Department of Digital Business
Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)
Homepage: https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS
Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 19686-19698
P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Penerapan Short-term Scheduling dalam Meningkatkan Efisiensi Operasional Produksi

Muhamad Rijki, Wilda Oktiawati Pabisa, Mutiara Zia Salsabila, Siti Nur Aisyah, Achmad Ibnu Trilaksono
Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Islam Dr Khez Muttaqien
rijki9762@gmail.com, wildapabisa@gmail.com, mutiaraziasalsabila1105@gmail.com, sitinasyh.05@gmailcom, achibnu07@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis penerapan short-term scheduling sebagai instrumen untuk meningkatkan efisiensi operasional produksi pada lingkungan manufaktur dan jasa. Penelitian menggunakan metode kepustakaan dengan pendekatan deskriptif-komparatif melalui penelaahan buku manajemen operasi dan artikel ilmiah yang membahas penjadwalan, pengurutan pekerjaan, pengendalian kapasitas, serta perkembangan teknologi penjadwalan modern. Hasil kajian menunjukkan bahwa efektivitas penjadwalan jangka pendek ditentukan oleh kesesuaian antara permintaan aktual, kapasitas pusat kerja, urutan proses, ketersediaan tenaga kerja, dan batas waktu penyelesaian. Penjadwalan maju dan mundur, finite loading, kontrol input-output, diagram Gantt, metode penugasan, aturan prioritas FCFS, SPT, EDD, LPT, rasio kritis, dan Aturan Johnson dapat digunakan sesuai karakteristik sistem operasi. Penerapan metode tersebut mampu menekan waktu aliran, waktu menganggur, pekerjaan dalam proses, keterlambatan, dan ketidakseimbangan beban mesin. Kajian juga menemukan bahwa penjadwalan statis perlu dilengkapi dengan rescheduling karena gangguan mesin, perubahan prioritas pesanan, keterlambatan material, dan variasi permintaan dapat mengubah kondisi produksi secara cepat. Integrasi penjadwalan dengan sistem ERP, MES, finite capacity scheduling, analitik data, kecerdasan buatan, dan digital twin memperkuat kemampuan pemantauan serta pengambilan keputusan secara waktu nyata. Dengan demikian, short-term scheduling bukan sekadar penyusunan urutan pekerjaan, melainkan mekanisme pengendalian operasi yang menghubungkan rencana produksi dengan pelaksanaan harian sehingga utilisasi sumber daya, ketepatan pengiriman, fleksibilitas, dan kualitas layanan dapat ditingkatkan secara berkelanjutan.

Kata kunci: Penjadwalan Jangka Pendek, Efisiensi Operasional, Produksi, Kapasitas, Pengurutan

1. Latar Belakang

Short-term Scheduling atau Penjadwalan jangka pendek merupakan perencanaan suatu tugas atau job dengan cepat dan terarah waktu yang singkat, pengurutan atau tahapan pengerjaan yang secara menyuluruh dalam suatu lintasan produksi dapat dikerjakan secara efektif dan efisien. Beberapa komponen dalam penjadwalan istilahnya disebut dengan aktivitas atau sebuah kegiatan operasi. Waktu proses diartikan sebagai sebuah kegiatan yang memerlukan sejumlah alokasi dari sumber daya tertentu yang ada pada suatu periode tertentu. Harming dan Nurmajudin (2005)

Menurut Krajewski dan Rizman, pada hakikatnya kegiatan penjadwalan adalah mengalokasikan sumber daya waktu yang ada untuk menunjang penyelesaian pelaksanaan aktivitas secara spesifik.

Penjadwalan (Scheduling) merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengalokasiakan fasilitas, peralatan, maupun tenaga kerja, dan menentukan urutan pelaksanaan bagi suatu kegiatan operasi. Herjanto (2008)

Menurut Vollman (1998) Penjadwalan adalah rencana pengaturan urutan kerja serta pengalokasian sumber, baik waktu maupun fasilitas untuk setiap operasi yang harus diselesaikan.

Menurut Russell, Taylor, Buffa dan Sarin Penjadwalan adalah penentuan tenaga kerja, peralatan, dan fasilitas yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pembuatan suatu produk atau jasa tertentu

Penjadwalan jangka pendek menjadi salah satu alternatif penyelesaian terkaiit permasalahan pada perusahaan karena perusahaan hanya memerlukan waktu kurang dari datu bulan yang dapat berupa jam atau hari. Rusdiani (2014). Penjadwalan ini menentukan urutan pekerjaan dan penugasan karyawan, material dan permesinan secara detail dengan tujuan utama yaitu memastikan kelancaran operasi perjam atau bahkan harian.

Pada kegiatan operasional perusahaan, penjadwalan merupakan hal yang sangat penting salah satu jenis penjadwalan yang sering digunakan adalah short-term scheduling. Dalam praktiknya banyak perusahaan masih mengalami masalah dalam menjalankan penjadwalan jangka pendek sehingga perusahaan perlu memahami berbagai teknik short-term scheduling supaya bisa menentukan metode yang paling sesuai dengan kebutuhan perusahaannya.

Penjadwalan yang efisien memiliki peran strategis yang sangat penting dalam operasional perusahaan. Penjadwal an yang baik mempercepat pergerakan barang dan jasa dalam fasilitas. Hal menunjukkan bahwa perusahaan ini bisa untu menggunakan aset secara tidak berlebihan, agar menciptakan kapasitas yang lebih tinggi untuk setiap modal yang digunakan sesuai waktunya.

Maka dari itu penulis Tertarik untuk meneliti pembahasan materi Short-term Scheduling karena untuk menentukan keputusan yang berawal dari perencanaan kapasitas, yang akan menentukan ketersediaan sumber daya fasilitas dan peralatan yang menyeluruh.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kepustakaan *(library research)*, yaitu penelitiaan ini melibatkan studi yang mendalam terhadap literatur, dokumen, buku, dan sumber-sumber tertulis lainnya digunakan untuk mengumpulkan serta menganalisis data kualitatif. Objek utama dalam penelitian ini yaitu konsep, Teknik dan isu yang strategis yang berkaitan langsung dengan penjadwalan jangka pendek dalam ruang lingukup manajemen operasional.

2.1. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang bersifat sekunder. Data sekunder ini mencangkup informasi yang sudah ada dan terdokumentasi, yang dimana dalam ruang lingkup ini diantaranya yaitu konsep, definisi, dan prosedur yang terdapat dalam literatur akademik dan referensi manajemen operasional.

2.2. Sumber Data

Sumber data yang di ambil dalam penelitian kepustakaan ini *(library research)* yaitu literatur manajemen operasional yang relevan dengan pembahasan penjadwalan serta pengendaliaan kapasitas. Penelitiaan ini bersumber dari buku *Operation Manajemen* yang ditulis oleh Jayheizer, Barry Render dan Chuck Munson.

2.3. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mengumpulkan, mencatat, dan mengklasifikasikan informasi utama dan penting dengan topik yang dibahas.

2.4. Teknik Analisis Awal

Teknik analisis yang digunakan pada penelitian ini yaitu kualitatif *(qualitatife content analysis)*, tentunya dengan pendekatan deskriptif serta komparatif. Analisis ini memiliki tujuan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif serta terstruktur terkait seluruh ruang lingkup penjadwalan jangka pendek berdasarkan literatur yang tersedia.

