
Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

## Read Your Write



# Model Konsistensi Berdasarkan Operasi

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

- 1 Read-after-write consistency
  - Read selalu melihat write terbaru
- 2 Write-after-write consistency
  - Urutan write dijaga
- 3 Causal Consistency
  - Operasi yang memiliki hubungan sebab-akibat harus terurut
- 4 FIFO Consistency
  - Urutan operasi dari satu proses dipertahankan

# Model Konsistensi Berdasarkan Operasi

Sistem Terdistribusi (ST)

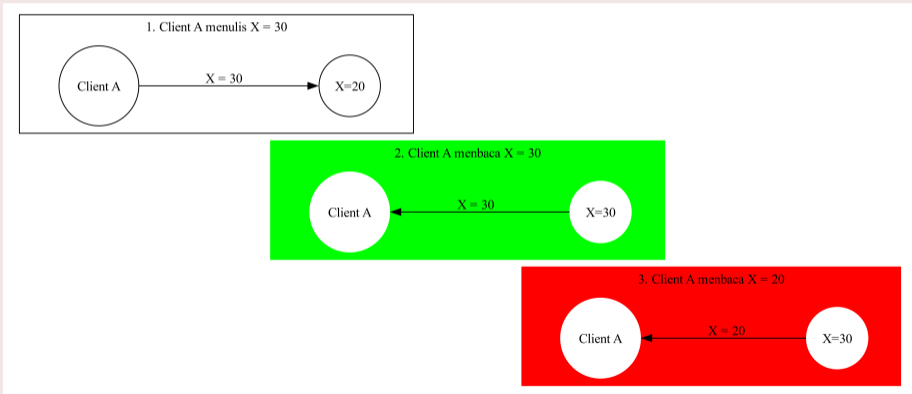
Alauddin Maulana Hirzan

Model Konsistensi

Analisis Trade-Off

Lastly

## Read-after-write consistency



# Model Konsistensi Berdasarkan Operasi

Sistem Terdistribusi (ST)

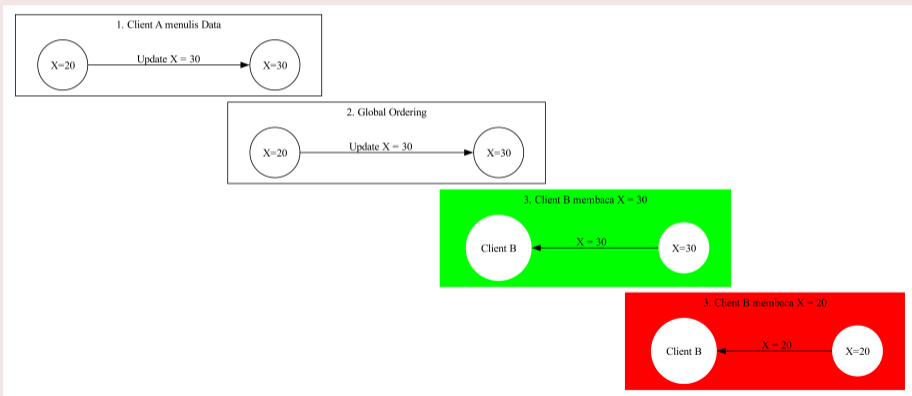
Alauddin Maulana Hirzan

Model Konsistensi

Analisis Trade-Off

Lastly

## Write-after-write consistency



# Model Konsistensi Berdasarkan Operasi

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

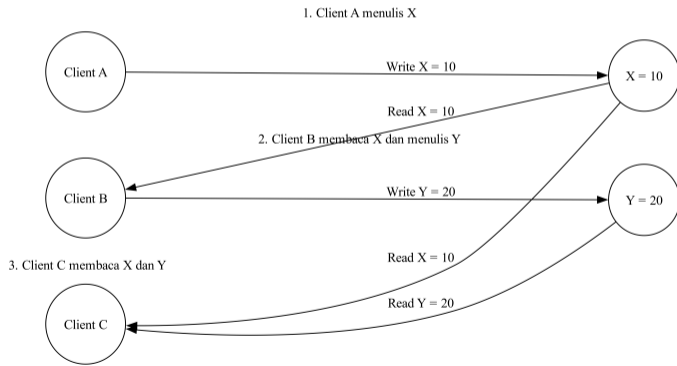
Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

