

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN KERANGKA PEMIKIRAN

2.1 Kajian Pustaka

Pada kajian pustaka, akan dijabarkan mengenai teori-teori yang menjadi landasan dari penelitian yang dilaksanakan. Teori yang didapatkan bersumber dari berbagai jurnal ilmiah, buku, serta penelitian terdahulu. Adapun yang akan dibahas di dalam kajian pustaka ini adalah mengenai pengertian manajemen, manajemen operasi, serta penjadwalan produksi.

2.1.1 Manajemen

Ilmu manajemen sangat berguna bagi setiap perusahaan. Manajemen dapat membantu perusahaan dalam mengatur aktifitas perusahaan berupa perencanaan, pengorganisasian, penggerakan, dan pengendalian berbagai sumber daya dalam menjalankan kegiatan operasionalnya agar tujuan perusahaan dapat tercapai dengan efektif dan efisien.

2.1.1.1. Pengertian manajemen

Manajemen merupakan hal pokok yang harus ada pada perusahaan. Manajemen dapat berperan sebagai pengaturan berbagai kegiatan yang akan dilaksanakan oleh perusahaan. Menurut Herry, dkk (2019:4) dalam pengertian manajemen terdapat dua kata kunci, yaitu seni dan proses. Proses dapat diartikan sebagai langkah-langkah sistematis untuk mencapai tujuan. Langkah-langkah dalam manajemen urutannya adalah melakukan perencanaan, kemudian pengorganisasian, selanjutnya pengarahan serta diakhiri dengan pengawasan. Di sisi lain, jika proses dapat

dilaksanakan dengan benar, maka dapat dikatakan sebagai seni. Berdasarkan uraian tersebut, manajemen dapat disimpulkan sebagai suatu seni dan/atau proses merencanakan, mengorganisasikan, mengarahkan, dan mengawasi berbagai sumber daya untuk mencapai suatu tujuan tertentu.

Mujito (2023:2) mengemukakan bahwa manajemen adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan oleh individu atau kelompok untuk merencanakan, mengorganisasi, mengarahkan, dan mengendalikan sumber daya (seperti manusia, uang, material, dan waktu) untuk mencapai tujuan organisasi yang telah ditetapkan. Manajemen mencakup banyak aspek, termasuk pengambilan keputusan, perencanaan strategis, pengaturan sumber daya, memotivasi dan mengarahkan karyawan, mengukur kinerja, dan memantau dan mengevaluasi hasilnya. Tujuan manajemen adalah untuk mencapai tujuan organisasi secara efektif dan efisien, dan dalam beberapa aksus juga untuk memaksimalkan laba dan nilai bagi pemegang saham.

menurut pendapat Roni (2020:1) secara etimologis, manajemen berasal dari berbagai bahasa, yang pertama yaitu berasal dari bahasa Prancis kuno yakni *menagement* yang berarti senimelaksanakan dan mengatur. Lalu, dalam bahasa Italia yaitu *meneggiare* yang memiliki arti mengendalikan. Sedangkan dalam bahasa Inggris berasal dari kata *to manage* yang artinya mengelola atau mengatur. Adapun definisi manajemen secara etimologis dapat disimpulkan bahwa manajemen merupakan sebuah aktivitas mengatur atau mengelola.

Berdasarkan pendapat menurut para ahli di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa manajemen memiliki arti sebagai sebuah proses dari aktifitas

yang sudah diatur oleh perusahaan berdasarkan perencanaan yang sudah ditentukan untuk mencapai tujuan organisasi.

2.1.1.2. Fungsi Manajemen

Menurut Roni (2020:10) sebuah perusahaan dibangun dengan memiliki suatu tujuan yang dijadikan sebagai target capaian oleh seluruh anggota perusahaan baik jangka pendek maupun jangka panjang. Tujuan tersebut dapat dicapai apabila perusahaan mampu mengoptimalkan manfaat semua sumber daya yang dimiliki. Oleh para ahli, dalam ilmu manajemen dikenal dengan fungsi manajemen. Berikut penjelasan mengenai fungsi-fungsi manajemen:

1. Fungsi *Planning* (perencanaan)

Perencanaan adalah proses yang mendefinisikan tujuan dari organisasi, membuat strategi yang akan digunakan untuk mencapai tujuan dari organisasi, serta mengembangkan rencana aktivitas kerja organisasi. Dalam mengawali setiap aktivitas pada sebuah pekerjaan dalam organisasi bisnis, dibutuhkan fungsi perencanaan sebagai tahapan pertama untuk menentukan arah dan tujuan organisasi bisnis ke depan.

2. Fungsi *Organizing* (pengorganisasian)

Pengorganisasian didefinisikan sebagai proses kegiatan penyusunan atau alokasi sumber daya organisasi dalam bentuk desain organisasi atau struktur organisasi sesuai dengan tujuan perusahaan yang tertuang di dalam visi dan misi perusahaan, sumber daya organisasi, dan lingkungan bisnis perusahaan.

3. Fungsi *Actuating* (pelaksanaan)

Pelaksanaan adalah suatu tindakan untuk mengusahakan agar semua anggota kelompok berusaha untuk mencapai sasaran yang sesuai dengan perencanaan manajerial dan usaha-usaha organisasi. Dengan kata lain, sebuah pelaksanaan adalah proses implementasi dari segala bentuk rencana, konsep, ide, dan gagasan yang telah sebelumnya disusun, baik pada level manajerial maupun level operasional dalam rangka mencapai tujuan, yaitu visi dan misi organisasi.

4. Fungsi *Controlling* (kontrol/evaluasi)

Kontrol adalah salah satu fungsi manajemen untuk melakukan kontrol atau evaluasi terhadap kinerja organisasi. Dalam hal ini guna memastikan bahwa apa yang sudah direncanakan, disusun, dan dijalankan dapat berjalan sesuai dengan aturan main atau prosedur yang telah dibuat. Selain itu fungsi manajemen ini akan bisa memonitor kemungkinan ditemukannya penyimpangan dalam praktik pelaksanaannya, sehingga bisa segera terdeteksi lebih dini untuk dapat dilakukan upaya pencegahan dan perbaikan.

Pengaktualisasian hingga pengendalian adalah bagian penting yang harus dijalani oleh perusahaan. Dengan menjalankan fungsi dari manajemen tersebut perusahaan dapat berjalan dengan baik dan semestinya sehingga dapat perusahaan dapat mencapai tujuan yang sudah ditentukan.

2.1.1.3. Unsur-unsur Manajemen

Unsur-unsur manajemen merupakan elemen penting dalam perusahaan yang harus dikelola secara efektif agar tujuan dari perusahaan dapat tercapai. Menurut George R. Terry dalam Mujito (2023:12) sumber daya pokok organisasi terdiri dari:

1. Man (manusia): sumber daya manusia meliputi karyawan, manajer, pemimpin, dan tenaga kerja lainnya yang memungkinkan organisasi untuk mencapai tujuan.
2. Money (keuangan): sumber daya keuangan terdiri dari modal, dana, dan semua sumber daya keuangan lain yang diperlukan untuk operasi dan pengembangan organisasi.
3. Material (bahan): sumber daya material terdiri dari semua bahan mentah, bahan produksi, atau produk jadi yang dibutuhkan untuk operasi organisasi.
4. Machine (mesin dan peralatan): sumber daya mesin dan peralatan meliputi semua peralatan, mesin, dan teknologi yang digunakan dalam operasi organisasi.
5. Methods (metode): sumber daya metode mencakup semua prosedur, metode, dan proses operasi yang digunakan dalam organisasi.
6. Unsur lainnya ada *market* (pasar) yang perlu diketahui oleh perusahaan. Pemahaman akan pasar akan bermanfaat untuk mengetahui halangan dan rintangan yang ada, berupa perusahaan atau produk kompetitor.

2.1.2 Manajemen Operasi

Manajemen operasi adalah bidang manajemen yang berfokus pada pengelolaan proses produksi dan operasional dalam sebuah perusahaan. Tujuan utama dari manajemen operasi adalah memastikan bahwa produk yang dihasilkan berupa barang atau jasa sesuai dengan standar kualitas, diproduksi secara efisien, dan memenuhi kebutuhan konsumen.

2.1.2.1 Pengertian Manajemen Operasi

Manajemen operasi merupakan salah satu dari fungsi manajemen. Manajemen operasi berkaitan langsung dengan proses produksi barang dan jasa. Produksi merupakan proses terjadinya penciptaan suatu produk. Manajemen operasi dibutuhkan untuk melaksanakan keputusan-keputusan guna mengatur dan mengelola sumber daya yang ada.

Menurut Siti Rochmah (2022:2) manajemen operasi adalah suatu kombinasi aktivitas untuk mengubah input seperti bahan baku, sumber daya dan lainnya menjadi output berupa barang dan jasa yang telah diberikan suatu nilai sehingga dapat berguna dan memiliki nilai tambah untuk memenuhi kebutuhan konsumen atau pelanggan yang dapat digunakan oleh perusahaan yang berguna untuk kegiatan produksi perusahaan.

Dalam Budi Harsanto (2022:1) manajemen operasi menurut Jay Heizer dan Render didefinisikan sebagai *“the set of activities that creates value in the form of good and services by transforming inputs into outputs”*. Sedangkan menurut Chase dan Jacobs, manajemen operasi didefinisikan sebagai *“the design, operations and improvement of the systems that create and deliver the firms’s primary products and services”*. Sehingga sederhananya, manajemen operasi ialah serangkaian aktivitas untuk menghasilkan produk secara efektif dan efisien melalui pendayagunaan sumber daya yang ada.

Menurut Nigel Slack dan Alistair Brandon (2018:4) mengemukakan bahwa *“operations and process management is the activity of managing the resources and processes that produce and services, for internal and external customers”*.

Berdasarkan pendapat ahli di atas dapat diambil kesimpulan bahwa manajemen operasi merupakan suatu kegiatan untuk memproses input berupa bahan mentah menjadi output berupa barang dan jasa.

2.1.2.2 Ruang Lingkup Manajemen Operasi

Ruang lingkup manajemen operasi menurut Mohammad Zainul (2019:5) mencakup perencanaan atau penyiapan sistem produksi dan operasi, pengendalian sistem produksi dan operasi, serta sistem informasi produksi. Berikut penjabaran mengenai perancangan, pengendalian, dan sistem informasi produksi:

1. Perancangan sistem produksi

Perancangan berfungsi untuk memberikan arahan bagi kegiatan operasi dan produksi agar pelaksanaan terarah untuk mencapai tujuan yang sudah ditentukan, serta fungsi produksi dapat terlaksana secara efektif dan efisien.

Perancangan sistem produksi meliputi:

- a. Seleksi dan rancangan hasil produksi (produk), kegiatan produksi dan operasi harus bisa menghasilkan produk berupa barang atau jasa secara efektif dan efisien serta bermutu atau kualitas yang baik.
- b. Seleksi dan perancangan proses dan peralatan. Setelah produk didisain, selanjutnya menentukan jenis proses serta peralatan yang akan digunakan.
- c. Pemilihan lokasi dan site perusahaan serta unit perusahaan. Kelancaran produksi dan operasi sangat dipengaruhi oleh kelancaran mendapat sumber daya dan masukan, serta kelancaran dan biaya supply produk yang dihasilkan.
- d. Rancangan tata letak (*lay-out*) dan arus atau proses kerja.

- e. Rancangan tugas pekerja. Rancangan tugas ini merupakan bagian integral dari rancangansistem. Dalam melaksanakan fungsi produksi dan operasi maka organisasi kerja harus disusun, karena organisasi kerja merupakan dasar dari pelaksanaan tugas pekerjaan, merupakan alat atau wadah kegiatan yang hendaknya dapat membantu pencapaian tujuan perusahaan.
- f. Startegi produksi dan operasi serta pemilihan kapasitas.

