

Strategi Penjadwalan Produksi dengan Metode Campbell Dudex Smith dan Heuristic Palmer

Wingga Wahyu Bagaskara, Nuzulia Khoiriyah, Akhmad Syakhroni
Program Studi Teknik Industri, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang

Penulis Korespondensi : winggawingga27@std.unissula.ac.id

Abstract

Penelitian ini dilakukan di UD. Mustika Putra Rimba yang merupakan salah satu industri manufaktur dibidang furniture yang menghasilkan produk seperti kusen, pintu, jendela dan lain lain. Dalam persaingan pasar dibutuhkan untuk mengantisipasi berbagai kemungkinan yang bisa mengancam perusahaan terkait output seperti yang diharapkan dalam waktu yang diharapkan. Penelitian ini bertujuan untuk menjadwalkan produksi yang efektif agar tidak terjadi penumpukan job, mengurangi waktu menganggur dan mampu meminimalkan waktu pengerjaan total (makespan). Penelitian ini menggunakan Metode Campbell Dudex Smith dan Heuristic Palmer menggunakan perhitungan manual untuk mengetahui waktu pengerjaan total yang minimum, urutan job dan idle time. Data yang digunakan adalah data primer berupa hasil wawancara dan data sekunder berupa melihat waktu proses produksi. Hasil penelitian ini memperlihatkan jika menggunakan metode CDS ada 2 jenis perhitungan yaitu CDS konvensional dengan hasil nilai total makespan 305 menit dengan urutan 1-4-3-2. Sedangkan CDS parsial menghasilkan makespan 310 menit dengan urutan 4-1-3-2 dan heuristic palmer menghasilkan nilai makespan sebesar 315 menit dengan urutan 3-1-2-4. Dengan perbandingan kedua metode tersebut nilai makespan CDS konvensional lebih minimum dengan total nilai 305 menit urutan 1-4-3-2 mampu meminimasi lamanya waktu pengerjaan total, mengurangi waktu menganggur dan minumunya makespan dapat menghasilkan produksi tepat waktu sesuai yang diharapkan bagi perusahaan.

Kata Kunci : penjadwalan produksi, metode Campbell Dudex Smith, metode Heuristic Palmer

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur di Indonesia mengalami persaingan yang semakin ketat terutama yang berhubungan dengan produk yang dihasilkan, harga produk, dan ketepatan waktu dalam penyelesaian pekerjaan. Hal ini dikarenakan berkembangnya kemampuan manusia dalam melakukan inovasi untuk menciptakan metode kerja yang lebih baik dengan menggunakan teknologi yang memadai. Salah satu cara agar bisa memenangkan kompetisi atau paling tidak dapat bertahan di dalam kompetisi tersebut adalah dengan meningkatkan produktivitas dalam kegiatan produksinya [1].

UD Mustika Putra Rimba merupakan salah satu industri manufaktur yang memproduksi berbagai jenis furniture berdiri sejak tahun 2018 yang terletak di Kota Pemalang, Desa Ujung Gede, Kecamatan Ampel Gading, Jawa Tengah, upah yang didapatkan pekerja antara lain upah harian dan upah borongan. Produk-produknya seperti kusen pintu, kusen jendela, daun pintu, dan daun jendela. Adapun mesin-mesin yang digunakan dalam proses produksi antara lain mesin *cutting*/potong, mesin bor/*drilling* dan bor duduk, mesin serut/*planer*, grinda dan mesin gergaji selendang. Perusahaan furniture ini menggunakan sistem *make to order* dan *make to stock*, sehingga jenis furniture yang diproduksi harus disesuaikan dengan pesanan konsumen. Sistem penjadwalan yang dilakukan perusahaan saat ini dilakukan menurut kebijakan pimpinan bagian produksi tanpa melakukan analisis dan penjadwalan maka tidak diketahui secara pasti waktu pengerjaan total (*makespan*) serta tidak terdeteksi berapa lama waktu menganggur (*idle*) yang terjadi disetiap produksinya. Hal tersebut mengakibatkan penentuan jadwal proses produksi dan permintaan barang tidak dapat dipenuhi sesuai *due date* yang telah disepakati dengan konsumen tidak sesuai target. Hal ini yang kemudian membawa dampak lamanya waktu pengerjaan total (*makespan*) [2], [3]. Tabel 1 menunjukkan data permintaan dalam 1 tahun mulai Juni 2022 sampai Mei 2023.

