



PAPER – **OPEN ACCESS**

Penjadwalan Mesin dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika dan metode Campbell Dudek Smith (CDS)

Author : Salsabila Sembiring, dan Utari Noor Afifah Pengabenan
DOI : 10.32734/ee.v6i1.1909
Electronic ISSN : 2654-7031
Print ISSN : 2654-7031

Volume 6 Issue 1 – 2023 TALENTA Conference Series: Energy and Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).
Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Penjadwalan Mesin dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika dan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS)

Salsabila Sembiring*, Utari Noor Afifah Pengabenan

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan
salsasembiring98@gmail.com, utari.afifah@gmail.com

Abstrak

PT. Z adalah sebuah perusahaan manufaktur yang khusus memproduksi mobil mainan. Di perusahaan ini, terdapat aliran terus-menerus unit-unit produk melalui serangkaian stasiun kerja yang diatur berdasarkan jenis produk. Masalah umum yang dihadapi adalah bagaimana mengatur serangkaian kegiatan dalam jangka waktu tertentu sehingga waktu total penyelesaian pekerjaan dapat diminimalkan. Dalam penyelesaiannya, PT. Z menggunakan metode Algoritma Genetika (GA) dan metode Campbell Dudek Smith (CDS). Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan penjadwalan produksi Algoritma Genetika (GA) dan algoritma Campbell Dudek Smith (CDS) serta Memilih metode terbaik dengan melakukan perhitungan parameter performansi antara kedua metode tersebut. Berdasarkan hasil penelitian tentang pemodelan penjadwalan dalam proses produksi tipe *flow shop*, metode algoritma genetika digunakan untuk inisialisasi solusi penjadwalan dengan tujuan mendekati tingkat optimal. Hasil penjadwalan dengan menggunakan algoritma Genetik dengan urutan *job* : B-C-A-D-E memiliki nilai *makespan* sebesar 748,9 jam. Sedangkan hasil penjadwalan dengan algoritma CDS adalah Job D-C-E-B-A memiliki nilai *makespan* sebesar 831,9 jam. Hasil perhitungan performansi parameter adalah $EI < 1$, yang berarti bahwa penjadwalan dengan algoritma Genetik lebih baik dibandingkan dengan algoritma CDS dengan nilai $RE = 8,3\%$. Maka usulan penjadwalan terbaik di perusahaan ini yaitu dengan menggunakan Algoritma Genetika (GA).

Kata Kunci: Algoritma Genetika (GA); Campbell Dudek Smith (CDS); *Flow Shop*; Mobil Mainan; Penjadwalan Mesin

Abstract

PT. Z is a manufacturing company that specializes in toy cars. In this company, there is a continuous flow of product units through a series of work stations organized by product type. The common problem faced is how to arrange a series of activities within a certain period of time so that the total time for completing work can be minimized. In its completion, PT. Z uses the Genetic Algorithm (GA) method and the Campbell Dudek Smith (CDS) method. This study aims to implement production scheduling of the Genetic Algorithm (GA) and Campbell Dudek Smith's Algorithm (CDS) and to select the best method by calculating the performance parameters between the two methods. Based on the results of research on scheduling modeling in the flow shop type production process, the genetic algorithm method is used to initialize the scheduling solution with the aim of approaching the optimal level. The results of scheduling using the Genetic algorithm with job order: B-C-A-D-E has a makespan value of 748.9 hours. While the results of scheduling with the CDS algorithm are Job D-C-E-B-A having a makespan value of 831.9 hours. The result of parameter performance calculation is $EI < 1$, which means that scheduling with the Genetic algorithm is better than the CDS algorithm with $RE = 8.3\%$. So the best scheduling proposal in this company is to use a Genetic Algorithm (GA).

Keywords: Genetic Algorithm (GA); Campbell Dudek Smith (CDS); *Flow Shop*; Toy Cars; Machine Scheduling

1. Pendahuluan

Penjadwalan memiliki peran yang sangat signifikan dalam operasional perusahaan, baik di sektor manufaktur maupun jasa. Menyusun jadwal dengan baik merupakan aspek yang krusial. Alasannya adalah penjadwalan yang efektif akan meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem produksi perusahaan, yang pada akhirnya akan mengurangi biaya produksi. Selain itu, produsen juga harus mengutamakan kebutuhan konsumen untuk mendapatkan barang dengan segera [1].

Penjadwalan adalah keputusan yang secara rutin diambil dalam berbagai industri manufaktur. Penjadwalan yang baik mengambil peranan yang penting untuk kesuksesan sebuah industri karena dapat mempengaruhi kecepatan perusahaan dalam menanggapi keinginan pelanggan. Semakin baik penjadwalan mesin-mesin produksi maka semakin kecil kemungkinan keterlambatan pengiriman yang diakibatkan oleh ketidakpastian proses manufaktur [2].

