

PENERAPAN *LINE BALANCING* PADA PROSES PRODUKSI KRAN AIR AMICO MENGGUNAKAN METODE *RANKED POSITIONAL WEIGHT (RPW)* DI PT TARINDO

Evo Meiliana Chrissinda, Faradhina Azzahra, S.T., M. Sc

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
Telp: (024) 7460052 Fax. (024) 7460055
Email: chrissindaevo14@gmail.com

Abstrak

Lean manufacturing adalah prinsip yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi dengan mengurangi atau menghilangkan pemborosan dalam proses produksi. Perusahaan mengadopsi pendekatan ini untuk tetap kompetitif di pasar global. Di PT Tarindo, ditemukan adanya inefisiensi pada jalur perakitan kran air AMICO, sehingga mendorong perusahaan untuk menerapkan teknik penyeimbangan lini. Metode Peringkat Posisi Berat (RPW) digunakan untuk tujuan ini. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kinerja dan mengusulkan jumlah stasiun kerja yang optimal. Metode RPW melibatkan penentuan bobot posisi setiap elemen tugas, dilanjutkan dengan penyusunan peringkat dan stasiun kerja berdasarkan bobot tersebut. Data yang digunakan meliputi waktu produksi perakitan kran AMICO pada bulan Januari hingga Desember 2023. Hasil penerapan metode RPW diperoleh nilai *Line Efficiency* sebesar 93,40%, *Smoothing Index* sebesar 0,005, *Balanced Delay* sebesar 6,60%, dan optimal setup dua buah. stasiun kerja. Perusahaan harus melakukan evaluasi atau penilaian ulang secara berkala mengenai keseimbangan jalur perakitan kran air AMICO untuk memastikan bahwa desain yang dioptimalkan sesuai dengan kondisi saat ini dengan baik; menyediakan sesi pelatihan bagi operator atau pekerja sehingga mereka dapat menjalankan proses perakitan pada tingkat kinerja tinggi; dan meningkatkan pengawasan terhadap ketersediaan alat dan bahan yang diperlukan dalam proses perakitan untuk memitigasi potensi gangguan.

Kata Kunci: *Line Balancing, Ranked Positional Weight, Balanced Delay, Efisiensi Lintasan, Smoothing Index*

Abstarct

Lean manufacturing is a principle designed to enhance efficiency by reducing or eliminating waste in the production process. Companies adopt this approach to remain competitive in the globalized market. At PT Tarindo, inefficiencies were identified within the AMICO faucet assembly line, prompting the company to implement line balancing techniques. The Ranked Positional Weight (RPW) method was utilized for this purpose. Its goal is to improve performance and propose an optimal number of workstations. The RPW method involves determining the positional weight of each task element, followed by arranging rankings and workstations based on these weights. The data used comprised production times for assembling AMICO faucets from January through December 2023. Results from applying the RPW method revealed a *Line Efficiency* value of 93.40%, a *Smoothing Index* of 0.005, a *Balanced Delay* of 6.60%, and an optimal setup of two workstations. The company must conduct regular evaluations or reassessments regarding the assembly line balance for AMICO water faucet to ensure that optimized designs align with current conditions properly; provide training sessions for operators or workers so they can execute assembly processes at high-performance levels; and enhance supervision over tool and material availability required in the assembly process to mitigate potential disruptions.

Keywords: *Line Balancing, Ranked Positional Weight, Balanced Delay, Efisiensi Lintasan, Smoothing Index*

1. Pendahuluan

Globalisasi telah membuat berbagai aspek kehidupan manusia semakin maju dan berkembang. Salah satu konsekuensi dari globalisasi adalah terciptanya pasar yang semakin kompetitif, sehingga menuntut setiap perusahaan untuk meningkatkan keunggulan kompetitif dan melakukan efisiensi pada proses bisnisnya agar dapat tetap bersaing. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi perusahaan adalah dengan meminimalisir waste (pemborosan). Konsep ini dikenal sebagai lean manufaktur. *Waste* merupakan segala aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah sepanjang proses produksi, dari *input* menjadi *output*. *Waste* dibedakan menjadi dua tipe. Tipe 1 adalah pemborosan yang tidak memberikan nilai tambah, namun tidak dapat dihindari karena berbagai alasan, sedangkan tipe 2 adalah pemborosan yang tidak memberikan nilai tambah dan harus segera dikurangi. Dengan mengidentifikasi dan mengurangi *waste* tipe 2, perusahaan dapat meningkatkan efisiensinya dan mempertahankan daya saing dalam lingkungan pasar yang semakin kompetitif.

PT. Tarindo adalah perusahaan manufaktur yang bergerak dalam produksi kran air. Perusahaan ini didirikan pada tahun 1975 oleh Bapak Soetardjo dengan nama "TD" sebagai industri rumah tangga yang memproduksi berbagai produk kuningan seperti grendel pintu, engsel pintu, kunci jendela, dan timbangan meja. Pada tahun 1983, PT. Tarindo menjalin kerjasama dengan PT. Krisna Kuningan, perusahaan kuningan terbesar di Juwana, untuk memproduksi vas bunga, tempat lilin, lampu dinding, dan lampu robyong. Kemudian pada tahun 1986, PT. Tarindo melakukan diversifikasi produk dengan mulai memproduksi kran air untuk melayani permintaan dari PDAM. Pada tahun 1987, PT. Tarindo mendaftarkan usahanya dengan nama "TARINDO" dalam bentuk UD (Usaha Dagang) perorangan. Pada tahun 1992, PT. Tarindo memfokuskan produksi pada kran air kuningan dengan merk "AMICO" dan mendapatkan rekomendasi dari

Departemen Perindustrian. Pada tahun 2002, PT. Tarindo melepaskan kerjasama dengan PT. Krisna Kuningan untuk fokus pada produksi kran air kuningan dan berinovasi dengan memproduksi kran air PVC dengan merk "AMICO". PT. Tarindo menggunakan strategi *make to order*, dimana produk dibuat sesuai dengan permintaan dari konsumen. Seiring waktu, permintaan produk kran air PT. Tarindo semakin meningkat dan pemasarannya semakin luas. PT Tarindo memiliki 3 cabang perusahaan, cabang perusahaan PT Tarindo I dan PT Tarindo II terletak di jalan Emas No. 489 Growong Lor, Juwana, Pati 59185. Sedangkan, PT Tarindo III di jalan Raya Juwana-Tayu, Growong Lor, Juwana, Pati.