Tabel 1. Data Permintaan Unit

Bulan/Tahun	Total Permintaan (Unit)	Total Permintaan Tepat Waktu (Unit)	Total Permintaan Tidak Tepat Waktu (Unit)
Juni 2022	65	65	0
Juli 2022	66	60	6
Agustus 2022	92	78	14
September 2022	66	59	7
Oktober 2022	71	71	0
November 2022	100	80	20
Desember 2022	68	68	0
Januari 2023	68	57	11
Februari 2023	80	72	8
Maret 2023	67	59	8
April 2023	68	58	10
Mei 2023	103	85	18
Total	914	812	102

Dari data permintaan unit diatas menjelaskan bahwa dibeberapa bulan untuk total permintaan unit terjadi ketidaktepatan waktu pada pemesanan unit atau tidak sesuai target dengan permintaan konsumen seperti pada bulan juli permintaan unit sebesar 66 unit namun untuk permintaan unit yang tepat waktu hanya sebesar 60 unit, tersisa 6 unit yang tidak tepat waktu, sehingga perusahaan meminta konsumen untuk batas waktu yang telah ditetapkan mundur dari batas waktu sebelumnya. Jika hal ini terjadi terus-menerus maka akan menurunkan tingkat kepuasan pelanggan seperti konsumen meminta penurunan harga pesanan karena telah melewati batas waktu yang ditentukan, sehingga beresiko kehilangan pelanggan menjadi lebih besar dan mengakibatkan penumpukan job. Hal ini berdampak pada berkurangnya keuntungan bagi perusahaan [4], [5].

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam analisa penjadwalan produksi mebel UD Mustika Putra Rimba untuk meminimasi waktu kerja melibatkan pendekatan kombinasi antara Metode Campbell Dudex Smith dan Heuristic Palmer. Metode Campbell Dudex Smith digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan pekerjaan-produk yang memiliki kesamaan karakteristik dan persyaratan produksi. Selanjutnya, Heuristic Palmer digunakan untuk mengoptimalkan penjadwalan dengan mempertimbangkan ketergantungan antara pekerjaan serta meminimalkan waktu produksi secara keseluruhan. Penelitian ini melibatkan tahapan analisis mendalam terhadap alur produksi mebel, identifikasi faktor-faktor yang memengaruhi waktu kerja, dan pengembangan solusi penjadwalan yang efisien. Metode penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas operasional UD Mustika Putra Rimba dalam memenuhi kebutuhan pelanggan di bidang produksi mebel untuk hotel.

2.1 Obyek dan Lokasi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di UD. Mustika Putra Rimba yang berlokasi di Desa Ampel gading Kec. Comal, Kota Pematang, Jawa Tengah. UD. Mustika Putra Rimba adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi furniture seperti cusen, pintu, candela dan lemari. Obyek yang akan diteliti adalah meminimalkan waktu pekerjaan total (makespan) pada proses produksi

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Tahap ini dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk penelitian. Adapun data-data yang dibutuhkan peneliti antara lain:

1. Data primer, merupakan data yang langsung diukur oleh peneliti dari lapangan, yaitu kecepatan produksi, Jumlah produk dalam satu kali proses pembuatan, Waktu proses pembuatan produk, jenis dan jumlah mesin yang digunakan.
2. Data sekunder diperoleh dari informasi dan data yang telah tersedia. Data dikumpulkan berupa tinjauan catatan perusahaan. Data sekunder yang dikumpulkan dari UD Mustika Putra Rimba antara lain :
 - a. Jenis mesin yang digunakan
 - b. Data waktu kerja
 - c. Data Ketersediaan Alat

2.3 Analisis Data

Metode yang dipakai pada penelitian ini yaitu metode analisis data kuantitatif dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. Hal ini sebab dalam penelitian ini menentukan jenis penjadwalan dan urutan terbaik dengan menghitung nilai makespan yang minimum untuk direkomendasikan pada UD. Mustika Putra Rimba