Agar dapat memenuhi pesanan tepat waktu, perusahaan perlu memiliki perencanaan penjadwalan produksi yang efektif. Oleh karena itu, penjadwalan produksi menjadi aspek yang sangat penting untuk diperhatikan. PT. Z adalah sebuah perusahaan manufaktur yang khusus memproduksi mobil mainan.

Di PT. Z, unit-unit bergerak melalui serangkaian stasiun kerja yang disusun berdasarkan produk. Tantangan umum yang dihadapi adalah merencanakan urutan kegiatan dalam jangka waktu tertentu untuk mencapai waktu total penyelesaian pekerjaan yang minimal. PT. Z menyadari betapa pentingnya menjaga ketepatan waktu penyelesaian untuk mempertahankan kepuasan konsumen. Namun, dalam proses produksi, beberapa jadwal tidak dapat dilaksanakan secara tepat karena *makespan* (waktu penyelesaian) yang terlalu besar di rantai produksi. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk waktu yang tidak dimanfaatkan dengan efisien di setiap stasiun kerja [3].

Penjadwalan dianggap optimal ketika memiliki nilai *makespan* (total waktu proses) yang minimal. Dalam upaya untuk meminimalkan nilai *makespan*, ada beberapa metode yang dapat digunakan, seperti metode Campbell Dudek Smith (CDS) dan metode Algoritma Genetika (GA) [4].

Dalam rangka mengatasi permasalahan tersebut di perusahaan, maka penelitian ini dilakukan untuk membandingkan metode Algoritma Genetika (GA) dengan metode Campbell Dudek Smith (CDS). Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk meminimalkan nilai *makespan* dari setiap job, sehingga waktu proses produksi perusahaan dapat diminimalkan [5].

2. Landasan Teori

2.1. Konsep Penjadwalan

Penjadwalan adalah suatu proses pengambilan keputusan yang secara rutin digunakan dalam berbagai industri manufaktur. Proses ini melibatkan alokasi sumber daya untuk tugas-tugas selama periode waktu tertentu dengan tujuan mengoptimalkan satu atau lebih tujuan tertentu. Penjadwalan, sebagai proses pengambilan keputusan, memiliki peran yang sangat penting dalam sistem manufaktur, produksi, dan lingkungan pemrosesan informasi. Ini juga merupakan alat yang efektif dalam perencanaan agregat. Pada tahap ini, pesanan aktual diberikan kepada sumber daya yang tepat (fasilitas, pekerja, dan peralatan) untuk pertama kalinya, kemudian dilakukan pengurutan kerja pada setiap pusat pemrosesan dengan tujuan mencapai penggunaan kapasitas yang optimal [6].

Permasalahan penjadwalan secara signifikan terkait dengan keterlibatan berbagai komponen, yang sering disebut sebagai *job*. *Job* itu sendiri terdiri dari beberapa elemen dasar aktivitas atau operasi. Setiap aktivitas atau operasi membutuhkan sejumlah sumber daya dalam periode waktu tertentu, yang dikenal sebagai waktu proses. Sumber daya yang dibutuhkan meliputi waktu tunggu, mesin, transportasi, serta elemen pendukung lainnya [7].

Ketidakakuratan penjadwalan merupakan hal yang umum terjadi, terutama di perusahaan di mana terdapat keterbatasan sumber daya namun terdapat tuntutan untuk menyelesaikan banyak pekerjaan secara bersamaan [8].

2.2. Tujuan Penjadwalan

Berikut adalah beberapa tujuan yang dapat diidentifikasi dalam aktivitas penjadwalan [9]:

1. Meningkatkan penggunaan sumberdaya dan mengurangi waktu tunggu, sehingga dapat mengurangi total waktu proses dan meningkatkan produktivitas.
2. Mengurangi persediaan *work in process* atau mengurangi pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumberdaya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain. Teori Baker menyatakan bahwa jika aliran kerja dalam jadwal tetap, maka dengan mengurangi waktu aliran rata-rata akan dapat mengurangi persediaan barang setengah jadi rata-rata.
3. Mengurangi keterlambatan pada pekerjaan yang memiliki batas waktu penyelesaian untuk mengurangi biaya penalti yang terkait dengan keterlambatan tersebut.
4. Membantu pengambilan keputusan terkait perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang tinggi dapat dihindarkan.

2.3. Elemen-elemen Penjadwalan

Dalam penjadwalan, terdapat beberapa elemen yang perlu diketahui, antara lain [9]:

1. Jumlah *job* (n) yang akan dijadwalkan.
2. Jumlah mesin (m) yang akan dilalui dalam menyelesaikan proses operasi.
3. *Processing time* (p_{ij}), yaitu waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan operasi di mesin j untuk *job* i .
4. *Completion time* (C_i), yaitu waktu penyelesaian seluruh operasi untuk suatu *job* i .
5. *Makespan*, yaitu waktu total yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh *job* atau tugas yang dijadwalkan.

