

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya merupakan salah satu langkah yang diambil oleh para peneliti dengan tujuan untuk mengidentifikasi perbandingan yang dapat berkontribusi pada inovasi atau perkembangan lebih lanjut dalam penelitian selanjutnya. Pada penulisan ini, penulis mencari informasi dari berbagai sumber, termasuk buku, tugas akhir atau skripsi, serta jurnal- jurnal yang telah diterbitkan sebelumnya.

Berbagai penelitian internasional menunjukkan bahwa ketidakseimbangan beban kerja masih menjadi permasalahan yang umum terjadi pada proses perbaikan dan produksi kapal. Pada galangan kapal komersial di kawasan Timur Tengah, ditemukan bahwa proses reparasi lambung kapal sering mengalami **idle time yang cukup tinggi akibat variasi durasi pekerjaan antar stasiun**, terutama pada pekerjaan heavy repair seperti replating. Meskipun penelitian tersebut menekankan pentingnya pemerataan pembagian pekerjaan, pendekatan yang digunakan belum menerapkan metode line balancing secara heuristik serta tidak melakukan pengukuran kuantitatif terhadap nilai balance delay maupun peningkatan efisiensi lini setelah proses balancing dilakukan (Al-Ghamdi and Turk, 2020). Permasalahan serupa juga ditemukan pada proyek perbaikan lambung kapal di wilayah pesisir Tiongkok, di mana keterlambatan pekerjaan dipengaruhi oleh perbedaan durasi aktivitas seperti cutting, fit-up, dan welding. Penelitian tersebut hanya menggunakan analisis akar masalah dan analisis keterlambatan waktu tanpa melakukan simulasi pembagian beban kerja menggunakan pendekatan balancing untuk meningkatkan efisiensi proses (Wang and Xu, 2021).

Pada penelitian lain di galangan kapal Amerika Serikat, ditemukan adanya bottleneck pada tahap fitting dan welding selama proses replating. Studi tersebut menyarankan perbaikan melalui pengaturan ulang tenaga kerja dan penjadwalan pekerjaan, namun belum melakukan penyusunan **precedence diagram**, perhitungan **cycle time**, maupun analisis efisiensi line balancing untuk mengetahui tingkat keseimbangan lini kerja secara kuantitatif (Rodriguez and Villanueva, 2022). Penelitian yang dilakukan pada industri galangan kapal di India juga telah mencoba menggunakan pendekatan heuristik untuk meningkatkan aliran produksi, tetapi fokus penelitian tersebut berada pada proses **newbuilding** yang bersifat repetitif. Kondisi ini berbeda dengan pekerjaan reparasi kapal seperti replating yang memiliki karakteristik pekerjaan yang lebih variatif dan tidak sepenuhnya berulang, sehingga metode yang digunakan dalam penelitian tersebut belum diuji secara langsung pada konteks pekerjaan reparatif (Singh, Patel, and Kumar, 2023).

Penelitian lain di galangan kapal Jepang menunjukkan bahwa ketidakseimbangan beban kerja juga dapat terjadi pada proses blasting dan coating yang berdampak pada penurunan efisiensi tenaga kerja. Walaupun penelitian tersebut membahas pembagian pekerjaan antar aktivitas,

pendekatan yang digunakan belum secara formal menerapkan metode line balancing dan tidak melakukan pengukuran efisiensi lini maupun analisis balance delay sebagai indikator tingkat keseimbangan kerja (Matsumoto and Hideo, 2024). Sementara itu, penelitian pada galangan kapal perbaikan di Korea Selatan menggunakan pendekatan simulasi untuk mengidentifikasi titik bottleneck dalam proses repair kapal. Namun simulasi tersebut hanya berfungsi untuk memprediksi kemacetan proses tanpa memberikan solusi optimasi berupa penyeimbangan waktu kerja atau redistribusi beban kerja antar stasiun (Kwon, Park, and Lee, 2022). Selain itu, penelitian pada galangan kapal modern di Tiongkok juga menunjukkan bahwa pembagian beban kerja dapat meningkatkan pemanfaatan tenaga kerja melalui pendekatan simulasi produksi. Meskipun demikian, penelitian tersebut belum menganalisis secara sistematis nilai efisiensi lini, balance delay, maupun tingkat ketidakseimbangan kerja sebagai parameter evaluasi kinerja lini produksi (Zhang and Luo, 2023).

Berdasarkan berbagai penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa kajian mengenai ketidakseimbangan beban kerja dalam industri galangan kapal telah banyak dilakukan, namun sebagian besar penelitian masih berfokus pada analisis penyebab keterlambatan, simulasi produksi, atau perencanaan tenaga kerja tanpa melakukan pengukuran kuantitatif terhadap efisiensi lini menggunakan pendekatan **line balancing**. Selain itu, penerapan metode heuristik **Largest Candidate Rule (LCR)** pada konteks pekerjaan reparasi kapal, khususnya pada proses **replating lambung kapal**, masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis penerapan metode line balancing dengan pendekatan LCR dalam pembagian beban kerja pada proses replating kapal guna mengetahui tingkat efisiensi lini dan nilai balance delay secara lebih terukur.