Metode penelitian ini memfokuskan pada penggunaan metode analisis data kuantitatif dengan pendekatan kuantitatif untuk mengoptimalkan penjadwalan produksi mebel UD Mustika Putra Rimba. Pendekatan kuantitatif memungkinkan penelitian untuk menerapkan konsep matematis dan perhitungan statistik dalam mengevaluasi berbagai skenario penjadwalan. Dalam hal ini, penggunaan nilai makespan yang minimum sebagai indikator kinerja memberikan landasan kuantitatif untuk menentukan jenis penjadwalan dan urutan terbaik. Melalui analisis data kuantitatif, penelitian ini dapat memberikan rekomendasi yang lebih akurat dan terukur terkait peningkatan efisiensi waktu kerja dalam produksi mebel. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk memanfaatkan data empiris dan hasil perhitungan matematis untuk menyusun strategi penjadwalan yang tepat dan efektif guna meminimalkan waktu produksi secara keseluruhan di UD Mustika Putra Rimba [6]–[8].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Temuan dari penelitian ini mengindikasikan penerapan kombinasi Metode Campbell Dutex Smith dan Heuristic Palmer dalam penjadwalan produksi mebel UD Mustika Putra Rimba dapat menghasilkan peningkatan signifikan dalam efisiensi waktu kerja. Analisis data kuantitatif menunjukkan bahwa dengan mengoptimalkan nilai makespan yang minimum, dapat direkomendasikan jenis penjadwalan dan urutan terbaik untuk meminimalkan waktu produksi. Pembahasan mengenai hasil penelitian melibatkan analisis terhadap faktor-faktor yang memengaruhi hasil, validitas metode yang digunakan, dan implikasi praktis dari rekomendasi penjadwalan yang dihasilkan. Keberhasilan penggabungan metode Campbell Dutex Smith dan Heuristic Palmer menjadi fokus utama dalam membahas efektivitas strategi penjadwalan yang diusulkan. Selain itu, perbandingan hasil dengan metode penelitian sebelumnya atau metode alternatif juga dapat menjadi bagian dari pembahasan, memberikan konteks lebih luas terkait kontribusi penelitian ini dalam bidang analisa penjadwalan produksi mebel. Overall, hasil dan pembahasan ini memberikan wawasan mendalam mengenai potensi perbaikan operasional yang dapat diterapkan oleh UD Mustika Putra Rimba untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas produksi mereka.

3.1 Data Proses Produksi

Data Proses Produksi yang dikumpulkan dalam penelitian ini mencakup informasi rinci mengenai berbagai tahapan produksi mebel di UD Mustika Putra Rimba. Ini termasuk data waktu yang dibutuhkan untuk setiap langkah produksi, ketergantungan antar pekerjaan, dan spesifikasi produk. Data juga mencakup variabel-variabel kritis seperti jumlah pekerja, mesin yang digunakan, dan bahan baku yang diperlukan. Selain itu, aspek kualitas produksi dan tingkat keberhasilan dalam mencapai target produksi juga diukur. Pengumpulan data ini dilakukan dengan teliti dan terstruktur untuk memastikan representasi yang akurat terhadap proses produksi mebel, yang kemudian menjadi dasar analisis kuantitatif guna merumuskan rekomendasi penjadwalan yang efisien dan optimal bagi UD Mustika Putra Rimba. Tabel 2 menyajikan data waktu awal *completion time* untuk setiap produk yang diproduksi di UD Mustika Rimba.

Tabel 2. Penjadwalan Awal Completion Time

Job	Produk	Waktu Proses Di Setiap Mesin/Stasiun Kerja (menit)							
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	Kusen	30	25	30	35	35	13	20	10
	C _i Jendela	30	55	85	120	155	168	188	198
2	Kusen Pintu	30	21	30	35	35	10	15	10
		C _i	60	81	115	155	190	200	215
3	Pintu	20	17	20	20	20	10	15	10
		C _i	80	98	135	175	210	220	235
4	Jendela	40	30	35	40	40	15	25	10
		C _i	120	150	185	225	265	280	305

Penjadwalan awal *completion time* merujuk pada tahapan dalam suatu proyek atau produksi di mana waktu penyelesaian (*completion time*) dari setiap tugas atau pekerjaan dijadwalkan secara awal. Dalam konteks penelitian ini, penjadwalan awal *completion time* mungkin mengacu pada hasil dari kombinasi metode *campbell dudex smith* dan *heuristic palmer* yang memberikan estimasi waktu mulai dan selesai untuk setiap pekerjaan dalam proses produksi mebel di UD Mustika Putra Rimba. Tabel 2 menyajikan informasi ini sehingga dapat memberikan gambaran tentang urutan tugas, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikannya, dan waktu penyelesaian total. Analisis terhadap penjadwalan awal *completion time* bermanfaat untuk mengevaluasi efisiensi dan optimalitas dari strategi penjadwalan yang diusulkan, dengan tujuan meminimalkan total waktu produksi.

3.2 Pembahasan

Strategi promosi paket penawaran barang untuk hotel dengan algoritma Apriori bertujuan meningkatkan penjualan melalui pemahaman pola asosiasi produk yang sering dibeli bersama. Sementara itu, di UD Mustika Putra Rimba, analisis penjadwalan produksi mebel menggunakan Metode Campbell Dudex Smith dan Heuristic Palmer bertujuan mempercepat waktu kerja. Penggunaan metode ini membantu mengelompokkan pekerjaan-produk serupa dan menyusun jadwal produksi yang lebih efisien [9]–[11]. Harapannya, hasil penjadwalan dapat meminimalkan waktu produksi, meningkatkan produktivitas, dan optimal menggunakan sumber daya produksi di UD Mustika Putra Rimba.

