Nama : Erizki Fadli
NIM : 11221014
Kelas : SisTer B

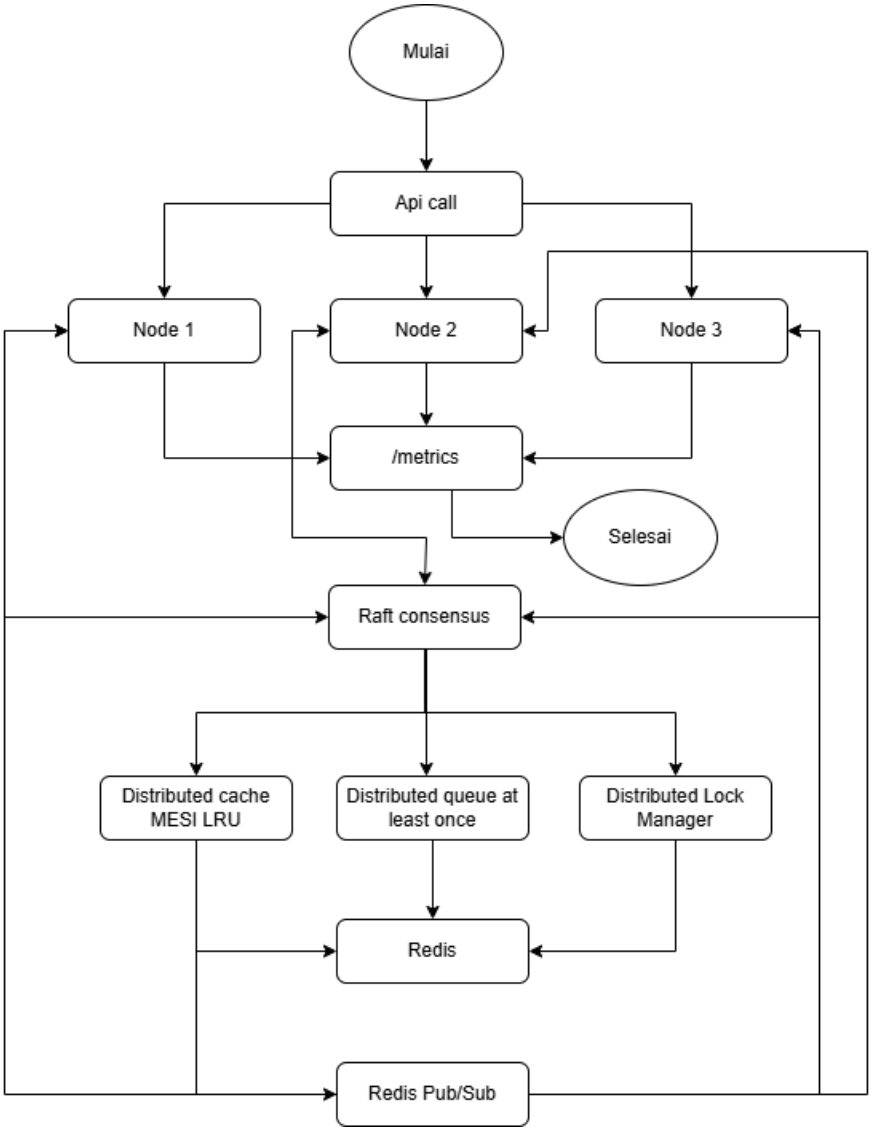
Tugas 2

A. Technical Decomentation

1. Arsitektur sistem lengkap dengan diagram

Sistem terdiri dari beberapa service node dengan tech stack Python/asyncio + aiohttp yang menjalankan tiga fungsi yakni Distributed Lock Manager, Distributed Queue, dan Distributed Cache. Koordinasi ketiganya dilakukan dengan Raft yang berfungsi untuk leader election & log replication. Redis dipakai sebagai durable backing store yakni lock table, queue payload, cache store sekaligus kanal Pub/Sub untuk invalidasi cache duplikat. Semua node mengekspor /metrics berformat Prometheus. Sistem dideploy secara 3 node + 1 Redis melalui Docker Compose.

Diagram:



2. Penjelasan algoritma yang digunakan

Raft: Sistem menggunakan Raft untuk memastikan hanya ada satu *leader* aktif dan semua keputusan grant/release lock, enqueue/ack, invalidasi cache tercatat konsisten. Tiap node menyimpan *log entries* bertingkat *term*; pemimpin dipilih melalui pemungutan suara ketika *election timeout* acak terpicu pada *follower* yang tidak menerima *heartbeat*. Pemimpin yang terpilih mendupilikat *AppendEntries* ke mayoritas; sebuah entri dianggap *committed* saat sudah tersalin ke kuorum. Indeks *commit_index* dan *last_applied* menjamin urutan eksekusi deterministik pada *state machine*. Mekanisme *log matching property* (pencocokan (`term,index`)) dan *roll-back* memastikan divergensi log dipangkas aman. Pendekatan ini memberikan keamanan data selama mayoritas node tersedia.

Failure detector (heartbeat + timeout). Di luar Raft, sistem menjalankan pendeteksi kegagalan berbasis *heartbeat* periodik. Node memelihara *last_seen* untuk tiap rekan; bila jeda melebihi ambang waktu, rekan dianggap *suspect* dan rute RPC ke rekan tersebut dihindari. Pemilihan parameter *heartbeat interval* dan *timeout* dibuat konservatif agar tidak memicu *false positive* saat beban tinggi, sekaligus cukup responsif saat benar-benar terjadi kegagalan.