Kran air AMICO memiliki 5 *part* yang terdiri dari *handle*, gotri, karet silk, sambung, dan gagang kran, sebagian besar terbuat dari bahan plastik PVC dan kuningan. Sebagian besar *part* dari produk AMICO diproduksi sendiri oleh PT. Tarindo. Terdapat satu *part* yang didapat dari *supplier* yaitu karet silk.

Setiap bulanya permintaan kran air AMICO cenderung meningkat dibandingkan bulan sebelumnya. Gambar 1 menunjukkan permintaan dari Januari hingga Desember 2023. Pada beberapa bulan awal terjadi penurunan permintaan seperti pada Maret-April dan terkadang permintaan dapat tetap atau hanya mengalami sedikit perubahan seperti pada April-Juni. Tetap dalam 5 bulan terakhir permintaan meningkat secara konstan. Pada bulan Agustus *order* akan kran AMICO sebesar 513.892 unit, mengalami peningkatan pada bulan September menjadi 539.556 unit, bulan Oktober menjadi 551.612 unit, bulan November menjadi 559.010 dan bulan Desember menjadi 568.097 unit. Peningkatan *order* tersebut merupakan suatu hal yang perlu diantisipasi, karena apabila tidak diantisipasi proses produksi kran AMICO akan meningkatkan biaya operasional produksi dikarenakan banyaknya pemborosan (*waste*) yang terjadi. Hal itu dapat diamati dengan melihat tingginya *overtime* dan *overhead* lini produksi serta waktu menganggur yang sering terjadi.



Gambar 1. Order Kran AMICO Pada Tahun 2023

Kondisi saat ini, PT Tarindo memiliki 6 stasiun kerja dan 4 pekerja untuk departemen perakitan AMICO dengan target merakit 10.000 unit AMICO per hari nya. Dengan kondisi tersebut, perusahaan selalu memberlakukan *overtime* / jam kerja lembur untuk mengejar target perakitan di dalam memenuhi *order* dari *customer*. Hal ini dikarenakan kapasitas terpasang perusahaan lebih kecil dibandingkan dengan jumlah *order* dari *customer* dan masih terdapat waktu menganggur pada beberapa stasiun kerja sehingga mengakibatkan *waste* pada sistem produksi.

Perusahaan memiliki kebijakan dalam memberikan *overtime*, batas maksimal dari *overtime* yang digunakan adalah sebesar 20% dari total jam kerja per bulan. Ternyata pada tahun pertama proses produksi AMICO setiap bulannya hampir selalu melebihi batas maksimal *overtime* dengan rata-rata 23% dari batas yang sudah ditetapkan oleh perusahaan.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, ternyata proses produksi yang berlangsung di lini perakitan AMICO belum seimbang. Dengan jumlah 6 stasiun kerja tetapi hanya memiliki 4 pekerja, maka dapat dilihat dari perbandingan jumlah stasiun kerja dan pekerjanya tidak seimbang sehingga utilisasi setiap stasiun kerja tidak merata. Seringkali ditemui adanya stasiun kerja yang menganggur sedangkan stasiun lainnya dalam keadaan bekerja secara penuh.

Sebagai perusahaan dengan target kapasitas produksi yang tinggi, diperlukan strategi dan perencanaan yang baik untuk meningkatkan efisiensi dengan mengurangi *waste*. Menyeimbangkan utilitas tiap lintasan dapat dilakukan untuk mengurangi pemborosan waktu yang terjadi.

Keseimbangan lintasan berhubungan erat dengan produksi massal. Sejumlah pekerjaan perakitan dikelompokkan ke dalam beberapa pusat pekerjaan yang selanjutnya dinamakan sebagai stasiun kerja. Waktu yang diizinkan untuk menyelesaikan elemen pekerjaan ditentukan oleh kecepatan lintasan perakitan. Semua stasiun kerja sedapat mungkin memiliki kecepatan produksi yang sama. Keseimbangan lintasan juga sangat penting dalam suatu proses produksi, karena dengan keseimbangan lintasan yang baik maka dapat meminimalkan *waste*. Usaha meminimasi *waste* dapat meningkatkan efisiensi sehingga dapat meningkatkan output produksi.

Cara terbaik untuk mengatasi ketidakseimbangan lintasan adalah dengan melakukan *line balancing*. *Line balancing* merupakan penyeimbangan penugasan elemen-elemen kerja dari suatu lintasan perakitan ke stasiun kerja untuk meminimumkan banyaknya stasiun kerja dan meminimumkan *idle time* pada semua stasiun kerja untuk tingkat *output* tertentu yang dalam penyeimbangan tugas ini, kebutuhan waktu per unit produk yang dispesifikasikan untuk setiap tugas dan hubungan sekuensial harus dipertimbangkan sehingga

memperoleh suatu arus produksi yang lancar dalam rangka mendapatkan utilisasi yang tinggi atas fasilitas, tenaga kerja dan peralatan (Gaspersz & Vincent, 2004).