1. CDS Konvensional

Pengolahan data menggunakan metode CDS (*Campbell dudex smith*) konvensional ini memberikan tujuh alternatif pada penjadwalan. Pemilihan alternatif penjadwalan dilaksanakan dengan menjadwalkan alternatif yang mempunyai nilai waktu makespan terkecil akan setiap periode produksinya. Apabila dalam suatu periode pemesanan terdapat dua atau lebih alternatif yang memiliki nilai makespan yang sama, pemilihan alternatif dilakukan secara *arbitrary* (sembarang).

Nilai Makespan Alternatif adalah ukuran total waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan atau tugas dalam suatu proyek atau proses produksi. Dalam konteks penjadwalan, nilai makespan alternatif menggambarkan hasil dari berbagai strategi atau alternatif penjadwalan yang diuji atau dievaluasi. Tujuan utama adalah mengurangi nilai makespan, mencerminkan efisiensi waktu dan optimalitas penggunaan sumber daya dalam mencapai penyelesaian tugas atau proyek yang lebih cepat. Analisis nilai makespan alternatif membantu dalam pemilihan strategi penjadwalan terbaik untuk meminimalkan waktu produksi atau menyelesaikan proyek secara efisien, Dimana nilai *makespan* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai *Makespan* Alternatif

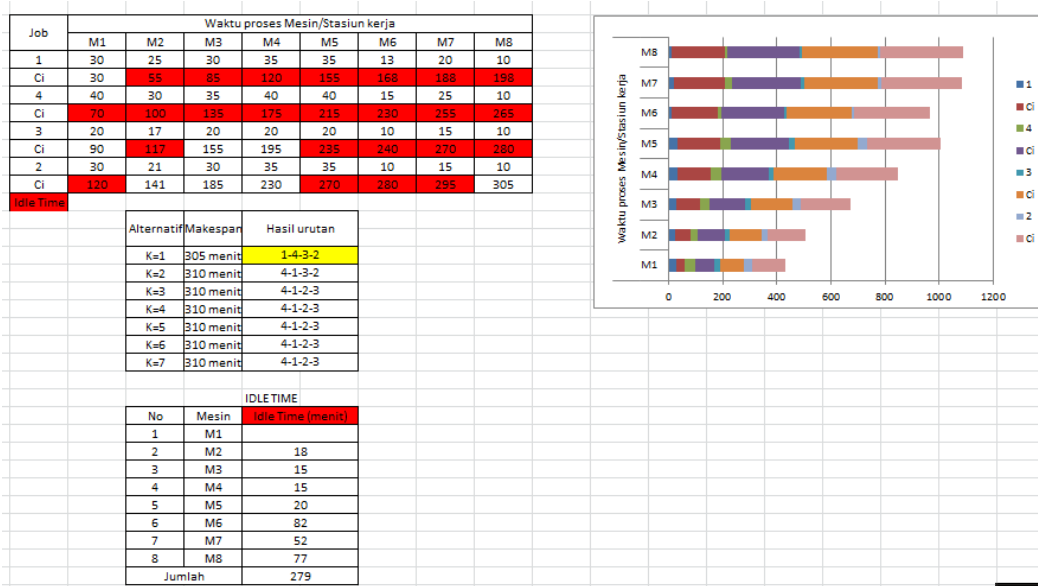
Alternatif	Nilai Makespan	Urutan yang Dihasilkan
K=1	305 menit	1-4-3-2
K=2	310 menit	4-1-3-2
K=3	310 menit	4-1-2-3
K=4	310 menit	4-1-2-3
K=5	310 menit	4-1-2-3
K=6	310 menit	4-1-2-3
K=7	310 menit	4-1-2-3

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa penjadwalan dapat dipilih alternatif yang memiliki nilai *makespan* terkecil. Untuk pengerjaan produk terdapat pada $k = 1$ dengan nilai makespan total 305 menit dengan urutan job 1-4-3-2. Tabel 4 menyajikan waktu menunggu dari hasil *conventional distribution time*.

Tabel 4. Idle Time CDS Konvensional

No	Mesin	Idle Time (menit)
1	Mesin 1	-
2	Mesin 2	18
3	Mesin 3	15
4	Mesin 4	15
5	Mesin 5	20
6	Mesin 6	82
7	Mesin 7	52
8	Mesin 8	77
Jumlah		279