2.2 Hull Replating

Hull replating adalah suatu proses pergantian bagian plat dari lambung kapal melalui pemotongan bagian plat yang telah rusak dari lambung kapal dan kemudian dilakukan pergantian dengan plat yang baru dengan proses pengelasan

2.3 Pengertian dan Tujuan *Line Balancing*

Dalam menentukan kelancaran suatu alur produksi tentunya diperlukan suatu metode khusus dalam prosesnya, salah satu proses yang sering digunakan dalam dunia industri yaitu metode *line balancing*. *Line Balancing* merupakan metode dalam perencanaan dan pengendalian produksi yang bertujuan untuk menyamakan beban kerja antar stasiun kerja dalam satu lini produksi Menurut Stevenson (2021).

Dalam penerapannya pada dunia industri, metode *line balancing* mengambil peran penting dalam mengurangi *bottleneck* dan *idle time*. Metode ini bekerja dengan menempatkan proses pekerjaan pada tiap stasiun hingga mendekati waktu siklus target pada beban kerja. Output dari proses tersebut menghasilkan *bottleneck* yang berkurang dan waktu mengganggu

pekerja dapat turun drastis (Teshome, Meles, and Yang 2024).

2.4 Cycle Time dan Takt Time

Cycle Time dan *Takt Time* merupakan dua faktor utama dalam penentuan perencanaan pekerjaan dalam dunia industri. *Cycle Time* merupakan durasi/waktu aktual yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu unit kerja dalam stasiun kerja. Sedangkan *Takt Time* merupakan durasi/waktu yang ada untuk menyelesaikan satu produksi atau pekerjaan agar dapat memenuhi permintaan pelanggan.

Menurut Heizer dan Render (2022), *Takt Time* merupakan suatu konsep dari *lean manufacturing* yang mengatur tempo dari produksi berdasarkan permintaan pelanggan.

2.5 Efisiensi dan Balance Delay

Efisiensi merupakan ukuran seberapa optimal lini produksi dalam menggunakan waktu kerja dan tenaga kerja. Dalam *Line balancing*, efisiensi ditentukan berdasarkan total waktu kerja yang produktif kemudian dibandingkan dengan total keseluruhan durasi kerja aktual pada seluruh stasiun kerja. Efisiensi lini produksi didefinisikan sebagai rasion antara total waktu kerja pada elemen yang ter-alokasikan dengan hasil pembagian tugas terhadap jumlah stasiun kerja dikalikan dengan waktu siklus dan kemudian dikalikan 100% (Subagio 2024).

$$\text{Efisiensi} = \left(\frac{\sum \text{waktu kerja}}{\text{jumlah stasiun} \times \text{cycle time}} \right) \times 100\%$$

Sementara itu, *balance delay* adalah waktu menganggur yang terjadi akibat ketidakseimbangan pembagian kerja antar stasiun. *Balance delay* dapat ditentukan dengan mengurangi hasil efisiensi dan 100% (Subagio 2024).

$$\text{balance delay} = 100\% - \text{efisiensi}$$

Nilai efisiensi yang tinggi menunjukkan bahwa proses produksi berjalan lancar dan seimbang, sedangkan nilai *balance delay* yang tinggi menunjukkan adanya pemborosan waktu yang perlu diatasi.

2.6 LCR (Largest Candidate Rule)

Menurut (Dung 2019), *Largest Candidate Rule* merupakan metode yang dilakukan untuk menyusun alur pengerjaan yang diurutkan berdasarkan alur yang paling lama hingga paling cepat untuk mengalokasikan stasiun kerja, sehingga total waktu dari tiap stasiun tidak melebihi batas waktu proses permintaan (*cycle time*).

Dalam penelitiannya, (Novarika, Lasalewo, and Uloli 2024) menyebutkan tahapan-tahapan dalam penyusunan *Largest Candidate Rule*, yaitu:

- a. Menyusun daftar tugas yang diurut berdasarkan waktu proses terlama hingga yang tercepat.
- b. Mengalokasikan pembagian tugas kedalam stasiun kerja satu per satu dari urutan paling atas
- c. Dari hasil alokasi, ditentukan jumlah waktu tugas tiap stasiun yang tidak melebihi *cycle time*.

2.7 Precedence Diagram

Menurut (Pintzos et al. 2016) *precedence diagram* merupakan representasi ketergantungan langsung antar lini perakitan satu dan lainnya. Diagram ini berhubungan langsung dengan seluruh urutan dalam proses penggabungan komponen menjadi produk jadi

Precedence Diagram dirancang dengan menganalisis hubungan antara komponen pengerjaan dan operasinya sehingga dapat mempermudah perencanaan dan evaluasi mengenai efisiensi berdasarkan waktu, biaya, atau konflik teknis.