2.4. Alogaritma Genetika

Algoritma genetika adalah prosedur iteratif yang memelihara populasi struktur yang merupakan solusi kandidat untuk tantangan domain tertentu. Selama setiap peningkatan temporal (disebut generasi), struktur dalam populasi saat ini dinilai untuk keefektifannya sebagai solusi domain, dan berdasarkan evaluasi ini, populasi baru dari solusi kandidat dibentuk dengan menggunakan operator genetik tertentu seperti reproduksi, persilangan, dan mutasi [10].

2.5. Metode Campbell Dudek & Smith (CDS)

Metode Campbell Dudek & Smith digunakan untuk melakukan penjadwalan berdasarkan waktu kerja terkecil yang dibutuhkan untuk setiap produksi. Dalam konteks ini, terdapat (n) *job* dan (m) mesin yang terlibat. Metode ini diterapkan pada urutan yang pertama sebagai berikut [12]:

$$t_j^k 1 = t_{j,1} \text{ dan } t_j^k 2 = t_{j,m} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$t_j^k 1 = t_{j,1} + t_{j,2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$t_j^k 1 = t_{j,m} + t_{j,m-1} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$t_j^k 1 = \sum_{i=1}^k t_{j,i} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$t_j^k 2 = \sum_{i=m+1-k}^m t_{j,i} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan: j = *job*; i = mesin; m = jumlah mesin yang bekerja (awal-akhir) $k = 1,2,3,\dots,(m-1)$

2.6. Tahapan Metode Campbell Dudek Smith (CDS)

Proses perhitungan metode Campbell Dudek Smith melibatkan langkah-langkah berikut [13]:

1. Ambil urutan awal $k = 1$. Untuk setiap tugas yang ada, cari harga $t_j^k 1$ dan $t_j^k 2$ terkecil yang merupakan waktu proses mesin pertama dan kedua pada iterasi ke- k .
2. Jika waktu terkecil ditemukan pada mesin pertama (misal $t_j^k 1$), tempatkan tugas tersebut pada urutan awal. Jika waktu terkecil ditemukan pada mesin kedua (misal $t_j^k 2$), tempatkan tugas tersebut di urutan terakhir.
3. Pindahkan tugas-tugas yang sudah ditempatkan ke dalam urutan mereka yang baru. Hitung total waktu $t_{1,1}$, yaitu waktu proses tugas 1 pada mesin 1. Hitung juga total waktu $t_{1,2} = t_{1,1} + t_{1,2}$. Total waktu penyelesaian adalah $\max \{ t_{1,1}, t_{1,2}, \dots \} + t_{1,2}$. Lanjutkan proses ini untuk tugas-tugas berikutnya. Jika masih ada tugas yang belum ditempatkan, ulangi langkah 1 dengan iterasi ke- k yang baru. Jika tidak ada tugas yang tersisa, berarti proses pengurutan telah selesai.

3. Metodologi Penelitian

Berikut adalah beberapa tahapan yang dilakukan dalam mengumpulkan data untuk penelitian [14]:

1. Observasi: Melakukan pengamatan langsung di perusahaan untuk memahami masalah-masalah yang terjadi di lapangan.
2. Identifikasi Masalah: mengidentifikasi masalah dengan mencari penyebab dan mencari solusi yang tepat untuk masalah yang dihadapi.
3. Studi Literatur: Melakukan studi literatur untuk mendapatkan teori-teori yang mendukung penelitian dan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang pemecahan masalah yang relevan.
4. Pengumpulan data: mengumpulkan data yang diperlukan, seperti data mesin yang digunakan, data pekerjaan yang dilakukan, dan data waktu proses untuk setiap pekerjaan.
5. Pengolahan data: data yang terkumpul diolah untuk membuat jadwal kemudian dianalisis untuk mendapatkan hasil yang relevan dalam penelitian.

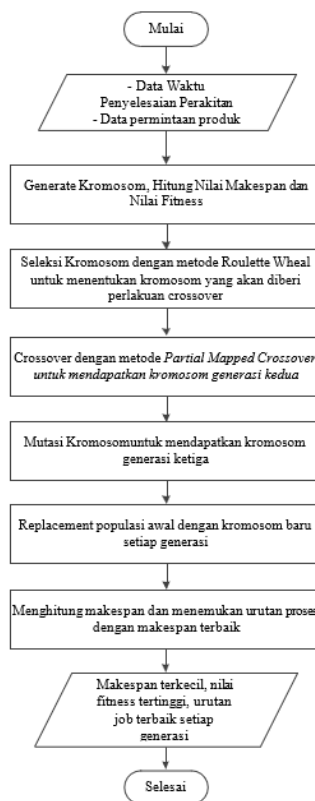
Metode yang digunakan dalam penelitian adalah algoritma genetik. Langkah-langkah algoritma genetik dapat dijelaskan sebagai berikut. [11]:

1. Inisialisasi populasi kromosom *biner* atau *non-biner*.
2. Evaluasi setiap kromosom dalam populasi menggunakan fungsi *fitness*.
3. Memilih kromosom untuk dikawinkan (reproduksi).
4. Menerapkan operator genetik (*crossover* dan mutasi) pada kromosom terpilih.
5. Menempatkan kromosom yang diproduksi dalam populasi sementara.
6. Jika populasi sementara sudah penuh, lanjutkan ke Langkah
7. Jika tidak, lanjutkan ke langkah 3.
8. Ganti populasi saat ini dengan populasi sementara.
9. Jika kriteria terminasi terpenuhi, maka keluarlah dengan kromosom terbaik sebagai solusi dari masalah tersebut. Jika tidak, lanjutkan ke langkah 2.

Dalam penelitian ini, terdapat tiga jenis variabel yang digunakan [15]:

- a. Variabel Bebas, yaitu waktu proses yang diperlukan untuk setiap pekerjaan.
- b. Variabel Terikat, yaitu waktu penyelesaian semua pekerjaan.
- c. Variabel Kontrol, yaitu batas waktu akhir di mana suatu pekerjaan harus selesai dilakukan.

Diagram alir langkah penyelesaian dengan menggunakan algoritma genetik ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Langkah Algoritma Genetik

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Permintaan Produk

Permintaan produk berdasarkan tipe produk ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Permintaan Produk Mobil Mainan

Job	Jenis Produk	Jumlah Unit
A	Mobil Mainan Tipe 1	750
B	Mobil Mainan Tipe 2	750
C	Mobil Mainan Tipe 3	750
D	Mobil Mainan Tipe 4	750
E	Mobil Mainan Tipe 5	3000

4.1.1. Data Urutan Proses Produksi

Proses pembuatan mobil mainan secara berurutan dimulai dari pemasangan badan utama pada mobil mainan, memasang tutup atas pada mobil mainan, memasang badan kiri pada mobil, memasang badan kanan pada mobil mainan, memasang roda pada mobil mainan. Tabel 2 menunjukkan urutan proses produksi.

Tabel 2. Urutan Proses Produksi

Stasiun Kerja	Elemen Kerja
1	Pemasangan badan utama pada mobil mainan
2	Pemasangan tutup atas pada mobil mainan
3	Pemasangan badan kiri pada mobil mainan
4	Pemasangan badan kanan pada mobil mainan
5	Pemasangan roda pada mobil mainan

4.1.2. Data Pengukuran Waktu Proses Tiap Produk

Waktu proses untuk setiap operasi pada mesin diperoleh melalui pengukuran waktu dengan menggunakan metode studi waktu dengan stopwatch. Data waktu siklus diambil dengan melakukan 10 pengukuran.

Tabel 3. Waktu Siklus untuk Mobil Mainan Tipe 1

No. Pengukuran	Waktu Siklus (Menit)				
	SK I	SK II	SK III	SK IV	SK V
1	18,5	18,0	13,5	14,0	12,0
2	18,2	18,5	13,2	13,7	12,5
3	17,8	18,2	13,0	14,0	12,7
4	18,0	18,5	14,2	14,5	12,8
5	17,5	17,8	14,0	13,5	12,0
6	18,0	18,0	13,7	13,5	13,0
7	17,5	17,5	13,2	13,0	12,5
8	17,8	18,0	13,5	13,5	12,8
9	18,5	18,2	14,0	13,7	12,5
10	18,0	17,8	13,5	13,0	12,8

Tabel 4. Waktu Siklus untuk Mobil Mainan Tipe 2

No. Pengukuran	Waktu Siklus (Menit)				
	SK I	SK II	SK III	SK IV	SK V
1	10,7	11,0	10,3	10,4	9,5
2	10,5	11,8	10,2	10,3	9,7
3	10,9	11,2	10,0	10,4	9,8
4	10,8	11,5	10,4	10,5	10,2
5	10,5	11,7	10,5	10,8	10,0
6	11,0	11,0	10,7	10,7	9,6
7	10,7	11,5	10,5	10,0	9,5
8	11,0	11,3	10,0	10,5	9,8
9	10,5	11,5	10,3	10,9	10,3
10	10,8	11,4	10,7	10,5	10,0

Tabel 5. Waktu Siklus untuk Mobil Mainan Tipe 3

No. Pengukuran	Waktu Siklus (Menit)				
	SK I	SK II	SK III	SK IV	SK V
1	8,8	9,7	7,2	7,5	6,5
2	9,5	9,8	7,5	7,4	6,6
3	8,9	10,2	7,0	7,1	6,9
4	9,0	9,5	7,4	7,5	6,8
5	9,2	10,0	7,6	7,8	7,0
6	9,0	9,6	7,7	7,9	6,9
7	8,6	9,8	7,8	7,2	6,5
8	9,1	10,3	8,0	7,6	6,8
9	8,5	9,9	7,3	7,7	6,5
10	8,7	10,0	7,5	8,0	7,1

Tabel 6. Waktu Siklus untuk Mobil Mainan Tipe 4

No. Pengukuran	Waktu Siklus (Menit)				
	SK I	SK II	SK III	SK IV	SK V
1	7,9	7,6	7,9	7,5	7,1
2	7,6	7,8	7,3	7,4	7,4
3	7,8	7,5	7,2	7,3	7,9
4	7,5	7,2	7,8	7,5	7,6
5	7,2	7,9	7,5	7,4	7,5
6	7,0	7,6	7,6	7,6	7,7
7	7,6	7,8	7,7	7,7	7,8
8	7,8	7,5	7,4	7,8	7,5
9	7,3	7,7	7,1	7,7	7,9
10	7,9	7,6	7,4	7,2	7,7

Tabel 7. Waktu Siklus untuk Mobil Mainan Tipe 5

No. Pengukuran	Waktu Siklus (Menit)				
	SK I	SK II	SK III	SK IV	SK V
1	3,7	3,5	3,4	3,8	3,3
2	3,6	3,7	3,7	3,6	3,4
3	3,9	3,6	3,5	3,3	3,6
4	3,5	3,3	3,8	3,5	3,4
5	3,9	3,4	3,7	3,4	3,5
6	4,0	3,6	3,3	3,6	3,7
7	4,2	3,7	3,6	3,9	3,8
8	3,8	3,9	3,4	3,8	3,6
9	3,9	4,0	3,6	3,5	3,9
10	3,8	3,6	3,9	3,2	3,7

4.1.3. Data Waktu Set Up

Waktu *setup* merujuk pada waktu yang diperlukan untuk melakukan persiapan operasi atau pekerjaan. Informasi tentang waktu *setup* untuk setiap stasiun kerja dapat ditemukan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Data Waktu Set Up

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Waktu Set up (Menit)
1	Pemasangan badan utama pada mobil mainan	4,0
2	Pemasangan tutup atas pada mobil mainan	1,0
3	Pemasangan badan kiri pada mobil mainan	2,0
4	Pemasangan badan kanan pada mobil mainan	0,7
5	Pemasangan roda pada mobil mainan	0,8

4.2. Pengolahan Data

4.2.1. Mengukur Waktu Tiap Job

Uji Keseragaman data

Data dianggap seragam jika berada di antara Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB). Hasil dari pengujian keseragaman data untuk Stasiun Kerja I (Pemasangan badan utama pada mobil mainan) pada Produk Mobil Mainan Tipe 1 dapat ditemukan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Pengukuran Waktu Stasiun Kerja 1

No Pengukuran	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Waktu (detik)	18,5	18,2	17,8	18,0	17,5	18,0	17,5	17,8	18,5	18,0

Rekapitulasi Uji Keseragaman Data ditampilkan Pada Tabel 10.

Tabel 10. Uji Keseragaman Pengukuran Waktu Mobil Mainan Tipe 1

No Pengukuran	SK 1	SK 2	SK 3	SK 4	SK 5
1	18,5	18,0	13,5	14,0	12,0
2	18,2	18,5	13,2	13,7	12,5
3	17,8	18,2	13,0	14,0	12,7
4	18,0	18,5	14,2	14,5	12,8
5	17,5	17,8	14,0	13,5	12,0
6	18,0	18,0	13,7	13,5	13,0
7	17,5	17,5	13,2	13,0	12,5
8	17,8	18,0	13,5	13,5	12,8
9	18,5	18,2	14,0	13,7	12,5
10	18,0	17,8	13,5	13,0	12,8
Rata-rata	17,98	18,05	13,58	13,64	12,56
ST.dev	0,35	0,31	0,39	0,46	0,34
BKA	18,67	18,66	14,35	14,54	13,22
BKB	17,29	17,44	12,81	12,74	11,90
Keterangan	Seragam	Seragam	Seragam	Seragam	Seragam

Uji Kecukupan data

Perhitungan uji kecukupan data stasiun kerja 1 untuk produk Mobil Mainan Tipe 1 ditampilkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Pengujian Kecukupan Data Waktu Stasiun Kerja I Produk Mobil

No Pengukuran	X	X ²
1	17,98	3233,92
2	18,2	3258,91
3	17,8	1845,56
4	18,0	1862,38
5	17,5	1578,56
6	18,0	1153,82
7	17,5	1297,97
8	17,8	1073,86
9	18,5	1103,1
10	18,0	968,96
Total	1286,4	17377,04

Karena nilai $N' (0,5) < N (10)$, data dianggap sudah cukup dan tidak perlu dilakukan pengukuran tambahan. Hasil pengujian setiap stasiun kerja setiap jenis produk ditampilkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Rekapitulasi Uji Kecukupan Data

Produk	SK 1	SK 2	SK 3	SK 4	SK 5	Keterangan
Mobil Mainan Tipe 1	0,5305	0,4583	1,5435	2,323	3,7817	Cukup
Mobil Mainan Tipe 2	0,4175	0,7688	0,9068	1,4715	4,6764	Cukup
Mobil Mainan Tipe 3	1,1633	0,8075	2,1309	1,6682	3,9227	Cukup
Mobil Mainan Tipe 4	1,5561	0,8363	2,0407	0,8964	5,6259	Cukup
Mobil Mainan Tipe 5	0,9975	1,1173	1,4931	1,2068	3,9227	Cukup

4.2.2. Perhitungan Waktu Normal dan Waktu Standar

Rumus perhitungan waktu normal dan waktu standar adalah sebagai berikut.

$$\text{Waktu Normal Operator (Wn)} = \text{Waktu Siklus} \times \text{rating factor}$$

Contoh perhitungan waktu baku Stasiun Kerja 1 Produk Pistol Mainan Tipe 1:

$$\text{Waktu Siklus} = 17,98 \text{ menit}$$

$$\text{Rating Factor} = 0,09$$

$$\text{Allowance} = 9,5\%$$

$$\text{Waktu Normal Operator (Wn)} = \text{Waktu Siklus} \times \text{rating factor}$$

$$= 17,98 \text{ menit} \times 0,09 = 19,60 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu Standar Operator} = \text{Wn} \times (1 / (1 - \text{allowance}))$$

$$= 19,60 \text{ menit} \times (1 / (1 - 0,095)) = 21,66 \text{ menit}$$

Tabel 13. Rekapitulasi Perhitungan Waktu Normal dan Waktu Standar

SK	Job	Waktu Siklus	P	Waktu Normal	Allowance	Waktu Standar
I	A	17,98	1,09	19,60	9,5	21,66
	B	18,05		19,68	9,5	21,75
	C	13,58		14,81	9,5	16,37
	D	13,64		14,87	9,5	16,44
	E	12,56		13,70	9,5	15,14
II	A	10,74	1,11	11,93	11	13,41
	B	11,39		12,65	11	14,22
	C	10,36		11,50	11	12,93
	D	10,5		11,66	11	13,11
	E	9,84		10,93	11	12,29
III	A	8,93	1,14	10,19	9	11,20
	B	9,88		11,27	9	12,39
	C	7,5		8,55	9	9,40
	D	7,57		8,63	9	9,49
	E	6,76		7,71	9	8,48
IV	A	7,56	1,11	8,40	10,5	9,39
	B	7,62		8,46	10,5	9,46
	C	7,49		8,32	10,5	9,30
	D	7,51		8,34	10,5	9,32
	E	7,62		8,46	10,5	9,46
V	A	3,83	1,1	4,22	8,5	4,62
	B	3,63		4,00	8,5	4,38
	C	3,59		3,95	8,5	4,32
	D	3,56		3,92	8,5	4,29
	E	3,59		3,95	8,5	4,32

4.2.3. Perhitungan Waktu Penyelesaian

Berikut merupakan rekapitulasi hasil perhitungan waktu penyelesaian seluruh produk di tiap SK.

Tabel 14. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Waktu Penyelesaian

SK	Job	Waktu Standar (Menit)	Jumlah Permintaan (Unit)	Waktu Setup (Menit)	Waktu Penyelesaian (Menit)	Waktu Penyelesaian (Jam)
I	A	21,66	750	4,0	4065,25	67,76
	B	21,75	750	1,0	4082,13	68,04
	C	16,37	750	2,0	3073,38	51,23
	D	16,44	750	0,7	3086,5	51,45
II	E	15,14	3000	0,8	11359	189,32
	A	13,41	750	4,0	10058,5	167,65
	B	14,22	750	1,0	10666	177,77
	C	12,93	750	2,0	9698,5	161,65
	D	13,11	750	0,7	9833,5	163,9
	E	12,29	3000	0,8	9218,5	153,65
III	A	11,2	750	4,0	8402	140,04
	B	12,39	750	1,0	9294,5	154,91
	C	9,4	750	2,0	7052	117,54
	D	9,49	750	0,7	7119,5	118,66
	E	8,48	3000	0,8	6362	106,04
IV	A	9,39	750	4,0	7043,2	117,9
	B	9,46	750	1,0	7095,7	118,27
	C	9,3	750	2,0	6975,7	116,27
	D	9,32	750	0,7	6990,7	116,52
	E	9,46	3000	0,8	7095,7	118,27
V	A	4,62	750	4,0	3465,8	57,77
	B	4,38	750	1,0	3285,8	54,77
	C	4,32	750	2,0	3240,8	54,02
	D	4,29	750	0,7	3218,3	53,64
	E	4,32	3000	0,8	3240,8	54,02