Sesuai dengan permasalahan tersebut, diperlukan adanya penerapan suatu metode sebagai alat bantu meminimalisir permasalahan di *assembly line* AMICO, yang dapat memberikan solusi untuk mengurangi waktu menganggur dan memaksimalkan utilisasi di setiap stasiun kerja sehingga dapat bersaing dengan perusahaan lain. Salah satu cara untuk mengoptimalisasikan *assembly line* pada fungsi produksi adalah dengan metode *Line Balancing* yaitu *Rank Position Weight* (RPW).

RPW adalah metode bobot posisi peringkat yang berguna untuk menentukan urutan elemen kerja berdasarkan bobot dari yang terbesar sampai yang terkecil.

2. Studi Literatur

Pengukuran waktu adalah proses pencatatan durasi kerja dari setiap elemen atau siklus pekerjaan dengan menggunakan peralatan yang telah disiapkan. Hal ini bertujuan untuk membandingkan waktu pelaksanaan unsur-unsur pekerjaan tertentu dalam kondisi spesifik. Tujuan utamanya adalah menganalisis informasi tersebut agar dapat menentukan durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan pada tingkat kinerja tertentu (Sutalaksana, Tjakraatmadja, & R. Anggawisastra, 2006). Pengukuran waktu secara umum terbagi menjadi dua kategori utama, yakni pengukuran waktu langsung dan tidak langsung. Pengukuran waktu secara langsung adalah pengukuran yang dilakukan di lokasi tempat pekerjaan tersebut dilaksanakan (Sritomo & Wignojosoebroto, 2006). Sebagai contoh, pengukuran kerja dapat dilakukan dengan studi waktu menggunakan jam henti (*stopwatch time study*) dan *sampling* kerja (*work sampling*). Studi waktu dengan jam henti dilakukan melalui pengamatan dan analisis kegiatan atau operasi tertentu. Metode ini melibatkan pencatatan durasi mulai dari awal hingga akhir sebuah operasi. Pengukuran waktu tidak langsung adalah pengukuran yang mengestimasi durasi kerja tanpa memerlukan kehadiran pengamat di lokasi pekerjaan yang diukur. Untuk menentukan waktu standar suatu operasi, diperlukan pemecahan operasional menjadi elemen-elemen aktivitas seperti mengambil material, memotong, membersihkan, dan lain-lain. Pengukuran waktu kemudian dilaksanakan dengan merujuk tabel-tabel yang tersedia sepanjang alur pekerjaan diketahui. (Sritomo & Wignojosoebroto, 2006).

Pengukuran waktu kerja dengan menggunakan *stopwatch* pertama kali diperkenalkan oleh F.W. Taylor pada abad ke-19. Metode ini sangat efektif untuk tugas-tugas yang bersifat singkat dan berulang. Melalui pengukuran tersebut dapat ditentukan waktu baku untuk menyelesaikan satu siklus pekerjaan. Waktu standar

inilah yang kemudian menjadi patokan bagi seluruh karyawan untuk melakukan tugas yang sama.

Penerapan teknik pengukuran kerja ini mengikuti beberapa langkah: melakukan beberapa observasi dengan stopwatch untuk setiap elemen suatu kegiatan, menentukan rating faktor dan tunjangan yang terkait dengan aktivitas operator, dan menguji keseragaman dan kecukupan data. Pada penelitian ini, keseragaman dan kecukupan data diuji dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan tingkat presisi 5%.

Secara umum, langkah-langkah untuk melaksanakan pengukuran waktu kerja menggunakan jam henti dapat diuraikan sebagai berikut (Sritomo & Wignojosoebroto, 2006):

1. Tentukan ruang lingkup tugas yang akan dipelajari untuk pengukuran waktu dan komunikasikan maksud dan tujuannya kepada pekerja terpilih dan supervisor mereka.
2. Dokumentasikan semua informasi terkait dengan penyelesaian pekerjaan, seperti tata letak, spesifikasi alat, atau peralatan lain yang digunakan.
3. Memecah operasi kerja menjadi elemen-elemen terperinci sambil memastikan kemudahan pengukuran waktu tetap dapat dilakukan.
4. Amati, ukur, dan catat waktu yang dibutuhkan oleh operator untuk menyelesaikan masing-masing elemen pekerjaan tersebut.
5. Menentukan dan mencatat jumlah siklus kerja yang perlu diukur; verifikasi apakah jumlah ini memenuhi standar yang disyaratkan dan uji keseragaman data.
6. Menetapkan tingkat kinerja masing-masing operator selama kegiatan yang diamati.
7. Sesuaikan waktu pengamatan berdasarkan kinerja operator yang ditunjukkan untuk mendapatkan waktu kerja standar.
8. Menetapkan waktu kelonggaran untuk memberikan fleksibilitas terhadap kondisi seperti kebutuhan pribadi, faktor kelelahan, keterlambatan material, dll.
9. Menghitung standar waktu kerja dengan menjumlahkan waktu kerja normal dengan waktu kelonggaran.

Pengukuran elemen kerja dilakukan menggunakan stopwatch. Terdapat tiga metode yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran tersebut, yaitu:

1. Dalam metode kontinu, pengukuran dimulai dengan mengaktifkan jarum jam pada awal pengerjaan elemen kerja pertama, dan jarum jam tersebut akan terus berjalan selama proses pengamatan berlangsung.
2. Dalam metode berulang, pengukuran dilakukan dengan memulai gerakan jarum jam ketika elemen kerja pertama mulai berjalan dan dihentikan saat elemen kerja tersebut berhenti. Waktu hasil

pengukuran dicatat sebelum kemudian mereset kembali jarum jam ke posisi nol untuk pengukuran selanjutnya.