2. Pengendalian sistem produksi dan operasi

Pengendalian dan pengawasan sistemproduksi berguna untuk menjamin kegiatan produksi dan operasi berjalan sesuai dengan rencana, serta apabila terjadi kesalahan dapat dikoreksi sehingga dapat dievaluasi. Pengendalian sistem produksi dan operasi ini mencakup:

- a. Pengendalian persediaan dan pengadaan bahan
- b. Pemeliharaan atau perawatan mesin dan peralatan
- c. Pengendalian mutu terjaminnya output dari proses produksi
- d. Manajemen tenaga kerja. Terjaminnya kemampuan dan keterampilan tenaga kerja
- e. Pengendalian biaya dan pengendalian produksi. Pengendakian tersebut dilakukan agar terjaminnya rencana produksi berjalan sesuai rencan

3. Sistem informasi produksi

Sistem informasi produksi memiliki cakupan sebagai berikut:

- a. Struktur organisasi. Sistem informasi yang dibutuhkan sangat tergantung pada kebutuhan pengelolanya, oleh karena itu bentuk atau jenis sistem informasi yang diperlukan harus sesuai dengan level manajemennya:

- 1) Manajemen level atas: untuk merencanakan strategi, kebijakan, dan pengambilan keputusan.
 - 2) Manajemen level menengah: untuk perencanaan taktis dan pengambilan keputusan
 - 3) Manajemen level bawah: untuk perencanaan dan pengawasan operasi dan pengambilan keputusan
 - 4) Operator: untuk pemrosesan dan merespon permintaan
- b. Produksi atas dasar pesanan: sistem informasi produksi atas dasar pesanan merupakan merupakan suatu strategi menunggu hingga saldo suatu jenis barang mencapai tingkat tertentu dan kemudian memicu pesanan pembeli.
- c. Produksi untuk persediaan (pasar): sistem informasi produksi untuk persediaan adalah suatu strategi proaktif yaitu mengidentntifikasi material, jumlah dan tanggal yang dibutuhkan. Sistem informasiproduksi untuk persediaan memiliki 4 komponen yaitu:
- 1) Sistem penjadwalan produksi
 - 2) Sistem material requerement planning
 - 3) Sistem capacity requerement planning
 - 4) Sistem pelepasan pesanan

Menurut Anwar, dkk (2024:2) ruang lingkup manajemen operasi memiliki cakupan yang luas dan melibatkan banya aspek, yaitu:

1. **Perencanaan dan pengembangan produksi:** dimana berugas sebagai penentuan apa yang harus diproduksi, kapan, dan dalam jumlah berapa. Ini melibatkan jadwal produksi, pengelolaan inventaris, dan memastikan bahwa

proses produksi berjalan sesuai rencana. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meminimalkan biaya produksi, sambil memenuhi permintaan pelanggan tepat waktu.

2. **Pengelolaan kualitas:** merupakan proses yang memastikan produk atau jasa yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Ini mencakup aktivitas seperti inspeksi, pengujian, dan pengendalian kualitas. Dalam konteks ini, manajemen operasional bertanggung jawab untuk menerapkan sistem dan prosedur yang memastikan kualitas produk tetap konsisten dan memenuhi harapan pelanggan.
3. **Pengelolaan rantai pasok:** mencakup semua kegiatan yang terlibat dalam pengadaan bahan baku, produksi, dan distribusi produk akhir kepada pelanggan. Manajemen operasional harus memastikan setiap tahapan dalam rantai pasok bekerja dengan efisien dan efektif. Ini termasuk pengelolaan hubungan dengan pemasok, pengendalian persediaan, dan logistik. Efisiensi dalam rantai pasok dapat mengurangi biaya dan meningkatkan kecepatan pengiriman produk.
4. **Pengelolaan sumber daya manusia:** ini mencakup proses perekrutan, pelatihan, dan pengembangan karyawan yang terlibat dalam proses operasional. Manajemen operasional harus memastikan tenaga kerja memiliki keterampilan yang diperlukan dan termotivasi untuk mencapai tujuan organisasi.
5. **Pengelolaan teknologi:** penggunaan teknologi dalam manajemen operasional dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses. Teknologi informasi, otomatisasi, dan inovasi teknis lainnya dapat membantu dalam mengelola produksi, mengendalikan kualitas, dan mengoptimalkan rantai pasok.

Perkembangan teknologi harus dipantau dan mengintegrasikannya ke dalam proses operasional untuk mempertahankan keunggulan kompetitif.

6. **Pengelolaan proyek:** ini mencakup perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan proyek yang bersangkutan dengan operasional. Ini termasuk pengembangan produk baru, peningkatan fasilitas produksi, dan implementasi produk baru. Manajemen operasional bertanggung jawab untuk memastikan bahwa proyek diselesaikan tepat waktu, sesuai anggaran, dan mencapai hasil yang diharapkan.

2.1.2.3 Pentingnya Manajemen Operasi

Terdapat alasan penting mengapa manajemen operasi perlu untuk dipelajari dan dipahami. Menurut Siti Rochmah (2022:5) terdapat empat alasan mempelajari manajemen operasi, yaitu:

1. Manajemen operasi merupakan satu fungsi utama pada sebuah perusahaan selain fungsi pemasaran dan keuangan yang saling berhubungan sangat erat dengan fungsi bisnis yang lain. Seluruh perusahaan memasarkan atau menjual, mencatat laba rugi dan memproduksi atau mengoperasikan. Maka bagaimana kegiatan manajemen operasi bisa berjalan dengan baik bisa jadi sangat penting untuk kita ketahui. Tujuan perusahaan mencari laba. Laba tergantung pada berapa jumlah pendapat yang diterima, dan berapa biaya yang dikeluarkan. Manajemen operasi adalah bisa menjadi opsi utama perusahaan dalam menekan biaya yang ada.
2. Manajemen operasi akan memberi tahu kita yang ingin mengetahui bagaimana sebuah barang atau jasa dihasilkan.

3. Mempelajari manajemen operasi supaya bisa memahami apa yang dikerjakan oleh manajer operasi. Kita bisa membangun keahlian yang diperlukan untuk bisa menjadi seorang manajer operasi. Tentu saja hal ini dapat membantu kita dalam menjelajahi setiap kesempatan kerja yang menarik di bidang manajemen operasi.
4. Memahami manajemen operasi karena pada bagian manajemen ini adalah bagian yang bisa dibilang paling banyak menyedot biaya dalam sebuah perusahaan. Sebagian besar pengeluaran yang dikeluarkan perusahaan dipergunakan untuk menjalankan fungsi manajemen operasi. Tetapi meskipun begitu, manajemen operasi memberi banyak peluang dalam meningkatkan keuntungan perusahaan dan pelayanan terhadap kepuasan konsumen.

2.1.3 Penjadwalan

Penjadwalan merupakan salah satu aktivitas yang diperlukan oleh perusahaan guna menentukan waktu dan urutan dari aktivitas produksi. Penjadwalan dapat membantu Perusahaan dalam menggambarkan kegiatan produksi yang akan dilakukan sehingga perusahaan dapat memperkirakan waktu penyelesaian dan juga biaya yang diperlukan. Hal ini dapat membantu perusahaan dalam mengurangi sedini mungkin jika terjadi penyimpangan pada proses produksi.

2.1.3.1 Pengertian Penjadwalan

Penjadwalan merupakan sebuah proses yang mengatur dan menggambarkan kapan sebuah proyek akan dilaksanakan dan waktu selesainya. Menurut R. Baker dan Trietsch (2019:2) jadwal dapat memberikan informasi kapan sesuatu seharusnya terjadi, jadwal menunjukkan rencana untuk waktu kegiatan tertentu.

Jadwal berisi sekumpulan tugas yang harus dilakukan dan sekumpulan sumber daya yang tersedia untuk melakukan tugas-tugas tersebut.

Menurut Mohammad Adjie Irfansah, dkk (2023) penjadwalan merupakan proses perencanaan pengalokasian sumber daya dalam mengerjakan aktivitas pada suatu waktu tertentu selanjutnya dilakukan pengurutan kerja pada setiap pusat pemrosesan untuk mencapai optimasi dalam pengerjaannya.

Menurut Nurul Hidayat, dkk (2024:119) penjadwalan adalah proses penentuan urutan, waktu, dan alokasi sumber daya untuk menyelesaikan serangkaian tugas atau kegiatan dalam waktu yang ditentukan.

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa penjadwalan merupakan pengalokasian sumber daya yang terbatas untuk melaksanakan tugasnya dan menentukan kapan waktu tugas tersebut akan terlaksana.

2.1.3.2 Tujuan Penjadwalan Produksi

penerapan penjadwalan tidak hanya merencanakan pekerjaan saat melewati sistem operasional saja tetapi juga menugaskan personel, peralatan, material, dan sumber daya lainnya untuk setiap tahap. Menurut K. R. Baker Trietsch dalam Dana Marsetiya (2023:6) terdapat beberapa tujuan dari penerapan penjadwalan pada sistem produksi, yaitu:

1. Meminimasi waktu menganggur (*idle time*) pada mesin, sehingga produktivitas mesin dapat meningkat.
2. Meminimasi persediaan produk WIP (*work in process*) yang disebabkan oleh antrian proses pada suatu mesin. pwnngurangan persediaan ini bisa diatasi dengan

pengurangan jumlah rata-rata *job* yang menunggu pada sebuah antrian mesin.

3. Meminimasi keterlambatan (melampaui *due date*) melalui cara meminimasi maksimum keterlambatan, dan meminimasi total *job* yang terlambat.
4. Meminimasi biaya pada produksi.
5. Meminimasi resiko denda dengan cara pemenuhan *due date*, karena ketika terjadi keterlambatan dapat dikenakan denda sesuai dengan kesepakatan.

Ada beberapa tipe keputusan pada perencanaan penjadwalan, yaitu:

1. *Sequencing* (pengurutan pekerjaan)
2. *Dispatching* (penugasan)
3. *Routing* (pengurutan operasi suatu job)
4. *Timing* (penentuan waktu mulai dan waktu selesai job)

Dari tujuan tersebut dapat dipahami alasan penerapan penjadwalan untuk proses produksi, yaitu agar proses produksi berjalan dengan efektif dan efisien serta membantu dalam mengurangi resiko keterlambatan yang ekstrim.

2.1.3.3 Terminologi Dalam Penjadwalan

Dalam penjadwalan terdapat beberapa terminologi yang umum digunakan, menurut Suradi (2022:48) istilah yang perlu dipahami dalam penjadwalan, yaitu:

1. ***Processing time* (p_i)**

Processing time atau waktu proses adalah waktu untuk penyelesaian *job* ke- i yang sudah mencakup waktu persiapan dan waktu setup mesin.

2. ***Due date* (d_i)**

Due date adalah batas waktu sebuah *job* harus diselesaikan.

3. *Slack time* (S_i)

Slack time adalah waktu sisa dari proses produksi suatu *job*. $L_i = d_i - t_i$

4. *Completion time* (C_i)

Completion time atau waktu penyelesaian adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses suatu *job* sejak $t = 0$ hingga *job* selesai.

5. *Flowtime* (F_i)

Flow time adalah *routing* waktu dimulai dari *job* siap untuk dikerjakan sampai dengan *job* selesai dikerjakan. $F_i = C_i - r_i$

6. *Lateness* (L_j)

Lateness adalah pengerjaan suatu *job* yang melebihi dari tanggal jatuh tempo (*due date*). $L_j = C_j - d_j$

7. *Tardiness* (T_j)

Tardiness adalah *lateness* dari suatu *job* yang bernilai positif atau *job j* diselesaikan lebih awal dari tanggal jatuh tempo ataupun selesai tepat waktu.

8. *Makespan* (M)

Makespan adalah waktu total yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan dalam suatu jadwal. *Makespan* sama dengan waktu penyelesaian pekerjaan terakhir yang meninggalkan sistem.

9. *Earliness* (E_i)

Earliness adalah pernyataan *job* diselesaikan sebelum *due date*.

10. *Idle time*

Idle time adalah waktu ketika mesin atau sumber daya tidak digunakan meskipun tersedia untuk digunakan.