4.2.4. Penjadwalan dengan Algoritma Genetik

a. Pembentukan Kromosom

Tabel 15. Pembentukan Kromosom

Produk	Gen	Stasiun Kerja	Alela	Waktu Penyelesaian (Jam)
Mobil MainanTipe 1	A	SK 1	A1	67,76
		SK 2	A2	68,04
		SK 3	A3	51,23
		SK 4	A4	51,45
		SK 5	A5	189,32
Mobil MainanTipe 2	B	SK 1	B1	167,65
		SK 2	B2	177,77
		SK 3	B3	161,65
		SK 4	B4	163,9
		SK 5	B5	153,65
Mobil MainanTipe 3	C	SK 1	C1	140,04
		SK 2	C2	154,91
		SK 3	C3	117,54
		SK 4	C4	118,66
		SK 5	C5	106,04
Mobil MainanTipe 4	D	SK 1	D1	117,9
		SK 2	D2	118,27
		SK 3	D3	116,27
		SK 4	D4	116,52
		SK 5	D5	118,27
Mobil MainanTipe 5	E	SK 1	E1	57,77
		SK 2	E2	54,77
		SK 3	E3	54,02
		SK 4	E4	53,64
		SK 5	E5	54,02

b. Penentuan Parameter

Parameter yang diterapkan dalam algoritma genetik meliputi ukuran populasi (*popsiz*e), peluang *crossover* (*pc*), dan peluang mutasi (*pm*). Dalam penelitian ini, pemantauan dilakukan terhadap nilai *fitness* individu terbaik pada setiap generasi. Oleh karena itu, parameter yang digunakan dalam penjadwalan ini adalah: *popsiz*e: 80, *pc* = 0.45 dan *pm* = 0,01.

c. Inisialisasi Populasi

Inisialisasi dilakukan secara acak terkoordinir yang artinya kromosom atau individu yang dipilih tidak melebihi waktu yang tersedia. Kromosom yang terpilih dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Kromosom yang Terpilih

Kromosom terpilih	Susunan Kromosom	Kromosom terpilih	Susunan Kromosom
I1	ABCBE	I41	EBCDA
I2	ADECD	I42	BAECD
I3	EABDC	I43	DBECA
I4	ABEDC	I44	CDBEA
I5	CEABD	I45	ACEBD
I6	ECBAD	I46	AECBD
I7	ABDEC	I47	DBCEA
I8	BEACD	I48	DECBA
I9	DCEAB	I49	ACBED
I10	BEFDA	I50	DCBEA
I11	CAEBD	I51	ECADB
I12	EABDC	I52	ADCEB
I13	ADBCE	I53	ACDBE
I14	ADBEC	I54	DBAEC
I15	BDCEA	I55	BACDE
I16	BDAEC	I56	AEBDC
I17	CAEDB	I57	CEDAB
I18	EDACB	I58	DCAEB
I19	DAEBC	I59	EDABC
I20	BADCE	I60	EDCBA
I21	ABCED	I61	CABDE
I22	ABEDC	I62	EADCB
I23	CBADE	I63	BEDAC
I24	ABCDE	I64	CDAEB
I25	CADEB	I65	DEABC
I26	DCABE	I66	CBDAE
I27	BEADC	I67	AECDB
I28	CEADB	I68	ECBDA
I29	BDEAC	I69	BDECA
I30	BEDCA	I70	ACBDE
I31	CDEAB	I71	BDCAE
I32	BADEC	I72	DEBCA
I33	BDACE	I73	DCEBA
I34	CEDAB	I74	CEBAB
I35	EDBAC	I75	DABEC
I36	DBEAC	I76	EBDCA
I37	EBDAC	I77	DBCAE
I38	ECDBA	I78	DEBAC

Kromosom terpilih	Susunan Kromosom	Kromosom terpilih	Susunan Kromosom
I39	EDCAB	I79	BEACD
I40	AEDCB	I80	EADCB

d. Generasi Pertama

1. Seleksi Kromosom

Tabel 17. Nilai *Fitness* Relatif dan *Fitness* Kumulatif Tiap Kromosom Generasi I