## Casual consistency



# Keterkaitan dengan Algoritma Dasar Sistem Terdistribusi

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

## 1 Sinkronisasi Waktu

- Menentukan urutan event
- Mendukung causal consistency

## 2 Mutual Exclusion

- Menjamin write consistency
- Digunakan pada database distributed

## 3 Leader Election

- Jika leader gagal: Inconsistency dan Split-brain

## 4 Fault Tolerance

- Menjamin strong consistency
- Menghindari konflik data saat failure

# Konsep Dasar Trade-Off (Dampak)

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

Trade-off ini muncul karena untuk mencapai consistency tinggi, sistem harus melakukan sinkronisasi antar node, yang secara langsung meningkatkan latency.

Hubungan:

- Strong Consistency → Latency tinggi
- Weak Consistency → Latency rendah

# Penyebab Trade-Off

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

Pada strong consistency:

- 1 Write harus dikirim ke semua (atau mayoritas) node
- 2 Harus menunggu acknowledgment
- 3 Baru bisa dianggap committed

Semakin banyak node yang terhubung, maka semakin lama waktu yang diperlukan untuk mensinkronisasi semua node yang ada untuk mengetahui adanya proses write

# Analisis Matematis Sederhana

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

Latensi ketika sinkronisasi dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

Misalkan:

- $W$  = waktu write ke 1 node
- $N$  = jumlah node

**1** Strong Consistency

$$Latency \approx W \times N$$

**1** Weak Consistency

$$Latency \approx W$$

# Dampak Sistem

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

Aspek	Strong Consistency	Weak Consistency
Latency	Tinggi	Rendah
Throughput	Rendah	Tinggi
Akurasi	Tinggi	Eventually correct
Kompleksitas	Tinggi	Relatif rendah

- Sistem seperti consensus berbasis Raft atau Paxos meningkatkan latency karena:
  - membutuhkan quorum
  - sinkronisasi log
- Sistem berbasis eventual consistency menggunakan:
  - asynchronous replication
  - conflict resolution (last-write-wins, vector clock)

# Trade-off: Availability vs Consistency

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

- Trade-off ini dijelaskan oleh CAP Theorem.
- Saat terjadi **network partition** (perpecahan jaringan), sistem harus memilih:
  - **Consistency (C)** → mungkin menolak request
  - **Availability (A)** → selalu merespon, walau data belum konsisten

# Dampak Sistem

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

Aspek	Prioritas Consistency	Prioritas Availability
Response	Bisa gagal	Selalu ada
Akurasi	Tinggi	Bisa tidak akurat
UX	Bisa terganggu	Lebih smooth
Risiko	Delay	Data conflict

# Contoh Skenario Nyata

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

## Sistem Real-Time (Strong Consistency Oriented)

- Karakteristik:
  - Data harus akurat saat itu juga
  - Tidak boleh ada konflik
- Contoh:
  - Sistem perbankan
  - Trading saham
  - Sistem reservasi tiket

# Contoh Skenario Nyata

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

## Analisis Trade-Off

Faktor	Kebutuhan
Consistency	Sangat tinggi
Latency	Bisa ditoleransi
Availability	Bisa dikompromikan

# Contoh Skenario Nyata

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

## Sistem Analitik / Big Data (Weak Consistency Oriented)

- Karakteristik:
  - Fokus pada throughput dan skalabilitas
  - Data tidak harus real-time
- Contoh:
  - Dashboard analytics
  - Log processing
  - Recommendation system

# Contoh Skenario Nyata

Sistem  
Terdistribusi  
(ST)

Alauddin  
Maulana  
Hirzan

Model  
Konsistensi

Analisis  
Trade-Off

Lastly

## Analisis Trade-Off

Faktor	Kebutuhan
Consistency	Rendah (eventual cukup)
Latency	Harus rendah
Availability	Sangat tinggi

# Terima Kasih