

Rosnani Ginting

PENJADWALAN MESIN

Sistem, Algoritma, Pemecahan Masalah dan Penerapan

KATA PENGANTAR

Tujuan diterbitkannya buku Penjadwalan Mesin edisi ke-2 ini adalah untuk menyajikan prinsip penjadwalan, alat canggih, dan contoh sistem penjadwalan inovatif kepada orang yang dapat menggunakan informasi ini untuk meningkatkan penjadwalan mesin di perusahaan.

Buku Penjadwalan Mesin ini ditulis untuk semua tingkat Perguruan Tinggi dan Universitas, teknologi industri, teknologi rekayasa, desain industri, teknik, manajemen bisnis dan disiplin terkait lainnya di mana ada minat untuk belajar tentang Penjadwalan Mesin sebagai sistem yang lengkap.

Audiens yang dituju meliputi Manajer produksi, manajer pabrik, insinyur industri, Staf Pengajar, praktisi, Mahasiswa dan Mahasiswi sarjana dan pascasarjana tingkat lanjut yang mempelajari dan melakukan penelitian bidang teknik industri, khususnya Penjadwalan.

Secara garis besar buku ini membahas 12 Bab, yaitu : Bab 1: Defenisi dan Fungsi Penjadwalan Mesin, Bab 2: Algoritma dan Kriteria Penjadwalan, Bab 3: Jenis-jenis Penjadwalan Berdasarkan Sistem Produksi dan Parameter Performansi, Bab 4: Penjadwalan Mesin Secara Seri dan Paralel, Bab 5: Metode-Metode Penjadwalan Mesin, Bab 6: Metode Penjadwalan Mesin Forward dan Backward, Bab 7: Heuristik Penjadwalan Mesin, Bab 8: Penjadwalan Mesin dengan Fuzzy, Bab 9: Penjadwalan Mesin dengan Ant Algoritma, Tabu Search dan Simulasi Annealing, Bab 10: Penjadwalan Mesin dengan Simulasi, Bab 11: Penjadwalan Mesin dengan Metode Dynamic Programming dan Integer Programming, Bab 12: Metode Pengukuran Waktu.

Dengan demikian, buku ini akan memberikan informasi yang lebih komprehensif tentang sebuah Penjadwalan. Hal ini dimaksudkan untuk memperkenalkan setiap orang yang tertarik tentang apa itu Penjadwalan, khususnya Penjadwalan Mesin dengan metode yang beragam digunakan.

Penulis berharap dengan mempelajari buku ini, pembaca dapat memahami mengenai Penjadwalan Mesin. Penulis juga menyadari buku ini jauh dari sempurna, untuk itu penulis dengan kerendahan hati memohon kepada para pembaca untuk memberikan kritik dan masukan untuk memperbaiki kekurangan ataupun kelemahan pada buku ini.

Akhirnya penulis tak lupa mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan buku ini sampai dapat diterbitkan secara baik.

Semoga buku ini memberikan manfaat pada pembaca.

Medan, 2022
Rosnani Ginting

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
BAB I KONSEP PENJADWALAN MESIN	1
1.1. Konsep Penjadwalan.....	1
1.2. Tujuan Penjadwalan.....	2
1.3. Konsep Dasar Penjadwalan Mesin	3
1.4. Model Penjadwalan.....	4
1.5. Teori Penjadwalan	6
1.6. Input dan Output Penjadwalan.....	7
1.6.1. Input Penjadwalan	7
1.6.2. Output Penjadwalan.....	8
BAB II ALGORITMA DAN KRITERIA PENJADWALAN.....	10
2.1. Gambaran	10
2.2. Beberapa Defenisi Dalam Penjadwalan	11
2.3. Kriteria Dalam Penjadwalan.....	13
2.4. Jenis-jenis Penjadwalan.....	14
2.4.1. Penjadwalan n Pekerjaan Terhadap 1 Mesin	14
2.4.2. Pengurutan n Pekerjaan Terhadap m Mesin	
Pararel	17
2.4.2.1. Proses Penjadwalan Job Shop.....	19
2.4.2.2. Penjadwalan n Task Pada Satu Prosesor..	20
2.4.2.3. Pengurutan n <i>Tasks</i> pada m Prosesor.....	25
2.4.2.4. Studi Kasus.....	30
BAB III JENIS-JENIS PENJADWALAN BERDASARKAN	
SISTEM PRODUKSI DAN PARAMETER	
PERFORMANSI.....	38
3.1. Penjadwalan <i>Flow Shop</i>	38
3.2. Penjadwalan <i>Batch</i>	39
3.3. Penjadwalan Job Shop	42
3.3.1. Job Shop Loading.....	43
3.3.2. Job Shop Sequencing.....	44
3.4. Parameter Performansi.....	45

