

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan efisiensi dalam proses produksi menjadi hal yang sangat penting bagi perusahaan manufaktur agar dapat tetap bersaing di tengah persaingan industri yang semakin ketat. Efisiensi yang baik tidak hanya menguntungkan perusahaan dari sisi biaya dan produktivitas, tetapi juga berdampak positif bagi konsumen karena produk dapat dihasilkan lebih cepat, konsisten, dan tetap terjaga kualitasnya. Yusuf dan Kamil (2019) menyatakan bahwa peningkatan efisiensi produksi berpengaruh langsung terhadap daya saing perusahaan di pasar. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencapai efisiensi tersebut adalah dengan memastikan keseimbangan lintasan produksi berjalan secara optimal. Keseimbangan lintasan berperan penting dalam menjaga kelancaran aliran proses kerja serta menghindari ketimpangan beban kerja antar stasiun. Jika beban kerja tidak merata, akan muncul *idle time* di beberapa stasiun dan penumpukan pekerjaan di stasiun lainnya. Hapid dan Supriyadi (2021) menjelaskan bahwa keseimbangan lintasan merupakan faktor penting yang mendukung keberhasilan proses produksi pada perusahaan manufaktur (Fitri et al., 2022).

Keseimbangan lintasan produksi merupakan upaya untuk membagi dan menempatkan elemen-elemen kerja ke dalam beberapa stasiun kerja yang tersusun secara berurutan, sehingga beban kerja di setiap stasiun menjadi lebih merata. Tujuan utamanya adalah menghindari ketimpangan beban antar operator maupun mesin, agar waktu pengerjaan di setiap stasiun tidak melampaui waktu siklus yang telah ditentukan. Jika keseimbangan lintasan dapat dicapai dengan baik, maka *idle time* di setiap stasiun bisa ditekan, sehingga kinerja dan efisiensi lini produksi secara keseluruhan akan meningkat. Sebaliknya, ketidakseimbangan biasanya bisa dilihat dari adanya stasiun kerja yang memiliki waktu menganggur jauh lebih besar dibandingkan stasiun lainnya, yang menunjukkan bahwa aliran proses belum berjalan secara optimal. Lintasan produksi yang efisien pada dasarnya mampu memenuhi target produksi dengan jumlah stasiun kerja dan operator yang seminimal mungkin. Namun, tingginya efisiensi stasiun tidak selalu berarti nilai *balance delay* atau *smoothness index* juga rendah. Oleh karena itu, diperlukan metode penyeimbangan yang tepat agar kinerja lintasan benar-benar optimal (Khaerunissa & Mustofa, 2023).

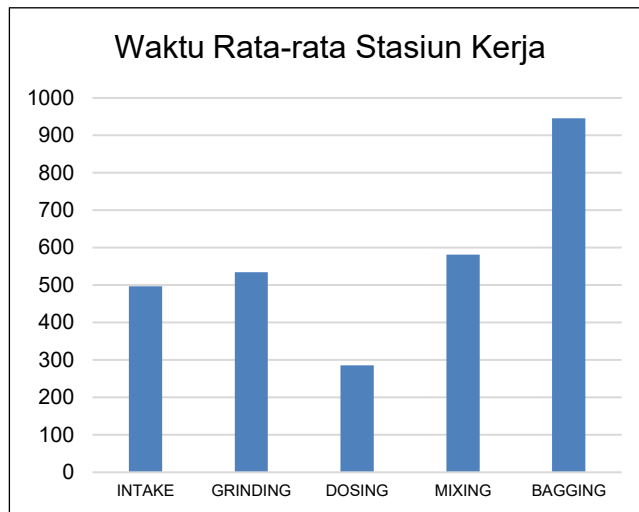
Industri pakan ternak merupakan salah satu sektor manufaktur yang memiliki aliran produksi kontinu dan sangat bergantung pada stabilitas proses di setiap stasiun kerja. Pada PT Japfa Comfeed Makassar, terdapat tiga jenis lini produksi pakan yang dihasilkan, yaitu pakan jenis *concentrate*, *crumble*, dan *pellet*. Masing-masing jenis pakan memiliki karakteristik proses dan kebutuhan produksi yang berbeda. Dalam penelitian ini, fokus utama diarahkan pada lini produksi pakan jenis *concentrate*. Pada PT Japfa Comfeed Makassar, proses produksi pakan ternak dilakukan dalam tiga *shift* per hari dengan kapasitas ideal sekitar 15 *batch* per jam,

dengan ukuran satu *batch* sebesar 4,4 ton, sehingga kapasitas ideal lini produksi mencapai 66 ton per jam. Namun, berdasarkan data waktu proses aktual yang diperoleh dari pengamatan lapangan, *output* aktual seringkali jauh di bawah kapasitas ideal akibat adanya ketidakseimbangan lini dan waktu proses yang tidak stabil di beberapa stasiun. Selain itu, target produksi per *shift* yang ditetapkan sebesar 10.000 sak belum sepenuhnya tercapai, di mana realisasi produksi hanya berada pada kisaran 8.000 hingga 9.000 sak per *shift*. Berdasarkan hasil wawancara dengan Bapak Sultani selaku kepala *shift* produksi, diketahui bahwa “target 10.000 sak per *shift* memang belum bisa tercapai secara konsisten, biasanya hanya berkisar di 8.000 sampai 9.000 sak karena ada beberapa proses yang lebih lambat dan menyebabkan antrean di bagian tertentu.” Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi lini produksi merupakan faktor kunci untuk meningkatkan performa produksi.

Secara umum, proses produksi pakan ternak diawali dari tahap *intake* yaitu penerimaan dan penyiapan bahan baku, kemudian dilanjutkan dengan proses *grinding* untuk memperkecil ukuran bahan, *dosing* sebagai proses penimbangan bahan sesuai formulasi, *mixing* untuk mencampurkan bahan secara homogen, hingga tahap akhir yaitu *bagging* sebagai proses pengemasan produk ke dalam karung. Setiap tahapan ini saling berkaitan dan membentuk aliran produksi yang harus berjalan secara seimbang agar tidak terjadi hambatan pada proses berikutnya.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa setiap elemen kerja pada lini produksi pakan jenis konsentrat memiliki waktu proses yang sangat bervariasi. Proses awal seperti *intake*, *grinding*, *dosing*, dan *mixing* umumnya memiliki waktu kerja yang relatif singkat dan stabil, sedangkan proses *bagging* memerlukan waktu yang jauh lebih lama. Perbedaan waktu kerja yang besar antar stasiun ini menyebabkan aliran produksi tidak berjalan seimbang dan beberapa stasiun menjadi titik kemacetan. Ketika satu stasiun membutuhkan waktu jauh lebih lama daripada yang lain, proses produksi tidak dapat mengikuti ritme yang ideal sehingga menimbulkan waktu tunggu, penumpukan material, dan penurunan *output* produksi. Hasil analisis awal juga menunjukkan bahwa beberapa proses memiliki tingkat ketidakstabilan yang tinggi, sehingga semakin memperparah ketidakseimbangan lintasan. Kondisi ini menjelaskan mengapa kapasitas produksi sulit mencapai target dan mengapa diperlukan upaya penyeimbangan lini untuk membagi beban kerja secara lebih merata.

Kondisi ini menjelaskan mengapa kapasitas produksi aktual hanya berkisar antara 8.000 hingga 9.000 sak per *shift*, ketidakseimbangan beban kerja antar stasiun membuat beberapa bagian mengalami *overload*, sementara stasiun lainnya memiliki waktu *idle* yang tinggi. Jika tidak ditangani, keadaan ini akan terus menurunkan produktivitas, meningkatkan waktu tunggu antar proses, dan menimbulkan penumpukan *work-in-process* (WIP) pada titik tertentu.



