

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi merupakan salah satu penting dalam suatu industri khususnya di rantai produksi. Penjadwalan merupakan aspek strategis dalam perencanaan dan pengendalian produksi yang mencakup pengaturan urutan pekerjaan serta distribusi waktu dan fasilitas untuk setiap proses yang harus diselesaikan (Amelia & Aprianto, 2011). Bertujuan untuk menetapkan kapan produk akan diproduksi dan kapan produk akan selesai produksi. Penjadwalan akan dikatakan baik jika penjadwalan tersebut dapat meminimasi keterlambatan yang terjadi di rantai produksi.

Penjadwalan produksi diperlukan dalam industri untuk mengoptimalkan penggunaan tenaga kerja, mesin, peralatan produksi serta aspek lainnya guna mencapai hasil yang lebih efisien. Hal ini memiliki peran penting dalam mendukung pengambilan keputusan yang tepat dan efisien dalam proses produksi.

Berdasarkan beberapa istilah penjadwalan diatas, maka secara umum penjadwalan dapat diartikan sebagai pengurutan pekerjaan (*job*) secara keseluruhan proses, proses ini dilakukan pada beberapa mesin. Dengan mempertimbangkan kemampuan mesin, kemampuan operator, dan lain-lain.

2.2 Tujuan Penjadwalan

Berikut tujuan penjadwalan :

1. Memaksimalkan pemanfaatan sumber daya atau mempersingkat waktu secara efektif, sehingga proses dapat berjalan lancar dan produktivitas meningkat.
2. Menurunkan jumlah persediaan barang dalam proses atau mengurangi antrean yang menunggu giliran produksi.
3. Menimimasi penalty cost karena dengan adanya penjadwalan dapat mengurangi keterlambatan pekerjaan (sesuai deadline).
4. Mendukung proses pengambilan keputusan dalam perencanaan kapasitas produksi pabrik sehingga biaya yang dikeluarkan sedikit.

2.3 Input dan Output Penjadwalan

2.3.1 Input Penjadwalan

Dalam melakukan penjadwalan, terdapat beberapa faktor yang perlu dimasukkan, yaitu berupa kebutuhan kapasitas, penugasan prioritas job dari proses yang akan dijadwalkan mencakup jenis dan jumlah sumber daya yang dibutuhkan (Amelia & Aprianto, 2011). Informasi ini dapat diperoleh dari:

1. Lembar operasi (OPC) yang mencantumkan keterampilan yang diperlukan, peralatan yang digunakan, serta waktu standar pengerjaan.
2. *Bill of Material* (BOM) yang mencantumkan daftar bagian utama, bagian tambahan, dan material pendukung yang dibutuhkan.
3. Catatan terkini mengenai statustenaga kerja dan ketersediaan peralatan, yang mempengaruhi kualitas keputusan dalam penjadwalan.

2.3.2 Output Penjadwalan

Untuk memastikan agar aliran kerja dalam proses produksi tetap lancar, sistem penjadwalan perlu merancang aktivitas output (Amelia & Aprianto, 2011) sebagai berikut.

1. Pembebanan (*loading*)
Pembebanan merupakan proses menyesuaikan kapasitas yang tersedia diperusahaan dengan kebutuhan kapasitas untuk pesanan yang diterima. Proses ini dilakukan dengan menetapkan pesanan pada failitas, operator, dan peralatan tertentu.
2. Pengurutan (*sequencing*)
Pengurutan adalah proses menentukan prioritas pesanan yang harus diproses terlebih dahulu ketika suatu fasilitas harus menangani banyak pekerjaan.
3. Prioritas *job* (*dispatching*)
Prioritas *job* adalah penentuan pekerjaan yang akan dipilih dan diutamakan untuk diproses lebih dahulu.
4. Pengendalian kinerja penjadwalan, dilakukan dengan :
 - a. Memantau status pesanan melalui sistem tertentu.
 - b. Mengatur ulang urutan proses, seperti mempercepat pengerjaan pesanan yang tertinggal jauh atau memiliki prioritas utama.

5. Pembaruan jadwal

Pembaruan jadwal dilakukan untuk mencerminkan kondisi operasional yang sebenarnya dengan menyesuaikan kembali prioritas.

2.4 Kriteria Dalam Penjadwalan

Beberapa kriteria yang digunakan dalam pejadwalan beserta definisi masing-masing kriteria (Amelia & Aprianto, 2011), antara lain :

1. Waktu proses (t_i), merupakan durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (job) dari mulai dikerjakan sampai job tersebut diselesaikan.
2. *Ready time* (r_i), merupakan durasi yang mengindikasikan kapan sebuah pekerjaan siap untuk diproses.
3. *Waiting time* (W_i), merupakan durasi yang dihabiskan suatu pekerjaan dalam antrean sebelum ditangani.
4. *Due date* (d_i), merupakan tenggat waktu dimana tahap akhir dari suatu proses dari suatu pekerjaan harus sudah diselesaikan.
5. *Flow time* (F_i), merupakan total durasi yang dibutuhkan suatu pekerjaan selama berada di rantai produksi. Dengan kata lain, flow time yaitu akumulasi durasi yang dihabiskan suatu pekerjaan saat menunggu sebelum diproses dan waktu yang digunakan selama proses pengerjaan. Persamaan dapat ditampilkan pada persamaan (1).

$$F_i = t_i + W_i \quad (1)$$

6. *Completion time* (C_i), merupakan waktu penyelesaian tahapan terakhir dari suatu pekerjaan (job). Persamaan dapat ditampilkan pada persamaan (2).

$$\begin{aligned} C_i &= F_i + r_i \\ L_i &= C_i + d_i \end{aligned} \quad (2)$$

7. *Slack time* (SL_i) adalah durasi tambahan yang digunakan untuk suatu pekerjaan (job) karena tahapannya selesai lebih singkat dari tenggat waktu (*due date*). Persamaan dapat ditampilkan pada persamaan (3).

$$SL_i = d_i + t_i \quad (3)$$

8. *Makespan* (M) merupakan jumlah keseluruhan waktu yang diperlukan dalam suatu penjadwalan untuk menuntaskan keseluruhan pekerjaan yang dijadwalkan.

$$C_{max} = \max \{C_i\} \quad (4)$$

2.5 Ukuran Keberhasilan Dalam Penjadwalan

Ukuran keberhasilan dalam menjalankan kegiatan pengaturan jadwal, khususnya dalam sistem *job shop*, diukur dengan meminimalkan beberapa kriteria sebagai berikut (Nurainun & Sari, 2019) :

1. Rata-rata waktu alir (*mean flow time*)
2. *Makespan*, jumlah keseluruhan waktu yang diperlukan dalam suatu penjadwalan untuk menuntaskan keseluruhan pekerjaan yang dijadwalkan.
3. Rata-rata waktu keterlambatan (*mean tardiness*).
4. Total pekerjaan yang mengalami keterlambatan, akan meminimalkan nilai keterlambatan maksimum.
5. Total mesin yang tidak digunakan.
6. Total stock yang tersedia.

2.6 Jenis-jenis Penjadwalan

2.6.1 Penjadwalan Jobshop

Penjadwalan jobshop merupakan sistem produksi yang menghasilkan produk dengan alur proses bervariasi, dimana urutan proses satu produk dapat berbeda atau bahkan berbalik dengan produk lainnya (Hermawan, 2019).

2.6.2 Penjadwalan Flowshop

Penjadwalan flowshop adalah sistem produksi dimana setiap produk mengikuti rangkaian atau susunan proses yang serupa. Aliran proses seluruh produk memiliki sifat yang tidak berubah (Hermawan, 2019).

Beberapa asumsi yang menjadi dasar dalam beberapa kendala dalam penjadwalan produksi flowshop antara lain :

1. Setiap operasi dalam satu pekerjaan (job) tidak dapat beroperasi secara serentak.
2. Suatu pekerjaan perlu diselesaikan pada satu mesin terlebih dahulu sebelum dapat diproses pada mesin berikutnya.
3. Segala pekerjaan perlu diselesaikan secara keseluruhan.
4. Waktu proses untuk setiap pekerjaan bersifat tetap atau konstan .

2.7 Cross Entropy-Genetic Algorithm

Metode *Cross Entropy-Genetic Algorithm* merupakan metode yang relatif terkini, dirancang agar memperoleh rangkaian solusi dengan cepat mendekati penyelesaian proses iterasi. Dengan mengoptimalkan makespan, metode ini bertujuan untuk meminimalkan waktu proses, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dalam produksi. Tujuan pembangunan ini adalah memperbesar pencarian solusi dalam sampel elit *Cross Entropy* (CE) saat mencapai titik terbaik lokal dengan menerapkan proses crossover dan mutasi dari *Genetic Algorithm* (GA).

Kelebihan CE GA :

1. Kemampuan Eksplorasi dan Eksploitasi yang baik.
2. Computation time yang lebih singkat.
3. Fleksibilitas dalam representasi solusi.
4. Kemampuan paralelisasi.
5. Adaptasi dinamis terhadap ruang solusi.

Kekurangan CE GA :

1. Kompleksitas komputasi tinggi.
2. Ketergantungan pada parameter.
3. Kebutuhan untuk evaluasi banyak individu.
4. Implementasi yang lebih kompleks.
5. Tidak selalu lebih baik dibandingkan pendekatan lain.

Langkah-langkah *Cross Entropy-Genetic Algorithm* sebagai berikut :

1. Inisialisasi Parameter
Dalam tahap ini, ditetapkan nilai parameter yang mencakup : jumlah sampel (N), parameter kejarangan (ρ), koefisien penghalusan (α), parameter vektor (v), dan jumlah iterasi.
2. Pembangkitan Sampel
Pada tahap ini melibatkan pembuatan sampel yang akan digunakan dalam pencarian solusi.
3. Perhitungan Fungsi Tujuan
Sampel yang telah dibangkitkan dievaluasi dengan memasukkannya ke dalam fungsi tujuan, lalu hasilnya diurutkan dari nilai terkecil hingga terbesar.
4. Penentuan Sampel Elit
Sejumlah sampel elit dipilih sebanyak $\rho \times N$ dari keseluruhan sampel yang diperoleh berdasarkan nilai fungsi tujuannya.

5. Pembobotan Sampel Elit

Sampel elit yang telah dipilih diberi bobot sesuai dengan urutan nilainya. Bobot ini nantinya digunakan sebagai dasar dalam menentukan tingkat elitisme sampel.

6. Perhitungan Linier Fitness Ranging (LFR)

Pada proses ini digunakan dalam proses penentuan induk untuk tahapan *crossover*. LFR diperoleh melalui rumus :

$$LFR(I(N-i+1)) = F_{max} - (F_{ma} - F_{min}) * ((i-1)/(N-1)) \quad (5)$$

7. Update Parameter

Pada setiap iterasi dilakukan proses update parameter *crossover*. Semakin tinggi nilai parameter *crossover*, semakin banyak sampel yang akan mengalami proses *crossover*. Rumus update parameter pindah silang dapat dilihat pada persamaan (6).

$$P_{ps(i)} = (1 - \alpha) * \mu + P_{ps(i+1)} * \alpha$$

$$\mu = \frac{\overline{Z_e}}{2 * Z_{best}} \quad (6)$$

8. Elitisme

Langkah ini memiliki tujuan untuk mempertahankan sampel dengan nilai fungsi tujuan terbaik di setiap iterasi. Sampel terbaik ini akan tetap ada dan digunakan kembali dalam populasi sampel pada ieterasi berikutnya.

9. Pemilihan Induk Silang

Dua kromosom dipilih sebagai induk untuk proses *crossover* berdasarkan nilai *fitness-nya*.

1. Seleksi induk 1

Induk pertama dipilih dari sampel elit yang memiliki nilai terbaik dalam perhitungan sebelumnya.

2. Seleksi induk 2

Induk kedua dipilih berdasarkan penilaian dari seluruh sampel menggunakan nilai LFR. Jika perbandingan antara kumulatif LFR dan total LFR lebih tinggi dari nilai acak yang dihasilkan, maka sampel tersebut ditetapkan sebagai induk kedua.

10. *Crossover* (Pindah Silang)

Pada tahap ini, dua induk disilangkan untuk menghasilkan kromosom baru, sehingga menciptakan individu yang lebih baik dan lebih optimal.

$$r_i = \text{ceil}(\text{random} * n) \quad (7)$$

11. Mutasi

Mutasi merupakan tahapan untuk menghasilkan individu yang berbeda dari yang telah ada. Banyaknya kromosom yang mengalami mutasi dipengaruhi oleh besarnya probabilitas mutasi (P_m) menentukan jumlah kromosom yang mengalami akan mutasi, semakin tinggi probabilitas mutasi semakin banyak kromosom yang dimutasi. Berikut jenis mutasi :

1. *Flip mutation* (membalik)
2. *Swap mutation* (menukar)
3. *Slide mutation* (menggeser)

Nilai parameter mutasi dihitung menggunakan rumus berikut (8) :

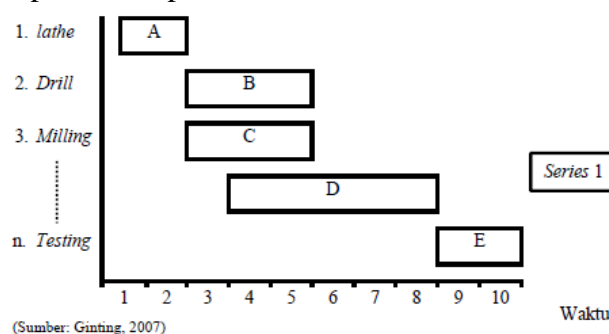
$$P_m = \frac{P - ps}{2} \quad (8)$$

12. Menghitung Nilai Fungsi Tujuan dari Populasi Baru

Pada tahap ini, populasi sampel diperbarui dengan anggota baru yang berasal dari sampel hasil elitisme, sampel hasil hasil *crossover* dan sampel hasil mutasi.

2.9 Gantt chart

Gantt chart biasanya terdiri dari dua bagian utama, dimana salah satu sumbu menunjukkan waktu yang diperlukan sedangkan sumbu yang lain menyatakan kegiatan atau tugas yang dilakukan. Penggunaan Gantt chart dalam proses *loading* adalah metode yang paling dasar, tertua dan paling umum digunakan dalam berbagai aktivitas penjadwalan. Contoh gantt chart dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 *Gantt Chart*

2.10 Biaya Operasional

Biaya operasional merupakan pengeluaran yang tidak langsung terkait dengan produk perusahaan, namun berhubungan dengan kegiatan operasional harian pada perusahaan (Suzan & Ayunina, 2022).