Idle Time CDS (Conventional Distribution System) mengacu pada waktu yang tidak dimanfaatkan atau tidak produktif dalam suatu sistem distribusi konvensional. Dalam konteks distribusi barang secara konvensional, idle time dapat muncul ketika tidak ada aktivitas pemuatan atau pengiriman barang yang sedang berlangsung, misalnya karena keterlambatan dalam proses pengangkutan atau ketidakefektifan dalam perencanaan rute. Idle time ini dapat menyebabkan penurunan efisiensi operasional, peningkatan biaya, dan ketidakpuasan pelanggan akibat keterlambatan pengiriman. Oleh karena itu, manajemen dan perencanaan yang baik diperlukan dalam CDS konvensional untuk mengurangi idle time, meningkatkan efisiensi distribusi, dan memastikan kelancaran proses pengiriman barang. Perbaikan dalam manajemen rute, pemantauan ketat terhadap kegiatan distribusi, dan penerapan teknologi informasi dapat membantu mengurangi idle time dan meningkatkan kinerja sistem distribusi konvensional. Waktu proses mesin dan *idle time* untuk proses konvensional dapat dilihat pada *gant chart* di gambar 1 berikut.



Gambar 1. Gant Chart CDS Konvensional

2. CDS Parsial

Dari hasil pengolahan masalah pada algoritma CDS (*Campbell dudex smith*) parsial memberikan 1 alternatif urutan penjadwalan. Pemilihan urutan dipilih berdasarkan nilai *makespan* yang paling minimum untuk setiap periode.

Dari hasil pemecahan masalah dapat diperoleh nilai *makespan* untuk setiap alternatif seperti pada tabel 5 berikut ini :

Tabel 5. Nilai Makespan dan Urutan Penjadwalan

Urutan yang dihasilkan	Nilai Makespan
4-1-2-3	310 menit
4-1-3-2	310 menit
4-3-1-2	310 menit
3-4-1-2	310 menit

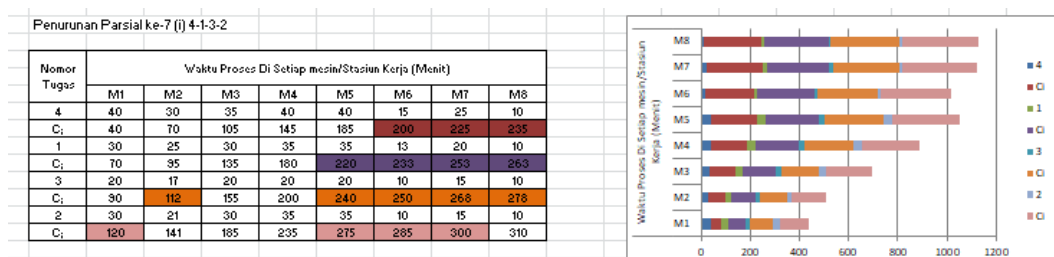
Dari tabel diatas bisa dilihat bahwa semua alternatif memiliki nilai yang sama. Oleh karena itu keempat alternatif bisa dipilih sebagai usulan penjadwalan. Dari tabel dipilih urutan 4-1-3-2 dengan nilai *makespan* 310 menit.

Analisis tabel menunjukkan bahwa seluruh alternatif memiliki nilai makespan yang identik. Oleh karena itu, keempat alternatif dapat dianggap sebagai opsi penjadwalan yang setara. Dalam pengambilan keputusan, dipilih urutan penjadwalan 4-1-3-2 dengan nilai makespan sebesar 310 menit. Keputusan ini mungkin didasarkan pada pertimbangan tertentu, seperti alokasi sumber daya atau preferensi lain yang tidak tercermin dalam tabel. Penting untuk dicatat bahwa meskipun nilai makespan sama, pemilihan urutan penjadwalan tetap memiliki dampak pada pelaksanaan tugas dan keefektifan proses secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemilihan urutan 4-1-3-2 diharapkan dapat mendukung efisiensi waktu dan kelancaran jalannya proyek atau produksi.

Tabel 6. Waktu Mengganggu Mesin CDS Parsial

No	Mesin	Idle Time (menit)
1	Mesin 1	-
2	Mesin 2	8
3	Mesin 3	-
4	Mesin 4	-
5	Mesin 5	-
6	Mesin 6	52
7	Mesin 7	25
8	Mesin 8	45
Jumlah		130

Waktu Mengganggu Mesin CDS Parsial mengacu pada periode ketika mesin-mesin dalam sistem distribusi parsial (Partial Distribution System) tidak digunakan atau tidak aktif. Dalam konteks ini, sistem distribusi parsial melibatkan pengelolaan distribusi barang secara terbatas, mungkin hanya pada beberapa tahap atau titik dalam rantai distribusi. Waktu mengganggu mesin dapat terjadi karena kurangnya kapasitas penuh pada mesin-mesin tersebut, penjadwalan yang tidak efisien, atau adanya hambatan produksi. Untuk mengatasi waktu mengganggu mesin dalam CDS parsial, perlu diterapkan strategi manajemen produksi yang efektif, termasuk perencanaan yang cermat, pemeliharaan rutin mesin, dan pemantauan proaktif terhadap kebutuhan produksi. Dengan cara ini, waktu mengganggu mesin dapat diminimalkan, meningkatkan produktivitas, dan mengoptimalkan kinerja sistem distribusi parsial secara keseluruhan. Gambar 5 menyajikan gambar *gant chart* untuk waktu proses mesin CDS parsial.



Gambar 2. Gant Chart CDS Parsial

Gantt Chart CDS Parsial adalah representasi visual dari jadwal kegiatan atau tahapan dalam sistem distribusi parsial. Dalam *Gantt Chart*, setiap kegiatan atau tahapan direpresentasikan sebagai batang horizontal yang panjangnya sesuai dengan durasi atau waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas tersebut. Dalam konteks distribusi parsial, *Gantt Chart* dapat digunakan untuk menyajikan urutan waktu dan interaksi antar berbagai elemen dalam rantai distribusi, seperti pemuatan, pengiriman, dan proses penyimpanan. *Gantt Chart* CDS Parsial memberikan gambaran yang jelas tentang sejauh mana waktu digunakan secara efisien dan mengidentifikasi potensi waktu mengganggu dalam sistem distribusi. Dengan memanfaatkan *gant chart*, manajer distribusi dapat melakukan perencanaan yang lebih baik, menanggulangi waktu mengganggu mesin, dan meningkatkan kinerja keseluruhan dalam konteks distribusi barang secara parsial.

3. Heuristic Palmer

Penjadwalan job menggunakan algoritma *palmer* dimulai dengan perhitungan *slope index*. Kemudian memposisikan urutan job berdasarkan satu nilai yang namakan *slope index*. Urutan dimulai dari *slope index* terbesar sampai terkecil. Dari perhitungan sebelumnya diperoleh pengurutan job berdasarkan *slope index* terbesar sampai terkecil yaitu 3-1-2-4. Selanjutnya dilakukan perhitungan makespan pada setiap mesin. Dari perhitungan tersebut, diperoleh nilai C_i (*completion time*) untuk masing-masing mesin seperti pada tabel 7 berikut :

Tabel 7. Completion Time

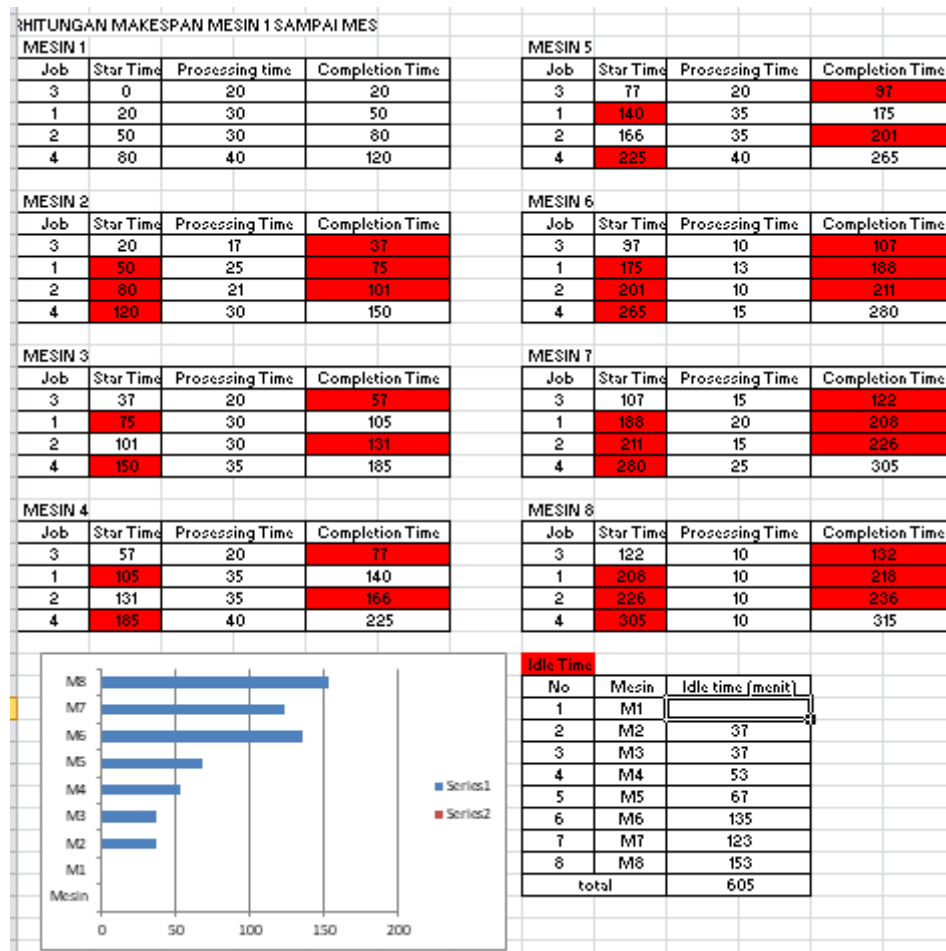
Mesin	Completion Time (menit)
1	120
2	150
3	185
4	225
5	265
6	280
7	305
8	315

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode heuristic Palmer, didapatkan kesimpulan bahwa nilai makespan, atau total waktu penyelesaian pekerjaan pada mesin, adalah sebanyak 315 menit atau setara dengan 5.25 jam. Urutan penjadwalan yang direkomendasikan adalah 3-1-2-4, yang menandakan bahwa tugas ketiga akan dikerjakan terlebih dahulu, diikuti oleh tugas pertama, kedua, dan terakhir. Pemilihan urutan ini didasarkan pada upaya untuk mengoptimalkan kinerja mesin dan mencapai efisiensi waktu. Dengan nilai makespan dan urutan penjadwalan tersebut, diharapkan proses pekerjaan pada mesin dapat dilaksanakan secara efektif, memungkinkan pemenuhan target waktu yang telah ditetapkan. Table 8 menyajikan urutan mesin berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *palmer*.

Tabel 8. Waktu Mengganggu Mesin Berdasarkan Palmer

No	Mesin	Idle Time (menit)
1	Mesin 1	-
2	Mesin 2	37
3	Mesin 3	37
4	Mesin 4	53
5	Mesin 5	67
6	Mesin 6	135
7	Mesin 7	123
8	Mesin 8	153
Jumlah		605

Waktu mengganggu mesin berdasarkan metode Palmer mengacu pada periode ketika mesin tidak aktif selama proses produksi. Analisis ini membantu mengidentifikasi potensi ketidakefisienan dalam penggunaan mesin, yang dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti ketidakefisienan dalam jadwal atau persiapan mesin. Dengan memahami waktu mengganggu ini, manajer produksi dapat meningkatkan perencanaan jadwal, mengoptimalkan penggunaan mesin, dan mengurangi waktu yang tidak produktif. Reduksi waktu mengganggu mesin berpotensi meningkatkan efisiensi dan hasil keseluruhan dalam proses manufaktur. *Gantt chart* waktu permesinan berdasarkan metode palmer dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Gantt Chart Palmer

Gantt Chart Palmer adalah representasi visual dari penjadwalan pekerjaan berdasarkan metode Palmer dalam suatu proyek atau proses produksi. Dalam *Gantt Chart*, setiap tugas direpresentasikan sebagai batang horizontal dengan panjang sesuai dengan durasi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikannya. *Gantt Chart Palmer* membantu memvisualisasikan urutan penjadwalan pekerjaan, mengidentifikasi potensi waktu mengganggu mesin, dan merencanakan efisien penggunaan sumber daya. Dengan melihat *Gantt Chart* ini, manajer produksi dapat dengan jelas memahami kronologi pekerjaan, meminimalkan waktu mengganggu, dan meningkatkan efektivitas proses produksi berdasarkan metode Palmer. Ini menjadi alat visual yang bermanfaat dalam perencanaan dan pengelolaan proyek atau produksi.

3.3 Perbandingan Metode CDS dan Palmer

Dari hasil perhitungan menggunakan kedua metode, metode *Campbell dudex smith* dan algoritma *palmer* diperoleh perbandingan makespan seperti pada tabel 9 berikut :

Tabel 9. Perbandingan Makespan pada Masing-Masing Metode

Metode	Urutan Job	Makespan (menit)
CDS Konvensional	1-4-3-2	305
CDS Parsial	4-1-3-2	310
Palmer	3-1-2-4	315

Dari tabel 9 bisa dilihat metode terbaik dari kedua metode adalah metode CDS (*Campbell dudex smith*) konvensional dengan nilai makespan terkecil sebesar 305 menit dengan urutan job 1-4-3-2.

Dari perbandingan antara metode CDS konvensional dan metode Palmer dalam tabel, terlihat bahwa metode CDS konvensional menonjol dengan nilai makespan terkecil sebesar 305 menit dan urutan penjadwalan job 1-4-3-2. Keunggulan ini menandakan bahwa metode CDS konvensional lebih efisien dalam manajemen waktu produksi dibandingkan dengan metode Palmer. Oleh karena itu, penggunaan metode CDS konvensional dengan urutan penjadwalan yang direkomendasikan dapat dijadikan pilihan strategis untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja dalam proyek atau proses produksi yang sedang berlangsung.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisa yang dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut pada pengolahan dan perhitungan menggunakan metode algoritma CDS *konvensional* memperoleh nilai makespan minimum sebesar 305 menit dengan urutan penjadwalan 1-4-3-2. Sedangkan CDS *parsial* memperoleh nilai makespan 310 menit dengan urutan penjadwalan 4-1-3-2 dan metode algoritma *palmer* memperoleh urutan 3-1-2-4 serta total makespan minimum 315 menit. Hasil penjadwalan nilai makespan yang paling minimum adalah CDS *konvensional* mendapatkan nilai makespan sebesar 305 menit beserta urutan penjadwalan 1-4-3-2. Sehingga metode *Campbell dudex smith* lebih baik direkomendasikan untuk perusahaan.

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis, dapat disimpulkan bahwa dalam konteks penjadwalan produksi, metode CDS konvensional menunjukkan kinerja yang paling optimal dengan nilai makespan terendah sebesar 305 menit dan urutan penjadwalan 1-4-3-2. Di sisi lain, CDS parsial dan metode algoritma Palmer menghasilkan nilai makespan yang sedikit lebih tinggi, yaitu 310 menit dan 315 menit, masing-masing dengan urutan penjadwalan 4-1-3-2 dan 3-1-2-4. Oleh karena itu, metode Campbell Dudex Smith (CDS) konvensional direkomendasikan sebagai pilihan terbaik untuk perusahaan dalam mengoptimalkan waktu produksi. Kesimpulan ini dapat menjadi panduan strategis bagi manajemen untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja operasional dalam proses produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Masruroh and Nisa, "ANALISA PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE AMPBELL DUDECK SMITH, PALMER, DAN DANNENBRING DI PT.LOKA REFRAKTORIS SURABAYA," *Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 3, no. 2, 2012, Accessed: Dec. 12, 2023. [Online]. Available: <http://ejournal.upnjatim.ac.id/index.php/tekmapro/article/view/284>
- [2] A. H. HANTORO, "PERENCANAAN JADWAL PERAWATAN PREVENTIF PADA MESIN COAL MILL PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) TBK.," 2017.
- [3] R. Ervil, D. Nurmayuni,) Sekolah, T. Teknologi, and I. Padang, "PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN METODE CAMPBELL DUDEK SMITH (CDS) UNTUK MEMINIMUMKAN TOTAL WAKTU PRODUKSI (MAKESPAN)," *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*, vol. 18, no. 2, pp. 97–101, Dec. 2018, doi: 10.36275/STSP.V18I2.118.
- [4] D. MENGGUNAKAN METODE CDS DAN HEURISTIK PALMER Hasbullah *et al.*, "Seminar Nasional IENACO-2015".
- [5] A. Mail, "ANALISIS PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE CAMPBELL DUDECK SMITH DAN PALMER PADA PT. BOBI AGUNG INDONESIA," 2018.
- [6] Y.-Y. Huang *et al.*, "Comparison Study about Production Scheduling System from Some Paper Case Studies," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 852, no. 1, p. 012109, Jul. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/852/1/012109.
- [7] M. Makespan, K. Menggunakan, A. Cds, D. I. Manufaktur, P. Terbang, and A. A. Sambasa, "Optimasi Penjadwalan Flow Shop Dengan Mesin Paralel untuk Minimasi Makespan dan Keterlambatan Menggunakan Algoritma CDS di Industri Manufaktur Pesawat Terbang," *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, vol. 2, no. 3, Dec. 2019, doi: 10.32734/EE.V2I3.695.
- [8] S. Mastan, U. Balakrishna, and G. Sankar Sekhar Raju, "Heuristics Designed For the Traveling Salesman Problem," *International Journal of Research in Advent Technology*, vol. 7, no. 5, 2019, Accessed: Dec. 12, 2023. [Online]. Available: www.ijrat.org
- [9] D. Curien, J. Dudek, K. Mazurek, I. D. Utami, I. Kuswandi, and D. E. Wibowo, "Comparison of Scheduling Methods: Campbell Dudek Smith, Palmer and Dannenbring to Minimize Makespan," *J Phys Conf Ser*, vol. 1569, no. 3, p. 032019, Jul. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1569/3/032019.
- [10] C. Mashuri, A. H. Mujiyanto, H. Sucipto, R. Y. Arsam, and H. Asy'ari Jombang, "Penerapan Algoritma Campbell Dudek Smith (CDS) untuk Optimasi Waktu Produksi Pada Penjadwalan Produksi," *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, vol. 10, no. 2, pp. 131–136, Nov. 2020, doi: 10.21456/VOL10ISS2PP131-136.
- [11] K. Lokesh, J. Jayaprakash, and T. Alene, "Heuristics based hybrid approach of flow shop scheduling problem," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing Ltd, Nov. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/992/1/012010.