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.5912
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

3. Hasil dan Diskusi

Pentingnya Penjadwalan Jangka Pendek

Ketika suatu perusahaan manufaktur membuat jadwal yang menyesuaikan sumber daya yang ada dengan permintaan pelanggan, kompetensi penjadwalan berfokus pada pembuatan suku cadang dengan basis tepat waktu (just-in-time), dengan waktu pemasangan yang pendek, pengerjaan dalam proses yang sedikit, dan pemanfaatan fasilitas yang tinggi. Penjadwalan yang efisien adalah bagaimana perusahaan manufaktur menurunkan biaya dan memenuhi tanggal jatuh tempo yang dijanjikan.

Pentingnya strategis penjadwalan secara jelas:

- Penjadwalan yang efektif secara internal berarti adanya pergerakan barang dan jasa yang lebih cepat melalui pemanfaatan fasilitas dan penggunaan aset yang lebih besar. Hasilnya, setiap rupiah yang diinvestasikan menghasilkan kapasitas yang lebih besar dan akhirnya biaya operasional menjadi lebih rendah
- Penjadwalan yang baik secara eksternal memberikan throughput yang lebih cepat, memperbesar fleksibilitas operasional, dan memastikan pengiriman yang lebih andal, serta meningkatkan kualitas layanan kepada pelanggan.

Tabel 3.1. Keputusan Penjadwalan

Organisasi	Manajer Menjadwalkan Hal-hal berikut
Maskapai Penerbangan Alaska	Pemeliharaan pesawat terbang Daftar waktu keberangkatan Kru penerbangan, katering, pintu gerbang, dan karyawan bagian tiket
Rumah Sakit Arnold Palmer	Penggunaan ruang operasi Pendaftaran pasien Staf keperawatan, keamanan, pemeliharaan Perawatan rawat jalan
Universitas Alabama	Ruang kelas dan peralatan audiovisual Jadwal siswa dan pengajar Program sarjana dan diploma
Pusat Amway	Penerima tamu, petugas tiket, pelayanan makanan, petugas keamanan Penyajian makanan yang baru dan persiapan makanan Pertandingan Orlando Magic, konser, Arena sepak bola
Pabrik Lockheed Martin	Produksi barang Pembelian bahan material Para Pekerja

Pada dasarnya, penjadwalan dipengaruhi oleh serangkaian keputusan yang saling berkaitan. Prosesnya dimulai dari perencanaan kapasitas, yaitu keputusan jangka panjang tentang berapa besar fasillitas dan peralatan yang akan dimiliki perusahaan. Perencanaan kapasitas ini biasanya disusun untuk beberapa tahun kedepan, karena berkaitan dengan pembangunan, pembelian, atau pengurangan fasilitas dan mesin.

Setelah itu, perusahaan menyusun rencana agregat, yang biasanya mencakup periode 3 sampai 18 bulan. Pada tahap ini, tim perencanaan penjualan dan kegiatan operasi menentukan keputusan penggunaan fasilitas, tenaga kerja, persediaan, dan pihak kontraktor akan digunakan. Rencana agregat masih bersifat umum karena dinyatakan dalam bentuk total unit, ton, atau total jam kerja.

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.5912
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Rencana agregat kemudian diterjemahkan ke jadwal induk produksi. Jadwal induk *(master schedule)* menjabarkan rencana tersebut menjadi jadwal mingguan untuk setiap produk atau lini produk tertentu. Tahap terakhir adalah penjadwalan jangka pendek, yang akan menerjemahkan keputusan kapasitas, rencana agregat dan jadwal induk ke urutan pekerjaan harian atau perjam, serta penugasan detail untuk tenaga kerja, bahan, dan mesin. Pada tahap inilah perusahaan mencocokan permintaan aktual dengan kapasitas yang tersedia setiap hari

Tujuan Penjadwalan

Tujuan penjadwalan yaitu untuk mengalokasikan dan memprioritaskan permintaan yang dihasilkan oleh perkiraan atau pesanan pelanggan ke fasilitas yang tersedia. Ada tiga faktor penting dalam penjadwalan :

1. Penjadwalan maju dan mundur *(Forward and Backward Scheduling)*

Penjadwalan maju dilakukan segera bila kebutuhan pekerjaan sudah diketahui, penjadwalan ini biasanya sering digunakan pada layanan rumah sakit, klinik, restoran, dan perusahaan pembuat mesin, yang dimana pekerjaan tersebut dikerjakan berdasarkan pesanan pelanggan dan biasanya ditargetkan selesai secepat mungkin

Sebaliknya, Penjadwalan mundur dimulai dari tanggal jatuh tempo pekerjaan. Proses penyusunan jadwalnya dimulai dari kegiatan terakhir ke tahap awal secara berurutan hingga diperoleh waktu yang tepat untuk mulai pekerjaan. Penjadwalan ini biasanya digunakan dalam industri manufaktur maupun layanan seperti catering dan penjadwalan operasi medis

2. Pemuatan terbatas dan tak terbatas *(Finite and Infinite Loading)*

Pemuatan (loading) adalah proses menugaskan pekerjaan ke pusat kerja atau proses tertentu. Dalam penentuan jadwal, terdapat dua jenis pemuatan, yaitu pemuatan terbatas dan pemuatan tak terbatas. Pemuatan terbatas merupakan penugasan pekerjaan yang hanya dilakukan sampai kapasitas suatu proses terpenuhi, sehingga kelebihan dari pendekatan ini pekerjaan yang telah dijadwalkan dapat diselesaikan dengan tepat waktu namun kemungkinan besar sebagian pekerjaan dapat tertunda yang akhirnya melewati batas waktu yang diinginkan

Pemuatan tak terbatas merupakan penugasan pekerjaan yang memberikan tugas ke setiap periode tanpa mempertimbangkan keterbatasan kapasitas. Sehingga, semua pekerjaan yang harus selesai dalam periode tersebut dimasukan kedalam jadwal, dan memiliki keuntungan yang dimana jadwal awal dapat memenuhi tanggal jatuh tempo, tetapi jika beban kerja melebihi kapasitas, maka penyesuaian kapasitas dan jadwal perlu diatur ulang

3. Kriteria Penjadwalan *(Scheduling Criteria)*

Pemilihan metode penjadwalan dipengaruhi oleh jumlah pesanan, jenis proses, tingkat kerumitan pekerjaan, serta prioritas organisasi. Terdapat 4 kriteria yang perlu dipertimbangkan dalam penjadwalan jangka pendek; 1)Meminimalkan waktu penyelesaian, 2)Memaksimalkan pemanfaatan, 3)Meminimalkan inventaris pekerjaan dalam proses (WIP), dan 4)Meminimalkan waktu tunggu pelanggan

Fasilitas yang berfokus pada proses penjadwalan

Fasilitas yang berfokus pada proses merupakan fasilitas yang memproduksi produk atau layanan yang sesuai dengan pesanan yang mencakup semuanya. Penjadwalan mengharuskan urutan pekerjaan (peruteannya), waktu yang diperlukan bagi setiap barang dan kapasitas serta ketersediaan setiap pusat kerja harus diketahui. Dalam penjadwalan sering kali terbilang rumit jika produk memiliki keragaman dan persyaratan yang unik. Maka dari itu pada bagian ini kita dapat melihat beberapa alat yang tersedia bagi manajer untuk memuat dan mengurutkan pekerjaan pada fasilitas ini

Kontrol input dan output

Kontrol input-output merupakan teknik yang membantu bagian operasinal mengatur arus pekerjaan didalam fasilitas. Jika pengerjaan sampai lebih cepat dari pada yang sedang diproses, fasilitas akan terjadi kelebihan beban sehingga muncul penumpukan pekerjaan. Sebaliknya, jika pengerjaan sampai lebih lambat dibandingkan

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.5912
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

pekerjaan yang sedang diproses, pusat kerja akan kekurangan beban dan dapat berhenti karena tidak ada pekerjaan yang harus dikerjakan

Gantt Charts

Bagan Gantt adalah alat bantu visual yang berguna dalam pemuatan dan penjadwalan. Saat digunakan dalam pemuatan, bagan gantt menunjukan waktu pemuatan dan waktu idle dari beberapa departemen, mesin atau fasilitas. Contohnya, ketika satu sentra kerja memiliki beban tambahan, beberapa pekerjaan dan perlengkapan tersebut dapat dipindahkan ke pekerja dari sentra beban kerja yang rendah sementara untuk meningkatkan kinerja.