3. Dalam metode akumulatif, dua buah penghitung waktu diatur bersama di dekat papan observasi dan saling dikaitkan sedemikian rupa sehingga ketika salah satu penghitung waktu aktif bergerak, yang lainnya berhenti otomatis; demikian pula dalam kondisi sebaliknya

Pengukuran elemen pekerjaan dilaksanakan menggunakan jam penghenti (stopwatch). Terdapat tiga metode yang dapat digunakan dalam pengukuran ini, yaitu:

1. Metode kontinu, pengukuran dilakukan dengan mengawali pergerakan jarum stopwatch pada awal elemen kerja pertama dan membiarkannya terus berjalan sepanjang periode pengamatan.
2. Metode berulang, pengukuran dilakukan dengan menghidupkan jarum stopwatch saat elemen kerja pertama dimulai dan menghentikannya setelah elemen tersebut selesai. Waktu dicatat, dan kemudian stopwatch diatur ulang ke nol untuk pengukuran selanjutnya.
3. Metode akumulatif, metode ini melibatkan penggunaan dua stopwatch yang ditempatkan berdekatan dengan papan observasi dan saling berhubungan sedemikian rupa sehingga ketika satu stopwatch mulai bergerak, stopwatch lainnya berhenti secara bersamaan, dan sebaliknya.

Line balancing adalah proses mendistribusikan elemen tugas di seluruh jalur perakitan ke dalam stasiun kerja. Tujuannya adalah untuk meminimalkan jumlah stasiun kerja dan total waktu mengganggu di seluruh stasiun, sambil tetap mencapai tingkat keluaran yang telah ditentukan. Proses ini memerlukan pertimbangan waktu yang dibutuhkan per unit untuk setiap tugas dan hubungan berurutan antar tugas (Gaspersz & Vincent, 2004).

Tujuan utama dari penyeimbangan jalur perakitan adalah merencanakan alokasi elemen kerja ke berbagai stasiun dengan rupa tertentu sehingga tidak dibatasi-batasan yang diutamakan dan meminimalkan waktu idle. Secara umum, perencanaan keseimbangan lintasan fokus pada upaya mencapai kapasitas optimal, menghindari pemborosan fasilitas termasuk waktu, tenaga, dan material. Langkah ini diambil untuk menjamin penggunaan sumber daya yang efisien dan produktif dalam keseluruhan proses perakitan.

Tujuan ini tercapai bila (Baroto, 2002):

- Lintasan bersifat seimbang
- Jumlah waktu mengganggu minimum disetiap stasiun kerja
- Stasiun kerja berjumlah minimum

Terdapat beberapa langkah dalam metode penyelarasan lini produksi untuk pemecahan masalah.

Berikut adalah tahap-tahap yang harus diikuti (Gaspersz & Vincent, 2004):

1. Mengidentifikasi tugas atau aktivitas individu yang akan dilakukan.
2. Menentukan waktu yang diperlukan untuk setiap pelaksanaan tugas.
3. Menetapkan batasan prioritas, jika ada, terkait dengan setiap tugas.
4. Menetapkan *output* yang diperlukan dari jalur perakitan.
5. Menghitung total waktu yang tersedia untuk menghasilkan *output* tersebut.
6. Menghitung waktu siklus yang dibutuhkan.
7. Memberikan tugas yang sesuai kepada pekerja atau mesin.
8. Menentukan jumlah minimum *workstation* yang dibutuhkan untuk mencapai tingkat output yang diinginkan.
9. Mengevaluasi efektivitas dan efisiensi solusi yang diusulkan.
10. Mengupayakan perbaikan proses secara berkesinambungan melalui strategi inovatif.

Line balancing biasanya dilakukan untuk meminimalkan disparitas beban kerja antar mesin atau personel di jalur perakitan, sehingga mencapai target keluaran yang diinginkan. Untuk mengatasi masalah keseimbangan lini secara efektif, manajemen industri harus memiliki pengetahuan komprehensif tentang metode kerja, peralatan, mesin, dan personel yang digunakan dalam proses produksi. Selain itu, penting untuk memiliki informasi terperinci mengenai waktu yang diperlukan untuk setiap langkah jalur perakitan dan hubungan prioritas antar aktivitas yang pada dasarnya adalah urutan dan urutan berbagai tugas yang perlu dilakukan (Gaspersz & Vincent, 2004).

Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi stabilitas pada lini produksi, diantaranya:

1. Keterlambatan dalam penerimaan bahan baku
2. Gangguan operasional akibat mesin rusak
3. Penumpukan barang dalam proses pada tahap tertentu
4. Kondisi mesin yang sudah usang dan tidak optimal
5. Kurangnya dalam perencanaan kapasitas mesin
6. Kualitas tenaga kerja yang kurang memenuhi standar
7. Tata letak fasilitas produksi yang kurang efisien.

Masalah penyeimbangan lintasan (*line balancing*) berkaitan dengan upaya menyeimbangkan operasi produksi agar waktu yang dibutuhkan sesuai dengan kecepatan produksi. Setiap perubahan dalam kecepatan produksi pada suatu stasiun kerja disebut sebagai waktu keseimbangan atau waktu stasiun. Tujuan utama dari keseimbangan ini adalah untuk menentukan jumlah stasiun kerja dan tenaga kerja di setiap stasiun

melalui kombinasi atau pembagian aktivitas sedemikian rupa sehingga waktu operasi dapat disesuaikan dengan siklus maupun waktu stasiun, sembari meminimalkan durasi menganggur.

Masalah penyeimbangan lintasan lebih sering ditemukan dalam proses perakitan dibandingkan proses fabrikasi. Terdapat dua kategori utama masalah dalam penyeimbangan lini meningkatkan an perakitan: tipe I dan tipe II. Dalam kasus tipe I, tujuannya adalah untuk meminimalkan jumlah stasiun kerja, yang pada akhirnya akan menghasilkan biaya tenaga kerja lebih rendah serta kebutuhan ruang yang lebih sedikit. Sementara itu, pada masalah tipe II, ketika jumlah stasiun kerja atau operator telah ditetapkan secara tetap, tujuan utamanya adalah meminimalkan waktu siklus guna memaksimalkan tingkat produksi keseluruhan. Masalah jenis tipe I umumnya lebih banyak terjadi dibandingkan dengan tipe II (Ponnambalam, Aravindan, & Naidu, 2000).

Dalam menentukan keseimbangan lini produksi dikenal beberapa metode pendekatan, yaitu:

1. Metode Analitis (Matematik)
Mengatasi permasalahan keseimbangan lini perakitan dengan menggunakan pendekatan riset operasi untuk optimalisasi, termasuk program linier, program dinamis, dan program bilangan bulat.
2. Metode Probabilistik
Metode ini diterapkan pada aspek atau elemen kerja yang bersifat variabel. timbulnya keseimbangan pada lini perakitan menjadi tantangan akibat perubahan dalam kecepatan kerja (konsistensi kerja). Permasalahan ini dipecahkan melalui penerapan ilmu statistika.
3. Metode Heuristik
Berdasarkan penyederhanaan masalah kombinatorial yang kompleks sehingga dapat diselesaikan dengan cara yang lebih sederhana. Berikut adalah beberapa contoh metode yang digunakan:
 - Metode *Killbridge Wester/Region Approach* (RA)
Metode ini melibatkan segmentasi diagram prioritas menjadi beberapa wilayah vertikal, memastikan bahwa tidak ada dua operasi berturut-turut atau ketergantungan antara operasi kerja yang ada di setiap wilayah. Pada dasarnya, metode Pendekatan Wilayah memprioritaskan penugasan tugas-tugas dengan tanggung jawab yang diprioritaskan secara signifikan terlebih dahulu dan menempatkan tugas-tugas tanpa pendahulunya di wilayah yang paling awal.
 - Metode *Largest Candidate Rule* (LCR)
Pendekatan ini mencakup penentuan penugasan stasiun kerja dengan menggabungkan operasi kerja berdasarkan waktu operasinya dari yang terlama hingga

terpendek. Sebelum konsolidasi, penting untuk menetapkan waktu siklus yang tepat untuk digunakan. Waktu siklus ini berfungsi sebagai batasan untuk mengintegrasikan operasi ke dalam satu stasiun kerja.

- Metode *Heigenson Birnie/Ranked Position Weigth* (RPW)

Metode ini menetapkan operasi ke stasiun kerja berdasarkan urutan bobot posisi yang menurun. Berat suatu elemen dihitung dengan menjumlahkan waktu operasionalnya hingga mencapai elemen akhir. Metode Bobot Posisi Berperingkat juga melibatkan penghitungan waktu siklus, menetapkan matriks pendahulunya berdasarkan jaringan alur kerja, menghitung bobot posisi, dan menilai waktu efisiensi rata-rata.

- Metode *Moodie Young* (MY) Sebagai perpanjangan dari Aturan Kandidat Terbesar (LCR), metode penyeimbangan lini produksi ini terdiri dari dua tahap analitis: Tahap pertama melibatkan pembentukan kelompok untuk stasiun kerja. Di bawah ini adalah langkah-langkah yang diperlukan untuk melaksanakan tahap kedua:

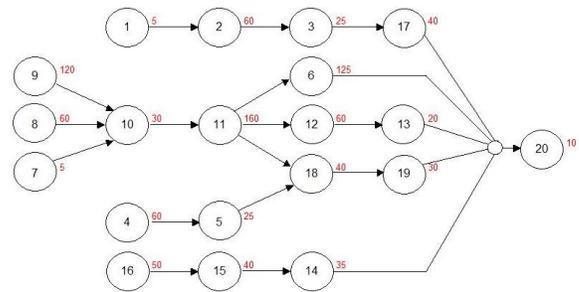
- Identifikasi stasiun kerja dengan konsumsi waktu terbesar dan terkecil.
- Tentukan setengah dari selisih kedua nilai target (GOAL). Nilai GOAL dihitung sebagai selisih antara waktu stasiun kerja maksimum dan waktu stasiun kerja minimum dibagi.
- Identifikasi elemen kerja dalam STkmax yang lebih kecil dari nilai GOAL, yang dapat dipindahkan ke stasiun kerja dengan waktu minimal (STkmin) tanpa melanggar batasan diagram prioritas yang terhubung.
- Pindahkan elemen pekerjaan yang teridentifikasi ke STkmin jika memenuhi kriteria kurang dari atau sama dengan GOAL dari STkmax.
- Lanjutkan proses relokasi ini hingga tidak ada lagi elemen yang dapat dipindahkan.

Pada keseimbangan lintasan terdapat beberapa istilah menurut (Baroto, 2002):

1. *Precedence Diagram*

Precedence diagram digunakan sebelum melangkah pada penyelesaian menggunakan metode keseimbangan lintasan. *Precedence diagram* sebenarnya merupakan gambaran secara grafis dari urutan operasi kerja, serta ketergantungan pada operasi kerja lainnya yang tujuannya untuk memudahkan pengontrolan dan perencanaan kegiatan yang terkait di dalamnya, adapun tanda yang dipakai dalam *precedence diagram* adalah sebagai berikut:

- Simbol lingkaran dengan huruf atau nomor di dalamnya untuk mempermudah identifikasi asli dari suatu proses operasi.
- Tanda panah menunjukkan ketergantungan dan urutan proses operasi. Hal ini operasi yang ada di pangkal panah berarti mendahului operasi kerja yang ada pada ujung anak panah.
- Angka di atas simbol lingkaran adalah waktu standar yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap proses operasi.



Gambar 2. *Precedence Diagram*

2. *Assemble Product*

Assemble Product adalah produk yang melewati urutan work station dimana, setiap work station memberikan proses tertentu hingga selesai menjadi produk akhir pada perakitan akhir.