11. *Ready Time (R_i)*

Ready time adalah saat *job* ke-I dapat diproses.

Terminologi atau istilah ini perlu dipahami agar terjadi komunikasi yang jelas dan terhindar dari ambiguitas dan kesalahpahaman.

2.1.3.4 Klasifikasi penjadwalan produksi

Menurut Forgarty dalam Danan Marsetya (2023:187) terdapat beberapa aturan pengurutan *priority dispatching* yang sering digunakan dalam melakukan penjadwalan sebagai berikut:

1. *Random* adalah aturan prioritas ini akan mengurutkan *job* secara acak (*random*) karena setiap *job* memiliki probabilitas yang sama untuk dipilih.
2. *FCFS (first come first served)* adalah aturan yang memprioritaskan *job* yang memiliki waktu kedatangan paling awal akan diproses terlebih dahulu. Urutan *job* berdasarkan waktu kedatangan.
3. *EDD (earliest due date)* adalah aturan yang mengutamakan *due date* terkecil hingga terbesar untuk menentukan urutan prosesnya.
4. *Algoritma Hodson* adalah aturan yang berfungsi untuk mendapatkan jumlah minimal *job* yang mengalami keterlambatan operasi pada sumber proses.
5. *Least Working Remaining (LWR)* adalah aturan yang memprioritaskan *job* dengan sisa waktu proses terpendek. Aturan prioritas ini cocok diterapkan untuk mendapatkan nilai *meanflow time* yang minimum.
6. *SPT (short processing time)*: waktu proses paling kecil akan lebih dahulu dijadwalkan. Mengurutkan *job* dari waktu proses terkecil hingga terbesar.

7. LPT (*long processing time*): waktu proses paling lama akan dijadwalkan terlebih dahulu. Mengurutkan job dari waktu proses terbesar ke terkecil.
8. LS (*last slack*): dengan aturan ini *job* dengan *slack* bernilai lebih kecil akan lebih dahulu diproses. dimana *slack* merupakan waktu yang tersisa dari *due date* dengan waktu selesai pengerjaan *job*.

Penjadwalan merupakan proses yang akan mengatur aktivitas dalam jangka waktu tertentu yang bertujuan untuk mengoptimalkan proses produksi. Menurut Dana Masertiya (2023:19) terdapat kriteria model penjadwalan yang diterapkan pada rantai produksi yang dibagi menjadi beberapa aspek, yaitu:

1. Penjadwalan produksi bisa diklasifikasikan berdasarkan mesin (sumber daya) yang digunakan:
 - a. Penjadwalan pada *single machine* (mesin tunggal)
 - b. Penjadwalan pada *parallel machine* (mesin jamak)
2. Penjadwalan produksi diklasifikasikan berdasarkan pola aliran pada prosesnya:
 - a. Penjadwalan *flow shop*: pola aliran pada penjadwalan ini berurutan dari satu mesin ke mesin yang lain. Pada pola tipe ini setiap *job* mempunyai aliran produksi yang sama atau disebut dengan *pure flow shop*. Selain *pure flow shop* terdapat dua aliran *flow shop* yang berbeda lagi yaitu, aliran *flow shop* yang mengerjakan *job* bervariasi dan aliran *flow shop* yang memiliki *job* yang tidak harus diproses pada semua mesin atau bisa disebut dengan *general flow shop*.
 - b. Penjadwalan *job shop*: pola aliran pada penjadwalan ini bisa berbeda-beda untuk setiap *job*. Rute proses pada setiap mesin tersusun spesifik. Aliran

proses yang tidak searah membuat *job* yang masuk dan keluar dari sebuah mesin bisa berupa *job* dalam proses atau *job* jadi.

- c. Penjadwalan proyek: pola pada penjadwalan ini memiliki aliran yang berbeda-beda dan spesifik untuk setiap *job*.
3. Penjadwalan produksi bisa diklasifikasikan berdasarkan pola kedatangan *job*:
 - a. Penjadwalan statis: pada penjadwalan ini setiap *job* datang pada waktu yang sama dan siap untuk diproses di mesin yang *ready* (menganggur).
 - b. Penjadwalan dinamis: pada penjadwalan ini setiap *job* datang pada waktu yang tidak menentu.
 4. Penjadwalan produksi bisa diklasifikasikan berdasarkan sifat informasi yang diterima, yaitu:
 - a. Penjadwalan *deterministic*: penjadwalan ini memiliki informasi yang pasti. Informasi ini bisa terkait dengan *job* dan sumber daya (mesin) seperti waktu proses dan waktu datang sebuah *job*.
 - b. Penjadwalan *stokastik*: penjadwalan ini memiliki informasi yang tidak pasti, tapi mempunyai kecenderungan tertentu atau tergolong pada distribusi probabilitas tertentu. Informasi ini bisa terkait dengan *job*, yaitu waktu kedatangan, *due date*, perbedaan prioritas di antara *job* yang dijadwalkan, jumlah operasi serta waktu proses setiap *job*. Ada juga informasi terkait karakteristik mesin, seperti fleksibilitas dan efisiensi penggunaan mesin, jumlah mesin yang berbeda untuk *job* yang berbeda, kapasitas yang tersedia.

Klasifikasi pada penjadwalan memiliki kegunaan masing-masing seperti mengoptimalkan sumber daya, mengatur waktu dan memaksimalkan output.

2.1.3.4.1. Penjadwalan Single Machine

Pengurutan (*sequencing*) murni merupakan permasalahan penjadwalan khusus dimana urutan *job* sepenuhnya menentukan jadwal. Keadaan mendasar pada *single machine* ditandai dengan kondisi berikut:

- a. Terdapat n *job* operasi tunggal yang tersedia secara bersama untuk diproses dari nol.
- b. Mesin dapat memproses paling banyak satu *job* dalam satu waktu.
- c. Waktu *set-up* untuk *job* adalah independen yang tidak bergantung pada urutan *job* dan termasuk dalam waktu penyelesaian *job* (*processing time*).
- d. Deskripsi *job* telah diketahui lebih awal
- e. Mesin dapat digunakan secara terus menerus dan tidak pernah menganggur
- f. Ketika *job* mulai diproses, maka harus diselesaikan tanpa intrupsi.

Tujuan dari penjadwalan n *job* pada mesin tunggal adalah untuk memperkecil rata-rata *flow time*. Untuk mencapai tujuan tersebut digunakan aturan prioritas penjadwalan yang berdasar pada kedatangan dalam sistem. pada penjadwalan n *job* 1 mesin bisa dibagi menjadi 2 yaitu dengan *due date* dan tanpa *due date*.

1. Penjadwalan n Job Mesin Tunggal Tanpa *Due Date*

Pada penjadwalan n *job* 1 mesin biasanya menerapkan aturan FCFS (*first come first served*), SPT (*short processing time*), WSPT (*weight shortest processing time*) dan LPT (*long processing time*).

a) Penjadwalan Aturan FCFS (*First Come First Served*)

Metode FCFS (*first come first served*) mengurutkan *job* berdasarkan pada waktu kedatangan yang lebih awal maka *job* tersebut yang akan diproses terlebih dahulu.

Langkah yang dilakukan pada penjadwalan FCFS diawali dengan mengurutkan pekerjaan mulai dari yang datang terlebih dahulu kemudian menghitung kriteria evaluasi/performansi penjadwalan. Contoh kasus sebagai berikut apabila terdapat delapan pekerjaan dengan urutan pekerjaan dan waktu proses pada tabel 2.1.

Tabel 2.1
Urutan Job dan Waktu Proses

Pekerjaan (j) (1)	1	2	3	4	5	6	7	8
Waktu Proses (tj) (2)	5	8	6	3	10	14	7	3

Sumber: Buku Penjadwalan Teori dan Aplikasi, Dana Marsetiya (2023)

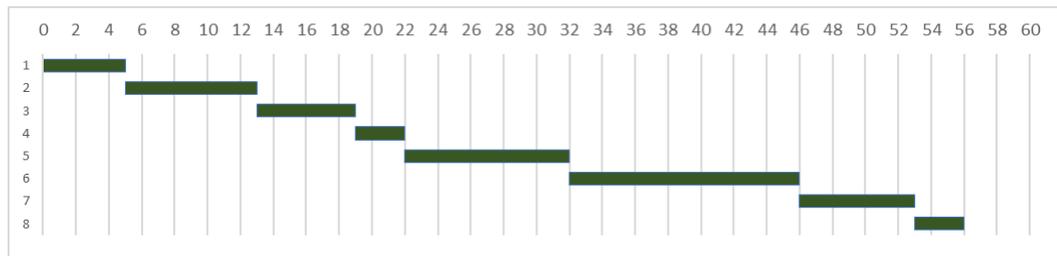
Hasil penyelesaian contoh kasus pada tabel 2.1 di atas dengan menggunakan aturan FCFS dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2
Perhitungan Kriteria Evaluasi/Performansi Penjadwalan

Pekerjaan (1)	Waktu proses (2)	Mulai (3)	Selesai (Cj) (4) = 3+2
1	5	0	5
2	8	5	13
3	6	13	19
4	3	19	22
5	10	22	32
6	14	32	46
7	7	46	53
8	3	53	56
Total	56		246
<i>Maximum flow time</i>			56
<i>Mean flow time = total/n job</i>			30,75
<i>Utilitas = $\sum t_j / \sum C_j$</i>			0,23

Sumber: Buku Penjadwalan Teori dan Aplikasi Dana Marsetiya (2023)

Dari penjadwalan FCFS (*First Come First served*) di atas dapat digambarkan visual penjadwalan dengan menggunakan *gantt chart* seperti gambar 2.1.



Gambar 2. 1
Gantt Chart dengan Aturan FCFS

b) Penjadwalan Aturan SPT (*Short Processing Time*)

Pada penjadwalan SPT (*Short Processing Time*) menerapkan penjadwalan dengan cara mendahulukan pengerjaan *job* dengan waktu proses terkecil hingga terbesar. Langkah langkah dalam pengerjaan aturan SPT dimulai dengan mengurutkan *job* berdasarkan waktu pengerjaan dari yang terbesar ke terkecil dan kemudian menghitung kriteria evaluasi/performansi penjadwalan. Contoh penyelesaian dengan aturan SPT dari kasus sebelumnya dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2. 3
Pengurutan *Job*

Pekerjaan (j) (1)	4	8	1	3	7	2	5	6
Waktu Proses (tj) (2)								

Sumber: Buku Penjadwalan Teori dan Aplikasi Dana Marsetiya (2023)

Selanjutnya menghitung kriteria evaluasi/performansi penjadwalan.

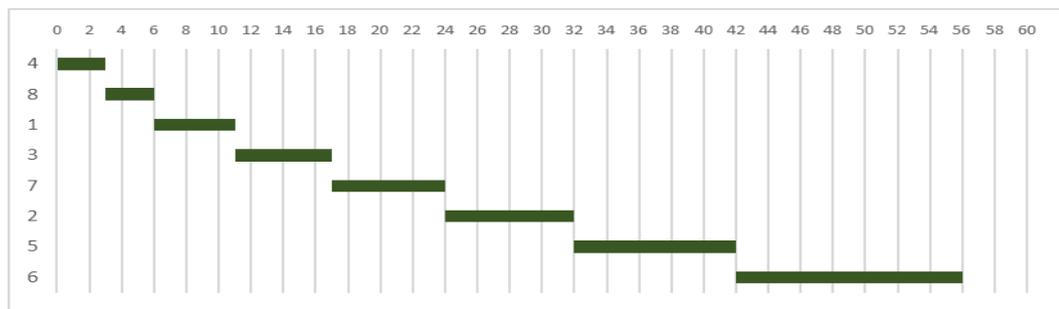
Tabel 2. 4
Perhitungan Kriteria Evaluasi

Pekerjaan (1)	Waktu proses (2)	Mulai (3)	Selesai (Cj) (4) = 3+2
4	3	0	3
8	3	3	6

1	5	6	11
3	6	11	17
7	7	17	24
2	8	24	32
5	10	32	42
6	14	42	56
Total	56		191
<i>Maximum flow time</i>			56
<i>Mean flow time = total/n job</i>			23,88
<i>Utilitas = $\sum t_j / \sum C_j$</i>			0,29

Sumber: Buku Penjadwalan Teori dan Aplikasi Dana Marsetiya (2023)

Dari penjadwalan dengan aturan SPT (*short processing time*) di atas dapat digambarkan visual penjadwalan dengan menggunakan *ganttt chart* sepertipada gambar 2.2.



Gambar 2. 2
Gantt Chart dengan Aturan SPT

c) Penjadwalan Aturan WSPT (*Weight Shortest Processing Time*)

Penerapan penjadwalan dengan aturan WSPT (*weight shortest processing time*) digunakan karena adanya perbedaan nilai setiap *job* seperti nilai penalti pada keterlambatan yang berbeda, sehingga menambahkan pembobotan pada setiap *job* akan mengurangi hasil penjadwalan. Tahapan yang diikuti pada penjadwalan ini yaitu:

- 1 menentukan bobot setiap *job* (W_i)
- 2 Menghitung nilai t_i/W_i
- 3 Mengurutkan *job* mulai dari nomor 2 terkecil hingga ke nilai terbesar

$$\frac{t_1}{W_1} \leq \frac{t_2}{W_2} \leq \dots \leq \frac{t_{n-1}}{W_{n-1}} \leq \frac{t_n}{W_n}$$

- 4 Menghitung waktu alir rata-rata pembobotan

Contoh kasus sebelumnya bila diselesaikan dengan menerapkan aturan WSPT mengikuti langkah di atas adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 5
Pembobotan *Job* dan Perhitungan Nilai t_i

Pekerjaan (1)	Waktu Proses (2)	Bobot (3)	Skor (4) = 2:3
1	5	1	5
2	8	2	4
3	6	3	2
4	3	1	3
5	10	2	5
6	14	3	4,67
7	7	1	7
8	3	2	1,5

Sumber: Buku Penjadwalan Teori dan Aplikasi Dana Marsetiya (2023)

Tabel 2. 6
Pengurutan *Job*

Pekerjaan j (1)	Waktu Proses t_j (2)	Bobot (3)	Skor (4) = 2:3
8	3	2	1.5
3	6	3	2
4	3	1	3
2	8	2	4
6	14	3	4,67
1	5	1	5
5	10	2	5
7	7	1	7

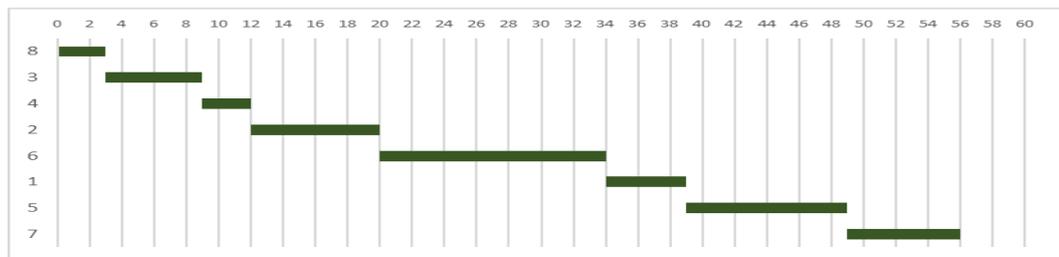
Sumber: Buku Penjadwalan Teori dan Aplikasi Dana Marsetiya (2023)

Tabel 2. 7
Perhitungan Waktu Alir

Pekerjaan j (1)	Waktu proses tj (2)	Mulai (3)	Selesai (Cj) (4) = 3+2
8	3	0	3
3	6	3	9
4	3	9	12
2	8	12	20
6	14	20	34
1	5	34	39
5	10	39	49
7	7	49	56
Total	56		222
<i>Maximum flow time</i>			56
<i>Mean flow time = total/n job</i>			27,75
<i>Utilitas = $\sum t_j / \sum C_j$</i>			0,25

Sumber: Buku Penjadwalan Teori dan Aplikasi Dana Marsetiya (2023)

Dari penjadwalan dengan aturan WSPT (*weight shortest processing time*) di atas dapat digambarkan visualnya pada *ganttt chart* seperti gambar 2.3.



Gambar 2. 3
Gantt Chart dengan Aturan WSPT

d) Penjadwalan Aturan LPT (*Long Processing Time*)

Fungsi dari penjadwalan salah satunya adalah untuk meminimasi waktu. Langkah penjadwalan pada aturan LPT yang pertama adalah mengurutkan *job* dimulai dari waktu proses yang terbesar hingga terkecil, selanjutnya menghitung

kriteria evaluasi/performansi penjadwalan. Dari contoh kasus pada tabel 2.1 apabila diselesaikan dengan aturan LPT adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 8
Pengurutan Job

Pekerjaan (j) (1)	6	5	2	7	3	1	4	8
Waktu Prose (tj) (2)	14	10	8	7	6	5	3	3

Sumber: Buku Penjadwalan Teori dan Aplikasi Dana Marsetiya (2023)

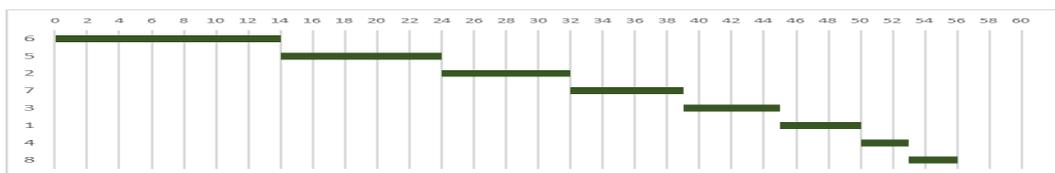
Menhitung kriteria evaluasi/performansi penjadwalan

Tabel 2. 9
Pengukuran Performansi

Pekerjaan j (1)	Waktu proses tj (2)	Mulai (3)	Selesai (Cj) (4) = 3+2
6	14	0	14
5	10	14	24
2	8	24	32
7	7	32	39
3	6	39	45
1	5	45	50
4	3	50	53
8	3	53	56
Total	56		313
<i>Maximum flow time</i>			56
<i>Mean flow time = total/n job</i>			39,13
<i>Utilitas = $\sum t_j / \sum C_j$</i>			0,18

Sumber: Buku Penjadwalan Teori dan Aplikasi Dana Marsetiya (2023)

Dari penjadwalan LPT (*long processing time*) di atas dapat digambarkan visualnya pada *ganttt chart* seperti gambar 2.4.



Gambar 2. 4
Gantt Chart dengan Aturan LPT

2. Penjadwalan n Job Mesin Tunggal Dengan Due Date

Pada penjadwalan n job 1 mesin dengan due date biasanya menerapkan aturan SPT (*short processingtime*), WSPT (*weight shortest processing time*), EDD (*earliest due date*), *slack time*, dan algoritma hodgson. Ada penambahan rumus pada hitungan kriteria evaluasi /performansi dalam penjadwalan dengan due date:

a) Penjadwalan Aturan SPT (*Short Processing Time*)

Metode SPT bertujuan untuk meminimumkan *mean flow time* (\bar{F}) dan keterlambatan (\bar{L}). Metode SPT mengurutkan pengerjaan job berdasarkan waktu proses terkecil ke terbesar. Untuk meminimumkan *mean flow time* digunakan rumus sebagai berikut:

$$\bar{F} = \sum_{j=1}^n F_j$$

Dan untuk meminimumkan rata-rata keterlambatan digunakan rumus sebagai berikut:

$$\bar{L} = \sum_{j=1}^n L_j$$

b) Penjadwalan Aturan WSPT (*weight shortest processing time*)

Metode WSPT bertujuan untuk memperkecil *mean flowtime* yang diberi bobot (\bar{F}_w) pada mesin tunggal. Job yang mempunyai bobot w_i apabila diberi bobot menjadi t_j/w_j . penjadwalan dikerjakan dengan urutan pertama t_j/w_j terkecil, sehingga diperoleh urutan

$$\frac{t_1}{w_1} \leq \frac{t_2}{w_2} \leq \dots \leq \frac{t_n}{w_n}$$

Untuk memperkecil rata-rata *mean flow time* dengan pembobotan digunakan rumus berikut:

$$\bar{F}_w = \frac{\sum_{j=1}^n w_j F_j}{\sum_{j=1}^n w_j}$$

c) Penjadwalan Aturan EDD (*earliest due date*)

Metode penjadwalan EDD (*earliest due date*) bertujuan untuk memperkecil keterlambatan yang bersifat positif. Penjadwalan dengan aturan EDD mendahulukan *job* dengan *due date* tercepat, sehingga diperoleh urutan *job* seperti:
 $d_1 \leq d_2 \leq \dots \leq d_n$

d) Penjadwalan Aturan Slack Time

Metode penjadwalan *slack time* bertujuan untuk memperkecil keterlambatan maksimum. *Lateness* yang bersifat negatif menunjukkan bahwa pekerjaan dalam keadaan baik. *Slack time* dilakukan dengan mendahulukan *job* yang memiliki *slack time* ($d_j - t_j$) yang paling kecil, sehingga diperoleh *job* dengan urutan $(d_1 - t_1) \leq (d_2 - t_2) \leq \dots \leq (d_n - t_n)$

e) Penjadwalan Aturan Hodgson

Metode penjadwalan *hodgson* bertujuan untuk memperkecil jumlah *job* yang terlambat dengan aturan EDD. Urutan penjadwalan *job* pada metode *hodgson* sama dengan urutan EDD yaitu $d_1 \leq d_2 \leq \dots \leq d_n$. jika semua *job* mempunyai nilai keterlambatan negatif, maka penjadwalan selesai, tapi jika penjadwalan memiliki

nilai keterlambatan positif maka diperlukan perbaikan hingga diperoleh nilai keterlambatan negatif.

2.1.3.4.2. Penjadwalan Mesin Paralel

Pada penjadwalan mesin paralel sering terjadi permasalahan pada pengurutan *job* guna mengoptimalkan pekerjaan. Pada penjadwalan ini biasanya kriteria evaluasi/performansi yang digunakan adalah untuk maksimum flow time, mean flow time, tardiness, lateness, dan kuantitas *job* yang mengalami keterlambatan.

a) Penjadwalan Aturan FCFS (*First Come First Served*)

Penjadwalan dengan aturan FCFS (*first come first served*) menentukan urutan *job* dengan cara mendahulukan *job* dengan waktu kedatangan paling awal. Pada mesin paralel langkah penjadwalan yang diikuti yaitu:

1. Urutkan *job* berdasarkan waktu paling awal datang
2. Jadwalkan *job* pada mesin yang memiliki minimum beban satu per satu pada *gant chart*. Jika terdapat mesin yang mempunyai nilai yang sama, maka pilih salah satu.
3. Hitung kriteria evaluasi/performansi pada masing-masing mesin dan rata-rata pada semua mesin.

b) Penjadwalan Aturan SPT (*Short Processing Time*)

Penjadwalan dengan aturan SPT (*short processing time*) berfungsi untuk meminimasi *mean flow time* di satu mesin, karena waktu proses operasi *dependent* terhadap urutan proses. Ketika proses 1,2,3...n berurutan maka waktu masing-masing operasi adalah $t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_n$. Tahapan penjadwalan dengan aturan SPT adalah:

1. Urutkan *job* mulai dari waktu proses terkecil ke terbesar
2. Gambarkan pada *gant chart job* satu per satu pada mesin yang mempunyai beban minimum. Apabila beban mesin sama pilih salah satu.
3. Jadwalkan *job* pada mesin yang memiliki minimum beban satu per satu pada *gant chart*. Jika mesin mempunyai nilai beban yang sama pilih salah satu secara acak.
4. Hitung kriteria evaluasi/performansi penjadwalan untuk masing-masing mesin dan rata-rata dari semua mesin.

c) Penjadwalan Aturan LPT (*Longest Processing Time*)

Penjadwalan aturan LPT (*longest processing time*) penjadwalan dengan mengurutkan *job* berdasarkan waktu proses produksi terpanjang. Aturan ini bertujuan untuk meminimumkan *mean flow time* pada satu mesin, karena waktu proses setiap *job dependent* terhadap urutan proses. Urutan waktu operasi yang terbentuk seperti $t_1 < t_2 < t_3 \dots < t_n$. Tahapan penjadwalan pada aturan LPT yaitu:

1. Urutkan *job* berdasarkan waktu proses dari terbesar ke terkecil
2. Gambarkan pada *gant chart job* satu per satu pada mesin yang mempunyai beban minimum. Apabila terdapat beban mesin yang sam pilih salahsatu.
3. Jadwalkan *job* pada mesin yang memiliki beban minimum satu per satu pada *gant chart*. Jika mesin memiliki beban yang sama pilih salah satu.
4. Tukar urutan *job* pada setiap mesin sampai mengikuti aturan LPT.
5. Hitung kriteria evaluasi/performansi penjadwalan pada setiap mesin dan rata-rata dari semua mesin.

d) Penjadwalan Aturan EDD (*Earliest Due Date*)

Penjadwalan dengan aturan EDD (*earliest due date*) mengurutkan *job* dimulai dengan *due date* terkecil ke terbesar ($d_1 < d_2 < d_3 \dots < d_n$). *Job* dengan *due date* terkecil akan dikerjakan terlebih dahulu. Berikut langkah-langkah dalam penjadwalan EDD:

1. Urutkan *job* dari dimulai dari *due date* paling dekat
2. Jadwalak *job* pada mesin dengan nilai beban minimum satu per satu. Jika terdapat kesamaan nilai pilih salah satu secara acak.
3. Hitung kriteria evaluasi/performansi penjadwalan untuk masing-masing mesin dan rata-rata semua mesin.

e) Penjadwalan Aturan LS (*Last Slack*)

Penjadwalan dengan aturan LS (*last slack*) mengurutkan *job* dengan nilai *slack* terkecil akan diproses terlebih dahulu. *Slack* merupakan waktu sisa dari *due date* dan waktu penyelesaian *job*. Langkah-langkah dalam penjadwalan LS yaitu:

1. Menghitung LS dengan menggunakan rumus $SL = d_j - t_j$
2. Mengurutkan *job* dimulai dari LS terkecil ke terbesar
3. Menjadwalkan *job* pada mesin yang minimum beban satu per satu pada *gant chart*. Ketika terdapat mesin dengan nilai beban yang sama pilih salah satu.
4. Hitung kriteria evaluasi/performansi penjadwalan untuk masing-masing mesin dan rata-rata dari semua mesin.

f) Penjadwalan Aturan CR (*Critical Ratio*)

Penjadwalan dengan aturan CR (*critical ratio*) mengurutkan *job* dengan nilai CR terkecil akan diproses terlebih dahulu, penjadwalan ini biasanya juga disebut

dengan rasio kritis. Nilai rasio kritis merupakan nomor indeks yang didapat dari hasil bagi antara sisa waktu sampai tanggal jatuh tempo (*due date*) dan sisa waktu kerja. Berikut langkah-langkah pada penjadwalan CR, yaitu:

1. Menghitung CR $CR = \frac{\text{due date} - \text{now}}{\text{remaining lead time}}$
2. Urutkan *job* mulai dari nilai CR terkecil ke nilai terbesar
3. Jadwalkan *job* pada mesin yang memiliki beban minimum satu per satu pada *gant chart*. Jika mesin memiliki nilai beban minimum yang sama pilih salah satu.
4. Menghitung kriteria evaluasi/performansi penjadwalan untuk masing-masing mesin dan rata-rata dari semua mesin.

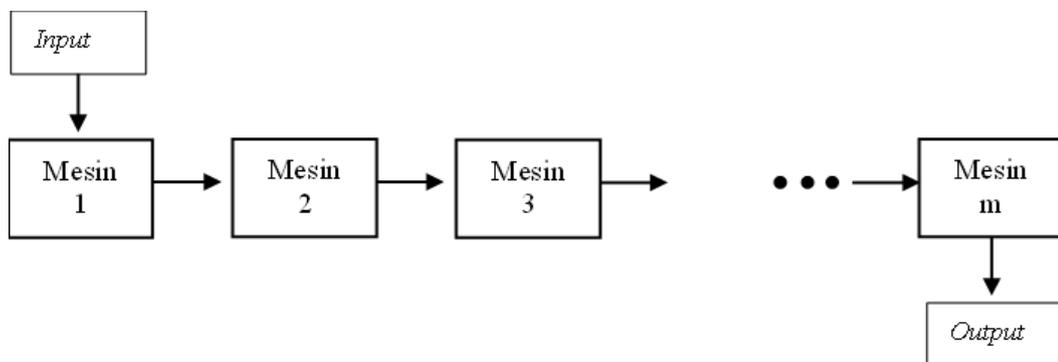
2.1.3.4.3. Penjadwalan *Flow Shop*

Menurut Rita dan Supardi (2021:688) aliran *flow shop* merupakan penyusunan stasiun kerja berdasarkan urutan operasi pembuatan produk menurut langkah-langkah standar dalam proses produksi. Pola ini merupakan proses yang mengubah bahan mentah sampai menjadi produk akhir dengan urutan prosesnya yang selalu tetap. Pola ini dapat dibagi menjadi dua tipe yaitu produksi massa (*mass production*) dan produksi terus menerus (*continuous production*).

Menurut Suradi (2022:176) tujuan strategi perencanaan *flow shop* adalah untuk mengkombinasikan beberapa aktivitas produksi untuk menyusun lintasan produksi sesuai dengan kegiatan produksi untuk mengatur jumlah tenaga kerja sesuai dengan kebutuhan perusahaan. Menciptakan fleksibilitas untuk menghadapi perubahan kecepatan dan target produksi *flow shop* merupakan jenis proses produksi yang

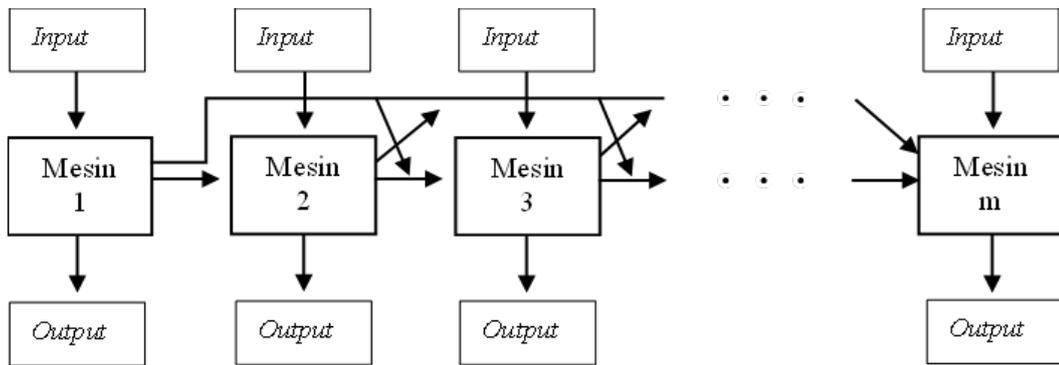
digunakan untuk produk-produk yang dirakit atau diproduksi dalam jumlah banyak dan berturut-turut (*continuous*). Sistem produksi *flow shop* ini menggunakan jalur produksi (*production line*) untuk memproduksi produk-produknya. Semua produk diproduksi dengan standar dan proses yang sama. *Flow shop production* ini sering disebut juga dengan *mass production* atau produksi masal.

Menurut Kenneth R. Baker dan Trietsch (2019:283) dalam *flow shop*, pekerjaan dalam suatu *job* dibagi menjadi beberapa *task* yang disebut operasi, dan setiap operasi dilakukan pada mesin yang berbeda. Setiap operasi memiliki urutan proses yang sama. *Flow shop* dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu *pure flow shop* dan *general flow shop*. *Pure flow shop* merupakan pengerjaan semua *job* yang membutuhkan satu putaran operasi pada setiap mesin dengan urutan proses yang sama seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 5
Aliran Kerja Pure Flow Shop

General flow shop merupakan pengerjaan semua *job* yang tidak selalu melalui mesin yang berdekatan atau tidak selalu mengikuti urutan yang sama, serta awal dan akhir dari pengerjaan *job* tidak terjadi pada satu mesin yang sama seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 6
Aliran Kerja *General Flow Shop*

Pada penjadwalan *flow shop* n *job* m *machine* memiliki beberapa algoritma heuristik yang digunakan untuk menyelesaikan penjadwalan, diantaranya metode *campbell dudek and smith (CDS)*, metode *palmer*, metode *rapid access (RA)/dannenbring*, metode *pour*, dan metode *nawaz enscore ham (NEH)*.

a) Algoritma *Johnson*

Aturan *johnson* diterapkan pada *job* dengan urutan mesin M1, M1, dan M3. *Job* i pada mesin j dinotasikan dengan t_{ij} . Syarat pada penjadwalan *johnson* adalah waktu proses semua *job* pada mesin pertama dan ketiga harus lebih besar dari waktu proses terpanjang pada mesin kedua. Berikut langkah dalam penjadwalan dengan aturan *johnson*:

1. Waktu proses mesin memenuhi syarat sebagai berikut:

$$\text{Min } t_{i1} \geq \text{Max } t_{i2} \text{ atau } \text{Min } t_{i3} \geq \text{Max } t_{i2}$$

yang berarti waktu proses mesin satu dan mesin tiga lebih besar atau sama dengan mesin dua

2. Rancang ulang waktu proses dari tiga mesin menjadi dua mesin semu (M1', M2'). Formula M1', M2' adalah $M1' = t_1 + t_2$ dan $M2' = t_3 + t_2$.
3. Lakukan penjadwalan dengan aturan *johnson* untuk mesin semu M1' dan M2'.

b) Algoritma Campbell Dudek Smith (CDS)

Penjadwalan dengan algoritma CDS (*campbell dudek smith*) merupakan pengembangan dari aturan *johnson* yang meminimalhkan *makespan* dua mesin yang disusun seri. Pada penjadwalan dengan algoritma CDS setiap *job* harus melalui mesin dengan urutan yang sama, metode ini dapat digunakan pada n *job* dengan m mesin. Tujuan dari penjadwalan CDS adalah untuk mendapatkan nilai *makespan* terkecil (Chamdan Mashuri, dkk).