BAB IV PENJADWALAN MESIN SECARA SERI DAN	
PARAREL	47
4.1. Penjadwalan “n” Job pada “satu” Prosesor.....	47
4.1.1. Kasus Tanpa Due Date	47
4.1.2. Kasus Dengan Due Date.....	51
4.2. Pengurutan n Pekerjaan Terhadap m Mesin Pararel ..	55
4.3. Penjadwalan Seri.....	58
4.3.1. Jhonson`s Rule	59
4.3.2. Metode Campbell, Dudek and Smith (CDS)...	63
4.3.3. Metode Palmer (Model Heuristik Slope Index)..	69
4.4. Pemilihan Alternatif Penjadwalan	70
BAB V METODE-METODE PENJADWALAN MESIN.....	
5.1. Algoritma Campbell, Dudek, dan Smith (CDS)	71
5.2. Algoritma Nawaz, Ensore dan Ham (NEH).....	72
5.3. Metode Ignall-Scharge.....	73
5.4. Algoritma Dannenbring	81
5.5. Algoritma Gupta	83
BAB VI METODE PENJADWALAN MESIN FORWARD	
DAN BACKWARD.....	86
6.1. Metode <i>Forward</i>	86
6.2. Metode <i>Backward</i>	87
6.3. Metode <i>Forced (Forced Scheduling)</i>	88
6.4. Metode kompromi.....	89
6.5. Metode-metode Penjadwalan.....	89
BAB VII HEURISTIK PENJADWALAN MESIN.....	
7.1. Penjadwalan dengan Metode Pour	90
7.1.1. Penjadwalan Flowshop dengan Algoritma	
Heuristik Pour.....	90
7.2. Penjadwalan Mesin dengan Algoritma Genetik	99
7.2.1. Studi Literatur	99
7.2.2. Sistem Optimisasi Penjadwalan dengan Metode	
Algoritma Genetik.....	105
7.2.3. Prinsip Algoritma Genetik.....	105
7.2.4. Implementasi Algoritma Genetik dalam	
Penjadwalan	108
7.2.5. Gen sebagai Kode Individu Dinyatakan	
sebagai Suatu <i>Job</i>	109

7.3. Pembuatan Peta Kromosom	109
7.3.1. Penentuan <i>Parent</i> pada Tiap Populasi	110
7.3.2. Mutasi sebagai Proses Genetika pada Penjadwalan	110
7.3.3. Penetapan Fungsi Tujuan sebagai Proses Seleksi.....	112
7.4. Pemodelan	113
7.4.1. Representasi ke Bentuk String	113
7.4.2. Pemilihan Operator Genetik	114
7.4.3. Fungsi <i>Fitness</i>	114
7.4.4. Parameter Genetik.....	115
7.4.5. Pemodelan Penjadwalan	115
CONTOH KASUS.....	118
BAB VIII PENJADWALAN MESIN DENGAN FUZZY	162
8.1. Identifikasi Data.....	162
8.2. Pengolahan Data Dengan Integral Fuzzy.....	164
8.3. Aplikasi Penjadwalan <i>Fuzzy</i>	164
8.4. Dasar Teori.....	170
8.4.1. Fungsi Keanggotaan.....	171
8.4.2. Fuzzy Numbers	171
8.4.3. Defuzzifikasi	172
BAB IX PENJADWALAN MESIN DENGAN ANT ALGORITMA, TABU SEARCH DAN SIMULASI ANNEALING	173
9.1. Penjadwalan Mesin dengan <i>Ant</i> Algoritma.....	173
9.1.1. Penjadwalan <i>Flow Shop</i> untuk Dua Buah Mesin Bikriteria	176
9.1.2. SACO Heuristic	176
9.1.3. Landasan Teori.....	179
9.1.4. Penjadwalan Flowshop	179
9.1.5. Sejarah Algoritma Semut.....	180
9.1.6. Cara Kerja Semut Mencari Jalur Optimal.....	181
9.1.7. Penjadwalan dengan Algoritma Johnson untuk meminimalkan <i>Makespan</i> untuk Dua Buah Mesin.....	182
9.2. Penjadwalan Mesin dengan Tabu Search (<i>Gendrean, 2002</i>)	183
9.2.1. Defenisi Tabu Search.....	183
9.2.2. Ide Dasar Metode Tabu Search.....	184

