

Penerapan Metode Campbell Dudek Smith Dan Heuristic Palmer Pada Penjadwalan Produksi Untuk Meminimasi Makespan (Studi Kasus: PT. Pelita Mekar Semesta)

Aqshal Bintang¹ dan Hastawati Chrisna Suroso²
^{1,2}Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
e-mail: aqshalb6@gmail.com

ABSTRACT

The manufacturing industry in Indonesia, particularly in plastic waste processing, plays a crucial role in supporting the economy. PT. Pelita Mekar Semesta, which operates in plastic recycling, faces challenges in production scheduling, leading to inefficiencies and delays in delivery. Therefore, to find a solution to these issues, this study compares two production scheduling methods, Campbell Dudek Smith (CDS) and Heuristic Palmer (HP), to optimize the production process in the company, using data collected from January to March 2024. The results show that the Campbell Dudek Smith method produces a consistent makespan (11 days) with a lower average completion time of 7–8 days. On the other hand, the HP method results in more varied makespans, ranging from 10 to 13 days, with an average completion time of 7.2–10.2 days. The CDS method achieves optimal makespan in January and March, while Heuristic Palmer is more optimal in February. This indicates that the choice of scheduling method should consider the production conditions and specific needs of the company to achieve the most efficient results.

Key word : Production Scheduling, Campbell Dudek Smith, Heuristic Palmer, Makespan, Production Efficiency

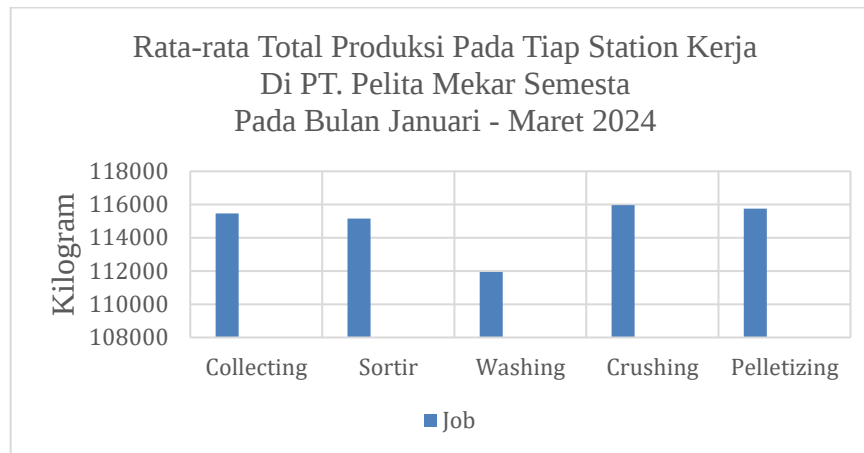
ABSTRAK

Industri manufaktur di Indonesia, khususnya dalam pengolahan sampah plastik, berperan penting dalam mendukung perekonomian. PT. Pelita Mekar Semesta, yang bergerak di bidang daur ulang plastik, menghadapi tantangan dalam penjadwalan produksi, menyebabkan ketidakefisienan dan keterlambatan pengiriman. Oleh karena itu, untuk menemukan solusi dari permasalahan tersebut dilakukan penelitian ini dengan membahas perbandingan dua metode penjadwalan produksi, yaitu Campbell Dudek Smith (CDS) dan Heuristic Palmer, untuk mengoptimalkan proses produksi di perusahaan tersebut dengan mengambil data pada bulan Januari sampai Maret 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Campbell Dudek Smith menghasilkan makespan yang konsisten (11 hari) dengan rata-rata penyelesaian lebih rendah, yaitu 7–8 hari. Di sisi lain, metode HP menghasilkan makespan yang lebih bervariasi, mulai dari 10 hingga 13 hari, dengan rata-rata penyelesaian 7,2–10,2 hari. Berdasarkan metode Campbell Dudek Smith tersebut menghasilkan makespan yang optimal pada bulan Januari dan Maret, sedangkan Heuristic Palmer lebih optimal pada bulan Februari. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan metode penjadwalan harus mempertimbangkan kondisi produksi dan kebutuhan spesifik perusahaan untuk mendapatkan hasil yang paling efisien.

Kata kunci: Penjadwalan Produksi, Campbell Dudek Smith, Heuristic Palmer, Makespan, Efisiensi Produksi.