Diagram muatan Gantt juga memiliki keterbasan seperti; tidak mempertanggungjawabkan variabilitas produksi seperti kerusakan yang tidak terduga atau kesalahan manusia yang memerlukan pengerjaan ulang. Akibatnya, diagram harus dilakukan pembaruan secara teratur untuk mempertanggungjawabkan pekerjaan yang baru dan jangka waktu yang telah di revisi.

Bagan jadwal gantt digunakan untuk memantau pekerjaan yang sedang (dan juga digunakan untuk penjadwalan proyek) hal ini menunjukan bahwa pekerjaan yang sesuai dengan jadwal akan didahului atau dimundurkan jadwalnya

Metode Penugasan

Metode penugasan mencakup proses pemberian tugas atau pekerjaan kepada sumber daya yang tersedia. Contohnya dapat berupa menugaskan pekerjaan ke mesin, pemberian kontak ke penawar, penempatan orang ke proyek, dan penugasan tenaga penjualan ke wilayah. Metode ini bertujuan untuk meminimalkan total biaya maupun waktu yang diperlukan dalam penyelesaian seluruh tugas. Salah satu ciri utama dari masalah penugasan adalah bahwa suatu pekerjaan (atau pekerja) hanya dapat dialokasikan kepada satu mesin (atau proyek).

Pada proses metode ini biasanya menggunakan tabel, yang dimana setiap angka didalamnya menunjukan biaya atau waktu yang berkaitan dengan masing-masing tugasnya. Metode ini sangat penting karena pada suatu operasi produksi atau jasa, dalam setiap sumber daya yang dimiliki mempunyai kapasitas yang terbatas. Jika penugasan dilakukan secara tidak serius dan sembarangan, maka sebagian sumber daya akan bisa terlalu berat penugasannya sementara bagian yang lainnya kurang optimal. Metode penugasan ini meliputi penambahan dan pengurangan angka yang tepat pada tabel untuk memperoleh biaya kesempatan bagi masing-masing penugasan

Terdapat empat langkah dalam membuat metode penugasan:

1. Langkah pertama, dengan mengurangi angka terkecil pada tiap baris atau setiap angka yang terdapat pada baris kemudian, dari matriks yang dihasilkan tersebut, kurangi angka terkecil pada tiap kolom atas setiap angka yang terdapat pada kolom tersebut
2. Langkah selanjutnya, gambar angka minimum dengan garis lurus secara horizontal atau vertikal yang diperlukan untuk menutupi semua angka 0 yang ada di dalam tabel. Jika angka pada garis tersebut setara dengan jumlah baris atau jumlah garis kurang dari jumlah baris atau kolom, ikuti langkah selannjutnya
3. Selanjutnya, kurangi angka terkecil dahulu yang belum tertutup garis dari setiap angka yang belum ditutupi lainnya. Tambahkan juga angka yang sama pada beberapa angka yang terletak di titik potong dari dua garis. Jangan dilanjutkan hingga penugasan yang optimal diperoleh
4. Penugasan yang optimal akan selalu terdapat pada lokasi 0 di dalam tabel. Caranya dalam merancang suatu penugasan yang valid yang pertama adalah memilih baris atau kolom yang hanya terdapat satu atau 0 saja. Setelah penugasan dibuat pada angka tersebut, tarik garis untuk menutup baris dan kolom terkait. Ulangi proses ini pada area yang belum tertutup hingga setiap orang atau mesin mendapatkan tepat satu tugas

Pengurutan Pekerjaan

Setelah pekerjaan masuk ke sentra kerja, manajer perlu menentukan urutan pekerjaannya. Pengurutan (pengiriman) ini dilakukan dengan menentukan prioritas pekerjaan mana yang harus dilepaskan atau dikirim terlebih dahulu ke setiap sentra kerja

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.5912
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Aturan Prioritas dalam Pengurutan Pekerjaan

Aturan ini biasanya digunakan untuk fasilitas yang fokusnya pada proses seperti, klinik, toko percetakan, dan bengkel manufaktur. Beberapa aturan prioritas yang paling umum:

1. FCFS *(First Come First Served)*: Pekerjaan pertama yang datang itulah pekerjaan pertama yang dilayani. Pekerjaan ini diselesaikan berdasarkan aturan prioritas yang paling umum
2. SPT *(Shortest Processing Time)*: Pekerjaan dengan waktu pemrosesan terpendek ditugaskan terlebih dahulu, pekerjaan ini diselesaikan berdasarkan estimasi waktu proses yang tercepat
3. EDD *(Earliest Due Date)*: Pekerjaan dengan jatuh tempo paling awal ditugaskan terlebih dahulu, pekerjaan ini diselesaikan berdasarkan tenggat waktu awal
4. LPT *(Longest Processing Time)*: Pekerjaan dengan waktu pemrosesan paling lama ditugaskan terlebih dahulu, pekerjaan ini diselesaikan berdasarkan estimasi waktu terlama

Kriteria Kinerja

Dalam penjadwalan, kriteria kinerja ini digunkan sebagai dasar untuk memilih aturan yang di prioritaskan dan juga sebagai penentuan urutan pekerjaannya, sehingga tujuan yang ingin perusahaan harapkan dapat tercapai. Pemilihan aturan prioritas dipengaruhi oleh kinerja masing-masing aturan terhadap empat aspek utama, yaitu: aturan prioritas meminimalkan waktu penyelesaian, meningkatkan tingkat pemanfaatan fasilitas, mengurangi jumlah pekerjaan dalam sistem, dan meminimalkan keterlambatan kerja. Keempat kriteria ini berkaitan dengan konsep flow time (waktu aliran), yaitu total waktu yang dihabiskan tiap pekerjaan mulai dari menunggu hingga proses produksi selesai. Contohnya, Jika pekerjaan B menunggu 6 hari hingga pekerjaan A selesai diproses dan kemudian memerlukan 2 hari lagi untuk diproses, maka waktu aliran pekerjaan B adalah 6 + 2 = 8 hari

Rasio Kritis

Rasio Kritis (CR) merupakan nilai indeks yang dihitung dengan membagi waktu yang tersisa sampai tanggal jatuh tempo dengan waktu kerja yang tersisa. Berbeda dari aturan prioritas lainnya, CR bersifat dinamis dan mudah diperbarui. Ini cenderung berkinerja lebih baik dibandingkan FCFS, SPT, EDD, atau LPT pada kriteria keterlambatan kerja rata-rata

