

Tugas Besar

Kasus 1: Sistem Antrian Klinik Kampus

Deskripsi Kasus

Anda diminta memodelkan proses layanan di sebuah klinik kampus yang melayani mahasiswa dan staf. Klinik memiliki satu atau lebih dokter, dan setiap pasien mengambil nomor antrian secara otomatis. Pasien dipanggil secara berurutan, masuk ke ruang konsultasi, dan keluar setelah selesai. Skenario ini melibatkan aspek antrian, pelayanan terbatas, dan penjadwalan sederhana.

Tujuan Pembelajaran

- Menganalisis dan merepresentasikan sistem antrian menggunakan model formal.
- Mengidentifikasi *state*, *event*, dan *transisi* dalam sistem layanan medis.
- Menerapkan metode pemodelan formal seperti **Finite State Machine (FSM)**, **TLA+**, atau **Alloy** untuk memverifikasi sifat-sifat sistem seperti *fairness*, *liveness*, dan *deadlock-freedom*.

Tantangan Pemodelan

- Menentukan state untuk pasien dan dokter.
- Merepresentasikan mekanisme antrian dan penjadwalan giliran.
- Menangani skenario pasien yang tidak hadir saat dipanggil (timeout).
- Verifikasi bahwa semua pasien akan mendapatkan layanan (liveness).
- Memastikan tidak terjadi deadlock atau starvation.

Kasus 2: Elevator Sistem Gedung Kampus

Deskripsi Kasus

Sebuah gedung kampus memiliki lift yang melayani beberapa lantai. Lift menerima permintaan dari pengguna di luar (tombol naik/turun) dan dari dalam lift (tombol tujuan). Sistem harus melayani permintaan dengan strategi tertentu (misal: FIFO, SCAN), dengan mempertimbangkan arah gerak dan posisi lift. Sistem juga perlu menjamin efisiensi dan keadilan layanan.

Tujuan Pembelajaran

- Menganalisis sistem reaktif dan concurrent dengan *stateful components*.
- Merepresentasikan interaksi antar agen (pengguna dan lift) dalam sistem.
- Menggunakan teknik pemodelan formal untuk memverifikasi keamanan dan kebenaran logika sistem.

Tantangan Pemodelan

- Menentukan state elevator (idle, naik, turun, berhenti) dan pengguna (menunggu, naik, turun).
- Merepresentasikan permintaan dari banyak lantai dan strategi pemrosesan.
- Menangani kondisi khusus seperti kapasitas penuh, konflik permintaan, dan starvation.
- Memastikan properti *safety* (tidak buka pintu saat bergerak) dan *liveness* (semua permintaan terpenuhi).

Kasus 3: Koordinasi Multi-Robot untuk Pembersihan Area (Autonomous Vacuum System)

Deskripsi Umum

Dalam sistem pembersih otomatis berskala besar (misalnya di pusat perbelanjaan, kampus, atau bandara), beberapa robot vakum bekerja secara bersamaan untuk membersihkan area tertentu yang dibagi ke dalam zona-zona. Masing-masing robot memiliki kemampuan untuk bergerak, mengenali rintangan, menghindari tabrakan, dan melakukan tugas pembersihan. Sistem pusat mengatur distribusi zona agar efisien dan mencegah overlap area, konflik di persimpangan, serta kebuntuan (deadlock) saat banyak robot bertemu di titik yang sama.

Komponen Sistem

- **Robot Vakum:** unit bergerak dengan state Idle, Assigned, Moving, Cleaning, dan Finished.
- **Zona Area:** area kerja dibagi ke dalam grid/zona.
- **Sistem Penjadwal Pusat:** memberikan zona kepada masing-masing robot.
- **Sensor Proksimitas dan Navigasi:** untuk deteksi rintangan dan navigasi zona.
- **Rintangan dan Zona Terlarang:** elemen statis atau dinamis yang tidak boleh dimasuki.