PENDAHULUAN

Industri manufaktur di Indonesia mengalami perkembangan pesat dan menjadi salah satu sektor utama yang menopang pertumbuhan ekonomi. Industri ini bergerak dalam pengolahan bahan mentah menjadi barang jadi atau setengah jadi, baik dengan bantuan mesin maupun tanpa mesin[1]. Dalam proses produksi, penjadwalan produksi menjadi faktor penting karena berpengaruh langsung terhadap kecepatan penyelesaian pesanan, yang pada akhirnya meningkatkan loyalitas dan kepercayaan konsumen terhadap perusahaan[2]. PT. Pelita Mekar Semesta adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang daur ulang plastik, yang mengolah sampah plastik menjadi produk biji plastik dan tas plastik. Dalam proses produksinya, perusahaan masih menghadapi kendala dalam penjadwalan produksi, terutama kurang optimalnya pemanfaatan mesin produksi untuk mencapai target *order* yang diinginkan oleh konsumen yang menyebabkan peningkatan makespan serta keterlambatan pengiriman barang jadi kepada konsumen. Dalam mengamati permasalahan yang ada tersebut dilakukan pengambilan data dilakukan dalam kurun waktu pada bulan Januari – Maret 2024. Pengambilan data ini dilakukan terhadap 5 stasiun kerja dalam perusahaan seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Total Data Produksi Biji Plastik LLEF 55

Berdasar pada data yang telah dirangkum, salah satu faktor utama yang memengaruhi ketidakefisienan ini adalah proses *washing* yang sering menghasilkan *output* lebih sedikit dibandingkan tahap produksi lainnya, sehingga menimbulkan *bottleneck* dalam alur produksi. Sehingga, dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan dua metode penjadwalan produksi, yaitu *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan *Heuristic Palmer*, dalam upaya mengoptimalkan proses produksi di PT Pelita Mekar Semesta. Metode CDS dikenal efektif dalam sistem produksi *flowshop* dengan makespan yang lebih kecil, meskipun prosesnya lebih kompleks[3]. Di sisi lain, metode *Heuristic Palmer* memiliki proses perhitungan yang lebih sederhana tetapi berpotensi menghasilkan makespan yang lebih besar. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi perusahaan dalam menentukan metode penjadwalan produksi yang paling optimal guna meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi waktu tunggu, serta meningkatkan produktivitas dan kualitas produk[4].

TINJAUAN PUSTAKA

1. Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi merupakan proses penempatan sumber daya untuk menjalankan suatu kegiatan atau operasi dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Dalam industri manufaktur dan jasa, penjadwalan berperan penting dalam pengambilan keputusan guna mencapai target perusahaan. Penjadwalan menjadi krusial ketika terdapat beberapa pekerjaan (*job*) yang harus diproses secara bersamaan, sementara jumlah mesin dan peralatan terbatas[5]. Oleh karena itu, diperlukan strategi penjadwalan yang optimal agar sumber daya yang tersedia dapat dimanfaatkan secara efisien. Penjadwalan bertujuan untuk meningkatkan kinerja mesin, mengurangi stok produk, menghindari keterlambatan, dan menekan biaya produksi. Penjadwalan diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama, yaitu penjadwalan mesin tunggal (*Single Machine*), penjadwalan paralel, dan *Job Shop* yaitu di mana barang diproduksi dalam jangka waktu tertentu berdasarkan pesanan[6].

2. Metode-metode untuk penjadwalan

Metode penjadwalan produksi terdiri dari berbagai pendekatan untuk mengoptimalkan penggunaan mesin dan sumber daya.

- Pada penjadwalan *Single Machine*, setiap pekerjaan hanya melewati satu mesin dan disusun berdasarkan aturan tertentu. Beberapa metode yang digunakan antara lain *First Come First Service* (FCFS) yang mengutamakan urutan kedatangan pekerjaan, *Earliest Due Date* (EDD) yang memprioritaskan pekerjaan dengan tenggat waktu paling awal, *Longest Processing Time* (LPT) yang menyusun pekerjaan dengan durasi pemrosesan terpanjang lebih dulu, serta *Shortest Processing Time* (SPT) yang menempatkan pekerjaan dengan waktu pemrosesan terpendek di urutan awal[7].
- Penjadwalan dengan metode *Parallel Machines*, metode yang umum digunakan adalah *Johnson's Rule* yaitu metode yang mengoptimalkan urutan tugas pada dua mesin secara seri guna meminimalkan makespan. Metode ini bekerja dengan menempatkan pekerjaan dengan waktu proses minimum pada mesin pertama di awal jadwal, sedangkan pekerjaan dengan waktu proses minimum pada mesin kedua ditempatkan di akhir jadwal[8].

