

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di SMC Rumah Sakit Telogorejo Semarang, proses penyusunan jadwal perawat masih dilakukan secara manual dan terfragmentasi. Permintaan dinas dikumpulkan oleh Kepala Ruang (KARU) melalui formulir, direkap ulang ke lembar kerja Excel, lalu jadwal akhir diinput kembali secara manual ke sistem *Human Resource Information System* (HRIS) dengan format dan kode yang berbeda. Alur kerja berulang ini menyita waktu, meningkatkan risiko kesalahan pencatatan, serta menyulitkan penerapan aturan kerja secara konsisten, khususnya pada pembatasan struktur *shift* malam dan pemerataan jumlah perawat per *shift* (*team coverage*). Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pendekatan penjadwalan otomatis yang mampu mengakomodasi kendala operasional nyata serta mudah diintegrasikan dengan sistem kepegawaian. Permasalahan operasional penjadwalan tersebut umumnya semakin menonjol ketika ketersediaan tenaga tidak stabil dan beban kerja meningkat. Kondisi ini berkaitan erat dengan tantangan manajemen sumber daya manusia keperawatan yang juga terjadi di banyak rumah sakit.

Kekurangan tenaga dan tingginya tingkat keluar-masuk perawat (*turnover*) merupakan masalah serius dalam sistem pelayanan kesehatan di seluruh dunia. Meta-analisis global terhadap 21 studi di 14 negara menunjukkan bahwa rata-rata 16% perawat berhenti bekerja setiap tahun, dengan nilai berada pada rentang 14-17% pada tingkat kepercayaan 95% (Ren dkk., 2024). Tingginya tingkat *turnover* tersebut memperburuk kekurangan tenaga kesehatan, meningkatkan beban kerja, serta berdampak langsung terhadap mutu pelayanan dan keselamatan pasien. Kondisi ini dipengaruhi oleh ketidakseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan tenaga, beban kerja berlebih, serta kompensasi yang kurang memadai.

Selain jumlah tenaga, penjadwalan perawat (*nurse rostering*) juga merupakan faktor penting dalam menjaga kelancaran layanan keperawatan. Penelitian Drennan dkk. (2024) menunjukkan bahwa kekurangan perawat, khususnya di Instalasi Gawat Darurat (IGD), dapat menyebabkan waktu tunggu pasien lebih lama,

keterlambatan pemberian tindakan, serta peningkatan risiko insiden klinis yang berdampak pada mutu pelayanan dan keselamatan pasien. Di Indonesia, penjadwalan perawat menjadi semakin kompleks pada masa pandemi, hal ini disebabkan oleh rasio antara perawat dan pasien yang belum ideal serta meningkatnya tuntutan fleksibilitas kerja. Akibatnya, kondisi tersebut menuntut manajer keperawatan melakukan berbagai penyesuaian, seperti rotasi staf, perubahan pola *shift*, dan penambahan tenaga pendukung agar pelayanan tetap berjalan optimal (Sugianto dkk., 2022).

Aspek penjadwalan yang sering menjadi perhatian utama dalam layanan keperawatan adalah *shift* malam, karena memiliki dampak langsung terhadap kondisi fisik dan kinerja perawat. Penelitian menunjukkan bahwa pola *shift* malam yang tidak seimbang dapat meningkatkan kelelahan (*fatigue*), mengganggu pola tidur, serta menurunkan konsentrasi kerja, sehingga berpotensi mengancam keselamatan pasien (Kubo dkk., 2024). Penelitian tersebut juga menemukan bahwa perawat dengan kesempatan tidur malam kurang dari atau sama dengan 12 kali per bulan memiliki risiko kelelahan dan insiden hampir celaka (*near miss incident*) yang lebih tinggi dibandingkan perawat dengan waktu tidur malam yang cukup. Temuan ini memperkuat pentingnya pengaturan jadwal *shift* yang mempertimbangkan waktu istirahat sebagai bagian dari upaya menjaga mutu pelayanan. Selain itu, ketidakseimbangan jumlah perawat pada setiap *shift* (*team coverage*) dapat menyebabkan beban kerja yang tidak merata, meningkatkan stres kerja, dan memperbesar peluang terjadinya kesalahan klinis (Nydahl dkk., 2024).