Distributed Lock Manager (shared/exclusive + deadlock detection). Penerapan *lock* membolehkan beberapa *shared* bersamaan, sedangkan *exclusive* tunggal memblokir yang lain. Permintaan yang bertentangan masuk antrian teratur; keputusan *grant* dan *release* dibuat lewat *log* Raft agar konsisten lintas node. Untuk mencegah *deadlock*, sistem membangun *waits-for graph* terdistribusi: setiap klien yang menunggu *lock X* menambahkan sisi dari klien pemegang *lock X* menuju dirinya. Deteksi siklus dilakukan dengan DFS/Tarjan pada graf tersebut; jika ditemukan, dipilih *victim* (misalnya permintaan termuda) untuk dibatalkan, dan antrian dievaluasi ulang.

Distributed Queue (at-least-once dengan visibility timeout). Penerbitan pesan menyimpan *payload* pada *hash* (`queue:msg:{id}`) dan *id* pesan ke *list* topik (`queue:{topic}`). Consume memindahkan *id* ke *ZSET inflight* (`queue:{topic}:{group}:inflight`) dengan skor *expire_at* = *now* + *timeout* lalu mengembalikan `{msg_id, value}`. *ACK* menghapus *id* dari *inflight* dan *payload* dari *hash*. Sebuah *scavenger loop* memindai *inflight* yang kadaluarsa untuk *requeue* ke *list*, sehingga bila consumer mati, pesan tidak hilang. Inilah yang memberikan jaminan at-least-once. sisi konsumen dibuat idempoten untuk menangani duplikasi. Untuk penyebaran beban yang stabil, *routing key* dipetakan ke partisi menggunakan consistent hashing sehingga penambahan/pengurangan node hanya memindahkan sebagian kecil *key*.

Cache coherence (MESI-like invalidation) dan LRU. Penulisan PUT bersifat *write-through* ke penyimpanan redis lalu menerbitkan pesan invalidasi pada Pub/Sub (`cache:inval`) berisi key dan *version*. Node lain yang menerima invalidasi menandai entri lokal menjadi *Invalid* (I) atau membuangnya; GET berikutnya yang *miss* akan *fetch* dari penyimpanan dasar dan menyimpannya ke cache lokal sebagai *Shared* (S). LRU menjaga ukuran cache lokal: setiap akses memindahkan entri ke *most-recently used*; saat melewati ambang kapasitas, entri *least-recently used* dikeluarkan. Kombinasi invalidasi + *fetch-on-read* menjaga data tetap baru dengan latensi baca yang rendah.

Pengumpulan metrik (instrumentation). Semua jalur kritis mengekspor *metric* Prometheus: peran Raft, jumlah *AppendEntries/RequestVote*, *lock acquire/release*, *queue publish/consume/redeliver/inflight*, serta *cache put/get/invalidate* dan ukuran cache. Pengukuran ini tidak hanya memudahkan *benchmark* (throughput/latency), tetapi juga menjadi *feedback loop* untuk mengukur *timeout*, ukuran batch, dan kapasitas cache agar sistem tetap stabil di bawah variasi beban.

3. **API documentation**
   - Import file Postman Collection dan Environment dari folder postman/
   - Set nilai environment:
     baseUrlNode1 = http://localhost:8101
     baseUrlNode2 = http://localhost:8102
     baseUrlNode3 = http://localhost:8103
     timeoutMs = 1000

     Jalankan request sesuai folder:
   - Raft: GET /raft/status untuk melihat node LEADER/FOLLOWER.
   - Lock Manager:
     POST /lock/acquire (mode exclusive atau shared)
     POST /lock/release
   - Queue:
     POST /queue/publish
     POST /queue/consume (ambil msg_id)
     POST /queue/ack (acknowledge msg_id)
   - Cache (MESI):
     POST /cache/put
     GET /cache/get?key=...
4. **Deployment guide**
   - Requirement: python 3.11+, docker, locust, dan postman
   - Clone project

     ```
     git clone
     https://github.com/Erizki0712/distributed-sync.git
     cd distributed-sync
     ```

- Buat virtual environment
```
python -m venv .venv
# Windows
.\.venv\Scripts\activate
# Linux/Mac
# source .venv/bin/activate
```
- Install requirement
```
pip install -r requirements.txt
```
- Build dan jalankan docker
```
cd docker
```
`docker compose up --build` (3 node)
`docker compose -f docker-compose.single.yml -p dss-single up --build -d` (Single node)

B. Performance Analysis Report

1. **Benchmarking hasil dengan berbagai skenario**
   Benchmark dilakukan menggunakan locust dengan cara melakukan pengujian beban pada versi 1 dan 3 node. Workload locust berisi publish/consume/ack untuk queue, put/get untuk cache, dan acquire/release untuk lock degan skenario 200 pengguna dalam 60 detik.
2. **Analisis throughput, latency, dan scalability**

Endpoint	**Latency 3 node (ms)**	**Latency 1 node (ms)**	**Selisih latency (%)**	**Req/s 3 node**	**Req/s 1 node**
/cache/get	**34**	**27**	**20.6**	**305.8**	**324.8**
/cache/put	**45**	**43**	**4.4**	**306**	**325.1**
/lock/acquire	**46**	**35**	**23.9**	**293.5**	**351.4**
/lock/release	**43**	**35**	**18.6**	**293.3**	**351.3**
/queue/ack	**34**	**33**	**2.9**	**253.9**	**281.8**
/queue/consume	**45**	**33**	**26.7**	**254**	**261.1**
/queue/publis	**40**	**39**	**2.5**	**254.3**	**261.5**

3. **Visualisasi performa**

Dari tabel terlihat bahwa single node unggul pada throughput dan latency dikarenakan tidak ada quorum/replication hop sedangkan 3 node lebih lambat karena harus forward event ke leader untuk setiap proses.

C. Link Demo YouTube

https://youtu.be/jieXH2K_diw