9.2.3. Intensifikasi dan Diversifikasi	187
9.2.4. Elemen dari Memori	187
9.2.5. Contoh Penerapan TS dalam Penjadwalan Mesin	189
9.3. Simulasi Annealing.....	191
9.4. Implementasi Algoritma Simulasi Annealing untuk Penjadwalan Flowshop	193
CONTOH KASUS	195
BAB X PENJADWALAN MESIN DENGAN SIMULASI.....	262
10.1. Kriteria di Dalam Evaluasi Penjadwalan	262
10.2. Pengertian Sistem dan Model	264
10.3. Model Simulasi	264
10.4. Simulasi Komputer	265
10.4.1. Kelebihan dan Kekurangan Simulasi Komputer	265
10.4.2. Membangkitkan Variabel Stokastik Untuk Simulasi.....	266
10.4.3. Uji Kecocokan Distribusi.....	267
10.4.4. Pembangkitan Bilangan Random	268
10.4.5. Steady State.....	268
10.4.6. Contoh Kasus dengan Perhitungan secara Manual.....	270
10.5. Metodologi Simulasi	272
10.6. Metodologi Penelitian	273
BAB XI PENJADWALAN MESIN DENGAN METODE DYNAMIC PROGRAMMING DAN INTEGER PROGRAMMING	275
11.1. Penjadwalan Mesin dengan Dynamic Programming	275
11.1.1. Pendahuluan	275
11.1.2. Konsep Dasar dalam <i>Dynamic Programming</i>	276
11.1.3. Kriteria <i>Dynamic Programming</i>	279
11.1.4. Model Mesin Tunggal (<i>Single Machine Models</i>).....	280
11.1.5. Deterministic Models	280
11.1.6. Algoritma <i>Deterministic Dynamic Programming</i>	282
11.2. Penjadwalan Mesin dengan Integer Programming...284	

11.2.1. Program Integer dalam Anggaran Modal	285
11.2.2. Program Integer dalam Perencanaan Lokasi.....	286
11.2.3. Program Integer Penjadwalan Produksi	287
11.2.4. Pendekatan Program Integer untuk Penjadwalan <i>Job Shop</i>	289
11.2.5. Total Waktu Penyelesaian dengan Asumsi n/m Integer	292
11.2.6. Metode Pengolahan Data dengan Metode Integer.....	296
11.3. Metode Analisis Data.....	300
BAB XII METODE PENGUKURAN WAKTU	302
12.1. Pengukuran Waktu	302
12.1.1. Metode Pengukuran Waktu	302
12.1.2. Perhitungan statistik tentang pengukuran waktu.....	303
12.1.2.1. Sub Grup	303
12.1.2.2. Nilai Rata-Rata.....	303
12.1.2.3. Standar Deviasi	303
12.1.2.4. Pengujian Keseragaman Data.....	304
12.1.2.5. Penentuan Jumlah Pengamatan ..	304
12.1.2.6. Tingkat Ketelitian dan Tingkat Keyakinan.....	304
12.2. Pengukuran Waktu Siklus Rata-Rata	305
12.2.1. Pengukuran Waktu Normal	305
12.2.2. Pengukuran Waktu Standar (Waktu Baku).....	306
12.2.3. Penentuan Waktu Standar.....	306
DAFTAR PUSTAKA	311

