



Penjadwalan Produksi Untuk Meminimalkan Makespan Time dengan Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith

Siti Ruqaiyah Baharuddin¹, Riska Iva Riana^{2*}, Fahri Anwar³

^{1,2,3} Universitas Negeri Makassar, Indonesia

e-mail: siti.ruqaiyah@unm.ac.id¹, riska.iva.riana@unm.ac.id², fahri.anwar@unm.ac.id³

Alamat: Jl. A. P. Pettarani, Tidung, Kec. Rappocini, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90222

*Korespondensi penulis: riska.iva.riana@unm.ac.id

Abstract. PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. Makassar Unit is one of the companies engaged in the production of animal feed, one of which is concentrated animal feed for laying hens, namely CAL 9, GOLD KLK, and KLKS 36 products. In the production process, 3 machines are used, namely the Intake machine, Mixer machine, and Bagging machine. The order of job work that is carried out does not use any method, so that the completion time for all jobs is long, which is 26592 minutes, so it is necessary to minimize the completion time of all jobs (makespan). The minimization of makespan can shorten the completion time of all jobs, so that it can achieve production targets and can increase production capacity. The purpose of this research is to determine the optimal order of jobs in order to obtain a minimum makespan. Based on the results of the research that has been carried out, the Campbell Dudek Smith production scheduling method provides optimal results by producing a total makespan time of 13303.6 minutes using the order of jobs that are done, starting from the product GOLD KLK – CAL 9 – KLKS 36. With a time difference of 13288.4 minutes from the company's initial condition before applying the method.

Keywords: Campbell Dudek Smith, Makespan Time, Animal Feed, Production Scheduling

Abstrak. PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. Unit Makassar merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi pakan ternak, salah satunya adalah pakan ternak konsentrat ayam petelur yaitu produk CAL 9, GOLD KLK, dan KLKS 36. Dalam proses produksinya menggunakan 3 mesin yaitu mesin Intake, mesin Mixer, dan mesin Bagging. Urutan pelaksanaan job dilakukan tanpa metode yang jelas, sehingga menghasilkan waktu penyelesaian job keseluruhan yang lama, yaitu 26.592 menit. Sehingga, diperlukan upaya untuk mengurangi seluruh waktu penyelesaian job (makespan). Waktu penyelesaian job dapat dikurangi dengan meminimalkan *makespan*, sehingga memungkinkan tercapainya tujuan produksi dan peningkatan kapasitas produksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan urutan job terbaik untuk mencapai *makespan* yang sesingkat mungkin. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, metode penjadwalan produksi Campbell Dudek Smith memberikan hasil yang optimum dengan menghasilkan total *makespan time* sebesar 13303,6 menit dengan menggunakan urutan *job* yang dikerjakan yaitu dimulai dari produk GOLD KLK – CAL 9 – KLKS 36. Dengan selisih waktu yang dihasilkan sebesar 13288,4 menit dari kondisi awal perusahaan sebelum menerapkan metode tersebut.

Kata kunci: Campbell Dudek Smith, Makespan Time, Pakan Ternak, Penjadwalan Produksi

1. LATAR BELAKANG

PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. Unit Makassar merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi pakan ternak yang berdasarkan hasil wawancara langsung terhadap pihak perusahaan, dimana dalam memproduksi pakan ternak berdasarkan urutan proses produksi dengan urutan mesin yang sama tanpa adanya perulangan sehingga adanya mesin yang mengalami waktu tunggu. Operasi suatu job hanya bergerak satu arah, yaitu dari proses awal pada mesin pertama sampai proses akhir pada mesin terakhir. Dalam proses produksinya perusahaan ini menggunakan 3 mesin, yaitu Mesin Penuangan (*Intake*),

Mesin Pencampur (*Mixer Machine*), dan Mesin Pengemasan (*Bagging Scale*). Dari 3 mesin tersebut yang sering tidak berproduksi adalah Mesin Penuangan (*Intake*).