CR berfungsi untuk menentukan pekerjaan mana yang perlu diprioritaskan agar penyelesaiannya tetap sesuai jadwal. Pekerjaan dengan nilai CR dibawah (<1,0) menunjukan pekerjaan yang terlambat dari jadwal. Jika CR tepat (1,0), maka pekerjaan sesuai jadwal. Sementara itu, nilai CR yang lebih besar dari (>1,0) berarti pekerjaan itu lebih cepat dari jadwal dan masih memiliki kelonggaran waktu

Rumus rasio kritis (CR):

$$(\mathrm{CR}) = \frac{Waktu\ yang\ tersisa}{Hari\ kerja\ yang\ tersisa} = \frac{Tanggal\ jatuh\ tempo - Tanggal\ hari\ ini}{Waktu\ kerja\ (lead\ time)\ yang\ tersisa}$$

Mengurutkan N Pekerjaan pada dua Mesin: Aturan Johnson

Situasi dimana N pekerjaan (N > 2) harus diproses menggunakan dua mesin atau pusat kerja berbeda dalam urutan yang sama dikenal sebagai situasi kompleks. Setiap pekerjaan hanya dapat menyelesaikan satu tugas dalam satu periode waktu. Situasi ini dikenal sebagai N/2. Aturan Johnson digunakan untuk meminimalkan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kelompok kerja yang dibagi menjadi dua stasiun kerja, atau alternatifnya, untuk meminimalkan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan aktivitas menganggur. Aturan Johnson terdiri dari empat langkah berikut:

1. Setiap tugas harus diselesaikan, dan waktu yang dibutuhkan untuk setiap tugas pada mesin harus dicatat
2. Pilih pekerjaan dengan durasi aktivitas terpendek. Jika waktu puncaknya pada hari pertama, pekerjaan akan selesai cepat. Jadwalkan pekerjaan diakhir jika tersingkat berada pada mesin kedua. Jika ada jam kerja yang serupa, pilih salah satu dengan cara yang mudah
3. Setelah pekerjaan selesai, periksa pekerjaan yang belum selesai
4. Terapkan langkah 2 dan 3 pada pekerjaan yang tersisa, bekerja ke arah tengah urutan

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.5912
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Keterbatasan Sistem Pengurutan Berbasis Aturan

Teknik penjadwalan yang dibahas sebelumnya adalah teknik berbasis aturan. Namun, Sistem aturan ini memiliki beberapa kekurangan, antara lain:

1. Penjadwalan yang bersifat dinamis
2. Aturan penjadwalan tidak mempertimbangkan kondisi sebelum proses (hulu) maupun sesudah proses (hilir)
3. Aturan tidak mempertimbangkan tanggal jatuh tempo

Dengan keterbatasan tersebut, penjadwalan tetap sering menggunakan aturan pengurutan seperti SPT, EDD, atau rasio kritis. Cara ini ditetapkan pada setiap tempat kerja dan kemudian digunakan kembali untuk mengatasi berbagai kondisi yang berbeda. Penyesuaian ini dapat dilakukan secara manual atau menggunakan perangkat lunak penjadwalan dengan kapasitas terbatas

Penjadwalan Kapasitas Terbatas (FCS)

Penjadwalan Kapasitas Terbatas (FCS) adalah sistem penjadwalan jangka pendek yang menggunakan penjadwalan komputer interaktif dan output grafis untuk mengatasi kekurangan metode aturan. Dalam lingkungan penjadwalan seperti bengkel (yang mencakup variasi tinggi, volume produksi rendah, dan penggunaan sumber daya bersama), perubahan dapat terjadi dan jadwal yang dapat terpengaruh. Karena itu, manajer beralih ke sistem FCS, yang memungkinkan perubahan hampir seketika karena komputer operator mesin mampu memantau aktivitas secara real-time.

Hal ini memungkinkan penjadwalan untuk membuat perubahan berdasarkan informasi terkini yang biasanya ditampilkan dalam bentuk bagan gantt. Selain memberikan pedoman penentuan prioritas, sistem FCS kontemporer juga mengintegrasikan ”sistem pakar” atau teknik simulasi dan memungkinkan penjadwalan untuk menerapkan biaya pada berbagai pilihan.

Oleh karena itu, penjadwalan memiliki fleksibilitas dalam menangani situasi, baik yang berkaitan dengan pesanan, tenaga kerja, maupun perubahan mesin. Penjadwalan kapasitas terbatas menciptakan persyaratan pengiriman yang sesuai dengan situasi saat ini dan situasi terkini pada hari itu, bukan berdasarkan peraturan yang telah ditetapkan sebelumnya. Penjadwalan yang menunjukan apa yang di pertimbangkannya ”baik”

Layanan Penjadwalan

Penjadwalan pada sistem layanan berbeda dari sistem manufaktur dalam beberapa hal, yaitu:

- Dalam manufaktur, penjadwalan berfokus pada mesin dan bahan, sedangkan pada layanan lebih berfokus pada tingkat staf
- Persediaan dapat membantu kelancaran permintaan bagi produsen, tetapi banyak sistem layanan yang tidak memelihara persediaan
- Layanan umumnya bersifat padat karya, dan kebutuhan tenaga kerjanya bisa sangat bervariasi
- Aturan hukum, seperti undang-undang upah dan jam kerja serta kontrak serikat pekerja yang membatasi jam kerja per shift, per minggu, atau per bulan, turut memengaruhi keputusan penjadwalan
- Karena layanan biasanya mejadwalkan orang (bukan material), masalah sosial, kelelahan, senioritas, dan status memperumit penjadwalan

Penjadwalan Karyawan Layanan dengan Penjadwalan Siklus

Berbagai teknik dan algoritma yang tersedia untuk menjadwalkan karyawan pada sektor layanan ketika kebutuhan staf berubah-ubah. Kondisi ini umu terjadi pada profesi seperti polisi, perawat, staf restoran, teller, dan pegawai ritel. Manajer sering menghabiskan banyak waktu setiap bulan untuk menyusun jadwal kerja yang tepat, efisien, dan tetap memuaskan karyawan. Penyusunan jadwal biasanya melibatkan periode perencanaan yang cukup pajang, misalnya enam minggu. Salah satu metode yang dapat digunakan dan cukup sederhana adalah penjadwalan siklus. Penjadwalan siklus ini berfokus pada penyususan jadwal yang berubah-ubah (tidak statis) dengan jumlah pekerja minimal

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.5912
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Keterkaitan Short-term Scheduling dengan Efisiensi Operasional

Short-term scheduling berada pada tingkat keputusan operasional yang menerjemahkan rencana agregat dan jadwal induk produksi ke dalam keputusan harian atau per jam. Pada tahap ini, manajer menentukan pekerjaan yang harus diproses, pusat kerja yang digunakan, waktu mulai dan selesai, serta tenaga kerja yang bertanggung jawab. Keputusan tersebut secara langsung memengaruhi kelancaran aliran produksi karena kesalahan kecil dalam urutan pekerjaan dapat menimbulkan antrean, waktu menganggur, perpindahan material yang tidak perlu, dan keterlambatan pengiriman. Heizer, Render, dan Munson (2020) menempatkan penjadwalan sebagai penghubung antara kapasitas yang tersedia dan permintaan aktual, sedangkan Slack, Brandon-Jones, dan Burgess (2022) menegaskan bahwa fungsi perencanaan dan pengendalian harus menjaga kesesuaian antara beban kerja dan kemampuan proses.