Tujuan Pembelajaran

- Menerapkan pemodelan formal untuk sistem konkuren dan reaktif.
- Mewakili pergerakan dan status multi-robot sebagai proses formal.
- Menguji properti sistem seperti **deadlock-freedom**, **liveness**, **mutual exclusion**, dan **collision-freedom**.
- Melatih penggunaan tools formal seperti **TLA+** dengan properti temporal.

Permasalahan yang Dapat Diformalkan

1. **Distribusi tugas:** Bagaimana sistem menjamin setiap robot mendapatkan zona berbeda?
2. **Koordinasi gerak:** Bagaimana menghindari dua robot bertemu di simpul yang sama?
3. **Navigasi dan antrian:** Apa yang terjadi jika robot harus melewati zona yang sudah ditempati?
4. **Pencegahan deadlock:** Misalnya, empat robot saling menunggu di simpul berbeda membentuk siklus.
5. **Liveness:** Semua robot harus dapat menyelesaikan tugas pembersihan masing-masing.
6. **Safety:** Tidak ada dua robot yang membersihkan atau masuk ke zona yang sama secara bersamaan.

Kasus 4: Sistem Manajemen Otomatis Gudang E-Commerce (Automated Warehouse Management System)

Deskripsi Umum

Sebuah perusahaan e-commerce mengoperasikan gudang otomatis yang terdiri dari *rak penyimpanan*, *robot pengambil barang* (picker bots), dan *stasiun pengemasan*. Setiap kali ada pesanan pelanggan, sistem harus mencari item yang relevan dari rak, menetapkan robot untuk mengambilnya, lalu mengantarkannya ke stasiun pengemasan.

Sistem ini bersifat konkuren dan kompleks karena banyak robot bekerja sekaligus, permintaan datang secara dinamis, dan sumber daya (jalur lintasan dan rak) terbatas.

Komponen Sistem

- **Pesanan:** terdiri dari satu atau lebih barang yang tersebar di berbagai rak.
- **Picker Robot:** robot bergerak yang mengambil item dari rak dan membawanya ke stasiun.
- **Rak Barang:** rak penyimpanan dengan lokasi item tertentu.
- **Jalur Navigasi:** peta grid tempat robot bergerak (dapat terjadi konflik atau tabrakan).
- **Stasiun Pengemasan:** tempat pengumpulan item sebelum dikirim ke pelanggan.
- **Penjadwal Tugas:** modul yang mengatur distribusi tugas pengambilan dan pengantaran.

Tujuan Pembelajaran

- Merepresentasikan sistem multi-agen dan distribusi tugas secara formal.
- Menangani *resource sharing*, *mutual exclusion*, dan *prioritization*.
- Memverifikasi properti penting: tidak ada konflik jalur, semua pesanan terpenuhi, tidak ada rak yang dilayani dua kali dalam waktu bersamaan.

- Melatih penggunaan **model formal konkuren dan terdistribusi** (misalnya **TLA+** untuk interleaving atau **Alloy** untuk konfigurasi data dan constraint).

Permasalahan yang Dapat Diformalkan

1. **Penjadwalan tugas robot** agar semua pesanan diselesaikan secara efisien.
2. **Avoidance of collision**: tidak boleh dua robot berada di simpul yang sama.
3. **Zona eksklusif**: hanya satu robot boleh mengakses satu rak dalam satu waktu.
4. **Keterbatasan jalur**: navigasi harus menghindari bottleneck atau deadlock.
5. **Liveness**: setiap pesanan pasti selesai dalam waktu terbatas.
6. **Failure handling**: apa yang terjadi jika robot macet di tengah jalan?

Output yang Diharapkan

1. **Model formal** dari sistem antrian menggunakan TLA+.
2. **Dokumentasi model** yang menjelaskan entitas, relasi, dan asumsi.
3. Contoh **simulasi atau trace** yang menunjukkan bagaimana sistem bekerja.
4. **Analisis formal** terhadap sifat-sifat sistem (misalnya: apakah adil, bebas deadlock, safety, liveness, deadlock-freedom).
5. **Verifikasi formal** terhadap sifat sistem ().
6. **File model** (.tla/.cfg).