Dengan adanya mesin yang sering tidak berproduksi menyebabkan bertambahnya waktu idle (menganggur) atau waktu menunggu untuk proses pengerjaan berikutnya sehingga nilai makespan time perusahaan sangat besar yaitu 26592 menit. Penelitian ini mengusulkan pendekatan *Campbell Dudek Smith* untuk penjadwalan produksi. Pendekatan ini memungkinkan bagian produksi menentukan keseluruhan waktu makespan minimum yang diperlukan untuk menyelesaikan produksi pakan ternak dan memenuhi permintaan konsumen.

2. KAJIAN TEORITIS

Urutan dan penjadwalan produksi merupakan komponen penting dari sistem perencanaan produksi untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi produksi (Sudiman & Fahrudin, 2021). Secara lebih spesifik, penjadwalan adalah urutan produksi atau pemrosesan suatu barang secara keseluruhan pada beberapa mesin (Kurniawan & Suseno, 2023). Penjadwalan juga secara umum didefinisikan sebagai tindakan mengatur, memilih, dan menentukan waktu pemanfaatan sumber daya yang ada untuk menghasilkan output yang diinginkan dalam jangka waktu yang diharapkan (Widodo, 2019). Peneliti lain mendefinisikan bahwa penjadwalan produksi dan perencanaan pemeliharaan preventif merupakan salah satu tantangan paling umum dan penting dalam industri manufaktur, terutama pada stasiun kerja seperti mesin dan robot (Moghaddam, 2013). Sementara dalam manajemen produksi, proses optimasi penjadwalan bertujuan untuk menentukan urutan tugas, dengan mempertimbangkan berbagai kendala, untuk meningkatkan produktivitas dan membangun sistem produksi yang lebih efisien (Mansouri et al., 2023).

Beberapa penelitian memiliki tujuan dimana untuk menentukan perbandingan *makespan time* perusahaan sebelum dan setelah penerapan metode dengan merujuk penelitian sebelumnya yang telah melakukan riset lebih lanjut dari beberapa pertimbangan dalam konteks untuk meminimalkan fungsi tujuan makespan di lingkungan Flow-Shop, mempertimbangkan dua batasan waktu yang penting: “Waktu tunggu” dan “Tanggal rilis”. Mengingat NP-hardness dari masalah penjadwalan ini, kami menggunakan metaheuristik yang ditingkatkan yang disebut segerombolan partikel optimasi (PSO) untuk menemukan solusi optimal (Mansouri et al., 2023). Penelitian lain juga mengusulkan algoritma heuristik baru yang secara optimal mengurutkan pekerjaan untuk diminimalkan makespan dan menghilangkan waktu idle mesin, sehingga mengurangi mesin (Singla et al., 2024).

Sementara untuk meningkatkan dan memecahkan keakuratan masalah penjadwalan beberapa toko, pendekatan optimasi komputasi yang efisien menggabungkan (*Nawaz Enscore Ham*) NEH dan (*Niche Genetic Algorithm*) (NEH-NGA) dikembangkan (Liang et al., 2022).

Tantangan dalam menyelesaikan masalah pejadwalan kini merambah ke tantangan konsumsi energi dalam hal penjadwalan produksi dengan penerapan *African Vultures Optimization Algorithm* atau AVOA algoritma dimana membandingkan dengan metode yang digunakan oleh perusahaan dalam kasus penjadwalan menghasilkan temuan penelitian bahwa AVOA secara signifikan mengungguli metode yang umum digunakan oleh perusahaan, sehingga menegaskan keunggulan kinerjanya dalam hal ini mengoptimalkan energi dalam konteks penjadwalan produksi (Risma et al., 2024). Tantangan lain muncul dari proses menentukan metode pengukuran yang dimana dibalik menggunakan algoritma yang lebih kompleks peneliti mencoba menggunakan Metode CDS, yang lebih sederhana tetapi masih relevan untuk digunakan. Metode ini dikembangkan oleh Johnson, digunakan untuk penjadwalan jenis *flowshop* dan dirancang untuk meminimalkan *makespan* pada dua mesin yang diatur secara seri. Metode ini sangat sesuai untuk sistem produksi yang mengutamakan urutan mesin dalam prosesnya. Algoritma CDS menghasilkan beberapa iterasi dengan nilai *makespan* yang berbeda, dan iterasi dengan nilai *makespan* paling kecil akan digunakan untuk menentukan urutan produksi yang optimal (Mashuri et al., 2020). Proses ini telah digunakan oleh produsen dalam bisnis furnitur kayu untuk memproduksi berbagai jenis kursi, termasuk kursi berlengan, bangku bar, bangku meja, dan kursi samping (Rohmah et al., 2023). Beberapa pesanan mungkin tertunda sepanjang proses produksi dengan menggunakan pendekatan *Campbell Dudek Smith* karena prosedur penjadwalan didasarkan pada waktu kerja terpendek yang diperlukan dalam produksi (Mashuri et al., 2019). Lebih lanjut penelitian lain menyelidiki penjadwalan *flow shop* dua tahap masalah dengan waktu pemrosesan dan pengaturan yang dipisahkan, di mana terdapat korelasi ada antara probabilitas, waktu pemrosesan pekerjaan, dan waktu pengaturan dengan mengusulkan algoritma heuristik baru yang secara optimal mengurutkan pekerjaan untuk diminimalkan *makespan* dan menghilangkan waktu idle mesin, sehingga mengurangi biaya sewa mesin.

3. METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yaitu metode *Campbell Dudeck Smith*. *Campbell Dudeck Smith* merupakan metode penjadwalan atau penugasan pekerjaan berdasarkan waktu kerja yang sesingkat mungkin. Teknik Campbell Dudeck Smith memiliki dua keuntungan:

- a. Menggunakan aturan Johnson sebagai heuristik.
- b. Biasanya menghasilkan banyak jadwal yang dapat dipilih yang terbaik.

Untuk mencegah salah tafsir, penting untuk menentukan variabel yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 1. Definisi Variabel Metode *Campbell Dudeck Smith*

No.	Variabel	Definisi
1.	$t_{i,1}^*$	Waktu proses suatu <i>job</i> ke- <i>i</i> dan mesin ke-1
2.	$t_{i,2}^*$	Waktu proses suatu <i>job</i> ke- <i>i</i> dan mesin ke-2
3.	k	Konstulasi dengan nilai 1 s/d ($m-1$)
4.	m	Jumlah mesin yang dipakai
5.	$t_{i,k}$	Waktu proses suatu <i>job</i> ke- <i>i</i> dengan konstulasi awal dengan nilai $k=1$
6.	$t_{i,m-k+1}$	Waktu proses suatu <i>job</i> ke- <i>i</i> dengan konstulasi awal dengan nilai $k=k+1$

Variabel Penelitian

1. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya dipengaruhi oleh perubahan pada variabel bebas. Dalam penelitian ini, variabel terikat adalah waktu *makespan*. Waktu *makespan* merupakan durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh *job* produksi hingga selesai.

2. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang memengaruhi perubahan nilai variabel terikat. Pada penelitian ini, variabel bebas meliputi:

a) Jadwal Produksi

Jadwal produksi mengacu pada waktu proses setiap *job* di masing-masing stasiun kerja, yang diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan

b) Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi merujuk pada jumlah maksimum output yang dapat dihasilkan oleh perusahaan dalam jangka waktu tertentu.

c) Jumlah Permintaan Produk

Jumlah permintaan produk adalah total job yang perlu dijadwalkan. Data ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari catatan perusahaan.

Lokasi Penelitian

Tempat penelitian dalam penulisan ini dilakukan di PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk yang terletak di JL. Prof Dr Ir Sutami KM. 17, Pai, Biring Kanaya, Pai, Biring Kanaya, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90242.

Jenis dan Sumber Data

1. Jenis Data

a) Data Kuantitatif

Data kuantitatif adalah data berupa angka yang dapat dihitung dan diperoleh langsung dari PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk.

b) Data kualitatif

Data kualitatif adalah data dalam bentuk informasi non-numerik, baik secara tertulis maupun lisan, yang didapatkan dari hasil uji coba terkait dengan permasalahan yang sedang diteliti.