Untuk mengatasi tantangan tersebut, pengaturan *shift* malam dan pembagian tim secara proporsional menjadi komponen penting dalam menjaga mutu pelayanan dan keselamatan pasien. Tingginya kompleksitas dalam mempertahankan struktur *shift* malam dan *team coverage* menjadikan *Nurse Rostering Problem* (NRP) sebagai salah satu permasalahan optimasi kombinatorial yang paling menantang, karena melibatkan berbagai kendala keras dan lunak yang saling bergantung (den Hartog dkk., 2023). Pendekatan manual tradisional terbukti tidak mampu mengakomodasi banyaknya kendala tersebut secara konsisten, sehingga berbagai metode optimasi telah dikembangkan. Pendekatan eksak, seperti *Mixed Integer*

Programming (MIP) dan *Constraint Programming* (CP), efektif untuk permasalahan berskala kecil hingga menengah karena mampu mengakomodasi aturan klinis dengan presisi tinggi (Turhan & Bilgen, 2020). Sementara itu, pendekatan *metaheuristik*, seperti *Tabu Search*, lebih fleksibel untuk menangani permasalahan berskala besar dengan dinamika *shift* yang kompleks (Cetin dkk., 2023). Di sisi lain, pendekatan *hybrid*, seperti *Hybrid Genetic Algorithm-Simulated Annealing* (HGASA), menunjukkan kinerja unggul dalam menyeimbangkan eksplorasi dan eksploitasi ruang solusi serta menghasilkan tingkat pelanggaran kendala yang lebih rendah (Chen dkk., 2023).

Meskipun berbagai pendekatan optimasi telah dikembangkan, diperlukan kajian komparatif yang komprehensif untuk mengidentifikasi algoritma yang paling efektif dalam memenuhi dua kendala utama penjadwalan perawat, yaitu struktur *shift* malam dan *team coverage*. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih menitikberatkan pada pengembangan algoritma tunggal, baik berbasis metode eksak maupun *metaheuristik* tertentu, tanpa perbandingan menyeluruh terhadap performa algoritma pada berbagai kondisi operasional rumah sakit (Ramli dkk., 2020). Dalam konteks operasional rumah sakit Indonesia, fleksibilitas dan kepatuhan terhadap aturan klinis menjadi sama pentingnya, dan pendekatan berbasis *Integer Programming* terbukti efektif dalam menjaga kepatuhan terhadap aturan tersebut, terutama dalam pembatasan *shift* malam dan jam kerja (Mystakidis dkk., 2024). Namun, metode ini memiliki keterbatasan dalam fleksibilitas dan skalabilitas ketika jumlah perawat dan kendala semakin meningkat. Sebaliknya, *Tabu Search* menawarkan fleksibilitas lebih tinggi untuk menangani dinamika *shift* yang kompleks dan preferensi perawat dalam situasi nyata (Ramli dkk., 2020), meskipun metode ini dapat mengalami kesulitan dalam menjaga pemerataan beban kerja ketika skenario penjadwalan semakin besar dan rumit. Di sisi lain, pendekatan *hybrid* berbasis *Genetic Algorithm-Particle Swarm Optimization* (GA-PSO) menunjukkan potensi tinggi dalam menyeimbangkan kemampuan eksplorasi solusi global dan penyempurnaan lokal, sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu sekaligus menghasilkan kualitas jadwal yang lebih baik (Harb dkk., 2024).

Pendekatan ini memberikan peluang bagi pengembangan sistem penjadwalan yang lebih adaptif terhadap kebutuhan operasional rumah sakit yang dinamis.

Berdasarkan permasalahan operasional dan celah penelitian tersebut, penelitian ini menitikberatkan pada analisis komparatif ketiga pendekatan optimasi dalam mengatasi dua kendala utama dalam permasalahan penjadwalan perawat, meliputi pola *shift* malam dengan ketentuan dua malam kerja diikuti dua hari libur atau satu malam kerja diikuti satu hari libur secara wajib, serta pemerataan jumlah perawat pada setiap *shift*. Fokus perbandingan ini menjadi penting karena kedua kendala tersebut telah terbukti sebagai faktor signifikan yang berkontribusi terhadap meningkatnya ketidaklayakan jadwal dan risiko kelelahan perawat (Kubo dkk., 2024). Selain itu, pengujian dilakukan dengan mempertimbangkan skenario yang mencerminkan kondisi nyata rumah sakit di Indonesia, khususnya unit rawat inap di SMC Rumah Sakit Telogorejo Semarang sebagai studi kasus, di mana rasio perawat terhadap pasien belum ideal dan beban kerja pada *shift* malam relatif tinggi (Sugianto dkk., 2022). Ketidakseimbangan jumlah perawat dalam satu *shift* juga diidentifikasi sebagai faktor yang memengaruhi beban kerja dan kualitas pelayanan keperawatan (Ny Dahl dkk., 2024). Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi teoretis terhadap pengembangan metode optimasi penjadwalan perawat, tetapi juga menyusun rekomendasi praktis bagi pengambil kebijakan rumah sakit dalam menentukan algoritma penjadwalan yang selaras dengan jumlah staf, pola kerja, serta kebijakan operasional yang berlaku.