Efisiensi operasional tidak hanya berarti mesin bekerja selama mungkin. Utilisasi yang terlalu tinggi tanpa pengendalian aliran dapat meningkatkan pekerjaan dalam proses, memperpanjang waktu tunggu, dan membuat sistem sulit merespons pesanan mendesak. Oleh karena itu, jadwal yang efisien harus menyeimbangkan utilisasi, flow time, throughput, persediaan dalam proses, keterlambatan, dan stabilitas pelaksanaan. Pinedo (2022) menunjukkan bahwa setiap ukuran kinerja dapat menghasilkan keputusan urutan yang berbeda. Jadwal yang meminimalkan makespan belum tentu memberikan keterlambatan rata-rata terendah, sedangkan jadwal yang mengutamakan tanggal jatuh tempo belum tentu memaksimalkan pemanfaatan mesin.

Dalam konteks produksi, manfaat short-term scheduling muncul melalui empat jalur. Pertama, jadwal memberikan kepastian mengenai pekerjaan berikutnya sehingga operator tidak kehilangan waktu untuk menunggu instruksi. Kedua, jadwal mengurangi konflik penggunaan mesin, alat bantu, tenaga kerja, dan material. Ketiga, jadwal memberikan dasar untuk membandingkan rencana dan realisasi sehingga penyimpangan dapat diketahui lebih awal. Keempat, jadwal membantu perusahaan menyampaikan tanggal penyelesaian yang lebih realistis kepada pelanggan. Dengan demikian, peningkatan efisiensi bukan hanya berasal dari percepatan kerja, tetapi juga dari pengurangan ketidakpastian dan koordinasi yang lebih baik antarfungsi.

Kajian mengenai shop scheduling memperlihatkan bahwa lingkungan produksi modern semakin kompleks karena variasi produk tinggi, ukuran lot kecil, rute proses berbeda, dan sumber daya digunakan bersama. Márquez dan Ribeiro (2022) menjelaskan bahwa penjadwalan tidak dapat dipisahkan dari perencanaan proses, sistem manufaktur terintegrasi, dan advanced planning and scheduling. Xiong, Shi, Ren, dan Hu (2022) juga menunjukkan bahwa model job shop berkembang dengan beragam kendala, seperti waktu setup, ketersediaan mesin, pekerja, transportasi, dan ketidakpastian. Kondisi tersebut memperkuat pentingnya jadwal jangka pendek yang rinci dan mudah disesuaikan.

Pemilihan Aturan Prioritas Berdasarkan Karakteristik Beban Kerja

Aturan prioritas seperti FCFS, SPT, EDD, LPT, dan rasio kritis merupakan pendekatan yang mudah diterapkan karena tidak memerlukan model matematis yang rumit. Namun, aturan tersebut tidak boleh dipilih hanya karena sederhana. Pemilihan harus disesuaikan dengan tujuan operasi dan karakteristik pesanan. FCFS cocok ketika perusahaan ingin mempertahankan persepsi keadilan dan urutan kedatangan merupakan komitmen layanan. SPT sesuai ketika tujuan utama adalah menurunkan rata-rata waktu aliran dan jumlah pekerjaan yang berada di dalam sistem. EDD lebih relevan ketika perusahaan menghadapi penalti keterlambatan atau harus menjaga kepatuhan terhadap tanggal pengiriman.

LPT dapat digunakan pada kondisi tertentu, misalnya ketika pekerjaan panjang perlu dimulai lebih awal agar tidak menjadi beban besar pada akhir periode. Sementara itu, rasio kritis memiliki keunggulan karena mempertimbangkan sisa waktu menuju tanggal jatuh tempo dan sisa waktu proses. Nilainya dapat diperbarui setiap kali kondisi berubah, sehingga lebih responsif daripada aturan yang bersifat tetap. Pei, Zhang, Mei, dan Song (2022) menekankan bahwa pemilihan fungsi tujuan dalam flexible job shop perlu mempertimbangkan makespan, tardiness, energi, biaya, dan utilisasi. Hal ini berarti perusahaan perlu menghubungkan aturan prioritas dengan indikator yang benar-benar menjadi sasaran kinerja.

Penggunaan satu aturan untuk seluruh pusat kerja sering menghasilkan kinerja yang tidak konsisten. Pusat kerja yang menjadi bottleneck mungkin membutuhkan EDD atau rasio kritis untuk melindungi pesanan penting, sedangkan pusat kerja nonbottleneck dapat menggunakan SPT agar antrean cepat berkurang. Pada lingkungan

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.5912
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

yang memiliki beberapa jenis produk, aturan juga dapat dikombinasikan dengan klasifikasi pelanggan, tingkat keuntungan pesanan, kebutuhan material, atau risiko kualitas. Pendekatan multi-dispatching rules memungkinkan sistem memilih aturan yang paling sesuai dengan keadaan saat itu.

Taghipour, Namoura, Sharifi, dan Ghaleb (2024) menunjukkan bahwa penggunaan beberapa aturan pengiriman yang dipilih secara adaptif dapat meningkatkan throughput, menurunkan mean cycle time, dan mengurangi total weighted tardiness dibandingkan pemakaian satu aturan secara terus-menerus. Bagi perusahaan yang belum menggunakan kecerdasan buatan, prinsip adaptif tersebut tetap dapat diterapkan secara sederhana melalui matriks keputusan. Misalnya, ketika antrean pendek dan banyak pesanan mendekati jatuh tempo, EDD digunakan; ketika antrean panjang tetapi tenggat relatif longgar, SPT dipilih; dan ketika terjadi pesanan darurat, rasio kritis digunakan untuk mengevaluasi ulang prioritas.

Pengendalian Bottleneck, WIP, dan Keseimbangan Beban

Bottleneck merupakan pusat kerja dengan kapasitas efektif paling rendah dibandingkan beban yang harus diselesaikan. Ketika bottleneck tidak dikelola, pekerjaan akan menumpuk sebelum proses tersebut, sementara pusat kerja setelahnya dapat mengalami kekurangan material. Dampaknya adalah waktu aliran meningkat, jadwal pengiriman tidak stabil, dan persediaan dalam proses membesar. Short-term scheduling membantu mengidentifikasi bottleneck melalui perbandingan antara jam beban dan jam kapasitas pada setiap pusat kerja serta melalui pemantauan antrean aktual.

Pengendalian input-output perlu digunakan agar jumlah pekerjaan yang dilepas ke lantai produksi tidak melebihi kemampuan sistem. Pelepasan pekerjaan yang terlalu cepat memang membuat mesin terlihat sibuk, tetapi dapat menyembunyikan pemborosan berupa antrean dan perpindahan material. Sebaliknya, pelepasan yang terlalu lambat menyebabkan mesin kekurangan pekerjaan. Karena itu, perusahaan perlu menetapkan batas WIP, waktu buffer, dan aturan pelepasan pesanan. Prinsipnya adalah pekerjaan baru hanya dilepas ketika kapasitas tersedia dan material, dokumen proses, operator, serta alat bantu telah siap.

Keseimbangan beban juga perlu mempertimbangkan finite loading. Pada infinite loading, seluruh pekerjaan ditempatkan ke periode yang diinginkan tanpa memeriksa kapasitas, sehingga jadwal awal sering tidak dapat dilaksanakan. Finite loading membatasi penugasan sesuai kapasitas nyata dan memperlihatkan pekerjaan yang harus dipindahkan, dipecah, dialihkan ke mesin alternatif, dikerjakan lembur, atau disubkontrakkan. Li et al. (2022) menunjukkan bahwa flexible job shop modern membutuhkan integrasi keputusan mesin, pekerja, transportasi, perawatan, dan proses pendukung agar jadwal tidak hanya optimal secara matematis tetapi juga dapat dilaksanakan.

Dalam praktik, bottleneck sebaiknya dilindungi dari kehilangan waktu karena kekurangan material, setup yang tidak perlu, kerusakan, atau ketidakhadiran operator. Pekerjaan yang akan masuk bottleneck disiapkan lebih awal, urutan setup dikelompokkan bila memungkinkan, dan kegiatan pemeriksaan kualitas ditempatkan agar cacat tidak baru ditemukan setelah menggunakan kapasitas bottleneck. Jadwal pusat kerja nonbottleneck harus mendukung kebutuhan bottleneck, bukan mengejar utilisasi lokal. Pendekatan ini membuat throughput sistem lebih penting daripada sekadar tingkat kesibukan masing-masing mesin.

Penjadwalan Dinamis dan Rescheduling

Jadwal jangka pendek pada awal shift merupakan rencana terbaik berdasarkan informasi yang tersedia pada saat itu. Namun, operasi produksi bersifat dinamis. Mesin dapat rusak, operator tidak hadir, material terlambat, kualitas produk memerlukan pengerjaan ulang, pesanan baru masuk, atau pelanggan mengubah prioritas. Jika perusahaan mempertahankan jadwal lama tanpa penyesuaian, penyimpangan akan semakin besar. Karena itu, short-term scheduling perlu dilengkapi dengan rescheduling, yaitu proses memperbarui jadwal berdasarkan kondisi aktual.

Rescheduling dapat dilakukan secara periodik atau berbasis kejadian. Rescheduling periodik dilakukan pada interval tertentu, misalnya setiap awal shift atau setiap empat jam. Pendekatan ini mudah dikendalikan, tetapi mungkin terlambat merespons gangguan penting. Rescheduling berbasis kejadian dilakukan ketika terjadi kondisi tertentu, seperti kerusakan mesin, keterlambatan material, atau pesanan prioritas tinggi. Pendekatan ini lebih responsif, tetapi terlalu banyak perubahan dapat membuat operator bingung dan menurunkan stabilitas

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.5912
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

pelaksanaan. Oleh sebab itu, perusahaan perlu menetapkan ambang perubahan yang cukup penting untuk memicu penjadwalan ulang.

Stabilitas jadwal merupakan aspek yang sering diabaikan. Jadwal baru yang sedikit lebih baik secara matematis belum tentu layak diterapkan apabila mengubah terlalu banyak penugasan yang sudah disiapkan. Biaya perubahan mencakup pembatalan setup, perpindahan material, penyesuaian tenaga kerja, pembaruan dokumen, dan risiko komunikasi. Dalam rescheduling, fungsi tujuan sebaiknya memasukkan ukuran perubahan jadwal selain makespan dan keterlambatan. Jadwal yang robust mampu mempertahankan kinerja ketika terdapat variasi kecil, sedangkan jadwal yang resilient mampu pulih dengan cepat setelah gangguan besar.

Marzia, Vital-Soto, dan Azab (2023) menjelaskan bahwa integrasi perencanaan proses dan penjadwalan dinamis dibutuhkan untuk menghadapi ketidakpastian lantai produksi. Li dan Chen (2023) juga menunjukkan bahwa data real-time dan model digital dapat membantu penjadwalan mempertimbangkan perubahan keterampilan pekerja serta kondisi proses. Secara operasional, perusahaan dapat memulai dengan papan kendali sederhana yang menampilkan status mesin, pekerjaan aktif, antrean, estimasi selesai, dan penyebab penyimpangan. Informasi tersebut menjadi dasar bagi supervisor untuk melakukan rescheduling secara terstruktur.

Integrasi ERP, MES, dan Finite Capacity Scheduling

Kualitas jadwal sangat bergantung pada kualitas data. Jadwal yang disusun menggunakan waktu proses standar yang tidak pernah diperbarui, stok material yang tidak akurat, atau informasi mesin yang terlambat akan menghasilkan keputusan yang tidak realistis. Integrasi antara enterprise resource planning (ERP), manufacturing execution system (MES), dan sistem finite capacity scheduling membantu menjaga konsistensi data dari tingkat pesanan sampai pelaksanaan produksi. ERP menyediakan informasi permintaan, persediaan, pembelian, dan rencana produksi, sedangkan MES mencatat status pekerjaan dan mesin secara lebih rinci.

Finite capacity scheduling menggunakan kapasitas yang benar-benar tersedia, termasuk kalender kerja, waktu setup, preventive maintenance, kemampuan mesin, dan kompetensi operator. Sistem tersebut dapat menghasilkan diagram Gantt interaktif untuk menunjukkan konflik, idle time, keterlambatan, dan alternatif penugasan. Ketika data realisasi masuk dari MES, jadwal dapat dibandingkan dengan kondisi aktual. Perbedaan antara waktu standar dan realisasi kemudian digunakan untuk memperbaiki parameter penjadwalan berikutnya. Siklus ini membuat jadwal semakin akurat dari waktu ke waktu.

Meskipun teknologi memberikan manfaat, implementasi tidak harus dimulai dari perangkat lunak yang mahal. Perusahaan dapat membangun disiplin data terlebih dahulu dengan kode pekerjaan yang konsisten, pencatatan waktu mulai dan selesai, alasan downtime, waktu setup, serta status material. Setelah data stabil, perusahaan dapat menggunakan spreadsheet terstruktur, aplikasi penjadwalan sederhana, atau modul FCS. Penggunaan sistem yang canggih tanpa data yang bersih hanya mempercepat penyebaran kesalahan.

Parente et al. (2020) dan Jiang et al. (2022) menjelaskan bahwa perkembangan Industry 4.0 menggeser penjadwalan dari sistem terpusat dan statis menuju sistem yang lebih terhubung, terdesentralisasi, dan responsif. Prashar, Tortorella, dan Fogliatto (2022) menambahkan bahwa teknologi digital memperluas kemampuan penjadwalan melalui visibilitas, konektivitas, analitik, dan keputusan yang lebih cepat. Namun, keberhasilan tetap ditentukan oleh kesesuaian teknologi dengan proses, kompetensi pengguna, dan tata kelola data.

Pemanfaatan Digital Twin dan Kecerdasan Buatan

Digital twin merupakan representasi digital dari sistem fisik yang diperbarui menggunakan data aktual. Dalam penjadwalan, digital twin dapat menggambarkan mesin, pekerjaan, tenaga kerja, aliran material, dan status kapasitas. Manajer dapat menguji beberapa alternatif urutan tanpa mengganggu produksi nyata. Macchi, Ragazzini, dan Negri (2023) menjelaskan bahwa digital twin dapat mendukung penjadwalan dan pengendalian melalui integrasi model, data, serta fungsi analisis yang disesuaikan dengan lingkungan produksi.