2. Sumber Data

Sumber data yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

a) Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap objek penelitian, seperti hasil observasi dan wawancara langsung dengan pihak perusahaan.

b) Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari dokumen dan laporan yang relevan dengan jenis penelitian ini, serta memiliki hubungan erat dengan topik yang diteliti.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

a) Observasi

Teknik pengumpulan data dengan mengamati objek penelitian secara langsung atau tidak langsung untuk mendapatkan informasi tentang kondisi yang sebenarnya.

b) Wawancara

Merupakan teknik pengumpulan data melalui proses tanya jawab langsung dengan pimpinan PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk atau pihak yang memiliki pemahaman mendalam mengenai penjadwalan produksi di perusahaan tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

1. Data Waktu Proses

Data waktu proses diperoleh dengan cara melakukan pengukuran langsung dilapangan. Adapun produk yang digunakan dalam penelitian ini adalah pakan ternak konsentrat ayam petelur yaitu Job 1 adalah produk CAL 9, Job 2 adalah produk GOLD KLK, dan Job 3 adalah produk KLKS 36. Serta mesin yang digunakan yaitu mesin 1 adalah Mesin Intake, mesin 2 adalah Mesin Mixer dan mesin 3 adalah Mesin Bagging. Dibawah ini disajikan tabel hasil pengukuran total waktu dari setiap proses.

Tabel 2. Rekap Data Waktu Proses

Mesin	Job (Menit)		
	CAL 9	GOLD KLK	KLKS 36
Intake	120	90	75
Mixer	89	72	68
Bagging	260	202	132

Sumber: Data Sekunder PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Makassar

2. Data Jumlah Kapasitas Produksi dari Setiap Job

Tabel 3. Data Jumlah Kapasitas Produksi dari Setiap Job

CAL 9	Job (ton/hari)	
	GOLD KLK	KLKS 36
48	42	30

Sumber: Data Sekunder PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk Unit Makassar

3. Data Permintaan Produk Job 1, 2 dan 3 Periode Februari

Tabel 4. Data Permintaan Produk Job 1, 2 dan 3 Pada Bulan Februari

Tanggal	Permintaan (ton/hari)		
	CAL 9	GOLD KLK	KLKS 36
1	42	40	40
2	44	37	35
4	48	35	30
5	42	40	37
6	39	42	42
7	41	44	44
8	36	39	39
9	37	42	42
11	35	41	41
12	40	36	39
13	42	35	35
14	41	40	30
15	48	43	39
16	42	45	43
18	41	42	42
19	44	40	40
20	39	38	42
21	37	43	43
22	38	45	44
23	42	42	42
25	40	38	40
26	42	40	43
27	44	39	39
28	48	44	43
TOTAL	992 ton	970 ton	954 ton

Pengolahan Data

1. Menghitung Waktu Proses Permesinan

Waktu pemrosesan adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pesanan yang masuk. Waktu pemrosesan ditentukan oleh jumlah permintaan, jumlah mesin, dan kapasitas produksi setiap mesin. Persamaan berikut menggambarkan waktu pemrosesan tugas i pada mesin j .

$$t_{Bi,j} = \frac{W_{Bi,j} \times Q_i}{M_j \times C_j}; i,j = 1,2,3$$

Keterangan :

$W_{Bi,j}$: Waktu proses *job* i

Q_i : Jumlah permintaan sekali order pada *job* i

M_j : Jumlah mesin di stasiun kerja j

C_j : Kapasitas produksi

Perhitungan waktu proses *job*:

$$t_{B1.1} = \frac{120 \times 992}{48} = 2480 \text{ menit}$$

$$t_{B1.2} = \frac{89 \times 992}{48} = 1839,3 \text{ menit}$$

$$t_{B1.3} = \frac{120 \times 992}{48} = 5373,3 \text{ menit}$$

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Waktu Proses

Mesin	Job (Menit)		
	CAL 9	GOLD KLK	KLKS 36
Intake	2480	2078,6	2385
Mixer	1839,3	1662,9	2162,4
Bagging	5373,3	4665,2	4197,6

Sumber: Data Diolah

2. Meminimasi Total Waktu Penyelesaian Dengan Metode CDS

Tentukan jumlah urutan proses penjadwalan (p) metode CDS; m adalah jumlah mesin dengan $p = m - 1$. Jumlah urutan proses penjadwalan (p) yaitu:

$$P = m - 1$$

$$= 3 - 1$$

= 2 urutan penjadwalan

Perhitungan $K = 1, i = 2$ dan $K = 1, i = 3$ dapat dilihat pada tabel 8.