Gambar 1. Waktu rata-rata stasiun kerja
Sumber: Data primer

Grafik rata-rata waktu proses pada setiap stasiun kerja menunjukkan adanya ketidakseimbangan beban kerja yang cukup signifikan pada aliran produksi pakan jenis *concentrate*. Berdasarkan data yang diperoleh, stasiun *intake* memiliki waktu rata-rata proses sebesar 497 detik, stasiun *grinding* 534 detik, *dosing* yaitu 286 detik, stasiun kerja *mixing* yaitu 582 detik. Di sisi lain, stasiun *bagging* membutuhkan waktu proses yang jauh lebih lama dibandingkan stasiun lainnya, dengan waktu rata-rata sebesar 945 detik. Perbedaan waktu proses yang cukup signifikan ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan lintasan produksi. Stasiun *bagging*, adalah stasiun dengan waktu proses terpanjang, berpotensi menjadi *bottleneck* dalam sistem produksi, yang dapat menyebabkan penumpukan material pada proses sebelumnya serta meningkatkan waktu tunggu sebelum material memasuki stasiun berikutnya.

Ketidakseimbangan waktu proses antar stasiun kerja menjadi salah satu penyebab utama belum tercapainya target produksi perusahaan. Kondisi ini menunjukkan bahwa diperlukan metode penyeimbangan lini yang mampu membagi elemen kerja secara lebih merata dan efisien. Dalam penelitian ini digunakan dua pendekatan, yaitu metode heuristik Moodie Young dan metode metaheuristik *Genetic Algorithm* (GA). Kedua metode ini diharapkan dapat membantu memperbaiki distribusi beban kerja antar stasiun, mengurangi *idle time*, serta mengatasi *bottleneck* yang terjadi terutama pada proses *bagging*. Ketertarikan penulis dalam meneliti topik ini berawal dari adanya kesenjangan antara kapasitas produksi ideal dengan kondisi aktual di lapangan. Selain itu, pentingnya penerapan metode optimasi dalam meningkatkan efisiensi lini produksi juga menjadi alasan utama penelitian ini dilakukan. Sebagai mahasiswa Teknik Industri, penulis juga ingin mengaplikasikan secara langsung konsep *line balancing* dan metode metaheuristik pada kasus nyata di industri manufaktur. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi secara akademis, tetapi juga dapat memberikan manfaat bagi perusahaan. Melalui perbandingan antara metode

Genetic Algorithm dan Moodie Young pada lini produksi pakan ternak di PT Japfa Comfeed Makassar, diharapkan dapat diperoleh susunan lini produksi yang lebih efisien dan mampu meningkatkan kapasitas produksi secara berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka didapatkan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi eksisting aliran dan waktu proses produksi pakan ternak di PT Japfa Comfeed Makassar berdasarkan data waktu proses yang telah dikumpulkan?
2. Elemen kerja dan stasiun kerja apa saja yang menjadi penyebab utama terjadinya ketidakseimbangan lini dan *bottleneck* pada proses produksi?
3. Bagaimana penerapan metode *Genetic Algorithm* dan metode Moodie Young dalam menghasilkan penyeimbangan lini produksi yang lebih optimal?
4. Bagaimana perbandingan hasil penyeimbangan lini antara metode *Genetic Algorithm* dan metode Moodie Young dalam meningkatkan efisiensi lini produksi di PT Japfa Comfeed Makassar?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah dalam penelitian ini, maka dapat ditentukan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menganalisis kondisi eksisting aliran dan waktu proses produksi serta tingkat ketidakseimbangan lini untuk mengetahui performa awal proses produksi pakan ternak di PT Japfa Comfeed Makassar.
2. Menganalisis elemen kerja dengan waktu proses paling dominan untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya *bottleneck* produksi.
3. Menganalisis penerapan metode *Genetic Algorithm* dan Moodie Young untuk memperoleh alokasi elemen kerja yang lebih seimbang antar stasiun kerja.
4. Menganalisis perbandingan kinerja metode *Genetic Algorithm* dan Moodie Young untuk menentukan metode yang paling efektif berdasarkan indikator efisiensi lini, *balance delay*, *idle time*, dan *smoothness index*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat bagi pihak-pihak terkait, antara lain sebagai berikut.

1.4.1 Bagi mahasiswa

Penelitian ini dapat membantu mahasiswa dalam memahami penerapan metode *line balancing*, baik secara heuristik maupun metaheuristik, secara lebih nyata. Selain itu, penelitian ini juga memberikan pengalaman langsung dalam mengolah data produksi serta mengidentifikasi permasalahan seperti ketidakseimbangan lini dan *bottleneck* di industri manufaktur.

1.4.2 Bagi perusahaan

Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam memperbaiki pembagian kerja pada lini produksi. Dengan pembagian yang lebih seimbang, diharapkan waktu menganggur dapat berkurang dan aliran produksi menjadi lebih lancar, sehingga masalah *bottleneck* yang terjadi dapat diminimalkan.

1.4.3 Bagi dunia industri

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai pentingnya penyeimbangan lini produksi dalam meningkatkan efisiensi, khususnya pada industri pakan ternak. Selain itu, hasil penelitian ini juga bisa dijadikan referensi bagi pihak lain yang ingin menerapkan metode serupa untuk memperbaiki proses produksinya.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Penelitian hanya difokuskan pada satu lini utama produksi pakan ternak konsentrat di PT Japfa Comfeed Makassar.
2. Data yang digunakan berupa waktu proses elemen kerja pada tahapan *intake*, *grinding*, *dosing*, *mixing*, dan *bagging*.
3. Metode penyeimbangan lini yang digunakan adalah metode heuristik Moodie Young dan metode metaheuristik *Genetic Algorithm*.
4. Penelitian tidak membahas aspek biaya produksi, rantai pasok, formulasi resep pakan ternak, serta analisis mendalam terkait *skill* dan beban kerja pekerja. Faktor *skill* pekerja hanya digunakan dalam penentuan waktu baku melalui faktor penyesuaian.
5. Usulan perbaikan difokuskan pada perbaikan struktur stasiun kerja dan distribusi elemen kerja berdasarkan hasil perbandingan kedua metode.

1.6 Teori

1.6.1 Proses produksi

Produksi merupakan proses yang bertujuan untuk mengubah *input* menjadi *output*, yang mencakup seluruh aktivitas dalam menghasilkan barang maupun jasa, termasuk kegiatan pendukung yang membantu perusahaan dalam menghasilkan produk tersebut (Septyawan dan Wulandari, 2024).

Proses produksi pada dasarnya merupakan kegiatan mengolah sumber daya seperti tenaga kerja, bahan baku, mesin, dan biaya untuk menghasilkan produk yang memiliki nilai guna lebih tinggi. Dalam praktiknya, proses produksi dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu.

- Berdasarkan bentuk atau sifat prosesnya, produksi dapat berupa proses kimia, proses perubahan bentuk, proses perakitan, proses pemindahan material, dan proses layanan administrasi.
- Berdasarkan alur produksinya, proses produksi dibedakan menjadi proses berkelanjutan (*continuous*) yang berjalan terus-menerus, serta proses terputus-putus (*intermittent*) yang dilakukan sesuai kebutuhan atau pesanan.
- Berdasarkan tingkat prioritasnya, terdapat proses produksi primer sebagai tahapan utama pembentuk produk, serta proses produksi sekunder yang berfungsi mendukung dan melancarkan proses utama.

Di PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk, salah satu produk yang dihasilkan adalah pakan jenis *pellet*, *crumble* dan *concentrate*. Bahan baku utama untuk produksi *pellet* umumnya berupa jagung, DDGS (*Distiller's Dried Grains with Solubles*), dan gandum pakan (*feed wheat*). Sementara itu, produksi *concentrate* menggunakan bahan baku seperti biji batu, *soybean meal*, dan DDGS. Proses pengolahan masing-masing jenis pakan memiliki tahapan berbeda yang disesuaikan dengan karakteristik bahan baku dan jenis produk yang akan dihasilkan (Septyawan dan Wulandari, 2024).