Khadiri, Sekkat, dan Herrou (2023) menunjukkan bahwa arsitektur shopfloor berbasis digital twin dapat mendukung penjadwalan dinamis ketika terjadi kegagalan mesin, kekurangan material, atau cacat kualitas. Ouahabi et al. (2024) menegaskan bahwa digital twin memperkuat kemampuan real-time, robustness, dan respons

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.5912
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

terhadap gangguan. Bagi perusahaan, manfaat utamanya bukan sekadar visualisasi tiga dimensi, tetapi kemampuan memprediksi konsekuensi keputusan sebelum perubahan diterapkan.

Kecerdasan buatan dapat digunakan untuk memilih aturan prioritas, memprediksi waktu proses, memperkirakan risiko keterlambatan, dan menghasilkan alternatif jadwal. Reinforcement learning, misalnya, belajar memilih tindakan berdasarkan keadaan sistem dan umpan balik kinerja. Namun, penggunaan AI membutuhkan data historis yang representatif, definisi tujuan yang jelas, serta mekanisme pengawasan manusia. Model yang hanya mengejar makespan dapat mengabaikan kualitas, keselamatan, energi, atau beban kerja operator.

Penerapan AI sebaiknya dilakukan bertahap. Tahap pertama adalah analitik deskriptif untuk mengetahui penyebab keterlambatan dan pola downtime. Tahap kedua adalah analitik prediktif untuk memperkirakan waktu selesai dan risiko gangguan. Tahap ketiga adalah analitik preskriptif untuk merekomendasikan urutan atau penugasan. Keputusan akhir tetap perlu mempertimbangkan pengetahuan supervisor mengenai kondisi yang belum tercatat di sistem. Dengan pendekatan ini, teknologi memperkuat kemampuan manusia, bukan menggantikan pertimbangan operasional.

Efisiensi Energi dan Keberlanjutan dalam Penjadwalan

Tujuan penjadwalan modern tidak terbatas pada waktu dan biaya. Konsumsi energi, emisi, penggunaan material, serta beban kerja manusia semakin penting. Mesin yang dibiarkan idle dalam kondisi menyala dapat menggunakan energi tanpa menghasilkan output. Di sisi lain, terlalu sering mematikan dan menyalakan mesin dapat meningkatkan waktu setup dan keausan. Jadwal perlu mengelompokkan pekerjaan dengan karakteristik proses serupa, mengurangi perubahan setup, dan memanfaatkan periode beban listrik yang lebih rendah apabila memungkinkan.

Fernandes, Homayouni, dan Fontes (2022) menunjukkan bahwa energy-efficient scheduling dapat menurunkan konsumsi energi dan biaya sekaligus mempertahankan sasaran produksi. Efisiensi energi perlu dipertimbangkan bersama makespan, tardiness, dan utilisasi karena perbaikan satu indikator dapat memperburuk indikator lain. Misalnya, mempercepat semua mesin secara bersamaan dapat menurunkan waktu penyelesaian tetapi meningkatkan puncak pemakaian listrik. Pendekatan multiobjektif membantu perusahaan mencari kompromi yang sesuai dengan prioritas bisnis.

Aspek keberlanjutan juga berkaitan dengan pekerja. Jadwal lembur yang terus-menerus mungkin memenuhi tenggat dalam jangka pendek, tetapi meningkatkan kelelahan, kesalahan, dan risiko keselamatan. Penjadwalan tenaga kerja harus mempertimbangkan kompetensi, waktu istirahat, rotasi, dan pemerataan beban. Pada akhirnya, operasi yang berkelanjutan adalah operasi yang mampu mempertahankan throughput dan pelayanan tanpa mengorbankan energi, kondisi mesin, dan kesehatan pekerja.

Penerapan pada Sektor Jasa dan Usaha Berskala Kecil

Konsep short-term scheduling juga relevan pada sektor jasa karena kapasitas jasa umumnya tidak dapat disimpan. Rumah sakit harus menjadwalkan ruang operasi, dokter, perawat, dan peralatan; restoran harus menyesuaikan jumlah staf dengan pola kedatangan pelanggan; bengkel harus mengurutkan kendaraan berdasarkan waktu proses, ketersediaan suku cadang, dan janji selesai. Pada sistem jasa, ketidakpastian permintaan dan interaksi langsung dengan pelanggan membuat waktu tunggu menjadi indikator penting.

Perusahaan kecil dan menengah sering mengandalkan pengalaman pemilik atau supervisor. Cara tersebut dapat bekerja ketika volume rendah, tetapi menjadi rentan ketika jumlah pesanan meningkat dan variasi produk bertambah. Penerapan dapat dimulai dari pencatatan pesanan, estimasi durasi, tanggal jatuh tempo, sumber daya yang dibutuhkan, dan status kesiapan material. Papan jadwal harian yang diperbarui secara disiplin sudah dapat mengurangi pekerjaan yang terlupakan, benturan penggunaan mesin, dan janji pengiriman yang tidak realistis.

Tahap berikutnya adalah membandingkan kinerja beberapa aturan prioritas menggunakan data sederhana. Perusahaan dapat menghitung rata-rata waktu penyelesaian, jumlah pekerjaan terlambat, jam idle, dan WIP untuk setiap alternatif. Hasil perbandingan membuat keputusan tidak semata-mata berdasarkan kebiasaan. Investasi perangkat lunak baru dilakukan setelah masalah, kebutuhan data, dan indikator kinerja telah jelas. Dengan demikian, short-term scheduling dapat diterapkan secara proporsional sesuai skala usaha.

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.5912
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Tahapan Implementasi dan Indikator Evaluasi

Implementasi short-term scheduling perlu dimulai dengan pemetaan proses. Perusahaan mencatat urutan operasi setiap produk, waktu proses, waktu setup, mesin yang dapat digunakan, kebutuhan operator, material, dan batas kapasitas. Data kemudian divalidasi menggunakan realisasi beberapa periode. Setelah itu, perusahaan menetapkan tujuan utama, misalnya ketepatan pengiriman, pengurangan WIP, peningkatan throughput, atau penurunan lembur. Tujuan yang terlalu banyak tanpa prioritas akan menyulitkan pemilihan metode.

Tahap kedua adalah memilih horizon dan frekuensi pembaruan jadwal. Jadwal dapat disusun untuk satu hari, satu minggu, atau beberapa shift, tetapi tingkat rinciannya harus lebih tinggi untuk periode terdekat. Prinsip rolling horizon dapat digunakan: jadwal periode dekat dikunci agar stabil, sedangkan periode berikutnya masih dapat diubah. Perusahaan juga menetapkan siapa yang berwenang mengubah jadwal, kondisi pemicu perubahan, dan cara mengkomunikasikan revisi kepada operator.

Tahap ketiga adalah melakukan uji coba pada satu lini atau pusat kerja. Selama uji coba, perusahaan mencatat indikator sebelum dan sesudah penerapan. Indikator utama dapat berupa makespan, flow time, cycle time, throughput, utilisasi, persentase pesanan tepat waktu, total tardiness, WIP, waktu setup, downtime, lembur, dan jumlah perubahan jadwal. Indikator perlu dibaca secara bersama karena utilisasi tinggi dapat disertai WIP tinggi, sedangkan WIP rendah dapat terjadi karena kekurangan pesanan.

Tahap terakhir adalah perbaikan berkelanjutan. Setiap penyimpangan dianalisis untuk membedakan masalah penjadwalan dan masalah proses. Jika keterlambatan berasal dari waktu proses yang tidak stabil, perbaikan metode kerja atau perawatan mesin mungkin lebih penting daripada mengganti aturan prioritas. Jika jadwal sering berubah karena material tidak tersedia, integrasi dengan pembelian dan pengendalian persediaan perlu diperkuat. Short-term scheduling akan efektif ketika menjadi bagian dari sistem manajemen operasi, bukan aktivitas administratif yang berdiri sendiri.

Sintesis Hasil Kajian

Berdasarkan keseluruhan kajian, short-term scheduling meningkatkan efisiensi operasional melalui pengaturan urutan, kapasitas, dan waktu yang lebih transparan. Metode sederhana seperti aturan prioritas, diagram Gantt, kontrol input-output, dan rasio kritis tetap relevan karena mudah dipahami dan dapat diterapkan dengan cepat. Namun, metode tersebut perlu digunakan secara selektif berdasarkan tujuan kinerja, karakteristik proses, dan kondisi aktual.

Perkembangan penelitian menunjukkan pergeseran menuju penjadwalan yang terintegrasi, dinamis, dan multiobjektif. Sistem tidak hanya mengoptimalkan mesin, tetapi juga mempertimbangkan pekerja, transportasi, energi, perawatan, material, dan perubahan permintaan. Teknologi digital, finite capacity scheduling, MES, AI, dan digital twin memperluas kemampuan perusahaan untuk memantau serta memperbarui jadwal secara waktu nyata. Walaupun demikian, kualitas data, stabilitas jadwal, kesiapan organisasi, dan keterlibatan operator tetap menjadi prasyarat utama.

Dengan demikian, penerapan short-term scheduling yang efektif memerlukan kombinasi antara teknik penjadwalan, disiplin pengendalian operasi, dan evaluasi berkelanjutan. Perusahaan sebaiknya memulai dari sasaran yang jelas, data proses yang akurat, aturan perubahan yang terstruktur, dan indikator kinerja yang seimbang. Pendekatan tersebut membuat jadwal berfungsi sebagai alat koordinasi dan pengambilan keputusan yang mampu meningkatkan ketepatan pengiriman, mengurangi pemborosan, serta memperkuat fleksibilitas operasional.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian, penjadwalan jangka pendek merupakan fungsi strategis dalam manajemen operasi karena menerjemahkan rencana kapasitas dan jadwal induk menjadi urutan pekerjaan harian yang dapat dilaksanakan. Efisiensi operasional dapat ditingkatkan ketika perusahaan menyesuaikan beban dengan kapasitas, memilih aturan prioritas berdasarkan tujuan kinerja, mengendalikan pekerjaan dalam proses, serta melindungi pusat kerja bottleneck. Metode penjadwalan maju dan mundur, finite loading, kontrol input-output, diagram Gantt, metode penugasan, FCFS, SPT, EDD, LPT, rasio kritis, dan Aturan Johnson tetap relevan apabila diterapkan sesuai

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.5912
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

karakteristik proses. Namun, lingkungan produksi yang dinamis memerlukan rescheduling untuk merespons kerusakan mesin, keterlambatan material, perubahan pesanan, ketidakhadiran operator, dan kebutuhan pengerjaan ulang. Integrasi ERP, MES, finite capacity scheduling, analitik data, kecerdasan buatan, dan digital twin dapat meningkatkan visibilitas, kecepatan pembaruan, serta kualitas keputusan. Penerapan teknologi tetap harus didukung data yang akurat, aturan perubahan yang jelas, stabilitas jadwal, dan keterlibatan operator. Dengan demikian, keberhasilan short-term scheduling tidak hanya diukur melalui utilisasi mesin, tetapi juga melalui penurunan flow time, WIP, waktu setup, downtime, keterlambatan, dan lembur, serta peningkatan throughput, ketepatan pengiriman, fleksibilitas, efisiensi energi, dan kualitas layanan.

Referensi

1. Fernandes, J. M. R. C., Homayouni, S. M., & Fontes, D. B. M. M. (2022). Energy-efficient scheduling in job shop manufacturing systems: A literature review. Sustainability, 14(10), 6264. https://doi.org/10.3390/su14106264
2. Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). Operations management: Sustainability and supply chain management (13th ed.). Pearson.
3. Jiang, Z., Yuan, S., Ma, J., & Wang, Q. (2022). The evolution of production scheduling from Industry 3.0 through Industry 4.0. International Journal of Production Research, 60(11), 3534-3554. https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1925772
4. Khadiri, H., Sekkat, S., & Herrou, B. (2023). Digital twin based SUDIHA architecture to smart shopfloor scheduling. Journal of Manufacturing and Materials Processing, 7(3), 84. https://doi.org/10.3390/jmmp7030084
5. Li, X., Guo, X., Tang, H., Wu, R., Wang, L., Pang, S., Liu, Z., Xu, W., & Li, X. (2022). Survey of integrated flexible job shop scheduling problems. Computers & Industrial Engineering, 174, 108786. https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108786
6. Li, Z., & Chen, Y. (2023). Dynamic scheduling of multi-memory process flexible job shop problem based on digital twin. Computers & Industrial Engineering, 183, 109498. https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109498
7. Macchi, M., Ragazzini, L., & Negri, E. (2023). A conceptual framework for digital twins in production scheduling and control. IFAC-PapersOnLine, 56(2), 5661-5666. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.10.491
8. Márquez, C. R. H., & Ribeiro, C. C. (2022). Shop scheduling in manufacturing environments: A review. International Transactions in Operational Research, 29(6), 3237-3293. https://doi.org/10.1111/itor.13108
9. Marzia, S., Vital-Soto, A., & Azab, A. (2023). Automated process planning and dynamic scheduling for smart manufacturing: A systematic literature review. Manufacturing Letters, 35(Supplement), 861-872. https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2023.07.013
10. Ouahabi, N., Chebak, A., Kamach, O., Laayati, O., & Zegrari, M. (2024). Leveraging digital twin into dynamic production scheduling: A review. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 89, 102778. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2024.102778
11. Parente, M., Figueira, G., Amorim, P., & Marques, A. (2020). Production scheduling in the context of Industry 4.0: Review and trends. International Journal of Production Research, 58(17), 5401-5431. https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1718794
12. Pei, F., Zhang, J., Mei, S., & Song, H. (2022). Critical review on the objective function of flexible job shop scheduling. Mathematical Problems in Engineering, 2022, 8147581. https://doi.org/10.1155/2022/8147581
13. Pinedo, M. L. (2022). Scheduling: Theory, algorithms, and systems (6th ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05921-6
14. Prashar, A., Tortorella, G. L., & Fogliatto, F. S. (2022). Production scheduling in Industry 4.0: Morphological analysis of the literature and future research agenda. Journal of Manufacturing Systems, 65, 33-43. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.08.008
15. Slack, N., Brandon-Jones, A., & Burgess, N. (2022). Operations management (10th ed.). Pearson.
16. Taghipour, S., Namoura, H. A., Sharifi, M., & Ghaleb, M. (2024). Real-time production scheduling using a deep reinforcement learning-based multi-agent approach. INFOR: Information Systems and Operational Research, 62(2), 186-210. https://doi.org/10.1080/03155986.2023.2287996
17. Xiong, H., Shi, S., Ren, D., & Hu, J. (2022). A survey of job shop scheduling problem: The types and models. Computers & Operations Research, 142, 105731. https://doi.org/10.1016/j.cor.2022.105731

DOI: https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.5912
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)