3. *Balanced Delay*

Keseimbangan Waktu Senggang merupakan ukuran dari ketidakefisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu mengganggu sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian yang kurang sempurna diantara stasiun-stasiun kerja. *Balance delay* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$D = \frac{nxC - \sum ti}{(nxti)} \times 100\%$$

4. Efisiensi Lini

Line efficiency merupakan rasio dari total waktu stasiun kerja dibagi dengan siklus dikalikan jumlah stasiun kerja atau jumlah efisiensi stasiun kerja dibagi jumlah stasiun kerja. Efisiensi lini dapat ditetapkan dengan rumus :

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^k STi}{K \times CT} \times 100\%$$

5. Stasiun Kerja

Stasiun kerja merupakan tempat pada lini perakitan dimana proses perakitan dilakukan. Setelah menentukan interval waktu siklus, maka jumlah stasiun kerja yang efisien dapat ditetapkan dengan rumus:

$$Kmin = \frac{\sum_{i=1}^k ti}{C}$$

6. *Smoothes Index*

Smoothnes index adalah suatu indeks yang menunjukkan kelancaran relatif dari penyeimbangan lini perakitan tertentu.

$$SI = \sqrt{\sum_{k=1}^k (ST_{max} - ST_k)^2}$$

Metodologi Peringkat Bobot Posisi (RPW) pertama kali diperkenalkan oleh WB Hegeson dan DP Birnie. Metode ini merupakan pendekatan hibrid yang menggabungkan unsur-unsur metode Calon Penguasa Besar dengan Pendekatan Wilayah. Nilai RPW dihitung berdasarkan bobot setiap elemen tugas dan posisinya masing-masing dalam diagram prioritas. Langkah-langkah prosedur penerapan metode RPW adalah sebagai berikut (Eben Henry R, 2011):

1. Membuat *precedence diagram* atau diagram jaringan kerja
2. Menghitung waktu siklus
3. Membuat matriks lintasan berdasarkan *precedence diagram*
4. Menghitung bobot posisi tiap operasi yang dihitung berdasarkan jumlah waktu operasi tersebut dan operasi-operasi yang mengikutinya.
5. Urutan operasi-operasi mulai bobot operasi terbesar sampai dengan terkecil.
6. Hitung jumlah stasiun kerja minimum
7. Membuat *flow diagram* untuk stasiun kerja minimum tersebut lalu lakukan pembebanan operasi pada stasiun kerja mulai dari operasi terbesar sampai yang terkecil, dengan kriteria total waktu operasi lebih kecil dari waktu siklus yang diinginkan.
8. Lakukan *trial and error* untuk mendapatkan efisiensi lintasan yang paling tinggi
9. Hitung *balance delay* lintasan
10. Hitung efisiensi lintasan baru yang terbentuk

3. Metodologi

Tahap awal penelitian dalam kerja praktek melibatkan identifikasi masalah-masalah utama. Hal ini meliputi pemilihan topik penelitian, menetapkan konteks latar belakang, merumuskan rumusan masalah, menentukan tujuan dan ruang lingkup penelitian, serta menentukan metodologi penelitian. Setelah menyelesaikan tahap awal ini, tinjauan literatur dilakukan. Pada tahap studi literatur, kegiatan yang dilakukan meliputi pemeriksaan pengukuran waktu kerja menggunakan stopwatch, analisis konsep penyeimbangan garis, dan eksplorasi metode yang dipilih yaitu Ranked Positional Weight (RPW). Tahap ketiga mencakup identifikasi dan pengumpulan data yang diperlukan untuk analisis. Setelah data waktu kerja dikumpulkan, maka dilanjutkan dengan menghitung

waktu siklus jalur perakitan. Data ini kemudian diolah menggunakan metode RPW. Setelah proses ini dilakukan penghitungan efisiensi jalur, penundaan seimbang, dan indeks kelancaran untuk menilai metrik kinerja. Terakhir, setelah seluruh data dikumpulkan dan diolah, dilakukan analisis mendalam hingga menghasilkan kesimpulan dan rekomendasi sebagai keluaran akhir dari proses penelitian..

4. Hasil dan Pembahasan

Proses perakitan AMICO memiliki 8 operasi kerja dengan beberapa *constrain*. *Constrain* merupakan proses yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Pada perakitan AMICO memiliki 2 kelompok *constrain*, yaitu:

Operasi kerja 1-2

Operasi kerja 6-7

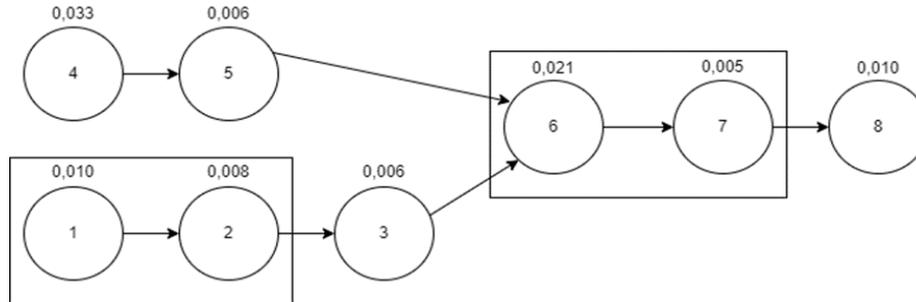
Pada setiap proses perakitan AMICO memiliki *predecessor*, proses pendahulu dari proses berikutnya, berikut merupakan tabel rekap dari operasi kerja perakitan AMICO beserta masing-masing *predecessor* nya:

Tabel 1. Operasi Kerja dan Predecessor

No	Operasi Kerja	Predecessor
1.	Memasukan butiran plastik ke dalam mesin injeksi	-
2.	Mencetak produk kran air dengan ukuran 1/2, 1/4, dan 3/4	1
3.	Membuat ulir pada bagian sambung dan bonggol kran dengan menggunakan mesin bor tap	2
4.	Melakukan peleburan dan pengecoran kuningan untuk membuat gotri	-
5.	Melakukan penghalusan pada proses permukaan gotri	4
6.	Melakukan perakitan atau penyatuan bagian-bagian kran (<i>handle</i> , gotri, karet <i>silk</i> , sambung, dan gagang kran)	1, 2, 3, 4, 5
7.	Melakukan penyetulan pada kran dengan menggunakan kompresor untuk mengetahui produk cacat/tidak	6

Tabel 1. Operasi Kerja dan Predecessor (Lanjutan)

No	Operasi Kerja	Predecessor
8.	Melakukan proses packaging pada produk kran yang sudah jadi	6, 7, 8



Gambar 3. Precedence Diagram AMICO

Kondisi Aktual

Hari kerja per tahun yaitu 240 hari, jam kerja per hari selama 10 jam. Karena, didalam operasi erja tersebut, pekerja tidak terus-menerus bekerja selama 10 jam. Terdapat waktu tidak terkontrol (mesin rusak, pengiriman bahan baku telat) dan waktu terkontrol (pekerja ngobrol dengan teman kerjanya, pekerja izin untuk ke kamar mandi). Dapat diasumsikan waktu-waktu tersebut sebesar 2 jam. Sehingga waktu jam kerja perharinya adalah 8 jam, dan waktu operasi terpanjang sesuai *precedence diagram* yaitu selama 79 menit.

Perkiraan jumlah produksi per tahun
 Jumlah produksi/tahun = $\frac{240 \times 8 \times 60}{3,2} = 36000$

Waktu siklus

$$W_s = \frac{\sum \text{waktu tersedia}}{\text{perkiraan jumlah produksi per tahun}}$$

$$W_s = \frac{240 \times 8 \times 60}{36000} = \frac{115.200}{36000}$$

$W_s = 3,2 \text{ menit} \approx 0,053 \text{ jam}$

Jumlah Stasiun Kerja : 6 SK (kondisi aktual)

Tabel 2. Operasi Kerja Kondisi Aktual

Stasiun	Elemen	Durasi(jam)	Total Waktu(jam)	CT(jam)	Slack Time(jam)
1	1	0,010	0,01	0,053	0,043
2	2 3	0,008 0,006	0,014	0,053	0,039
3	4	0,033	0,033	0,053	0,02
4	5	0,006	0,006	0,053	0,047
5	6	0,021	0,021	0,053	0,032
6	7 8	0,005 0,010	0,015	0,053	0,038

1. Precedence Diagram

Penelitian menghasilkan waktu operasi dari masing-masing stasiun, maka langkah selanjutnya membuat *precedence diagram* dari operasi-operasi yang dilakukan.

Setelah melakukan pengamatan dan perhitungan, maka dapat dihitung nilai dari performansi kondisi aktual. Berikut merupakan perhitungan nilai *Line Efficiency*, *Balance Delay* dan *Smoothing Index* pada kondisi awal sebelum perbaikan:

Perhitungan Line Efficiency

$$LE = \frac{\sum_{k=1}^k ST_k}{K.CT} \times 100\% = \frac{0,099}{6 \times 0,053} \times 100\% = 31,13\%$$

Perhitungan Balance Delay

$$BD = \frac{(n \times CT) - \sum_{i=1}^n t_i}{(n \times CT)} \times 100\% = \frac{(6 \times 0,53) - 0,099}{(6 \times 0,053)} \times 100\% = 68,87\%$$

Perhitungan Smoothing Index

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^n (ST_{i_{max}} - ST_i)^2}$$

$$SI = \sqrt{0,008447} = 0,092$$

Kondisi Perbaikan

Hasil analisis kondisi aktual menunjukkan bahwa lini perakitan kran air AMICO belum mencapai performa optimal. Oleh karena itu, kami mengusulkan serangkaian perbaikan berbasis metode RPW (Ranked Positional Weight). Tahap awal melibatkan penghitungan waktu siklus dan penentuan bobot setiap operasi kerja, yang kemudian diikuti dengan penyusunan operasi berdasarkan bobot tersebut. Proses ini bertujuan untuk menentukan jumlah stasiun kerja yang optimal sehingga dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi performansi lini perakitan kran air AMICO. Berikut adalah tahapan usulan atau perbaikan menggunakan metode RPW. Hari kerja per tahun yaitu 240 hari, jam kerja per hari selama 10 jam Karena, didalam operasi erja tersebut, pekerja tidak terus-menerus bekerja selama 10 jam. Terdapat waktu tidak terkontrol (mesin rusak, pengiriman bahan baku telat) dan waktu terkontrol (pekerja ngobrol dengan teman kerjanya, pekerja izin untuk ke kamar mandi). Dapat

diasumsikan waktu-waktu tersebut sebesar 2 jam. Sehingga waktu jam kerja perharinya adalah 8 jam, dan waktu operasi terpanjang sesuai *precedence diagram* yaitu selama 79 menit.

Perkiraan jumlah produksi per tahun

$$\text{Jumlah produksi/tahun} = \frac{240 \times 8 \times 60}{3,2} = 36000$$

Waktu siklus

$$W_s = \frac{\sum \text{waktu tersedia}}{\text{perkiraan jumlah produksi per tahun}}$$

$$W_s = \frac{240 \times 8 \times 60}{36000} = \frac{115.200}{36000}$$

$$W_s = 3,2 \text{ menit} \approx 0,053 \text{ jam}$$

1. Pembobotan

Pembobotan adalah tahap khusus dalam metode *Ranked Positional Weight* atau RPW, yang melibatkan pengurutan operasi berdasarkan bobot dengan prioritas tertinggi hingga terendah. Tabel berikut menampilkan urutan elemen sesuai dengan bobotnya, mulai dari yang terbesar hingga terkecil, sebagaimana diatur dalam *precedence diagram*:

Tabel 3. Hasil Pembobotan Operasi Kerja

Rank	Operasi	Ti	Bobot
2	1	0,01	0,06
3	2	0,008	0,05
4	3	0,006	0,042
1	4	0,033	0,075
5	5	0,006	0,042
6	6	0,021	0,036
7	7	0,005	0,015
8	8	0,01	0,01

Berikut ini merupakan tabel pengurutan ranking berdasarkan dari bobot yang terbesar ke yang terkecil:

Tabel 4. Perankingan Elemen Kerja

Rank	Operasi	Ti	Bobot
1	4	0,033	0,075
2	1	0,01	0,06
3	2	0,008	0,05
4	3	0,006	0,042
5	5	0,006	0,042
6	6	0,021	0,036
7	7	0,005	0,015
8	8	0,01	0,01

2. Perhitungan Stasiun Kerja Perbaikan

Setelah menentukan bobot dari setiap operasi kerja, langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah minimal stasiun kerja yang diperlukan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dibutuhkan sebanyak 2 stasiun kerja. Di bawah ini terlampir perincian perhitungan stasiun kerja setelah dilakukan penyesuaian:

$$\frac{\sum \text{total waktu pengerjaan}}{\text{waktu siklus}} = \frac{5,95 \text{ menit}}{3,2 \text{ menit}} = 1,86 = 2$$

Setelah menentukan jumlah minimum stasiun kerja, pembagian operasi di setiap stasiun kerja akan bervariasi. Berikut ini adalah tabel waktu operasi untuk masing-masing stasiun kerja beserta selisih waktu operasional dengan waktu siklus:

Tabel 5. Perhitungan Stasiun Kerja Setelah Perbaikan

Stasiun	Ranking	Elemen	Durasi(jam)	Total waktu(jam)	CT(jam)	Slack Time(jam)
1	1	4	0,033	0,051	0,053	0,002
	2	1	0,01			
	3	2	0,008			
2	4	3	0,006	0,048	0,053	0,005
	5	5	0,006			
	6	6	0,021			
	7	7	0,005			
	8	8	0,01			

Berikut merupakan perhitungan nilai *Line Efficiency*, *Balance Delay* dan *Smoothing Index* pada kondisi setelah perbaikan :

Perhitungan Line Efficiency

$$LE = \frac{\sum_{k=i}^k ST_k}{K.CT} \times 100\%$$

$$LE = \frac{0,099}{2 \times 0,053} \times 100\%$$

$$LE = 93,40\%$$

Perhitungan Balance Delay

$$BD = \frac{(n \times CT) - \sum_{i=1}^n ti}{(n \times CT)} \times 100\%$$

$$BD = \frac{(2 \times 0,53) - 0,099}{(2 \times 0,053)} \times 100\%$$

$$BD = 6,60\%$$

Perhitungan Smoothing Index

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^n (STi_{max} - STi)^2}$$

$$SI = \sqrt{0,000029} = 0,005$$

Perbandingan Kondisi Aktual dan Kondisi Perbaikan

Setelah dilakukan perbandingan pada kondisi sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan, maka didapat rekap tabel sebagai berikut:

Tabel 6. Perbandingan Keseimbangan Lintasan

No	Pengukuran	Keseimbangan Lintasan	
		Sebelum	Sesudah
1	Stasiun Kerja	6	2
2	Line Efficiency	31,13%	93,40%
3	Smoothness Index	0,092	0,005
4	Balance Delay	68,87%	6,60%

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, telah dirancang keseimbangan lintasan dengan jumlah dua stasiun kerja dan batas waktu siklus maksimum 0,053 jam. Pada metode ini, stasiun kerja pertama memiliki total waktu sebesar 0,051 jam, sementara stasiun kerja kedua mencatat total waktu kerja sebesar 0,048 jam.

Pada kondisi awal proses perakitan kran AMICO, nilai efisiensi lini (*line efficiency*) adalah 31,13%, indeks penyelarasan (*smoothing index*) bernilai 0,092 dan penundaan terbagi rata (*balanced delay*) berada di angka 68,87%. Setelah implementasi metode *Ranked Positional Weight* (RPW), efisiensi lini (*line efficiency*) meningkat menjadi 93.40%, yang menunjukkan adanya pengurangan signifikan pada waktu menganggur atau pemborosan antar-stasiun kerja dibandingkan sebelumnya. Selain itu, indeks penyelarasan (*smoothing index*) menurun menjadi 0.005 dan penundaan terbagi rata (*balanced delay*) turun ke angka 6.60%. Ini menunjukkan peningkatan kelancaran dalam proses perakitan pada jalur tersebut sehingga meningkatkan produktivitas dan efisiensi produksi secara keseluruhan.

Daftar Pustaka

Baroto, T. (2002). Perencanaan dan Pengendalian Produksi. Jakarta: Ghalia Indonesia.

Gaspersz, & Vincent. (2004). Production Planning and Inventory Control. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Umum.

Ponnambalam, S. G., Aravindan, P., & Naidu, G. M. (2000). A Multi-Objective Genetic Algorithm for Solving Assembly Line Balancing Problem. Int J Manuf Technol 16 : 341-352.

Sritomo, & Wignojosoebroto. (2006). Pengantar Teknik dan Manajemen Industri. Surabaya: Guna Widya.

Sutalaksana, A., Tjakraatmadja, & R. Anggawisastra. (2006). Teknik Tata Cara Kerja. Bandung: Jurusan Teknik Industri ITB .