1.6.2 Sistem produksi

Suatu sistem produksi tentunya terdiri dari berbagai rangkaian kegiatan yang bertugas untuk melaksanakan fungsi-fungsi produksi dengan baik. Menurut Assuari, sistem produksi adalah suatu keterkaitan unsur-unsur berbeda secara terpadu, menyatu, dan menyeluruh, dalam pentransformasian masukan (*input*) menjadi keluaran (*output*) (Setiasih et al., 2023). Terdapat beberapa masalah yang sering terjadi pada sistem produksi, yaitu sebagai berikut:

- Unbalance workload*, yaitu masalah banyaknya waktu menganggur pada beberapa operator, sementara ada pula operator yang terlalu sibuk, sehingga tidak ada pemerataan beban kerja pada suatu perusahaan.
- Perencanaan produksi yang tidak optimal, hal ini dapat merusak kelancaran produksi, sehingga perlu disusun suatu perencanaan produksi yang baik agar di dapat jumlah produksi yang menguntungkan perusahaan.

(Setiasih et al., 2023)

- Masalah pengelolaan stok. Perusahaan manufaktur, terutama yang berskala kecil dan menengah, seringkali kesulitan mengelola jumlah barang yang dimilikinya.

Karena masih menggunakan catatan manual, seringkali terjadi kesalahan dalam menghitung stok barang.

- d. Proses produksi yang tidak efisien. Banyak perusahaan berusaha mengurangi biaya produksi dengan cara yang salah, yaitu dengan mengorbankan kualitas produk. Padahal, jangka panjangnya, hal ini justru merugikan karena pelanggan akan kecewa dan tidak membeli produk lagi.
- e. Lamban mengadopsi teknologi. Teknologi baru seperti *Internet of Things* (IoT) dan *Automated Guided Vehicle* (AGV) bisa sangat membantu meningkatkan efisiensi produksi. Namun, banyak perusahaan yang masih ragu untuk menggunakan teknologi ini.

(Setiasih et al., 2023)

1.6.3 Uji statistik data

Uji statistik data merupakan salah satu teknik yang umum digunakan dalam analisis data. Dalam analisis data, uji statistik digunakan untuk menguji hipotesis dan menentukan signifikansi hubungan antara variabel. Data yang diperoleh dalam suatu penelitian perlu dilakukan beberapa uji terlebih dahulu dengan tujuan untuk mengetahui apakah data tersebut layak untuk digunakan lebih lanjut dalam penelitian tersebut. Beberapa uji yang dilakukan terhadap data-data yang diperoleh yaitu uji keseragaman data dan uji kecukupan data (Siswanto et al., 2021).

a. Uji kecukupan data

Uji kecukupan data adalah uji yang dilakukan untuk menguji apakah data yang diberikan telah cukup menggambarkan populasi keseluruhan (Julia et al., 2022). Uji kecukupan data dilakukan dengan tujuan untuk menguji apakah data yang diambil sudah mencukupi dengan mengetahui besarnya nilai N' . Apabila $N' < N$ maka data pengukuran dianggap cukup sehingga tidak perlu dilakukan pengambilan data lagi prosedur.

Rumus:

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2$$

Dimana :

K = Tingkat kepercayaan

Bila tingkat kepercayaan 99%, maka $k = 2,58 \approx 3$,

Bila tingkat kepercayaan 95%, maka $k = 1,96 \approx 2$,

Bila tingkat kepercayaan 68%, maka $k \approx 1$,

s = Derajat ketelitian (1-10%)

N = Jumlah data pengamatan

N' = Jumlah pengamatan hasil perhitungan

p = Jumlah produktif

Dimana $N' < N$ adalah data dianggap cukup untuk dilakukan penelitian, namun jika $N' > N$ artinya data tidak layak (kurang) dan perlu dilakukan pengimbuhan data.

(Widodo et al., 2021)

b. Uji keseragaman data

Adapun definisi, tujuan dan prosedur dari uji keseragaman data antara lain sebagai berikut:

a. Definisi

Pengujian keseragaman data adalah suatu pengujian yang berguna untuk memastikan bahwa data yang berguna untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan berasal dari suatu sistem yang sama.

b. Tujuan

Uji keseragaman data bertujuan untuk mengetahui apakah hasil pengukuran waktu cukup seragam. Suatu data dikatakan seragam apabila berada dalam rentang batas kontrol tertentu. Jika data tersebut berada diluar rentang batas kontrol tertentu, maka dikatakan tidak seragam.

c. Prosedur

Berikut merupakan. Langkah dalam uji keseragaman data:

1) Menghitung besarnya rata-rata dari setiap hasil pengamatan

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (1)$$

Dimana:

$\bar{X}$ = Rata-rata data hasil pengukuran

X_i = Data pengukuran

n = Banyak data

2) Langkah kedua menghitung standar deviasi dengan persamaan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Dimana:

σ = Standar deviasi

$\bar{X}$ = Rata-rata data hasil pengukuran

x_i = Data pengukuran

n = Banyak data

3) Langkah ketiga menentukan Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) yang digunakan sebagai pembatas data yang ekstrim

$$BKA = \bar{X} + k(\sigma) \quad (3)$$

$$BKB = \bar{X} - k(\sigma) \quad (4)$$

Dimana:

$\bar{X}$ = Rata-rata data hasil pengukuran

Σ = Standar deviasi

k = Koefisien indeks tingkat kepercayaan, yaitu:

Tingkat kepercayaan 68%, $k = 1$

Tingkat kepercayaan 95%, $k = 2$

Tingkat kepercayaan 99%, $k = 3$

(Siswanto et al., 2021)

1.6.4 Pengukuran Waktu Kerja

Jika data yang diperoleh sudah konsisten dan jumlahnya cukup sesuai dengan tingkat ketelitian dan keyakinan yang diinginkan, maka proses yang dapat dilakukan selanjutnya adalah proses pengukuran waktu (Arwin et al., 2026).

a. Waktu siklus

Waktu siklus adalah total waktu pengamatan rata-rata dari satu elemen kerja yang digunakan untuk menghitung waktu normal (Dasanti, F, & T, 2020). Waktu siklus adalah waktu yang diperlukan untuk membuat satu unit pada satu stasiun kerja. Waktu yang diperlukan untuk melaksanakan elemen-elemen kerja pada umumnya akan sedikit berbeda dari siklus ke siklus lainnya, sekalipun operator bekerja pada kecepatan normal atau *uniform*, tiap-tiap elemen dalam siklus yang berbeda tidak selalu akan bisa diselesaikan dalam waktu yang persis sama. Adapun rumus waktu siklus sebagai berikut.

$$W_s = \frac{\sum x_i}{N} \quad (5)$$

Dimana :

W_s = Waktu siklus

$\sum X_i$ = Jumlah waktu siklus

N = Jumlah pengamatan

(Arwin et al., 2026)

b. Waktu normal

Waktu normal merupakan waktu kerja yang telah mempertimbangkan faktor penyesuaian. Waktu normal menunjukkan bahwa seorang operator yang berkualifikasi baik akan bekerja menyelesaikan pekerjaan pada tempo kerja yang normal. Adapun rumus waktu normal sebagai berikut.

$$W_n = W_s \times P \quad (6)$$

Dimana :

W_n = Waktu normal

W_s = Waktu siklus

P = Faktor penyesuaian

(Arwin et al., 2026)

c. Waktu baku

Waktu baku adalah waktu yang sebenarnya digunakan operator untuk memproduksi satu unit dari jenis produk. Waktu baku dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$W_b = W_n (A \times W_n)$$

Dimana :

W_n = Waktu normal

A = Kelonggaran

(Arwin et al., 2026)

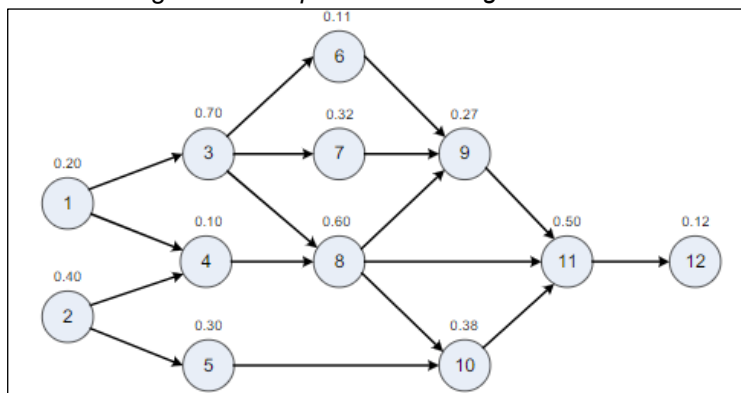
1.6.5 Precedence diagram

Precedence diagram digunakan sebagai langkah awal sebelum melakukan analisis keseimbangan lintasan (*line balancing*). Diagram ini membantu menunjukkan urutan pekerjaan dan hubungan antar setiap elemen kerja dalam proses produksi, sehingga alur kerja lebih mudah dipahami dan dikendalikan. Biasanya, *precedence diagram* digambarkan dalam bentuk graf berarah, di mana setiap elemen kerja ditampilkan sebagai node, sedangkan panah menunjukkan urutan pekerjaan, yaitu pekerjaan yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan berikutnya dapat dilakukan. Adapun tanda yang dipakai dalam *precedence diagram* adalah:

- Simbol lingkaran atau node yang berisi nomor atau kode tertentu, digunakan untuk mewakili setiap elemen kerja agar mudah diidentifikasi.
- Tanda panah yang menunjukkan urutan dan hubungan ketergantungan antar pekerjaan, di mana aktivitas pada pangkal panah harus dikerjakan terlebih dahulu sebelum aktivitas pada ujung panah.
- Waktu proses biasanya dicantumkan pada setiap node untuk menunjukkan durasi yang dibutuhkan dalam menyelesaikan masing-masing elemen kerja.

(Helal et al., 2024)

Berikut adalah contoh gambar dari *precedence diagram*:



Gambar 2. Precedence diagram

Sumber: Helal et al. (2024)

1.6.6 Lini produksi

Dalam jurnal Moonti et al. (2022) beberapa pengertian dari lini produksi menurut beberapa ahli:

- Menurut Moonti, lini produksi adalah konsep pemilahan atau pengelompokan tugas produksi ke dalam beberapa stasiun agar tercipta alur produksi yang baik.
- Menurut Watt Miles, lini produksi ialah operasi berurutan yang dilakukan pada instansi tugas-tugas dalam merakit produk.
- Menurut Hardianto, lini produksi merupakan sekelompok produk yang dibagi pada tiap divisi dan memiliki porsi kerja masing-masing.

Menurut kelompok kami, lini produksi adalah sistem yang mengatur proses produksi dengan beberapa stasiun kerja yang saling terhubung untuk menghasilkan suatu produk. Menurut Baroto dalam Sakiman et al. (2022), berdasarkan karakteristik proses produksinya, lini produksi dibagi menjadi dua, yaitu:

- 1) Lini pabrikasi, yaitu lintasan produksi yang terdiri dari sejumlah operasi yang bersifat membentuk atau mengubah bentuk benda kerja.
- 2) Lini perakitan, yaitu lintasan produksi yang terdiri dari sejumlah operasi perakitan yang dikerjakan pada beberapa stasiun kerja dan digabungkan menjadi benda *assembly* atau *sub assembly*.

1.6.7 Line balancing

Line balancing merupakan suatu jadwal aliran produksi yang menyeimbangkan beban kerja disetiap stasiun produksi. *Line balancing* memiliki kesamaan karakteristik dengan pengalokasian dan penyeimbangan sumber daya, selain itu *balancing* juga berusaha untuk meminimasi stasiun produksi yang disesuaikan dengan *cycle time*, atau bisa juga meminimasi *cycle time* (maksimasi kecepatan produksi) yang disesuaikan dengan jumlah stasiun kerja (Gunawan & Wirawati, 2023).

a. Konsep *line balancing*

Line balancing adalah sekelompok orang atau mesin yang melakukan tugas tugas sekuensial dalam merakit suatu produk yang diberikan kepada masing-masing sumber daya secara seimbang saling berkaitan dalam dalam setiap lintasan produksi, sehingga dicapai efisiensi kerja yang tinggi di setiap stasiun kerja. Fungsi dari *line balancing* adalah membuat suatu lintasan yang seimbang. Meminimumkan waktu menganggur (*idle time*) pada lintasan, ditentukan oleh operasi yang paling lambat. Dalam sistem produksi *line balancing* sangat penting karena akan menentukan aspek-aspek lain dalam produksi jangka waktu yang cukup lama, seperti biaya, keuntungan, tenaga kerja, peralatan, dan sebagainya. Maka dari itu *line balancing* harus dilakukan dengan metode yang tepat sehingga menghasilkan keluaran berupa keseimbangan yang terbaik (Sakiman et al., 2022).

b. Istilah – istilah dalam *line balancing*

Menurut Mujahidulloh & Bakhtiar (2022), berikut merupakan istilah-istilah yang terdapat di dalam *line balancing*:

1) *Idle time*

Idle time adalah selisih atau perbedaan waktu antara waktu siklus dan waktu stasiun kerja.

$$Idle\ time = W_s - \sum W_i \quad (7)$$

Dimana:

W_s = waktu stasiun kerja terbesar

W_i = waktu sebenarnya pada stasiun kerja

Keseimbangan waktu senggang (*balance delay*)

- 2) *Balance delay* merupakan ukuran tingkat tidak efisiennya lintasan yang dihasilkan dari waktu menganggur sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian yang kurang optimal di antara stasiun kerja.

$$BD = \frac{(K)(W_{b_{max}}) - \sum W_b}{K \times W_{b_{max}}} \times 100\% \quad (8)$$

Dimana:

K = Jumlah stasiun kerja

$W_{b_{max}}$ = Waktu stasiun terbesar

$\sum Wb$ = Total waktu baku

3) *Work station*

Work station merupakan tempat pada lini produksi di mana proses perakitan dilakukan. Setelah menentukan interval waktu siklus, maka jumlah stasiun kerja yang efisien dapat ditentukan dengan membagi jumlah waktu yang tersedia dengan waktu siklus.

4) Elemen kerja (*work element*)

Work element atau elemen kerja merupakan bagian dari seluruh proses kegiatan produksi yang dilakukan berurutan dalam suatu siklus kerja yang meliputi persiapan, proses awal hingga proses akhir.

5) Efisiensi lintasan produksi (*line efficiency*)

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.

$$\text{Line efficiency} = \frac{\sum Wb}{K \times Wb_{\max}} \times 100\% \quad (9)$$

Dimana:

$\sum Wb$ = jumlah waktu stasiun kerja

K = jumlah stasiun kerja

$Wb_{\max}$ = waktu stasiun terbesar

6) *Smoothness index*

Indeks yang menunjukkan kelancaran relatif dari penyeimbangan lini perakitan tertentu.

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^k (Wb_{\max} - Wsi)^2} \quad (10)$$

Dimana:

SI = Smoothness Index

K = Jumlah workstation/stasiun kerja

$Wb_{\max}$ = Waktu stasiun kerja terbesar (maximum workstation time)

Wsi = Waktu pada stasiun kerja ke- i

(Wijanarko, 2023)

7) *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.

8) *Assembly product*

Produk yang melewati urutan stasiun kerja dimana tiap stasiun kerja memberikan proses tertentu hingga selesai menjadi produk akhir pada perakitan akhir.

9) Waktu siklus (*cycle time*)

$$Ws = \frac{\sum xi}{N} \quad (11)$$

Dimana:

Ws = waktu siklus

$\sum xi$ = total banyaknya pengamatan

N = jumlah pengamatan

c. Langkah – langkah pemecahan masalah dalam *line balancing*

Menurut Gaspersz dalam Sabardi et al (2021), ada beberapa langkah untuk memecahkan masalah saluran keseimbangan. Berikut langkah-langkah untuk memecahkan masalah:

- 1) Identifikasi tugas atau kegiatan individu yang akan dilaksanakan.
- 2) Tentukan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap tugas.
- 3) Tetapkan batasan prioritas, jika relevan dengan setiap tugas.
- 4) Tentukan *output* yang dibutuhkan dari jalur perakitan.
- 5) Tentukan total waktu yang tersedia untuk menghasilkan *output*.
- 6) Hitung waktu siklus yang diperlukan, misalnya waktu dari penyelesaian produk yang dibutuhkan hingga penyelesaian *output* yang diinginkan dalam rentang waktu yang diizinkan (*allowable delay*).
- 7) Tetapkan tugas kepada pekerja atau mesin.
- 8) Tentukan jumlah minimum *workstation* yang dibutuhkan untuk menghasilkan hasil yang diinginkan.
- 9) Mengevaluasi efektivitas dan efisiensi solusi.

1.6.8 Metode *Genetic Algorithm*

Algoritma genetika atau *Genetic Algorithm* (GA) adalah metode pencarian solusi optimal yang terinspirasi dari konsep seleksi alam atau biasa juga disebut dengan proses evolusi dimana individu akan terus-menerus melakukan perubahan gen hingga sesuai dengan lingkungannya (Mubarak & Chotijah, 2021). Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh John Holland dari Universitas Michigan pada tahun 1975, dan kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh muridnya, David Goldberg, yang menyusun dasar teorinya melalui skema teorema.

Dalam GA, setiap solusi digambarkan sebagai sebuah kromosom. Kromosom ini tersusun dari gen-gen berbentuk *bit string*, biasanya berupa angka 0 dan 1. Saat proses pencarian berlangsung, dua kromosom dapat saling bertukar bagian materi genetik melalui proses *crossover* atau perkawinan silang. Setelah itu, gen pada kromosom baru bisa berubah secara acak melalui proses *mutasi*. Ada juga mekanisme *inversion*, yaitu membalik urutan beberapa gen sekaligus di dalam kromosom. Semua proses ini bertujuan untuk menghasilkan kombinasi solusi yang lebih baik dari generasi ke generasi (Mone & Simarmata, 2021). Adapun langkah – langkah yang dilakukan dalam *Genetic Algorithm* adalah:

a. Representasi genetik

Tahap ini merupakan tahapan awal yang harus dibuat sebagai *input* data program. Representasi genetik adalah suatu proses untuk menyesuaikan semua data-data awal ke dalam bentuk genetik. Pada tahap ini setiap data pendukung dan data awal dijabarkan untuk menyelesaikan masalah dan dikonversi ke dalam gen, kromosom, dan populasinya serta menambahkan kebutuhan terkait data tambahan untuk menjalankan program. Dengan adanya representasi genetik yang telah dibuat, program yang dijalankan akan dapat mengidentifikasi data yang ada ke dalam metode *Genetic Algorithm*.

b. Menentukan *fitness value*

Fitness value digunakan untuk menilai seberapa baik sebuah kombinasi solusi dibandingkan dengan hasil yang diharapkan. Nilai *fitness value* ini menunjukkan tingkat ketepatan solusi terhadap tujuan yang ingin dicapai. Pada penelitian ini, yang menjadi acuan *fitness value* adalah nilai efisiensi lintasan. Artinya, semakin tinggi *fitness value*, maka semakin cocok dan semakin baik solusi yang diberikan. Oleh karena itu, proses pencarian akan terus dilakukan untuk menemukan kombinasi yang menghasilkan efisiensi lintasan paling tinggi.

c. Populasi

Pada tahap ini akan dilakukan pembentukan suatu inisiasi populasi awal berdasarkan hasil terjemahan permasalahan ke dalam bentuk kromosom yang akan menjadi sebuah populasi. Pembentukan populasi ini terlebih dahulu dilakukan dengan menentukan banyaknya populasi yang dibutuhkan kemudian membuat atau mengembangkan populasi berdasarkan banyaknya populasi tersebut.

d. Seleksi

Setelah populasi awal terbentuk, maka yang dilakukan selanjutnya adalah menyeleksi populasi tersebut untuk mendapatkan dua kromosom terbaik yang akan digunakan sebagai induk atau sebagai kromosom parentalnya. Proses ini dilakukan dengan proses seleksi *fitness function* serta menentukan *fitness function* tertinggi. Dua kromosom terbaik akan dikeluarkan atau dipisahkan dari populasi dan dijadikan sebagai *parent chromosome 1* dan *parent chromosome 2* yang selanjutnya akan digunakan dalam proses rekombinasi. Pada penelitian ini akan

e. *Crossover*

Crossover adalah tahap persilangan atau rekombinasi yang dilakukan pada populasi di antara kromosom-kromosom pada populasi yang sudah dibuat sebelumnya. Pada penelitian ini akan menggunakan metode *single point crossover*. Metode *single point crossover* adalah teknik yang memilih atau menentukan sebuah point pusat atau titik potong untuk melakukan persilangan atau pertukaran materi genetik.

f. Mutasi

Mutasi adalah proses yang dilakukan untuk menambah peluang dan probabilitas dalam menemukan solusi terbaik dengan menghasilkan individu baru yang berbeda melalui proses mutasi. Proses mutasi ini menggunakan metode *random resetting* di mana beberapa gen dipilih secara acak untuk diganti. Karena itu, proses ini memerlukan bilangan acak sebagai pemilihan gen yang akan dimutasi.

g. Regenerasi

Regenerasi merupakan proses yang dilakukan untuk menyilangkan atau bertujuan untuk mengganti populasi dengan nilai *fitness value* terkecil dengan gen anakan yang dihasilkan dari proses sebelumnya. Sebelum melakukan regenerasi, proses yang dilakukan adalah mengumpulkan dan mengurutkan kromosom, kemudian kromosom dengan nilai *fitness value* terkecil dipilih untuk ditukar dengan gen anakan yang sudah dibuat sebelumnya.

h. Finalisasi

Setelah tahap regenerasi, maka proses *Genetic Algorithm* dianggap selesai dalam satu siklus. Proses selanjutnya yang perlu dilakukan adalah program akan menjalankan siklus tersebut secara berulang hingga mendapatkan hasil optimalnya. Proses ini dilakukan dengan menjalankan siklus secara berulang melalui looping mulai dari tahap seleksi kembali. Hal ini dilakukan karena pada proses regenerasi, kromosom anakan sudah dimasukkan kembali ke populasi, sehingga perlu diseleksi ulang. Proses looping ini akan terus berjalan sampai ditemukan nilai *fitness* tertinggi dan kromosom yang dihasilkan memenuhi syarat keseimbangan lintasan. Untuk menghentikan proses, digunakan kriteria terminasi, yaitu ketika solusi terbaik sudah tercapai.

(Sutomo et al., 2022)

1.6.9 Metode Moodie Young

Metode Moodie Young merupakan salah satu metode *line balancing* yang terdiri dari dua tahapan analisis. Fase pertama merupakan tahapan membuat pengelompokkan stasiun kerja yang sesuai dengan matriks hubungan antar elemen. Pada fase ini elemen *precedence diagram* dibuat dibuat untuk menggambarkan elemen kerja pendahulu dan elemen kerja selanjutnya yang digambarkan oleh matriks P dan matriks F. Contohnya, matriks P adalah hubungan elemen kerja sebelum elemen kerja ke i, sedangkan matriks F adalah hubungan elemen kerja setelah elemen kerja ke i. Kemudian elemen kerja ditempatkan pada *work station* yang berurutan dalam lintasan produksi dengan aturan, bila terdapat dua elemen kerja yang bisa dipilih maka elemen kerja yang mempunyai waktu terbesar ditempatkan pertama.

Metode Moodie Young merupakan pendekatan heuristik dua fase yang digunakan untuk menyeimbangkan beban kerja pada lini produksi. Setelah stasiun kerja tersusun pada fase pertama, fase kedua berfokus pada pemerataan waktu menganggur dengan cara memindahkan elemen-elemen kerja antar stasiun, selama perpindahan tersebut tidak melanggar urutan proses yang ada pada *precedence diagram*. Secara umum, langkah-langkah pelaksanaan metode Moodie Young dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a. Pertama, dibuat terlebih dahulu *precedence diagram* berdasarkan peta proses produk untuk menunjukkan hubungan ketergantungan antar elemen kerja.
- b. Setelah itu ditentukan waktu siklus dan dihitung jumlah stasiun kerja minimum yang dibutuhkan. Berdasarkan *precedence diagram* tersebut, disusun matriks P dan matriks F yang digunakan sebagai acuan dalam pengalokasian elemen kerja.
- c. Elemen kerja kemudian ditempatkan ke dalam stasiun-stasiun kerja dimulai dari elemen yang memiliki nilai matriks P sama dengan nol, yaitu elemen yang tidak memiliki pendahulu. Jika terdapat lebih dari satu elemen kerja yang dapat ditempatkan, maka dipilih elemen dengan waktu penyelesaian paling besar. Apabila total waktu elemen dalam satu stasiun melebihi waktu siklus, elemen berikutnya dialokasikan ke stasiun kerja selanjutnya.
- d. Setelah alokasi awal selesai, dilakukan identifikasi untuk melihat stasiun dengan beban waktu terbesar dan terkecil. Selisih antara kedua stasiun tersebut dihitung

sebagai GOAL. Dari stasiun dengan beban waktu terbesar, dicari elemen yang memiliki waktu lebih kecil dari nilai GOAL dan masih memungkinkan untuk dipindahkan tanpa melanggar *precedence*. Elemen tersebut kemudian dipindahkan ke stasiun dengan beban paling kecil. Proses ini diulangi hingga tidak ada lagi elemen yang dapat dipindahkan.

- e. Tahap terakhir adalah menghitung kembali metrik performansi seperti efisiensi lintasan, *balance delay*, dan *smoothness index* untuk menilai kualitas hasil penyeimbangan yang telah dilakukan.

(Setyawan et al., 2021)

1.7 Literature Review

Tabel 1. *Literature Review*

No.	Nama Peneliti (Tahun) dan Judul	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
1.	D. P. Setyawan (2021). <i>Analisa Line balancing Menggunakan Moodie-Young dan RPW di CV XYZ.</i>	Meningkatkan efisiensi dan menurunkan <i>balance delay</i> melalui optimasi pembagian elemen kerja.	Penelitian dilakukan dengan pengukuran waktu kerja menggunakan metode <i>stopwatch</i> , penyusunan <i>precedence diagram</i> dan matriks <i>predecessor successor</i> , kemudian penerapan metode Moodie Young serta Ranked Positional Weight (RPW). Evaluasi kinerja dilakukan menggunakan indikator <i>line efficiency</i> (LE), <i>balance delay</i> (BD), dan <i>smoothing index</i> .	Penelitian dilakukan dengan pengukuran waktu kerja menggunakan metode <i>stopwatch</i> , penyusunan <i>precedence diagram</i> dan matriks <i>predecessor successor</i> , kemudian penerapan metode Moodie Young serta Ranked Positional Weight (RPW). Evaluasi kinerja dilakukan menggunakan indikator <i>line efficiency</i> (LE), <i>balance delay</i> (BD), dan <i>smoothing index</i> .	Penelitian belum membandingkan hasil Moodie Young dengan metode metaheuristik seperti <i>Genetic Algorithm</i> serta belum menguji penerapannya pada sistem produksi berbasis proses dengan variasi waktu operasi yang tinggi seperti industri pakan ternak.
2	Damayanti et al. (2020) – <i>Assembly Line Balancing Using Genetic</i>	Penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan jumlah <i>workstation</i> dan	Penelitian menggunakan <i>Genetic Algorithm</i> dengan representasi kromosom berbentuk permutasi elemen kerja. Proses <i>decoding</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa <i>Genetic Algorithm</i> berhasil mengurangi jumlah <i>workstation</i> dibandingkan metode heuristik perusahaan,	Penelitian belum melakukan analisis sensitivitas parameter GA seperti ukuran populasi, probabilitas <i>crossover</i> , dan

No.	Nama Peneliti (Tahun) dan Judul	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
	<i>Algorithm Method to Minimize Number of Working Stations: A Case Study in Car Manufacturing.</i>	meningkatkan efisiensi lini perakitan pada industri otomotif menggunakan metode GA.	dilakukan menggunakan pendekatan <i>greedy</i> untuk mengalokasikan tugas ke <i>workstation</i> berdasarkan batas <i>cycle time</i> . Fungsi <i>fitness</i> difokuskan pada minimisasi jumlah <i>workstation</i> . Studi dilakukan pada data nyata industri perakitan mobil.	serta meningkatkan nilai <i>line efficiency</i> . GA mampu menghasilkan konfigurasi stasiun kerja yang lebih optimal dibandingkan metode manual yang sebelumnya digunakan perusahaan.	mutasi. Selain itu, penelitian hanya berfokus pada minimisasi jumlah stasiun kerja tanpa mempertimbangkan variasi beban kerja secara mendalam.
3.	M. Ahyan (2021). <i>Usulan Perbaikan Lintasan Produksi dengan Moodie-Young (Studi Kasus Industri Elektronik).</i>	Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan perbaikan lintasan produksi pada industri elektronik dengan menggunakan metode Moodie-Young guna menurunkan waktu menganggur (<i>idle time</i>) dan memperbaiki nilai <i>smoothing index</i> pada lini produksi.	Data lapangan, implementasi Moodie-Young, evaluasi <i>smoothing index</i> dan efisiensi sebelum dan sesudah.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah penerapan metode Moodie Young terbentuk 8 <i>workstation</i> dengan nilai <i>smoothing index</i> sebesar 917,40 dan <i>line efficiency</i> sebesar 74,70%. Penerapan metode ini berhasil menurunkan waktu menganggur dan menghasilkan pembagian beban kerja yang lebih merata dibandingkan kondisi awal perusahaan.	Penelitian ini hanya menggunakan metode Moodie Young tanpa melakukan perbandingan dengan metode lain seperti <i>Genetic Algorithm</i> . Selain itu, penelitian belum membahas pengaruh variasi waktu proses terhadap kestabilan hasil penyeimbangan lini, serta belum menguji pendekatan pada sistem produksi berbasis proses atau <i>batch</i> seperti industri pakan ternak.
4	Álvarez-Miranda et	Menyelesaikan <i>Simple</i>	Metode yang digunakan adalah	Hybrid GA menghasilkan solusi	Penelitian berfokus pada SALBP

No.	Nama Peneliti (Tahun) dan Judul	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Penelitian
	al. (2021) – <i>A Hybrid Genetic Algorithm for the Simple Assembly Line Balancing Problem with a Fixed Number of Workstations.</i>	<i>Assembly Line Balancing Problem (SALBP)</i> dengan jumlah <i>workstation</i> tetap menggunakan pendekatan hybrid <i>Genetic Algorithm</i> .	<i>hybrid</i> GA, yaitu kombinasi antara inisialisasi berbasis heuristik, proses evolusi GA, dan <i>local search</i> untuk mempercepat konvergensi. Pengujian dilakukan pada <i>benchmark problem</i> standar SALBP dan <i>instance</i> berukuran besar.	dengan nilai <i>objective function</i> lebih baik dibandingkan GA murni dan menunjukkan waktu komputasi yang lebih cepat. Kualitas solusi meningkat karena adanya kombinasi eksplorasi (GA) dan eksploitasi (<i>local search</i>).	dengan <i>workstation</i> tetap dan tidak mempertimbangkan <i>constraint</i> spesifik industri seperti pembagian zona proses atau sistem produksi berbasis <i>batch</i> .
5	Didden et al. (2023) – <i>Genetic Algorithm and Decision Support for Assembly Line Balancing in the Automotive Industry.</i>	Mengembangkan <i>Genetic Algorithm</i> sebagai sistem pendukung keputusan untuk membantu manajer produksi dalam menentukan konfigurasi lini perakitan yang optimal.	Penelitian menggunakan GA dengan fungsi <i>fitness</i> multi-kriteria, yaitu kombinasi antara minimisasi jumlah <i>workstation</i> dan minimisasi variasi beban kerja antar stasiun. Studi dilakukan pada data industri otomotif nyata dan menghasilkan beberapa alternatif solusi untuk dibandingkan.	GA mampu menghasilkan beberapa solusi <i>feasible</i> dengan jumlah <i>workstation</i> yang sama tetapi distribusi beban kerja berbeda. Sistem ini membantu pengambil keputusan memilih solusi berdasarkan <i>trade-off</i> antara jumlah stasiun dan keseimbangan beban kerja.	Penelitian tidak membandingkan hasilnya secara langsung dengan metode heuristik klasik seperti Moodie Young. Selain itu, konteks penelitian terbatas pada lini perakitan diskrit dan belum diterapkan pada industri proses atau <i>batch production</i> .

Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, terlihat bahwa *Genetic Algorithm* cukup efektif digunakan untuk menyelesaikan masalah *line balancing*, terutama ketika waktu antar elemen kerja sangat bervariasi dan urutan prosesnya cukup kompleks. GA mampu mencoba banyak kemungkinan pembagian elemen kerja ke stasiun kerja sehingga beban kerja menjadi lebih seimbang, waktu menganggur

berkurang, dan aliran produksi menjadi lebih rapi. Sementara itu, metode Moodie Young sering digunakan karena langkahnya sederhana dan hasilnya relatif stabil dalam mengatur elemen kerja berdasarkan bobot waktu. Namun, metode ini cenderung terbatas dalam mencari alternatif solusi ketika kondisi lini produksi cukup kompleks. Selama ini, sebagian besar penelitian masih banyak diterapkan pada industri otomotif dan elektronik, sedangkan penerapannya pada industri pakan ternak masih jarang. Padahal, lini produksi pakan ternak memiliki ciri khas seperti sistem *batch*, variasi waktu proses yang tinggi, serta *bottleneck* pada proses *mixing* dan *bagging*, sehingga menarik untuk dikaji lebih lanjut dengan membandingkan penggunaan GA dan Moodie Young.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Objek dan Waktu Penelitian

Objek penelitian ini adalah PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk Cabang Makassar, sebuah perusahaan manufaktur pakan ternak berskala besar yang menerapkan sistem produksi berbasis *batch*. Penelitian ini secara khusus berfokus pada lini produksi pakan ternak jenis konsentrat, yang merupakan salah satu produk utama perusahaan. Proses produksi pakan konsentrat tersebut melibatkan beberapa stasiun kerja utama, yaitu *intake*, *grinding*, *dosing*, *mixing*, hingga *bagging*. Proses pengumpulan data dilakukan selama 1 bulan pada tanggal 28 April – 25 Mei 2025.

Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada evaluasi dan perbaikan keseimbangan lini produksi pakan konsentrat dengan membandingkan penerapan metode metaheuristik *Genetic Algorithm* dan metode heuristik Moodie Young. Perbandingan kedua metode ini diharapkan dapat memberikan alternatif solusi penyeimbangan lini yang lebih efektif dalam meningkatkan efisiensi aliran produksi serta kapasitas produksi pakan konsentrat di PT Japfa Comfeed Makassar.

2.2 Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis sumber data, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data primer diperoleh melalui observasi langsung pada setiap elemen kerja dalam lini produksi pakan ternak jenis konsentrat, meliputi proses *intake*, *grinding*, *dosing*, *mixing*, dan *bagging*, untuk mencatat waktu proses aktual. Selain itu, dilakukan wawancara dengan *supervisor*, operator mesin, dan kepala *shift* guna memperoleh informasi terkait kendala proses, penyebab variasi waktu kerja, serta kondisi operasional harian di lapangan. Data waktu proses elemen kerja ini selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan *cycle time*, *station time*, efisiensi lini, serta sebagai *input* dalam penerapan metode *Genetic Algorithm* dan Moodie Young. Dalam proses pengambilan data waktu, digunakan dua pendekatan, yaitu pencatatan langsung dari mesin dan analisis rekaman CCTV. Untuk elemen kerja yang menggunakan mesin, waktu proses diperoleh dari panel kontrol mesin atau sistem monitoring yang mencatat waktu operasi secara otomatis. Sedangkan untuk elemen kerja yang melibatkan tenaga kerja manual, pengukuran waktu dilakukan dengan menganalisis rekaman CCTV untuk memperoleh durasi kerja yang lebih akurat dan meminimalkan gangguan terhadap aktivitas operator.
2. Data sekunder diperoleh dari dokumen internal perusahaan yang mendukung analisis penyeimbangan lini produksi pakan konsentrat, antara lain laporan kapasitas mesin, data *output* produksi harian dan bulanan, data *shift* kerja, ukuran *batch* produksi, standar operasional prosedur (SOP) pada setiap proses, struktur lini produksi, serta catatan *downtime* mesin. Data ini digunakan untuk melengkapi analisis kondisi eksisting dan membandingkan hasil penyeimbangan lini antara metode *Genetic Algorithm* dan Moodie Young.

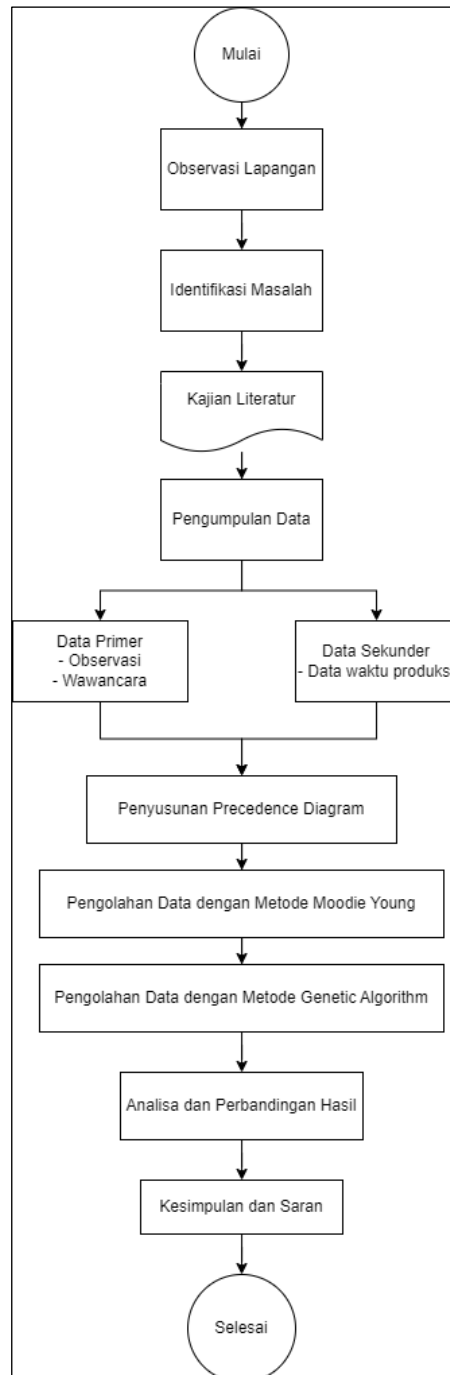
2.3 Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan dengan melalui:

1. Studi Pustaka
Dilakukan dengan mengkaji jurnal, buku, dan penelitian terdahulu terkait *line balancing*, metode Moodie Young, dan *Genetic Algorithm*. Studi pustaka digunakan untuk membangun landasan teori dan metodologi penelitian.
2. Observasi langsung
Pengamatan dilakukan di area produksi pakan ternak untuk mencatat waktu proses setiap elemen kerja, urutan proses (*precedence*), jumlah operator, kondisi mesin, aktivitas *idle*, dan potensi *bottleneck*. Pengamatan waktu dilakukan berulang kali sehingga data dapat diuji kecukupan dan keseragamannya. Dalam pelaksanaannya, pengambilan waktu proses juga didukung oleh data dari mesin dan rekaman CCTV. Data dari mesin digunakan untuk proses yang bersifat otomatis, sedangkan rekaman CCTV digunakan untuk mengamati aktivitas manual secara lebih detail dan berulang, sehingga meningkatkan akurasi data waktu yang diperoleh.
3. Wawancara dan dokumentasi
Wawancara dilakukan dengan operator, kepala *shift*, dan manajer produksi mengenai penyebab perbedaan waktu proses, kendala operasional, distribusi beban kerja antar stasiun. Dokumentasi data produksi digunakan untuk mengetahui kapasitas aktual dibandingkan kapasitas ideal.
4. Pengumpulan data sekunder
Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan mengakses catatan historis yang relevan dengan proses produksi. Data ini digunakan sebagai data pendukung untuk membandingkan kondisi aktual di lapangan, serta memperkuat analisis terkait efisiensi dan keseimbangan lintasan produksi.

2.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian adalah representasi visual dari tahapan penelitian. Adapun diagram alir pada penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian
Sumber: Data Primer (2026)

Diagram alir penelitian merupakan salah satu bentuk untuk memvisualisasikan tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan. Berikut ini merupakan penjelasan dari tahapan tersebut.

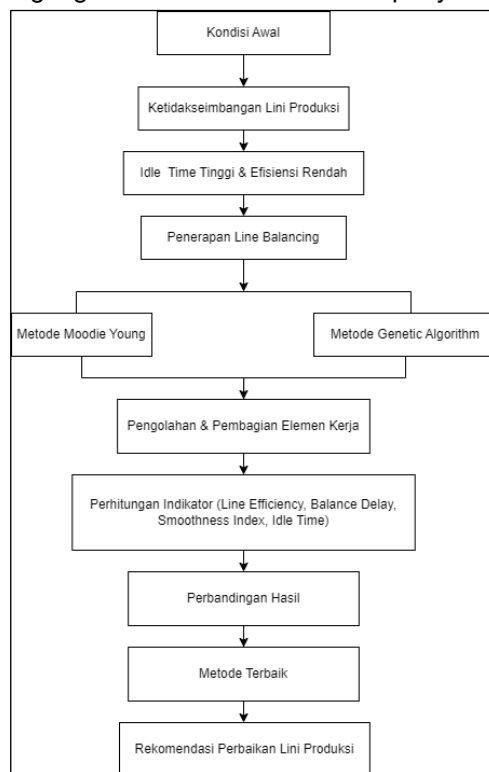
1. Penentuan objek penelitian
 Penelitian ini dilakukan pada lini produksi pakan ternak jenis konsentrat di PT Japfa Comfeed Makassar yang diduga masih belum seimbang dalam pembagian beban kerjanya.
2. Observasi lapangan
 Penulis melakukan pengamatan langsung di lapangan untuk memahami alur proses produksi serta kondisi nyata yang terjadi pada setiap stasiun kerja.
3. Identifikasi masalah
 Dari hasil observasi, ditemukan adanya perbedaan waktu kerja antar stasiun serta potensi *bottleneck* yang menyebabkan aliran produksi menjadi kurang lancar.
4. Kajian literatur
 Penulis mempelajari berbagai referensi terkait *line balancing*, efisiensi lini produksi, serta metode Moodie Young dan *Genetic Algorithm* sebagai dasar dalam penelitian.
5. Pengumpulan data
 Data dikumpulkan melalui observasi langsung dan wawancara (data primer), serta data historis waktu produksi (data sekunder) untuk mendapatkan gambaran waktu proses yang akurat.
6. Validasi data
 Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang diambil pada satu tahun sebelumnya, sehingga diperlukan proses validasi untuk memastikan kesesuaian dengan kondisi aktual di lapangan. Validasi data dilakukan pada tanggal 7 April 2026 melalui pengecekan ulang waktu proses, konfirmasi kepada operator dan kepala *shift*, serta penyesuaian apabila terdapat perubahan pada proses produksi. Tahapan ini bertujuan agar data yang digunakan tetap relevan dan akurat untuk analisis.
7. Penyusunan *precedence diagram*
 Selanjutnya disusun *precedence diagram* untuk mengetahui urutan kerja dan hubungan antar elemen kerja sebagai dasar dalam pembagian stasiun kerja.
8. Pengolahan data dengan metode Moodie Young
 Data yang telah diperoleh kemudian diolah menggunakan metode Moodie Young untuk mendapatkan pembagian stasiun kerja secara awal dengan pendekatan bertahap.
9. Pengolahan data dengan metode *Genetic Algorithm*
 Setelah itu dilakukan optimasi menggunakan *Genetic Algorithm* untuk mencari kombinasi pembagian kerja yang lebih optimal.
10. Analisis dan perbandingan hasil
 Hasil dari kedua metode dibandingkan berdasarkan beberapa indikator seperti *line efficiency*, *balance delay*, *smoothness index*, dan jumlah *workstation*.

11. Kesimpulan dan saran

Tahap terakhir adalah menarik kesimpulan dari hasil penelitian serta memberikan saran yang dapat digunakan perusahaan untuk meningkatkan efisiensi lini produksi.

2.5 Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual dalam penelitian ini menggambarkan hubungan antara konsep-konsep utama yang digunakan, mulai dari kondisi eksisting lini produksi pakan ternak jenis konsentrat di PT Japfa Comfeed Makassar, permasalahan ketidakseimbangan beban kerja dan *bottleneck*, hingga pendekatan analisis yang digunakan untuk memperbaiki kondisi tersebut. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode heuristik Moodie Young dan metode metaheuristik *Genetic Algorithm*, yang digunakan untuk melakukan penyeimbangan lini produksi.



Gambar 4. Kerangka Konseptual

Sumber: Data Primer (2026)

Penelitian ini berangkat dari kondisi lini produksi pakan ternak yang belum seimbang, yang dibuktikan dari adanya perbedaan beban kerja antar stasiun sehingga ada stasiun yang terlalu padat dan ada yang masih memiliki waktu menganggur, yang akhirnya membuat efisiensi menjadi rendah. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan penerapan metode *line balancing* dengan menggunakan dua pendekatan, yaitu Moodie Young dan *Genetic Algorithm*. Metode Moodie Young digunakan karena mampu menyusun elemen kerja secara bertahap agar mendekati waktu siklus dan

mengurangi jumlah stasiun kerja, sedangkan *Genetic Algorithm* digunakan karena dapat mencari kombinasi pembagian kerja terbaik secara iteratif dengan mempertimbangkan berbagai kemungkinan solusi. Hasil dari kedua metode kemudian dievaluasi menggunakan beberapa indikator seperti *line efficiency*, *balance delay*, *smoothness index*, *idle time*, dan jumlah *workstation*, lalu dibandingkan untuk mengetahui metode yang paling optimal. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan pembagian kerja yang lebih seimbang, mengurangi waktu menganggur, serta meningkatkan efisiensi dan kelancaran aliran produksi.