Perhitungan $K = 1$, untuk $M1'$

$$t_{i,M1'} = t_{i,1}$$

$$= t_{1,1}$$

$$= 2480 \text{ menit}$$

Perhitungan $K = 2$, untuk $M1'$

$$t_{i,M1'} = \sum_{j=1}^k t_{i,j}$$

$$= t_{1,1} + t_{1,2}$$

$$= 2480 + 1839,3$$

$$= 4319,3 \text{ menit}$$

Perhitungan $K = 2$, untuk $M2'$

$$t_{i,M2'} = \sum_{j=m-k+1}^k t_{i,j}$$

$$= t_{1,3} + t_{1,2}$$

$$= 5373,3 + 1839,3$$

$$= 7212,6 \text{ menit}$$

Rekapitulasi waktu proses pada mesin pertama dan waktu proses pada mesin kedua untuk iterasi $k = 1$ sampai iterasi $k = 2$ terdapat pada tabel dibawah ini.

Tabel 6 Waktu Proses Mesin Pertama dan Mesin Kedua

Iterasi	Mesin	CAL 9 (Menit)	GOLD KLK (Menit)	KLKS 36 (Menit)
K = 1	M1'	2480	2078,6	2385
	M2'	5373,3	4665,2	4197,6
K = 2	M1'	4319,3	3741,5	4574,4
	M2'	7121,6	6328,1	6360

Sumber: Data Diolah

3. Mengurutkan Job Metode CDS

Gunakan Aturan Johnson untuk menentukan urutan job. Jika waktu minimum dalam M1', tempatkan job dalam urutan pertama. Jika waktu minimum dalam M2', tempatkan job pada posisi akhir. Hapus pekerjaan yang direncanakan dari daftar job yang tersisa.

Tabel di bawah ini menunjukkan urutan tugas berdasarkan Aturan Johnson untuk iterasi 2 dan 2.

Tabel 7. Urutan Job Berdasarkan Johnson Rule

Iterasi	Urutan Job		
K = 1	GOLD KLK	KLKS 36	CAL 9
K = 2	GOLD KLK	CAL 9	KLKS 36

Sumber: Data Diolah

Perhitungan Makespan Time Berdasarkan Urutan Metode CDS

Hitung total waktu penyelesaian minimum (C_{max}). Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menghitung total waktu penyelesaian. Waktu proses pertama dihitung menggunakan urutan tugas yang diberikan oleh Aturan Johnson, dan waktu proses kedua ditambahkan ke hasil waktu proses pertama, dan seterusnya.

Tabel 8. Perhitungan Makespan Metode CDS K = 1

Mesin	Job (Menit)		
	GOLD KLK	KLKS 36	CAL 9
Intake	2078,6	4463,6	6943,6
Mixer	3741,5	6626	8782,9
Bagging	8406,7	10823,6	14156,2

Sumber: Data Diolah

Tabel 9. Perhitungan Makespan Metode CDS $K = 2$

Mesin	Job (Menit)		
	GOLD KLK	CAL 9	KLKS 36
Intake	2078,6	4558,6	6943,6
Mixer	3741,5	6397,9	9106
Bagging	8406,7	11771,2	13303,6

Sumber: Data Diolah

Dari perhitungan Makespan $K = 1$ dan $K = 2$, total waktu penyelesaian (C_{max}) yang minimal terdapat pada alternative kedua ($K = 2$) dengan nilai 13303,6 menit. Tabel 7 menunjukkan urutan job yang diperoleh menggunakan Aturan Johnson. Dengan aturan tersebut, jika waktu minimum adalah M_1 , tempatkan job di seri pertama. Jika waktu minimum adalah M_2' , tempatkan job di posisi akhir. Hapus job yang direncanakan dari daftar job yang tersisa. Sehingga didapatkan urutan *job* iterasi 1 ($K=1$) yaitu *CAL 9 – GOLD KLK – KLKS 36* sedangkan urutan *job* iterasi 2 ($K=2$) yaitu *GOLD KLK – CAL 9 – KLKS 36*.