Metode CDS membentuk urutan pertama $t_{i,1}^k = t_{i,1}$ dan $t_{i,2}^k = t_{i,m}$ sebagai waktu proses pada mesin pertama dan terakhir. Untuk urutan kedua dirumuskan dengan:

$$t_{i,1}^k = t_{i,1} + t_{i,2} \quad (1)$$

$$t_{i,2}^k = t_{i,m} + t_{i,m-1} \quad (2)$$

sebagai waktu proses pada dua mesin pertama dan dua mesin terakhir untuk urutan ke- k :

$$t_{i,1}^k = \sum_{j=1}^k t_{i,j} \quad (3)$$

$$t_{i,2}^k = \sum_{j=m+1-k}^k t_{i,j} \quad (4)$$

Dengan $i = \text{job}$, $j = \text{mesin}$, $t_{i,l}^k = \text{waktu proses job ke-i dan mesin ke dua}$, $m = \text{jumlah mesin yang digunakan}$, $k = \text{iterasi } (k=1,2,3,\dots,(m-1))$. Berikut tahapan yang dilakukan pada perhitungan dengan metode CDS:

1. Ambil urutan pertama ($k=1$). Untuk semua *job* yang ada, carilah $t_{i,1}^k$ yang ada dan $t_{i,2}^k$ dengan nilai minimum yang merupakan waktu proses pada mesin pertama dari kedua.
2. Jika waktu minimum didapat pada mesin pertama (misal $t_{i,1}$), selanjutnya tempat tugas tersebut pada urutan awal. Bila waktu minimumnya didapat pada mesin kedua (misal $t_{i,2}$), tempatkan tugas tersebut pada urutan terakhir.
3. Pindahkan tugas tersebut hanya dari daftarnya dan urutkan. Jika masih ada tugas yang tersisa, ulangi kembali langkah satu hingga tugas selesai.

c) Algoritma Palmer

Penjadwalan dengan metode *palmer* menentukan urutan *job* berdasarkan nilai *slop index*. Nilai *slop index* paling besar akan menempati urutan pertama, begitu seterusnya hingga terkecil. Nilai dari *slop index* dapat dihitung menggunakan persamaan rumus berikut:

$$S_i = \sum_{j=1}^m (2j - m - 1) \cdot t_{ij} \quad (1)$$

$S_i = \text{nilai slope index}$

$m = \text{jumlah mesin}$

$j = \text{mesin proses job } i$

$i = \text{job yang diproses}$

$t_{ij} = \text{waktu proses job ke-I dan mesin } j$

setelah mengurutkan *job* berdasarkan *slope index* selanjutnya menghitung *makespan*. *Makespan* dapat dihitung dengan persamaan rumus sebagai berikut:

$$A_{ij} = \text{waktu proses sebelumnya} \quad (2)$$

$$S_{ij} = A_{ij} + \text{waktu proses} \quad (3)$$

$$I_{ij} = A_{ij} - S_{ij} \quad (4)$$

A_{ij} = waktu pendahulu

S_{ij} = waktu proses

I_{ij} = waktu menganggur (*idle time*)

d) Algoritma *Dannenbring / Rapid Access (RA)*

Menurut Ginting dalam Nuriza dan Oktiarso (2020) penjadwalan metode *dannenbring* merupakan metode yang dikembangkan oleh D. G. Dannenbring dengan prosedur *rapid access*. *Rapid acces* mngkombinasikan metode CDS dan *slope index* yang dikembangkan oleh palmer. Dalam dalam melakukan penjadwalan dengan metode *dannenbring* yaitu:

1. Hitung waktu proses mesin pertama

$$P_{i1} = \sum_{i=1}^m (-j + 1) * t_{ij}$$

Hitung waktu proses mesin kedua

$$P_{i2} = \sum_{i=1}^m (j) * t_{ij}$$

Untuk $i = 1, 2, \dots, n$

P_{i1} = waktu proses *job* ke *i* dalam mesin ke 1

P_{i2} = waktu proses *job* ke *i* dalam mesin ke 2

i = *job* yang diproses (*i* = 1, 2, 3, ..., *n*)

j = mesin yang digunakan untuk proses *job* ke *i*

2. Menentukan *idle time* dan *makespan*

t_{ij} ; *i* = 1, 2, ..., *n*; *j* = 1, 2, ..., *n*

$I_{ij} = \max \{0, (\sum t_{ij} + t_{i(j+1)} - I_{ij})\}$

$t_{\text{new}(i),n} = (t_{i2} - I_{i1})$

i = *job* yang diproses

j = mesin yang digunakan untuk pemrosesan *job* *i*

3. Menghitung total waktu pemrosesan *job*

e) Metode Pour

Penjadwalan dengan metode *pour* dikembangkan oleh Hamid Davoud Pour yang memiliki pendekatan kombinasi. Pendekatan kombinasi merupakan cara penggantian *job* satu dengan yang lain pada urutan, ini dilakukan hingga fungsi tujuan yang diharapkan tercapai. Algoritma *pour* bertujuan untuk memperkecil *makespan* pada penjadwalan *flowshop*.

Berikut beberapa parameter yang ada pada algoritma *pour*:

P_{ij} = waktu proses *job* *i* pada mesin *j*

C_{ij} = rentang waktu antara dimulainya *job* *i* pada mesin *j* ($t=0$) hingga *job* selesai

C_i = jumlah dari *completion time job* *i* pada semua mesin

F_{\max} = rentang waktu saat *job* tersedia hingga *job* selesai (*makespan*)

Adapun langkah-langkah dalam penjadwalan *pour* sebagai berikut:

1. Pilih *job* urutan pertama secara acak
2. Pilih *job* selanjutnya secara acak
3. Pilih waktu proses terkecil dari setiap mesin
4. Tambahkan waktu proses secara *increasing time* pada P_{ij} yang lain, selain P_{ij} minimal yang terpilih sebelumnya
5. Hitung C_i pada semua *job*
6. Urutkan C_i dengan aturan *increasing order*. Letakkan C_i yang telah diurutkan setelah *job* yang telah dipilih untuk urutan pertama sementara
7. Hitung F_{\max} pada urutan sementara
8. Ulangi langkah satu sampai tujuh untuk setiap *job* hingga mendapat nilai F_{\max} paling minimal yang akan menjadi urutan pertama
9. Ulangi langkah satu hingga delapan sampai semua *job* selesai

f) Metode Nawaz Enscore Ham (NEH)

Menurut Nino dan Suseno (2023) *Nawaz Enscore Ham (NEH)* diciptakan oleh Muhammad Nawaz, E. Emory Enscore Jr, dan Inyong Ham pada tahun 1983. Dimana semua *job* harus melalui semua mesin pada order yang sama. Algoritma *heuristic* ini mengusulkan bahwa *job* dengan waktu proses yang lebih besar seharusnya diberikan prioritas yang lebih besar dari pada *job* dengan total waktu pemrosesan yang lebih kecil. Berikut langkah-langkah dalam melakukan penjadwalan dengan metode *Nawaz Enscore Ham (NEH)*:

1. Menghitung waktu siklus setelah dilakukannya perhitungan data dengan *stopwatch*.

$$WS = \frac{\sum xi}{N}$$

WS = waktu siklus

Xi = waktu penyelesaian teramati

N = jumlah pengamatan

2. Menghitung waktu normal setelah didapatkan waktu siklus

$$WN = WS * p$$

WS = waktu siklus

P = faktor penyesuaian

3. Menghitung waktu baku setelah didapatkan waktu normal dan kelonggaran pada setiap proses.

$$WB = WN * i$$

WB = waktu baku

i = kelonggaran

4. Menghitung waktu penyelesaian job setelah didapatkan waktu setup mesin, waktu baku, jumlah mesin, kapasitas setiap mesin dan jumlah produk yang akan diproduksi.

$$T_{ij} = W_{se} + \left(\frac{WB * QTY}{M * N} \right)$$

T_{ij} = waktu penyelesaian

W_{se} = waktu set up

WB = waktu baku

QTY = jumlah produksi

M = jumlah mesin

N = kapasitas mesin

5. Menghitung waktu total produksi dan mengurutkan job berdasarkan urutan waktu proses terbesar ke terkecil
6. Membuat ($w=5$) pengolahan data berdasarkan 5 job dengan waktu proses terbesar dan waktu proses terkecil kemudian menentukan *makespan* terkecil dengan mengubah urutan job tersebut.
7. Melakukan iterasi sampai $w=$ jumlah job, dimana mencari urutan dengan *makespan* terkecil.
8. Menentukan urutan job dengan cara setelah didapatkan $w=1$ (jumlah job) dimana urutan final tersebut adalah urutan dari semua job tetapi memiliki nilai *makespan* terkecil.
9. Membuat gantt chart untuk melihat dengan jelas pengurutan job tidak saling bertabrakan serta untuk melihat *idle time*.

2.1.3.4.4. Penjadwalan *Job Shop*

Penjadwalan pada *job shop* sangat berbeda dengan penjadwalan pada *flow shop* karena pada penjadwalan *job shop* produk diproduksi secara tidak beraturan. Menurut Marzouki (2018) penjadwalan *job shop* merupakan proses produksi yang menjadwalkan satu set operasi pada satu set mesin, setiap operasi harus diproses pada satu mesin. *Flexibel Job Shop* merupakan pengembangan dari *job shop* dimana setiap operasi dapat diproses oleh beberapa mesin dan waktu proses bergantung pada mesin yang digunakan.

Menurut Haming dan Nurnajamuddin dalam Hudori (2021) penjadwalan *job shop* merupakan penjadwalan berdasarkan sistem produksi *make to order* atau produksi produk yang berdasarkan pada kebutuhan untuk memenuhi pesanan.

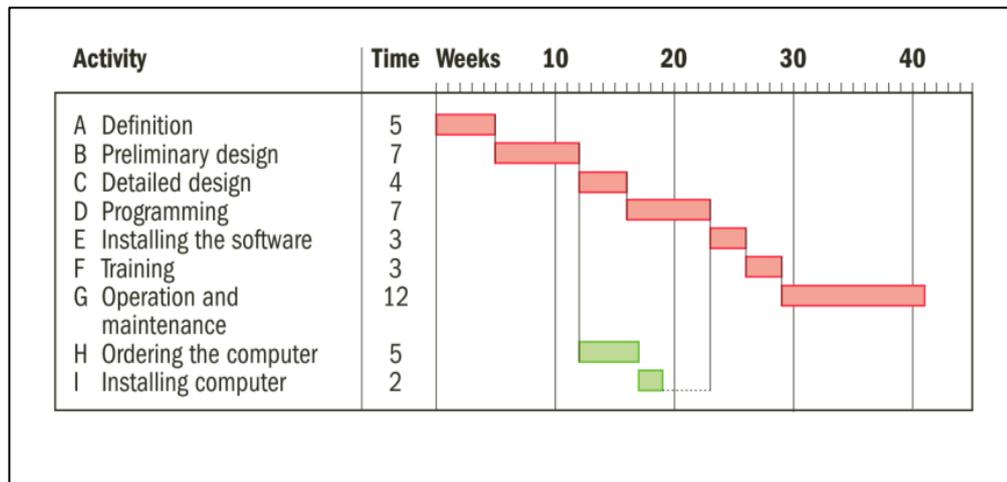
Penjadwalan dengan *job shop* lebih rumit dibandingkan dengan penjadwalan *flow shop* karena hal berikut:

1. Banyaknya variasi produk pada penjadwalan *job shop*. Aliran proses produksi *job* yang berbeda.
2. Peralatan yang digunakan dapat digunakan secara bersama-sama pada setiap jenis *job*.
3. Prioritas pesanan pada setiap *job* berbeda-beda hal ini dipengaruhi oleh karakteristik yang berbeda dari setiap pesanan. Oleh sebab itu pesanan tertentu yang telah dipilih berdasarkan prioritas tertentu harus diproses saat pesanan tersebut diterima.

Menurut Kim dalam Ferdinan (2021) penerapan penjadwalan *job shop* memiliki tujuan untuk mencapai *tardines*, yaitu apa bila *job* diselesaikan melebihi *due date* yang diberikan maka akan dikenakan penalti. Oleh sebab itu perlu menyelesaikan produk sebelum atau tepat pada saat *due date*.

2.1.3.4.5. Gantt chart

Menurut Roel Grit (2022:100) *gantt chart* dapat disebut sebagai *bar chart* atau *chart flow time*, *gantt chart* merupakan alat yang digunakan untuk menggambarkan urutan kegiatan yang harus dilakukan dan durasi setiap kegiatan. *gantt chart* biasanya digambar dengan bentuk strip atau batang.



Gambar 2. 7
Contoh Gantt Chart

Gantt chart terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

1. Aktivitas yang digambarkan dengan bentuk strip atau batang. Panjang strip menunjukkan durasi aktivitas. Jika suatu aktivitas berada pada jalur kritis aktivitas akan disorot dengan cara tertentu, seperti dengan memberi warna merah.
2. Kelonggaran waktu dapat digambar garis putus-putus.

Beberapa kegunaan dari *gant chart*:

1. Panjang strip menandakan lama durasi, hal ini membuat *gant chart* lebih teratur dan mudah dipahammi.
2. *Gantt chart* dapat menunjukan kapan suatu aktivitas akan dimulai dan berhenti.
3. *Gantt chart* tidak dapat diubah secara manual. Jika suatu aktivitas selesai lebih lama dari jadwal maka strip berikutnya harus dipindahkan dan digambar ulang.

Menurut Jay Heizer, dan Barry Rendder dalam Dita Nafa, dkk (2019) menyatakan bahwa *gant chart* adalah alat bantu visual yang berguna dalam pemuatan dan penjadwalan. Nama ini diambil dari Henry Gantt, yang mengembangkannya pada akhir tahun 1800-an. Bagian ini menunjukkan penggunaan sumber daya, seperti pusat kerja dan tenaga kerja.

Gant schedule chart digunakan untuk memantau *job* yang sedang berjalan (dan juga digunakan untuk penjadwalan proyek). Bagan ini menunjukkan pekerjaan mana yang sesuai jadwal dan mana yang lebih cepat atau lebih lambat dari jadwal. Dalam praktiknya, ada banyak versi bagan yang ditemukan.

2.1.3.4.6. Faktor Penyesuaian dan Faktor Kelonggaran

Faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran merupakan faktor yang digunakan untuk menentukan waktu baku produksi yang menggunakan metode pengukuran waktu kerja secara langsung.

1. Faktor Penyesuaian

Menurut Sotalak dalam Suradi (2020:66) faktor penyesuaian merupakan faktor digunakan untuk mengoreksi ketidak wajaran yang ditunjukkan pekerja selama pengamatan dilakukan.

2. Faktor Kelonggaran

Menurut Sotalaksana dalam Kohar Sulistyadi (2023:50) faktor kelonggaran merupakan kelonggaran yang dibutuhkan pekerja untuk melakukan hal yang harus

dilakukan seperti kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa lelah dan hambatan yang tidak dapat dihindari dalam menjalankan proses produksi.

2.1.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mempunyai kegunaan sebagai pedoman bagi penulis yang kemudian dapat memudahkan dan menginspirasi dalam melaksanakan penelitian, selain itu penelitian terdahulu juga dapat menjadi pembanding serta pendukung untuk penelitian yang serupa. Pada penelitian ini beberapa referensi dari penelitian terdahulu yang bersumber dari beberapa jurnal ilmiah dan skripsi terdahulu yang membahas mengenai penjadwalan produksi. Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang mendukung penelitian penulis:

Tabel 2. 10
Penelitian Terdahulu

No	Judul dan tahun penelitian	Hasil penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	Nawaz Ensore Ham (NEH) Algorithm to Minimization of Makespan in Furniture Company Rizkya, K Syahputri, R M Sari IOP Conference Series: Materials Scince and Engineering (2019) DOI:10.1088/1757-899X/505/1/012077	Algoritma NEH merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam menangani masalah penjadwalan produksi. Hasil yang diperoleh algoritma ini menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan produk lebih singkat dibandingkan dengan metode actual yang saat ini diterapkan oleh Perusahaan. Algoritma NEH	Menggunakan metode NEH (<i>Nawaz Ensore Ham</i>) untuk meminimasi waktu jadwal produksi	Lokasi dan waktu penelitian

		mampu meminimasi makespan sebesar 5,07% dari penjadwalan FCFS.		
2	<p>Optimasi System Penjadwalan Produksi dengan Metode (NEH) pada PT. Sinar Semesta</p> <p>Nino Kurniawan, Suseno</p> <p>Jurnal Inovasi dan kreativitas (JIKA) 2023</p> <p>DOI: 10.30656/jika.v3i1.6001</p>	<p>Perhitungan metode <i>Nawaz Enscore Ham</i> pendekatan <i>Longest Processing Time (LPT)</i>, dan <i>Shortest Processing Time (SPT)</i> pada urutan job 3-2-1-4-5 menghasilkan penurunan <i>mean flow time</i> dan <i>lateness</i> sebesar 1,07% dengan pengurangan <i>makespan</i> sebesar 3,16 jam.</p>	<p>Penerapan metode <i>NEH (Nawaz Enscore Ham)</i> untuk optimasi system penjadwalan produksi</p>	<p>Waktu dan objek penelitian</p>
3	<p>Usulan Penjadwalan Produksi Benang Menggunakan Metode NEH dan Metode Algoritma Jhonson untuk meminimasi waktu produksi di PT. Laksana Kurnia Mandiri Sejati</p> <p>Silvi Ariyanti, Adiarto, Ricky Miharja</p> <p>Jurnal Ilmiah Teknik Industry (2018)</p> <p>DOI: https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v6i3.4241</p>	<p>Dari hasil pengolahan yang dilakukan untuk job pada bulan juli 2017 dapat diambil Kesimpulan bahwa metode NEH dan Algoritma Jhonson memiliki makespen yang sama dengan total makespan 898,97 jam. Dengan begitu selisih waktu dengan Perusahaan yakni selama 61,9 jam atau selama 2 hari 20 jam kerja atau memperkecil sebesar 6,44% dari makespan perusahaan. Selain itu metode NEH memiliki nilai <i>lateness</i> yang terkecil yaitu sebesar 472,29jam</p>	<p>Penerapan metode <i>NEH (Nawaz Enscore Ham)</i> untuk meminimasi waktu produksi</p>	<p>Waktu, objek penelitian, tambahan algoritma lain</p>

		dibandingkan metode lain yang memiliki nilai <i>lateness</i> yang lebih tinggi.		
4	<p>Penjadwalan Flow Shop menggunakan Algoritma Nawaz Enscore Ham</p> <p>Ilyas Masudin, Dana Marsetya Utama, Febrianto Susastro</p> <p>Jurnal Ilmiah Teknik Industri, vol. 13, no. 1, 2014</p>	<p>Dari hasil simulasi didapatkan bahwa nilai <i>makespan</i> penjadwalan dengan metode <i>NEH</i> yang lebih kecil dari metode penjadwalan Perusahaan yang menggunakan prinsip penjadwalan mesin dengan basis <i>first come first service (FCFS)</i>. Meskipun hasil simulasi menunjukkan tidak berkurangnya nilai <i>tardines</i> atau keterlambatan, akan tetapi terdapat pengurangan total biaya dengan diterapkannya penjadwalan dengan metode <i>NEH</i> sebesar Rp 137.648.000, sedangkan dari utilitas mesin didapatkan pengurangan waktu <i>idle time</i> mesin sebesar 582 menit</p>	<p>Penerapan metode <i>NEH (Nawaz Enscore Ham)</i> yang dapat meminimasi waktu produksi</p>	<p>Waktu dan objek penelitian</p>
5	<p>Optimasi Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode <i>Campbell Dudek Smith (CHS)</i> dan Metode <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i> di PT. RPC Indonesia</p>	<p>Perabndingan model penjadwalan Perusahaan dengan model penjadwalan Perusahaan dengan model penjadwalan metode yang diusulkan menunjukkan bahwa kedua metode, yaitu</p>	<p>Penerapan metode <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i> untuk optimasi penjadwalan produksi.</p>	<p>Waktu, objek penelitian, tambahan algoritma lain</p>

	<p>Mohammad Adjie Irfansah, Fitri Hardiyanti, Rizal Indrawan</p> <p><i>Proceedings of the 7th Conference on Design and Manufacture Engineering and its Application (2023)</i></p>	<p><i>Campbell Dudek Smith dan Nawaz Ensore Ham</i> dapat digunakan oleh Perusahaan sebagai alternatif model dalam meminimumkan total waktu proses produksi (<i>makespan</i>). Penjadwalan dengan metode CDS menghasilkan <i>makespan</i> sebesar 3834,15 jam dan lebih cepat 12,41% dari metode <i>existing</i>. Berdasarkan kriteria ini, metode yang paling disarankan untuk Perusahaan adalah metode <i>Nawaz Ensore Ham (NEH)</i>.</p>		
6	<p>Penjadwalan Produksi <i>Flow Shop</i> dengan Metode <i>Ignall-Scharge</i> dan <i>Algoritma Nawaz Ensore Ham</i> di CV. Bestone Indonesia</p> <p>Dwi Agustina Kurniawati, Muchammad Syafii Karim</p> <p>Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, vol. 13, no. 2 (2016)</p>	<p>Dari perhitungan yang dilakukan menggunakan metode-metode yang dipilih terdapat nilai <i>makespan</i> yang minimal ada pada metode <i>Ignall-Scharge</i> dan <i>Algoritma (NEH)</i> sebesar 389.052,25 detik dengan urutan job 3-1-4-2 ; 3-4-1-2.</p>	<p>Penerapan metode <i>Nawaz Ensore Ham (NEH)</i> untuk optimasi penjadwalan produksi</p>	<p>Waktu, objek penelitian, tambahan algoritma lain</p>
7	<p>Analisis Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode <i>Nawaz Ensore Ham</i></p>	<p>Secara umum total waktu penyelesaian dari tanggal 2 januari 2021 sampai 31</p>	<p>Penerapan metode <i>Nawaz Ensore Ham (NEH)</i> untuk</p>	<p>Waktu, objek penelitian,</p>

	<p>(<i>NEH</i>) dan <i>Heuristic Pour</i> dalam Meminimumkan Total Waktu Produksi</p> <p>Rosa Azizah Damayanti, Ni Ketit Tari T, Kartika Sari</p> <p>E-Jurnal Matematika Vol. 12 (2023)</p> <p>DOI: https://doi.org/10.24843/MTK.2023.v12.i03.p422</p>	<p>januari 2021 dengan menggunakan metode NEH lebih kecil dari pada menggunakan metode FCFS dan <i>Heuristic Pour</i>. Kemudian, berdasarkan perbandingan dengan parameter <i>efficiency index</i>, metode NEH juga menunjukkan <i>perfoemance</i> yang lebih baik dibandingkan dengan metode FCFS dan <i>Heuristic Pour</i> seperti pada tanggal 19 januari 2021. Akan tetapi, berdasarkan hasil pengujian hipotesis dengan uji F, menunjukkan bahwa metode FCFS, NEH dan <i>Heuristic Pour</i> mempunyai efisiensi yng sama. Dengan demikian, secara umum berdasarkan hasil penjadwalan selama bulan januari 2021 dengan metode NEH tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap penjadwalan produksi yang digunakan oleh CV. Puspa</p>	<p>optimasi penjadwalan produksi</p>	<p>tambah an algorit ma lain</p>
8	<p>Analisis Metode NEH Untuk Meminimalkan Makespan Pada</p>	<p>Makespan menggunakan metode NEH dengan</p>	<p>Penerapan metode <i>Nawaz Ensore Ham</i></p>	<p>Waktu dan objek</p>

	<p>Penjadwalan Produksi di Rumah Industri Wahyu</p> <p>Diki Arifandi, Trifandi Lasalewo, Hasanuddin</p> <p>Jambura Industri Review Vol. 2, No. 2 (2022)</p> <p>DOI: 10.37905/jirev.2.2.65-74</p>	<p>nilai sebesar 3.44 jam serta urutan job j2-j1-j3. Makespan yang dihasilkan dari penjadwalan di rumah Wahyu yaitu sebesar 9,39 jam dengan urutan j1-j2-j3. Metode <i>Nawaz Enscore Ham</i> menghasilkan nilai yang paling minimum, sehingga lebih efisien untuk diterapkan di Rumah Industri Wahyu.</p>	<p>(<i>NEH</i>) untuk optimasi penjadwalan produksi</p>	<p>penelitian</p>
9	<p>Analisis Penjadwalan Produksi Batu dengan Menggunakan Metode <i>Campbell Dudek Smith (CDS)</i>, <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i>, dan <i>Palmer</i> Untuk Mengurangi <i>Makespan</i> di PT.X</p> <p>Shita Dwi Annisya, Joumil Aidil Saifudin</p> <p>Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi Vol. 1, No. 3 (2020)</p> <p>DOI: https://doi.org/10.33005/juminten.v1i3.119</p>	<p>Hasil penelitian didapatkan menunjukkan <i>makespan</i> minimum yaitu metode <i>Cmpbell Dudek Smith (CDS)</i> dan metode <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i> yang dapat menghemat <i>makespan</i> sebesar 38 jam 58 menit 10 detik (8,82%)</p>	<p>Penerapan metode <i>Nawaz Nscore Ham (NEH)</i> untuk optimasi penjadwalan produksi</p>	<p>Waktu, objek penelitian, tambahan algoritma lain</p>
10	<p>Design of Job Scheduling System and Software for Packing Process with SPT, EDD, LPT, CDS and NEH Algorithm at PT. ACP</p>	<p>Gozali menemukan bahwa NEH merupakan Solusi terbaik dibandingkan CDS dan metode penjadwalan gupta. Febianti menyatakan bahwa metode penjadwalan CDS,</p>	<p>Penerapan metode <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i> untuk optimasi waktu penjadwalan</p>	<p>Waktu, objek penelitian, tambahan algoritma lain</p>

	<p>L Gozali, V Kurniawan, S R Nasution</p> <p>L Gozali et al 2019 Converence Series: Materials Science and Engineering</p> <p>DOI:10.1088/1757- 899X/528/1/012045</p>	<p>NEH, dan Heuristic Pour mencapai hal yang sama baiknya</p>		
11	<p>Production Scheduling of Bar Mill Using The Combination of Particle Swarm Optimization and Nawaz Ensore Ham for Minimizing Makespan in Steel Company</p> <p>Yusraini Muharni, Evi Febianti, Hanifa, Arlianur</p> <p>AIP Conference Proceeddings (2019)</p> <p>DOI: https://doi.org/10.1063/1.5112410</p>	<p>Scheduling result of Particle Swarm Optimization method is better than the existing scheduling where makespan generated from Particle Swarm Optimization with NEH initialization using is 678,04 h, while the existing scheduling is 721,87 h.</p>	<p>Adanya penerapan metode <i>Nawaz Ensore Ham (NEH)</i> untuk minimasi waktu jadwal produksi</p>	<p>Waktu, objek peneliti an, tambah an algorit ma lain</p>
12	<p>Development of Flow Shop Scheduling Method to Minimize Makespan Based on Nawaz Ensore Ham (NEH) and Campbell Dudek and Smith (CDS) Method</p> <p>Latief Anggar Kurniawan, Farizal F</p> <p>Proceedings of the International</p>	<p>Setelah melakukan komputerisasi yang valid dan pengujian metode dengan data hipotesis pada kasus acak maka metode pengembangan NEHLPD (<i>Last Process Deviation</i>) menghasilkan rata- rata makespan yang lebih efisien dibandingkan</p>	<p>Penggunaan metode <i>Nawaz Ensore Ham (NEH)</i> untuk minimasi waktu penjadwalan produksi</p>	<p>Waktu, objek peneliti an, tambah an algorit ma lain</p>

	<p>Conference on Industrial Engineering and Operations Management Nsuka, Nigeria (2022)</p> <p>DOI:10.46254/AF03.20220214</p>	dengan metode CDS dan metode NEH		
13	<p>Optimasi Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i> Dalam Upaya Meminimumkan Total Waktu Produksi</p> <p>Tedjo Sukmono, Octavia Adistyas Nasiti</p> <p>Jurnal Teknik Industri ITN Malang (2024)</p> <p>DOI: https://doi.org/10.36040/industri.v14i2.9113</p>	<p>Total waktu penyelesaian dengan menggunakan metode NEH lebih kecil yaitu dengan total waktu <i>makespan</i> 2,42 dalam satuan jam dibandingkan menggunakan metode Perusahaan yaitu dengan metode FCFS yaitu didapatkan total 2,91 dalam satuan jam</p>	Penggunaan metode <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i> untuk meminimasi waktu proses produksi.	Waktu dan objek penelitian
14	<p>Optimasi Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i> Pada PT XYZ</p> <p>Syahrul Fadlil Syabani, Widya Setiafindari</p> <p>Jumantara, Vol. I, No.1 (2022)</p> <p>DOI: http://dx.doi.org/10.28989/jumantara.v1i1.1288</p>	<p>Penerapan metode <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i> dengan <i>short processing time (SPT)</i> dan <i>long processing time (LPT)</i> menghasilkan penurunan mean <i>flow time</i> dan <i>lateness</i> sebesar 1,56% serta pengurangan <i>makespan</i> sebesar 23,79 jam.</p>	Penggunaan metode <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i> untuk meminimasi waktu proses produksi.	Waktu dan objek penelitian
15	<p>Optimasi Produksi Keripik Jamur dengan Metode <i>Nawaz</i></p>	Pada tahapan pemrosesan keripik, perbandingan antara	Penggunaan metode <i>Nawaz Enscore Ham</i>	Waktu, objek penelitian

	<p><i>Enscore Ham (NEH), Long Processing Time dan Short Processing Time (SPT)</i></p> <p>Arry Darmawan, Ridho Ananda, Saufik Luthifanto</p> <p>Jurnal ilmiah ilmu dan teknologi rekayasa vol. 4, no. 2, september 2021</p> <p>DOI:10.31962/jiitr.vvi.64</p>	<p>3 metode scenario yang digunakan menghasilkan nilai makespan terbaik ada pada scenario dua yaitu metode NEH dengan nilai 2204 menit dibandingkan penjadwalan actual yang sebesar 2652 menit</p>	<p>(NEH) untuk meminimasi waktu proses produksi.</p>	<p>an, tambahan algoritma lain</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------	------------------------------------

Sumber: data diolah oleh penulis (2024)

Berdasarkan pada penelitian terdahulu terdapat persamaan dan perbedaan yang didapat antara penelitian yang dilakukan oleh penulis dan peneliti sebelumnya. Persamaan pada penelitian sebelumnya dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis yaitu penerapan metode *Nawaz Enscore Ham (NEH)* guna mengoptimalkan atau meminimasi waktu jadwal produksi. Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan penulis yaitu ada beberapa perbedaan pada objek penelitian, waktu penelitian serta adanya tambahan metode lain yang digunakan oleh peneliti terdahulu sedangkan penelitian ini hanya berfokus pada penggunaan metode *Nawaz Enscore Ham (NEH)* saja.

2.2 Kerangka Pemikiran

Industri manufaktur merupakan salah satu aspek perekonomian yang terus memberikan kontribusi dalam pertumbuhan perekonomian di Indonesia. Ada berbagai macam industri yang ada di Indonesia, salah satunya adalah industri tekstil

dan produk tekstil (TPT) yang menjadi salah satu pemberi sokongan dalam pertumbuhan perekonomian Indonesia. Industri TPT mengalami peningkatan yang positif mulai dari tahun 2017 hingga 2019, akan tetapi mengalami penurunan pada saat terjadinya pandemi covid-2019 pada tahun 2020 di Indonesia. Industri TPT mulai meningkat positif kembali setelah redanya covid-19 meski belum stabil.

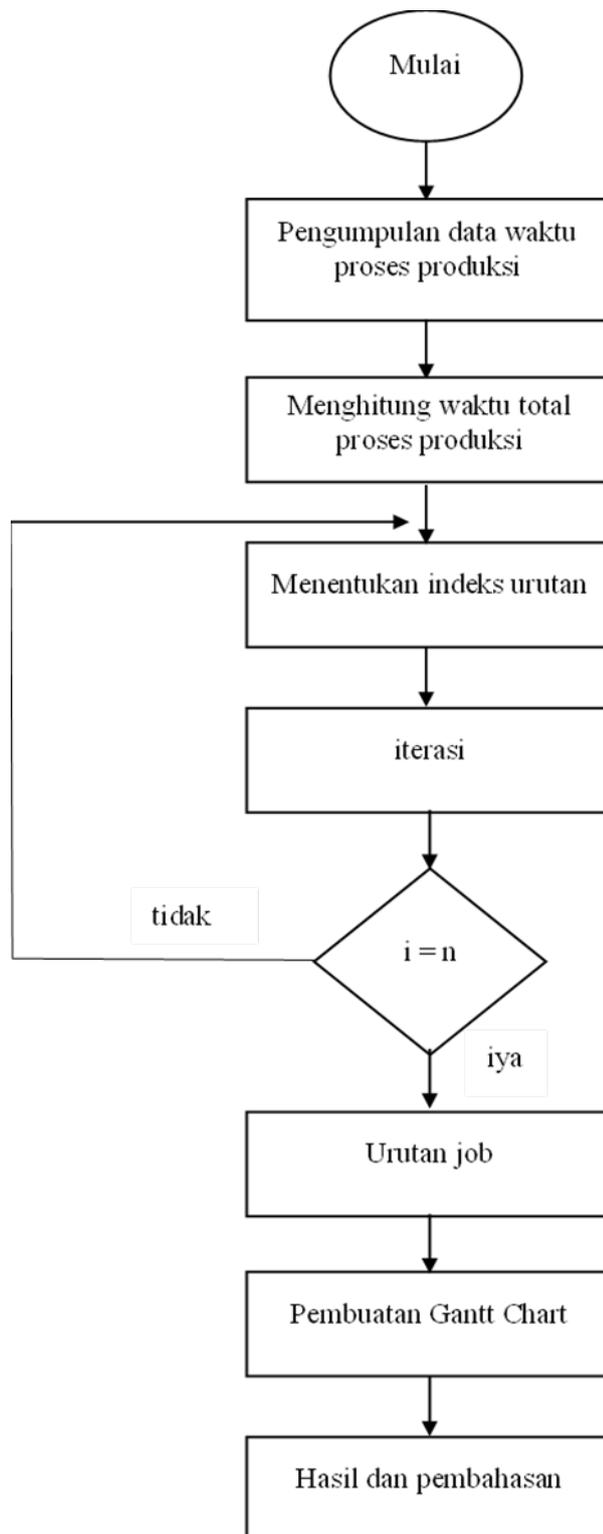
Dalam industri manufaktur, efisiensi waktu proses produksi merupakan salah satu faktor yang menentukan daya saing perusahaan. Semakin cepat proses suatu produksi terlaksana, maka semakin besar kapasitas produksi yang dapat dicapai. Hal ini secara otomatis akan membantu perusahaan dalam mengurangi biaya operasional dan meningkatkan keuntungan perusahaan. Salah satu hal yang perlu dipertimbangkan dalam proses produksi adalah cara untuk mengatur urutan pengerjaan *job* pada mesin-mesin yang tersedia guna meminimalisasi waktu proses produksi.

Berdasarkan pendapat dari R. Baker dan Trietsch (2019:2) jadwal dapat memberikan informasi kapan sesuatu seharusnya terjadi dan menetapkan rencana untuk pelaksanaan suatu kegiatan pada waktu tertentu. Jadwal berisi sekumpulan tugas yang harus dilakukan dan sekumpulan sumber daya yang tersedia untuk melakukan tugas-tugas tersebut. Penjadwalan produksi dapat membantu dalam mengatasi keterlambatan proses produksi karena ketidak pastian waktu dari proses produksi.

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode *nawaz enscore ham* (NEH). Dikutip dari Nino dan Suseno (2023) *Nawaz Enscore Ham* (NEH)

diciptakan oleh Muhammad Nawaz, E. Emory Enscore Jr, dan Inyong Ham pada tahun 1983. Dimana semua *job* harus melalui semua mesin pada order yang sama. Algoritma *heuristic* ini mengusulkan bahwa *job* dengan waktu proses yang lebih besar seharusnya diberikan prioritas yang lebih besar dari pada *job* dengan total waktu pemrosesan yang lebih kecil. Metode *NEH* bertujuan untuk mengurangi waktu proses produksi, sehingga dapat membantu menentukan waktu estimasi proses produksi dan mengurangi risiko keterlambatan penyelesaian produksi atau *lateness*.

Penelitian ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nino Kurniawan dan Suseno (2023), Silvi Ariyanti, Adianto, dan Ricki Miharja (2018) menyimpulkan bahwa dalam pengurutan *job* menggunakan metode *nawas enscore ham (NEH)* memiliki nilai *makespan* terkecil.



Gambar 2. 8
Flowchart Kerangka Pemikiran