SEKOLAH PASCASARJANA

1.2 Tujuan Penelitian

Secara umum, penelitian ini bertujuan mengevaluasi dan membandingkan kinerja tiga pendekatan optimasi penjadwalan perawat menggunakan CP-SAT (OR-Tools) sebagai pendekatan eksak, *Tabu Search* sebagai metaheuristik, dan HGASA sebagai metode hibrida dalam menangani dua kendala operasional utama, yaitu pola/struktur *shift* malam dan pemerataan jumlah perawat per *shift* (*team coverage*). Evaluasi dilakukan melalui studi kasus menggunakan data serta skenario yang merepresentasikan kondisi unit rawat inap di SMC RS Telogorejo Semarang.

Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Merumuskan model kendala terkait pola/struktur *shift* malam dan pemerataan *team coverage* secara formal, kemudian mengimplementasikannya pada tiga pendekatan optimasi: CP-SAT (OR-Tools), *Tabu Search*, dan HGASA.
2. Menguji kinerja ketiga pendekatan pada beberapa skenario penjadwalan bulanan dengan variasi jumlah perawat, kompleksitas kebutuhan *shift*, serta batas waktu komputasi, menggunakan metrik kelayakan solusi, pelanggaran kendala utama, pemerataan beban kerja, pemenuhan kebutuhan *shift*, dan waktu komputasi.
3. Membandingkan kualitas solusi ketiga pendekatan secara multi-kriteria dengan menekankan keseimbangan antara kualitas jadwal dan waktu komputasi, untuk mengidentifikasi metode yang paling sesuai pada berbagai skala permasalahan dan tingkat keketatan kendala.
4. Menyusun rekomendasi praktis bagi pengambil kebijakan rumah sakit berdasarkan hasil komparasi, termasuk rekomendasi pemilihan algoritma dan konfigurasi penjadwalan yang selaras dengan ukuran permasalahan, pola kerja, dan kebijakan operasional (studi kasus: SMC RS Telogorejo Semarang).

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat baik secara akademik maupun metodologis. Dari sisi akademik, penelitian ini memperkaya literatur penjadwalan perawat (*nurse rostering*) di Indonesia dengan memformalkan dua kendala operasional utama, yaitu pola *shift* malam (dua malam kerja diikuti dua hari libur wajib, atau satu malam kerja diikuti satu hari libur wajib) serta pemerataan *team coverage* pada setiap *shift*. Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi dalam membandingkan tiga pendekatan optimasi, yaitu CP-SAT pada *Google OR-Tools* (eksak), *Tabu Search* (*metaheuristic*), dan HGASA (*hybrid*), untuk mengidentifikasi kelebihan dan keterbatasan masing-masing dalam konteks operasional rumah sakit.

Dari sisi metodologis penelitian ini menyajikan kerangka evaluasi yang dapat direplikasi, mencakup kelayakan solusi, pelanggaran kendala, pemenuhan

kebutuhan per *shift* (pagi, siang, malam), pemerataan beban kerja, serta waktu komputasi. Uji sensitivitas juga dilakukan terhadap perubahan skala skenario (jumlah perawat) dan variasi batas waktu komputasi (*time limit*) untuk menilai ketahanan solusi (*robustness*) terhadap ukuran permasalahan dan sumber daya komputasi yang tersedia.

Dari sisi praktis, khususnya bagi Rumah Sakit SMC Telogorejo Semarang, penelitian ini menghasilkan pedoman pemilihan algoritma penjadwalan yang sesuai dengan skala permasalahan dan tingkat keketatan kendala, serta rekomendasi parameter penjadwalan yang dapat digunakan untuk mendukung perencanaan jadwal kerja perawat secara lebih efisien. Kontribusi teknologisnya berupa prototipe sistem penjadwalan otomatis berbasis Node.js yang mengintegrasikan ketiga pendekatan optimasi, yaitu *CP-SAT (OR-Tools)*, *Tabu Search*, dan *HGASA*, yang dirancang untuk menggantikan proses penjadwalan manual melalui formulir kertas, rekap di Excel, dan input ulang ke HRIS menjadi alur penjadwalan yang terotomasi dan terintegrasi dengan sistem informasi kepegawaian (*Human Resource Information System / HRIS*) rumah sakit.

Selain itu, pada tingkat kebijakan dan sosial, hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk mengurangi lembur berlebih, meningkatkan kepuasan kerja perawat, serta memperkuat keselamatan pasien melalui pemerataan *team coverage* pada setiap *shift*.

SEKOLAH PASCASARJANA