Tabel 8 dan 9 menunjukkan hasil perhitungan makespan menggunakan pendekatan CDS. Perhitungan makespan menentukan waktu penyelesaian mesin. Di mana jumlah untuk iterasi 1 ($K = 1$) adalah 14156,2 menit, dan iterasi 2 ($K = 2$) adalah 13303,6 menit. Jadi iterasi 2 memiliki waktu penyelesaian tercepat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, metode penjadwalan produksi Campbell Dudek Smith memberikan hasil yang optimum dengan menghasilkan total *makespan time* sebesar 13303,6 menit dengan menggunakan urutan *job* yang dikerjakan yaitu dimulai dari produk *GOLD KLK – CAL 9 – KLKS 36*. Dengan selisih waktu yang dihasilkan sebesar 13288,4 menit dari kondisi awal perusahaan sebelum menerapkan metode menggunakan urutan *job* yang dikerjakan yaitu dimulai dari produk *CAL 9, GOLD KLK, dan KLKS 36* yang menghasilkan nilai *makespan time* sebesar 26592 menit. Perusahaan harus mempertimbangkan waktu pemrosesan job untuk setiap tugas yang akan dikerjakan saat menjadwalkan produksi guna menemukan cara pemrosesan yang paling efisien.

REFERENSI

- Kurniawan, N., & Suseno, S. (2023). Optimasi sistem penjadwalan produksi dengan metode Nawaz Enscore Ham (NEH) pada PT Sinar Semesta. *Jurnal Inovasi dan Kreativitas (JIKA)*, 3(1), 24–33. <https://doi.org/10.30656/jika.v3i1.6001>
- Liang, Z., Zhong, P., Liu, M., Zhang, C., & Zhang, Z. (2022). A computational efficient optimization of flow shop scheduling problems. *Scientific Reports*, 12(1), 1–16. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-04887-8>
- Mansouri, M., Bahmani, Y., & Smadi, H. (2023). Optimization of the flow-shop scheduling problem under time constraints with PSO algorithm. *Engineering Proceedings*, 56(1), 1–6. <https://doi.org/10.3390/ASEC2023-15410>
- Mashuri, C., Mujiyanto, A. H., Sucipto, H., & Arsam, R. Y. (2020). Penerapan algoritma Campbell Dudek Smith (CDS) untuk optimasi waktu produksi pada penjadwalan produksi. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 10(2), 131–136. <https://doi.org/10.21456/vol10iss2pp131-136>
- Mashuri, C., Mujiyanto, A. H., Sucipto, H., Arsam, R. Y., & Permadi, G. S. (2019). Production time optimization using Campbell Dudek Smith (CDS) algorithm for production scheduling. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 125). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912523009>
- Moghaddam, K. S. (2013). Multi-objective preventive maintenance and replacement scheduling in a manufacturing system using goal programming. *International Journal of Production Economics*, 146(2), 704–716. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.08.027>
- Risma, Y. M., Utama, D. M. U., & Amallynda, I. (2024). Energy-efficient no-idle flowshop scheduling optimization using African Vultures algorithm. *International Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 6(1), 27–33. <https://doi.org/10.24002/ijieem.v6i1.8335>
- Rohmah, S., Saifuddin, J. A., & Prameswari, M. C. (2023). Analisis penjadwalan produksi dengan metode Campbell Dudek Smith untuk meminimasi makespan pada PT. XYZ. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 6(4), 1523–1530. <https://doi.org/10.31004/jutin.v6i4.22003>
- Singla, S., Kaur, H., Gupta, D., Modibbo, U. M., & Kaur, J. (2024). No idle flow shop scheduling models for optimization of machine rental costs with processing and separated setup times. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, 10(April), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fams.2024.1355237>
- Sudiman, S., & Fahrudin, W. A. (2021). Perancangan efektivitas dan efisiensi untuk peningkatan produktivitas lini produksi wellhead dengan metode objective matrix. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 7(1), 15–22. <https://doi.org/10.30656/intech.v7i1.2590>