- c. Metode Campbell, Dudek, and Smith (CDS) Approach, yang merupakan pengembangan dari Johnson's Rule untuk menangani lebih dari dua mesin. CDS bekerja dengan mencari urutan optimal berdasarkan waktu proses minimum agar memperoleh nilai makespan terkecil. Proses ini melibatkan pengujian keseragaman data, perhitungan standar deviasi, serta iterasi nilai makespan guna menentukan jadwal produksi terbaik[9].
- d. Metode Heuristic Palmer merupakan metode heuristik yang dikembangkan untuk penjadwalan flow shop dengan mempertimbangkan indeks prioritas, yang dikenal sebagai *slope index*. Metode ini mengurutkan pekerjaan berdasarkan kecenderungan peningkatan waktu proses dari satu mesin ke mesin berikutnya. Heuristic Palmer memberikan bobot lebih besar pada pekerjaan yang memiliki peningkatan waktu proses signifikan, sehingga memungkinkan jadwal yang lebih efisien. Dengan berbagai metode ini, penjadwalan produksi dapat dioptimalkan guna meningkatkan efisiensi, mengurangi keterlambatan, dan menekan biaya produksi[10].

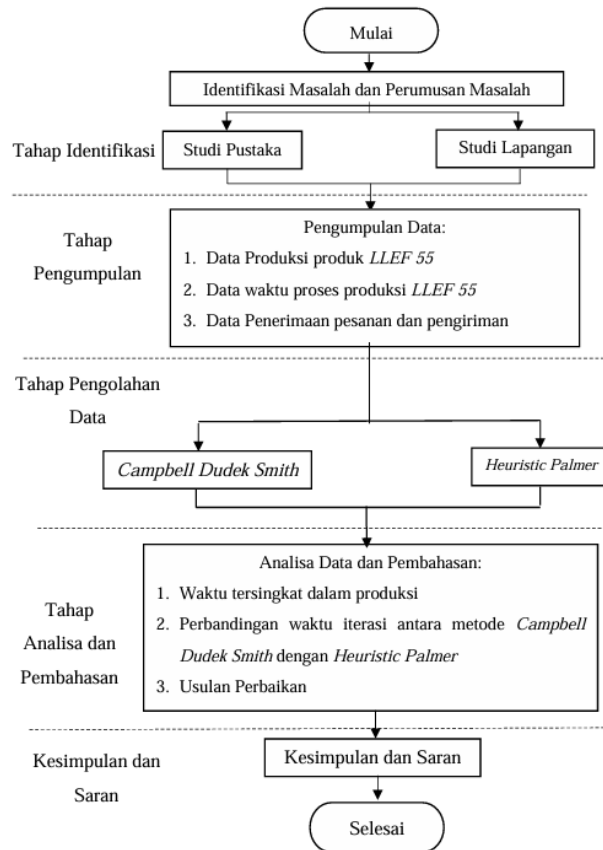
3. Metode-metode untuk penjadwalan

Penjadwalan produksi sering kali menghadapi berbagai kendala yang dapat menghambat kelancaran proses produksi yaitu[7]:

- a. Kerusakan mesin. Ketika mesin mengalami kerusakan, proses produksi yang bergantung pada mesin tersebut akan terhenti, sehingga penjadwalan harus disesuaikan ulang. Proses penjadwalan ulang ini melibatkan pengidentifikasian jenis dan jumlah mesin yang rusak, serta waktu perbaikan yang diperlukan, untuk memastikan produksi dapat kembali berjalan dengan efisien.
- b. Penambahan pesanan baru selama produksi berlangsung juga dapat mengganggu penjadwalan yang sudah ada. Agar rantai produksi tetap berjalan dengan baik, penjadwalan ulang perlu dilakukan dengan mempertimbangkan jenis dan jumlah pesanan baru serta tenggat waktu yang diminta pelanggan.
- c. Perubahan prioritas produksi juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi penjadwalan. Ketika prioritas pembuatan produk berubah, penjadwalan yang sudah ditetapkan sebelumnya harus disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan tersebut.
- d. Pengulangan operasi pada produk tertentu. Jika produk ditemukan cacat, beberapa operasi harus diulang, memperpanjang waktu produksi dan menunda pembuatan produk berikutnya. Penjadwalan ulang diperlukan untuk memastikan proses ini dilakukan dengan efisien.
- e. Perubahan due date juga menjadi kendala penting dalam penjadwalan. Perubahan tanggal jatuh tempo, baik mundur maupun maju, dapat memengaruhi urutan pekerjaan yang telah dijadwalkan. Untuk menjaga standar kinerja yang optimal, penjadwalan harus disesuaikan dengan perubahan tersebut.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan melalui beberapa tahapan yang diawali dengan identifikasi dan perumusan masalah, studi pustaka dan studi lapangan yang mencakup observasi aktivitas produksi serta wawancara dengan pihak perusahaan untuk memperoleh informasi yang lebih mendalam mengenai sistem penjadwalan produksi yang diterapkan. Pada Penelitian ini pengolahan data menggunakan dua metode penjadwalan produksi, yaitu Campbell Dudek Smith (CDS) dan Heuristic Palmer. Tahap pengolahan data dilakukan dengan beberapa langkah utama. Pertama, menentukan waktu proses yang diperlukan untuk setiap operasi dalam tiap job, termasuk data stasiun kerja dan permintaan produk LLEF 55. Setelah itu, dilakukan uji keseragaman data untuk menentukan nilai rata-rata, standar deviasi, serta batas kendali atas dan bawah. Data ini kemudian diuji kecukupannya menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan ketelitian 5%. Selanjutnya, dihitung waktu siklus, waktu normal, dan waktu baku guna memperoleh gambaran yang lebih akurat mengenai proses produksi. Dalam perhitungan metode CDS, langkah pertama adalah menentukan urutan pekerjaan berdasarkan waktu proses pada mesin pertama dan kedua. Pekerjaan dengan waktu minimum pada mesin pertama ditempatkan di awal urutan, sementara yang memiliki waktu minimum pada mesin kedua ditempatkan di akhir. Proses ini diulang hingga semua pekerjaan terurut. Setelah itu, dihitung total waktu penyelesaian setiap job berdasarkan urutan yang telah ditentukan[11]. Sementara itu, dalam perhitungan metode Heuristic Palmer, dilakukan penyusunan matriks waktu pengerjaan job pada mesin, perhitungan indeks prioritas, serta penentuan urutan job berdasarkan nilai indeks prioritas terbesar. Setelah itu, dilakukan perhitungan total waktu penyelesaian job untuk mendapatkan makespan. Tahap berikutnya adalah analisis dan pembahasan dan penarikan kesimpulan. Alur metode penelitian lebih lengkap dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 2. Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS)

Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) mengharuskan setiap pekerjaan atau tugas yang akan diselesaikan untuk melalui prosedur pada setiap mesin dengan mengurutkan waktu kerja paling sedikit digunakan dalam penjadwalan produksi. Dengan menggunakan metode CDS diperoleh beberapa alternatif urutan *job* dan *makespan* seperti ditampilkan tabel di bawah.

Tabel 1. Hasil Penelitian Menggunakan Metode *Campbell Dudek Smith*

Bulan	Urutan Job	<i>Makespan</i>	Jumlah Waktu Aliran Total	Rata – rata Penyelesaian
Januari	5 – 2 – 4 – 3 – 1	11	42	8,4
Februari	2 – 4 – 1 – 5 – 3	11	39	7,8
Maret	4 – 2 – 3 – 1	11	35	7

Dari Tabel 1, nilai *makespan* relatif sama karena beberapa faktor yaitu:

1. penggunaan Johnson's Rule yang menghasilkan nilai *makespan* serupa jika data dan waktu pemrosesan mesin tidak bervariasi signifikan.
2. Jumlah mesin yang terbatas memengaruhi hasilnya. Selain itu, tidak adanya variasi besar dalam subproblem CDS dan struktur data yang spesifik, di mana beban kerja setiap mesin hampir sama, juga membuat urutan optimal tetap serupa.

Namun, rata-rata penyelesaian tetap berbeda karena urutan *job* yang berbeda pada setiap iterasi dan pengaruh struktur data pemrosesan yang dominan. Jika ada satu mesin dengan waktu pemrosesan lebih panjang dibanding mesin lain, maka iterasi CDS yang lebih menekankan *job* di mesin tersebut bisa menghasilkan nilai *flowtime* yang lebih besar.