BAB I

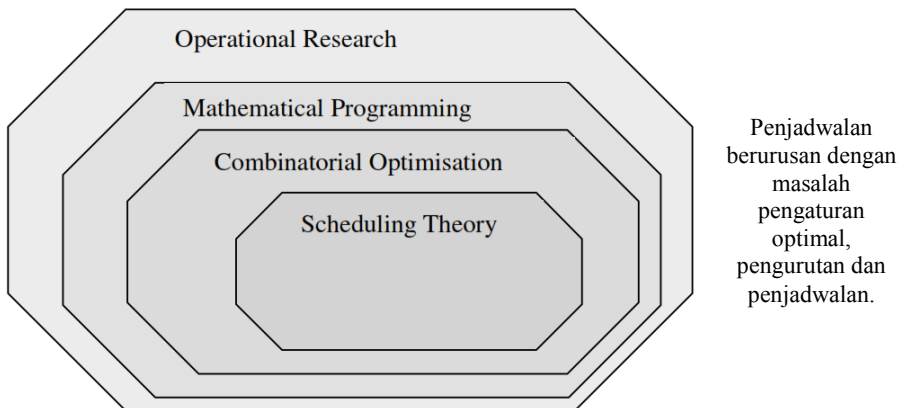
KONSEP PENJADWALAN MESIN

1.1. Konsep Penjadwalan

Teori Penjadwalan muncul di awal tahun 50-an. Selain komputer dan manufaktur, teori penjadwalan dapat diterapkan di banyak bidang, termasuk pertanian, rumah sakit, dan transportasi. Fokus utamanya adalah pada alokasi yang efisien dari satu atau lebih sumber daya untuk kegiatan dari waktu ke waktu. Mengadopsi terminologi manufaktur, sebuah "job" terdiri dari satu atau lebih aktivitas, dan mesin adalah sumber daya yang dapat melakukan paling banyak satu aktivitas dalam satu waktu.

Penjadwalan adalah proses pengambilan keputusan yang digunakan secara teratur di banyak industri manufaktur. Ini berkaitan dengan alokasi sumber daya untuk tugas selama periode waktu tertentu dan tujuannya adalah untuk mengoptimalkan satu atau lebih tujuan. Penjadwalan, sebagai proses pengambilan keputusan, memainkan peran penting dalam sebagian besar sistem manufaktur dan produksi serta sebagian besar lingkungan pemrosesan informasi.

Penjadwalan merupakan alat ukur yang baik bagi perencanaan agregat. Pesanan – pesanan aktual pada tahap ini akan ditugaskan pertama kalinya pada sumber daya tertentu (fasilitas, pekerja, dan peralatan) kemudian di lakukan pengurutan kerja pada tiap-tiap pusat pemrosesan sehingga dicapai optimalitas utilisasi kapasitas yang ada.



Gambar 1.1. Kombinasi Penjadwalan

Secara independen, Penjadwalan adalah proses mengatur, mengendalikan dan mengoptimalkan pekerjaan dan beban kerja dalam proses produksi atau proses manufaktur. Penjadwalan digunakan untuk mengalokasikan sumber daya pabrik dan mesin, merencanakan sumber daya manusia, merencanakan proses produksi, dan membeli bahan. Penjadwalan merupakan sebuah alat penting untuk manufaktur dan teknik, di mana ia dapat berdampak besar pada produktivitas suatu proses. Di bidang manufaktur, tujuan penjadwalan adalah untuk menjaga tanggal jatuh tempo pelanggan dan kemudian meminimalkan waktu dan biaya produksi, dengan memberi tahu fasilitas produksi kapan harus membuat, dengan staf yang mana, dan peralatan yang mana.

Dalam beberapa situasi, penjadwalan dapat melibatkan atribut acak, seperti waktu pemrosesan acak, tanggal jatuh tempo acak, bobot acak, dan kerusakan mesin stokastik. Dalam hal ini, masalah penjadwalan disebut sebagai "penjadwalan stokastik." Sehingga dapat disimpulkan defenisi umum Penjadwalan adalah proses mengatur, mengendalikan dan mengoptimalkan pekerjaan dan beban kerja dalam suatu proses produksi. Perusahaan menggunakan penjadwalan mundur dan maju untuk mengalokasikan sumber daya pabrik dan mesin, merencanakan sumber daya manusia, merencanakan proses produksi, dan membeli bahan.

1.2. Tujuan Penjadwalan

Tujuan yang ingin dicapai dengan dilaksanakannya penjadwalan adalah:

- 1) Meningkatkan utilitas sumber daya atau mengurangi waktu tunggu, sehingga total waktu proses dapat berkurang dan produktivitas dapat meningkat.
- 2) Mengurangi persediaan barang setengah jadi atau mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang ada masih mengerjakan tugas lain.
- 3) Mengurangi beberapa kelambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga akan meminimisasi *penalty cost* (biaya keterlambatan).
- 4) Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindarkan.