Rancang Ulang Penjadwalan Produksi Percetakan Bahan Kemasan menggunakan Metode Algoritma *Campbell Dudeck Smith* (CDS) untuk mengurangi total keterlambatan di CV XYZ

1st Igfirli Yaumal Akdi
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
akdiamond@student.telkomuniversity.a
c.id

2nd Pratya Poeri Suryadhini
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung,Indonesia
pratya@telkomuniversity.ac.id

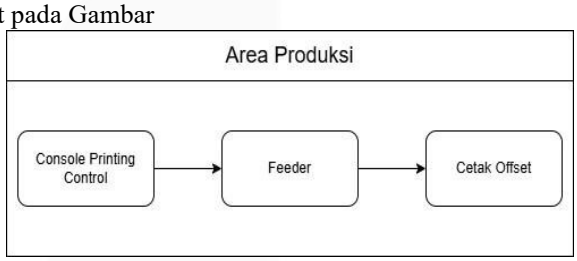
3rd Ayudita Oktafiani
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung,Indonesia
ayuditaoktafiani@telkomuniversity.ac.i
d

Abstrak — CV XYZ merupakan perusahaan manufaktur percetakan bahan kemasan yang menerapkan aliran produksi *flow shop,* namun CV XYZ belum memiliki penjadwalan produksi yang optimal sehingga menimbulkan keterlambatan penyelesaian produksi hingga 48%. Penggunaan metode *first come first served* (FCFS) menjadi penyebab utama meningkatnya waktu proses dan total keterlambatan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang penjadwalan produksi pada lantai produksi *flowshop* untuk mengurangi total keterlambatan pada CV XYZ. Hasil dari pengolahan data menunjukkan perbandingan dengan penjadwalan aktual, dengan *makespan* aktual sebesar 116.897 menit dan *makespan* usulan sebesar 61349 menit melalui pengolahan data menggunakan CDS. Kesimpulan dari perbandingan pengolahan data kondisi aktual dan usulan berhasil mengurangi total keterlambatan sebesar 11 hari, pada kondisi aktual sebesar 53 hari dan pada kondisi usulan menjadi 42 hari untuk 105 *job,* penjadwalan usulan mampu menghasilkan urutan *job* yang lebih efisien dan mengurangi total waktu keterlambatan, hal ini menunjukkan penurunan *makespan,* berkurangnya *idle time* pada mesin, serta aliran *job* yang lebih seimbang antar mesin. Perancangan penjadwalan dengan metode CDS terbukti lebih optimal dibandingkan sistem penjadwalan aktual.

***Kata kunci*— Keterlambatan, *Flowshop*, Minimasi, *Makespan,* Algoritma CDS**

I. PENDAHULUAN

CV XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak pada bidang percetakan bahan kemas dan pelabelan di wilayah Jawa Barat, berfokus dalam mencetak bahan kemasan dan pelabelan, mulai dari *paper bag, standing pouch, paper bowl, box craft, plastik cup, hangtag, printing label.* Variasi produk, diproduksi pada area produksi, dapat dilihat pada Gambar



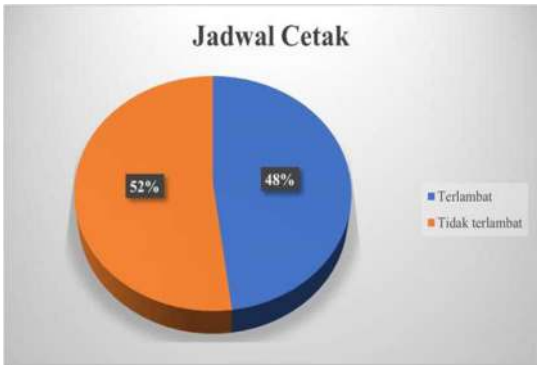
GAMBAR 1

Sistem produksi CV XYZ menerapkan aliran *flow shop* dengan melalui proses mesin yang sama dan alur yang searah, sehingga pengaturan urutan pekerjaan menjadi krusial untuk meminimalkan waktu penyelesaian dan meningkatkan produktivitas (Muhammad & Wulan, 2017).

NO	TANGGAL	NAMA CETAKAN	STATUS	URUTAN CETAK	TANGGAL CETAK	TANGGAL SELESAI	Due Date	KET
1	22-Nov-24	L1	CETAK	1	22 November 2024	22 November 2024	23 November 2024	Tidak Terlambat
2	23-Nov-24	M1	CETAK	2	23 November 2024	24 November 2024	23 November 2024	Terlambat 1 Hari
3	23-Nov-24	N1	CETAK	3	24 November 2024	26 November 2024	25 November 2024	Terlambat 1 Hari
4	24-Nov-24	O1	CETAK	4	26 November 2024	27 November 2024	26 November 2024	Terlambat 1 Hari
5	24-Nov-24	P1	CETAK	5	27 November 2024	28 November 2024	27 November 2024	Terlambat 1 Hari

TABEL 1

Job diproses berdasarkan urutan kedatangan, tanpa mempertimbangkan *due date* yang telah ditetapkan, selain itu, perusahaan tidak memperhitungkan durasi pekerjaan yang berbeda-beda antara satu *job* dengan *job* lainnya, hal ini menyebabkan keterlambatan dari beberapa *job,* karena harus menunggu *job* sebelumnya selesai diproduksi.



GAMBAR 2

Berdasarkan Gambar 2 persentase jumlah pekerjaan yang terlambat diselesaikan sebesar 48%, dari keterlambatan tersebut memberikan kegagalan dalam penyelesaian proses produksi.

Identifikasi penyebab keterlambatan penyelesaian produksi dilakukan melalui perbandingan antara *completion time* penjadwalan produksi aktual dan *completion time* penjadwalan produksi usulan.

TABEL 2

Job	Completion Time
103	62.793
104	63.173
105	63.528

TABEL 3

Job	Completion Time
29	57.660
94	59.509
70	61.349

Penjadwalan aktual menggunakan metode FCFS, keterlambatan terjadi karena waktu penyelesaian pekerjaan tanpa mempertimbangkan waktu proses dan *due date,* penggunaan *due date* dan sumber daya yang sama, penjadwalan usulan menghasilkan *completion time* lebih rendah, sehingga keterlambatan penyelesaian produksi dapat diminimalkan. Perusahaan perlu melakukan penjadwalan produksi dan memilih metode yang lebih efektif agar mengurangi total watu penyelesaian produksi.

II. KAJIAN TEORI

A. Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi bertujuan untuk meminimalkan waktu tunggu dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Waktu tunggu merupakan waktu yang tidak produktif antara proses produksi atau aktivitas yang sedang dikerjakan, sedangkan penggunan sumber daya yang optimal melibatkan pengaturan mesin, tenaga kerja, dan bahan baku agar digunakan dengan efisien.
(Ekoanindiyo et al., 2023)

B. Tujuan Penjadwalan

Menurut (Ekoanindiyo et al., 2023) tujuan dari penjadwalan adalah untuk meningkatkan pemanfaatan sumber daya atau mengurangi waktu tunggu dapat membantu mengurangi total waktu proses, sehingga produktivitas meningkat, hal ini mencakup pengurangan persediaan barang setengah jadi atau jumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang tersedia masih menyelesaikan tugas lain, langkah ini dapat mengatasi hambatan pada pekerjaan dengan batas waktu tertentu, sehingga biaya keterlambatan (penalty cost) dapat diminimalkan.

C. *Flowshop*

Setiap pekerjaan dijadwalkan dalam lingkungan penjadwalan produksi *flow shop,* seluruh pekerjaan harus melewati rangkaian mesin secara berurutan. (Arisha et al., 2002)

Mesin aliran beroperasi dengan aliran linier, setiap tugas masuk ke mesin 1, dilanjutkan ke mesin 2, dan seterusnya hingga proses selesai. Perusahaan industri dengan produksi massal dan standarisasi tinggi, seperti makanan, minuman, tekstil, dan perusahaan elektronik, menggunakan model *flow shop* karena alur prosesnya konsisten dan berulang. (Arisha et al., 2002)

D. *First come first served* (FCFS)

FCFS (*First Come First Served*) merupakan sebuah metode penjadwalan pekerjaan berdasarkan urutan kedatangannya, dimana pekerjaan yang masuk terlebih dahulu akan memperoleh giliran pertama, dalam proses pelayanan setiap pekerjaan diperlakukan secara setara tanpa mempertimbangkan waktu proses, prioritas, dan tingkat kepentingan, metode ini memang mudah diterapkan akan tetapi tidak selalu menghasilkan efisien atau optimal, hal ini terjadi dikarenakan ketika terdapat pekerjaan berdurasi lebih panjang yang datang terlebih dahulu maka pekerjaan yang waktu proses lebih singkat akan tertunda hal ini menyebabkan waktu tunggu rata-rata menjadi lebih besar, sehingga akan berdampak pada penurunan kinerja keseluruhan sistem, pemilihan FCFS ini perlu disesuaikan dengan karakteristik beban kerja agar proses penjadwalan tetap efektif dan sesuai dengan tujuan sistem produksi atau pelayanan yang diterapkan.
(Heizer, Render, 2015)

E. *Makespan*

Makespan merupakan durasi total yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh rangkaian pekerjaan pertama dimulai hingga pekerjaan terakhir selesai, dalam hal ini, makespan sering digunakan sebagai ukuran utama untuk menilai sejauh mana efisiensi dan kinerja sistem produksi. (Wang et al., 2009)

F. *Campbell Dudeck Smith* (CDS)

Algoritma *Campbell Dudeck Smith* (CDS) menjadwalkan pekerjaan berdasarkan waktu kerja terkecil yang digunakan dalam produksi, pada algoritma CDS, digunakan n pekerjaan (*jobs*) dan m mesin (*machine*). CDS akan menentukan urutan pertama, $l = 1$, dan $tk_l = t_{i1}m_1$, karena merupakan waktu pemrosesan pada mesin pertama dan terakhir. (Yuniar et al., 2025)

$$t^k_{i,1} = t_{i,1} + t_{i,2}$$

$$t^k_{i,2} = t_{i,m} + t_{i,m-1}$$

Karena waktu pemrosesan urutan ke-k pada dua mesin dan terakhir adalah :

$$t_{ki,1} = \sum_{j=1}^{k} t_{ij}$$

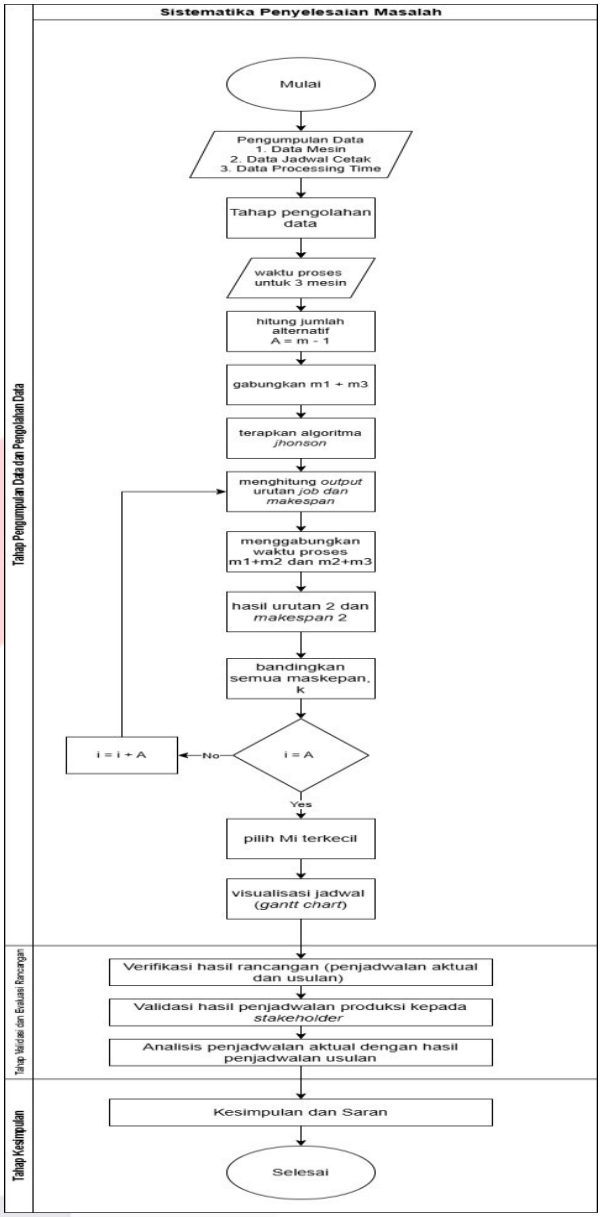
$$m\, t_{ki,2} = \sum_{j=m+1-k} t_{ij}$$

Variabel dalam rumus diatas dijelaskan sebagai berikut : i adalah indeks pekerjaan, j adalah indeks mesin $t^{k}_{i,1}$ adalah lamanya pekerjaan ke-i diproses pada mesin pertama, sedangkan $t^{k}_{i,2}$ adalah jumlah waktu yang dibutuhkan untuk memproses pekerjaan kedua, m adalah jumlah mesin yang digunakan, dan k adalah iterasi (k = 1, 2, 3, …, m-1). (Yuniar et al., 2025)

III. METODE

A. Sistematika Penyelesaian Masalah

Sistematika penyelesaian masalah bertujuan untuk memberikan panduan yang terstruktur dalam menjelaskan langkah-langkah penyelesaian masalah yang didasari pada Teori, Model, atau Kerangka Standar. Proses penyelesaian dimulai dengan uraian tentang mekanisme pengumpulan data, deskripsi pengerjaan Tugas Akhir berdasarkan Teori, Model, atau Kerangka Standar yang telah dipilih, serta penjabaran mekanisme verifikasi dan validasi hasil rancangan.



TABEL 4

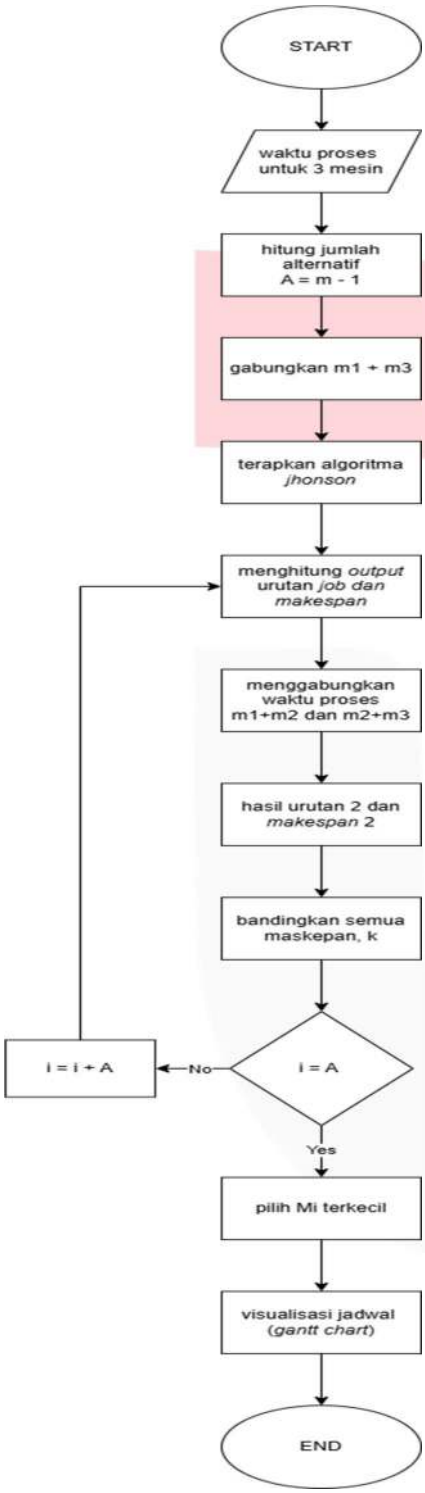
B. Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan bagian dalam penelitian penjadwalan dikarenakan hasil analisis yang akurat mempengaruhi oleh keandalan serta kelengkapan data yang telah diperoleh. Penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan tujuan memperoleh informasi yang diperlukan untuk membangun model penjadwalan, yang berkaitan dengan urutan pekerjaan, jenis mesin, waktu penyelesaian setiap job pada masing-masing mesin, serta jenis mesin juga diperlukan.

C.Tahap Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data ini, data yang telah terkumpul akan diolah menggunakan *google colab,* dikarenakan mendukung bahasa pemrograman *Python,* yang memiliki kemampuan untuk melakukan simulasi penjadwalan, serta visualisasi hasil dalam bentuk *gantt chart.* Pengolahan data

makespan. Pengolahan data dilakukan melakui tahapan berikut :



TABEL 5

Pengolahan Data

Keterangan :
A : Urutan pekerjaan
dengan metode *Campbell DudekSmith* dapat menyelesaikan permasalahan penjadwalan *flowshop* untuk mengurutkan pekerjaan yang optimal dengan meminimalkan
K : Waktu proses gabungan mesin 1 dan mesin 2 untuk *job* i I : Indeks pekerjaan
M-1 : mesin yang berada di urutan sebelum Mesin M
M1: mesin ke-1
M2: mesin ke-2

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Jenis Mesin

Pada proses produksi untuk memenuhi pesanan cetak bahan kemasan di CV XYZ pada bulan November 2024, digunakan 3 jenis mesin dengan jumlah dengan jumlah yang sama. Mesin yang digunakan meliputi mesin CPC untuk pengaturan warna dan kualitas, mesin *Feeder* untuk penyusunan bahan cetak, dan mesin cetak *offset* untuk proses cetak *plate*. Berikut merupakan data jenis mesin yang digunakan di CV XYZ.

No	Proses	Jenis Mesin	Kuantitas	Simbol Mesin
1	Pengaturan warna, kualitas	Mesin CPC	1	M1
2	Penyusunan bahan cetak	Mesin Feeder	1	M2
3	Cetak *plate*	Mesin Cetak Offset	1	M3

TABEL 6
Data Jenis Mesin

B. *Processing Time*

Berikut merupakan data *processing time* pada cv xyz :

Job	M1	M2	M3	Total
1	206	247	267	720
2	523	490	427	1440
3	508	382	552	1442
4	599	368	480	1447
5	582	444	412	1438
6	986	973	925	2884
7	516	389	539	1444
8	267	250	201	718
9	277	178	253	708
10	232	239	253	724

TABEL7
Processing Time

Total waktu (*makespan)* dari 105 pekerjaan yang diperoleh dari penjadwalan awal sebesar 116897 menit.

C. Pengolahan Data

Pengolahan data yang ditampilkan menggunakan *Google Colab*, untuk menyiapkan pengolahan data untuk dianalisis dengan memanfaatkan *library Python*, seperti pandas, numpy, dan matplotlib.

D. Penjadwalan aktual

CV XYZ gagal menyelesaikan 48% pekerjaan tepat waktu, hal ini menunjukkan ketidakaturan dalam penyelesaian pekerjaan, *makespan* yang diperoleh sebesar 116897 menit, yang menunjukkan total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan. *Makespan* ini cukup besar karena waktu tunggu dan pengelolaan urutan pekerjaan yang tidak efisien.

Pada penjadwalan kondisi aktual dilakukan dengan berdasarkan urutan kerja yang telah berjalan atau dengan metode *first come first served.* Urutan *job* cenderung mengikuti kebiasaan operasional atau dengan kedatangan pesanan, sehingga tidak mempertimbangkan waktu proses total pada setiap mesin, tidak memperhatikan *due date* secara optimal, dan tidak adanya Upaya untuk meminimalkan *makespan* maupun keterlambatan. Dampak pada kondisi aktual dari 105 *job* total keterlambatan mencapai 53 hari, banyak *job* selesai melewati *due date* meskipun relatif kecil antara 1 hingga 2 hari, namun terakumulasi besar.

E. Analisis Algoritma CDS

Perhitungan yang telah diperoleh dari pengolahan data menggunakan *google colab* pada penjadwalan produksi percetakan bahan kemasan pada CV XYZ menggunakan metode algoritma *Campbell-Dudek-Smith* (CDS) untuk mengurutkan *job* serta memilih urutan yang memberikan *makespan* paling minimum. Alternatif dari hasil perhitungan menggunakan algoritma CDS diperoleh 2 alternatif solusi dari tiga mesin. Berikut dua alternatif solusi yang telah diperoleh :

1. Alternative 1 Sequence (Job ID):

[70, 94, 7, 3, 63, 31, 32, 56, 57, 58, 27, 59, 44, 29, 33, 95, 35, 87, 28, 66, 71, 84, 86, 51, 60, 50, 93, 73, 92, 52, 67, 13, 68, 88, 74, 10, 69, 1, 34, 16, 15, 45, 36, 18, 12, 83, 105, 102, 47, 98, 99, 82, 103, 97, 85, 78, 72, 89, 46, 79, 104, 91, 81, 77, 49, 100, 90, 101, 80, 96, 75, 43, 42, 37, 40, 41, 55, 48, 53, 39, 65, 62, 61, 64, 54, 38, 24, 22, 23, 76, 26, 11, 9, 14, 8, 25, 21, 20, 4, 5, 19, 2, 17, 30, 6] Alternative 1 Makespan: **61537 2. Alternative 2 Sequence (Job ID):**

[63, 31, 6, 27, 28, 69, 68, 74, 30, 88, 73, 95, 67, 60, 51, 52, 87, 92, 84, 86, 50, 71, 66, 93, 57, 58, 3, 7, 2, 5, 32, 4, 20, 21, 25, 41, 37, 40, 38, 39, 36, 43, 42, 72, 85, 64, 103, 62, 53, 61, 75, 55, 48, 101, 54, 79, 100, 81, 80, 34, 65, 78, 49, 104, 91, 90, 89, 45, 12, 102, 98, 83, 96, 99, 8, 97, 82, 77, 47, 46, 16, 14, 9, 11, 105, 26, 18, 76, 23, 22, 24, 13, 1, 10, 15, 17, 19, 59, 44, 56, 35, 33, 29, 94, 70]

Makespan: **61349**

Berdasarkan perbandingan antara alternatif 1 dan alternatif 2, urutan pekerjaan dan *makespan* pada alternatif 2 disarankan untuk dijadwalkan untuk meningkatkan efisiensi waktu penyelesaian produksi. Berdasarkan hasil penjadwalan dengan menggunakan metode CDS urutan *job* menjadi lebih terstruktur dan seimbang antar mesin, waktu menganggur mesin dapat ditekan, *job* dengan waktu proses besar tidak menumpuk di akhir proses. Total keterlambatan turun menjadi 43 hari, terjadi pengurangan keterlambatan sebesar 10 hari dibandingkan kondisi aktual. Penyelesaian *job* lebih mendekati *due date* yang ditetapkan.

	Aktual	Algoritma CDS	Persentase Pengurangan
Makespan	116897 Menit	61349 Menit	47.52%

TABEL 2

V. KESIMPULAN

Pada tugas akhir ini mendapatkan hasil dari analisis dan pengolahan data yang dilakukan pada penjadwalan produksi percetakan bahan kemasan CV XYZ menunjukkan bahwa penerapa metode *Campbell DudekSmith* (CDS) mampu memberikan solusi untuk meminimasi keterlambatan yang lebih efektif dibandingkan dengan metode penjadwalan aktual *First Come First Served* (FCFS).

Makespan yang diperoleh pada kondisi aktual sebesar **116897** menit, menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses pekerjaan. *Makespan* yang diperoleh pada kondisi usulan mengalami penurunan sebesar **61349** menit. Algoritma CDS berhasil mengoptimalkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan. Berdasarkan perbandingan kondisi aktual dan usulan, menunjukkan pengurangan waktu yang sangat signifikan sebesar **47.52%** hal ini merupakan bukti efisiensi dari penerapan algoritma CDS mampu untuk mengurangi *makespan* pada CV XYZ.

Perbandingan keterlambatan proses produksi pada kondisi aktual yang dibutuhkan untuk menyelesaikan semua pekerjaan relatif panjang, dengan total keterlambatan 53 hari, sedangkan pada waktu penyelesaian proses produksi pada kondisi usulan.dengan metode CDS dapat dikurangi menjadi 43 hari, yang menunjukkan peningkatan efisiensi dalam menyelesaikan pekerjaan.

REFERENSI

[1] F. Ekoanindiyo, F. Ardiansyah, Y. Antoni, M. R. Radyanto, and N. H. Enty, "Perencanaan dan Penjadwalan Produksi Pada Industri Motor," 2023.

[2] A. Eunike, N. W. Setyanto, and R. Yuniarti, "Perencanaan Produksi dan Pengendalian Persediaan: Edisi Revisi," 2021.

[3] K. R. Baker and D. Trietsch, *Principles of Sequencing and Scheduling*, 1st ed. Wiley, 2009. doi: 10.1002/9780470451793.

[4] J.-B. Wang, W.-J. Gao, L.-Y. Wang, and D. Wang, "Single machine group scheduling with general linear deterioration to minimize the makespan," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 43, no. 1–2, pp. 146–150, 2009, doi: 10.1007/s00170-008-1667-2.

[5] S. S. Yuniar, A. A. Kusvianto, and A. U. Afifah, "Minimizing Makespan In Flow Shop Scheduling: The CDS Method with Overlapping," vol. 22, no. 2, 2025.