Pembahasan Metode Heuristic Palmer

Metode Heuristic Palmer digunakan untuk menyelesaikan penjadwalan *flowshop* dengan menentukan urutan *job* berdasarkan nilai *slope indeks*. Urutan penjadwalan diperoleh dengan menghitung *slope indeks* dari terbesar hingga terkecil.

Tabel 2. Hasil Penelitian Menggunakan Metode Heuristic Palmer

Bulan	Urutan Job	Makespan	Jumlah Waktu Aliran Total	Rata – rata Penyelesaian
Januari	3 – 5 – 1 – 2 – 4	13	51	10,2
Februari	1 – 2 – 3 – 4 – 5	10	36	7,2
Maret	2 – 3 – 4 – 1	11	37	7,4

Pada bulan Januari diperoleh nilai makespan 13 dan rata-rata penyelesaian 10,2 hari. Februari menghasilkan nilai makespan 10 dan rata-rata penyelesaian 7,2 hari. Sementara itu, Maret menunjukkan nilai makespan 11 dan rata-rata penyelesaian 7,4 hari. Perbedaan hasil makespan setiap bulan disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain perbedaan perhitungan *slope indeks*, variasi data waktu pemrosesan *job*, dan jumlah mesin yang digunakan. Perubahan kecil pada waktu pemrosesan atau jumlah mesin dapat memengaruhi urutan *job*, sehingga menghasilkan makespan yang berbeda.

Pembahasan Perbandingan Hasil Metode CDS dan HP

Tabel 3. Hasil Perbandingan Metode CDS dan HP

Metode	Bulan	Urutan Iterasi Penjadwalan	Makespan	Rata – rata Penyelesaian
<i>Campbell Dudek Smith</i>	Januari	5 – 2 – 4 – 3 – 1	11	8,4
	Februari	2 – 4 – 1 – 5 – 3	11	7,8
	Maret	4 – 2 – 3 – 1	11	7
<i>Heuristic Palmer</i>	Januari	3 – 5 – 1 – 2 – 4	13	10,2
	Februari	1 – 2 – 3 – 4 – 5	10	7,2
	Maret	2 – 3 – 4 – 1	11	7,4

Dari hasil perbandingan, metode CDS terbukti lebih optimal pada bulan Januari dan Maret, sedangkan metode Heuristic Palmer lebih optimal pada bulan Februari, Sehingga usulan penjadwalan pada perusahaan ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Usulan Penjadwalan Produksi

Metode	Bulan	Urutan Iterasi Penjadwalan	Makespan	Rata – rata Penyelesaian
<i>Campbell Dudek Smith</i>	Januari	5 – 2 – 4 – 3 – 1	11	8,4
<i>Heuristic Palmer</i>	Februari	1 – 2 – 3 – 4 – 5	10	7,2
<i>Campbell Dudek Smith</i>	Maret	4 – 2 – 3 – 1	11	7

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan, penelitian ini menemukan bahwa metode Campbell Dudek Smith (CDS) dan metode Heuristic Palmer memberikan hasil yang berbeda dalam menentukan efisiensi penjadwalan produksi di PT. Pelita Mekar Semesta. Pada metode CDS, nilai makespan optimal yang diperoleh adalah 11 hari dengan rata-rata penyelesaian 8,4 hari pada Bulan Januari. Sedangkan diperoleh 7,8 hari pada bulan Februari, dan 7 hari pada bulan Maret. Sementara itu, metode Heuristic Palmer menunjukkan nilai makespan yang lebih bervariasi, yaitu nilai makespan 13 dengan rata-rata penyelesaian 10,2 hari pada bulan Januari, nilai makespan 10 dengan rata-rata penyelesaian 7,2 hari pada bulan Februari, dan nilai makespan 11 dengan rata-rata penyelesaian 7,4 hari pada bulan Maret. Dari hasil perbandingan, metode CDS terbukti lebih optimal pada bulan Januari dan Maret, sedangkan metode Heuristic Palmer lebih optimal pada bulan Februari. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan metode penjadwalan harus mempertimbangkan kondisi produksi dan kebutuhan spesifik perusahaan untuk mendapatkan hasil yang paling efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. W. Bagaskara, “Analisis Penjadwalan Produksi Dengan Metode Campbell Dutex Smith Dan Heuristic Palmer Untuk Meminimasi Waktu Kerja (Makespan) (Studi Kasus : Ud Mustika Putra Rimba),” 2023.
- [2] D. Arifandi, T. Lasalewo, And H. Hasanuddin, “Penjadwalan Produksi Untuk Meminimalkan Makespan Menggunakan Metode Cds Dan Heuristik Palmer Di Rumah Industri Wahyu,” *Ind. Inov. J. Tek. Ind.*, Vol. 13, No. 1, Pp. 52–60, 2023, Doi: 10.36040/Industri.V13i1.5191.
- [3] S. N. Sidabutar, M. Amin, And A. Putri, “Penjadwalan Operasi Mesin Produksi Dengan Metode Cds (Campbell Dutex Smith) Di Pt Tjokro Bersaudara Balikpapanindo,” *Prot. J. Ilmu-Ilmu Tek. Mesin*, Vol. 11, No. 2, Pp. 53–61, 2019, [Online]. Available: <https://Dx.Doi.Org/10.31328/Jp.V11i2.1234>
- [4] Risa, Helmi, And M. Aritonang, “Perbandingan Metode Campbell Dutex And Smith (Cds) Dan Palmer Dalam Meminimasi Total Waktu Penyelesaian Studi Kasus : Astra Konveksi Pontianak,” *Bul. Ilm. Math. Stat. Dan Ter.*, Vol. 04, No. 3, Pp. 181–190, 2015.
- [5] R. I. Faruqie, “Perancangan Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Bat Algorithm Dan Firefly Algorithm Pada Kondisi Bottleneck Untuk Mengurangi Keterlambatan Pesanan Di ...,” *Skripsi-2020*, Pp. 5–20, 2020, [Online]. Available: [Http://Repository.Trisakti.Ac.Id/Usaktiana/Index.Php/Home/Detail/Detail_Koleksi/0/Skr/Judul/000000000000000101381/0](http://Repository.Trisakti.Ac.Id/Usaktiana/Index.Php/Home/Detail/Detail_Koleksi/0/Skr/Judul/000000000000000101381/0)
- [6] R. Ervil And D. Nurmayuni, “Penjadwalan Produksi Dengan Metode Campbell Dutex Smith (Cds) Untuk Meminimumkan Total Waktu Produksi (Makespan),” *J. Sains Dan Teknol. J. Keilmuan Dan Apl. Teknol. Ind.*, Vol. 18, No. 2, P. 97, 2018, Doi: 10.36275/Stsp.V18i2.118.
- [7] D. A. L. Vikha Indira Asri, “Analisa Perbandingan Penjadwalan Produksi Dengan Metode Cds (Campbell Dutex Smith), Edd (Earliest Due Date) Dan Fcfs (First Come First Serve) Pada Pt. Sari Warna Asli Unit V,” *J. Ind. Eng. Technol.*, Vol. 1, No. 2, Pp. 46–51, 2021, Doi: 10.24176/Jointtech.V1i2.6499.
- [8] A. Sulaksmi, A. K. Garside, And F. Hadziqah, “Penjadwalan Produksi Dengan Algoritma Heuristik Pour (Studi Kasus: Konveksi One Way – Malang),” *J. Tek. Ind.*, Vol. 15, No. 1, Pp. 35–44, 2014, Doi: 10.22219/Jtiumm.Vol15.No1.35-44.
- [9] J. T. Industri, F. T. Industri, U. Islam, And S. Agung, “Campbell Dutex Smith Dan Heuristic Palmer Untuk Meminimasi Waktu Kerja (Makespan) (Studi Kasus Pada Cv Wimbohono Semarang) Laporan Tugas Akhir Usmawar,” 2015.
- [10] S. Imam And P. Adi, “Penjadwalan Job [Ada Mesin Di Pt. Suparma Guna Meminimalkan Produksi Dengan Pendekatan Campbell Dutex Smith, Palmer Dan Dannenbring,” Pp. 1–18, 1945.
- [11] S. D. Annisya And J. A. Saifudin, “Analisis Penjadwalan Produksi Batu Tahan Api Dengan Menggunakan Metode Campbell Dutex Smith (Cds), Nawaz Enscore Ham (Neh), Dan Palmer Untuk Mengurangi Makespan Di Pt. X,” *Juminten*, Vol. 1, No. 3, Pp. 165–176, 2020, Doi: 10.33005/Juminten.V1i3.119.