KromosomTerpilih	<i>Fitness</i> Relatif	<i>Fitness</i> Kumulatif	Kromosom Terpilih	<i>Fitness</i> Relatif	<i>Fitness</i> Kumulatif
I1	0,012090279	0,012090279	I41	0,012469344	0,513040016
I2	0,01281198	0,024902259	I42	0,012090279	0,525130295
I3	0,012469344	0,037371603	I43	0,012469344	0,53759964
I4	0,013005752	0,050377356	I44	0,012469344	0,550068984
I5	0,01238959	0,062766946	I45	0,012090279	0,562159263
I6	0,012469344	0,07523629	I46	0,012090279	0,574249543
I7	0,013005752	0,088242043	I47	0,012469344	0,586718887
I8	0,012090279	0,100332322	I48	0,012469344	0,599188231
I9	0,013005752	0,113338074	I49	0,012090279	0,611278511
I10	0,012090279	0,125428354	I50	0,012469344	0,623747855
I11	0,012090279	0,137518633	I51	0,013005752	0,636753608
I12	0,012469344	0,149987977	I52	0,013005752	0,64975936
I13	0,012090279	0,162078257	I53	0,012469344	0,662228704
I14	0,01238959	0,174467846	I54	0,01238959	0,674618294
I15	0,01238959	0,186857436	I55	0,012469344	0,687087639
I16	0,01238959	0,199247026	I56	0,01238959	0,699477229
I17	0,013005752	0,212252779	I57	0,012469344	0,711946573
I18	0,013005752	0,225258531	I58	0,013005752	0,724952326
I19	0,01238959	0,237648121	I59	0,01238959	0,737341916
I20	0,012090279	0,2497384	I60	0,012469344	0,74981126
I21	0,012090279	0,26182868	I61	0,012469344	0,762280604

Tabel 17. Nilai *Fitness* Relatif dan *Fitness* Kumulatif Tiap Kromosom Generasi I

KromosomTerpilih	<i>Fitness</i> Relatif	<i>Fitness</i> Kumulatif	KromosomTerpilih	<i>Fitness</i> Relatif	<i>Fitness</i> Kumulatif
I22	0,01238959	0,274218269	I62	0,013005752	0,775286357
I23	0,012469344	0,286687614	I63	0,01238959	0,787675947
I24	0,012090279	0,298777893	I64	0,013005752	0,800681699
I25	0,012469344	0,311247238	I65	0,01238959	0,813071289
I26	0,012469344	0,323716582	I66	0,01281198	0,825883269
I27	0,012469344	0,336185926	I67	0,013005752	0,838889021
I28	0,013005752	0,349191679	I68	0,01281198	0,851701001
I29	0,01238959	0,361581269	I69	0,012469344	0,864170346

KromosomTerpilih	Fitness Relatif	Fitness Kumulatif	KromosomTerpilih	Fitness Relatif	Fitness Kumulatif
I30	0,012469344	0,374050613	I70	0,012469344	0,87663969
I31	0,013005752	0,387056366	I71	0,012469344	0,889109035
I32	0,01238959	0,399445956	I72	0,01238959	0,913967969
I33	0,012469344	0,4119153	I73	0,01238959	0,913967969
I34	0,013005752	0,424921052	I74	0,012090279	0,926058248
I35	0,01238959	0,437310642	I75	0,01238959	0,938447838
I36	0,01238959	0,449700232	I76	0,01281198	0,951259818
I37	0,01238959	0,462089822	I77	0,012469344	0,963729162
I38	0,012469344	0,474559167	I78	0,012090279	0,975819442
I39	0,013005752	0,487564919	I79	0,012090279	0,987909721
I40	0,013005752	0,500570672	I80	0,012090279	1

2. Crossover

Tabel 18. Bilangan Acak untuk Crossover

No	Bil. Acak	No	Bil. Acak	No	Bil. Acak	No	Bil. Acak
1	0,654599178	21	0,283143983	41	0,698206328	61	0,103595362
2	0,935081262	22	0,005375308	42	0,76353144	62	0,843847607
3	0,2023372	23	0,585753155	43	0,636597538	63	0,500613795
4	0,517629564	24	0,431379624	44	0,383708267	64	0,889756121
5	0,102657238	25	0,235080765	45	0,607927813	65	0,242169796
6	0,725136329	26	0,898827374	46	0,762067373	66	0,318919857
7	0,345385983	27	0,690343791	47	0,268461718	67	0,556422842
8	0,429293773	28	0,378677088	48	0,196609836	68	0,583225144
9	0,712797962	29	0,403835062	49	0,08714057	69	0,353528251
10	0,331161553	30	0,896382739	50	0,921021525	70	0,597634274
11	0,921985566	31	0,83923426	51	0,762469265	71	0,420159508
12	0,622589636	32	0,628918766	52	0,708697997	72	0,641778052
13	0,216863116	33	0,098082762	53	0,458276244	73	0,692314816
14	0,021178495	34	0,276902626	54	0,351821747	74	0,943521403
15	0,682657833	35	0,747062845	55	0,960281962	75	0,871403178
16	0,285739774	36	0,284022724	56	0,373604574	76	0,658034311
17	0,58539499	37	0,90386766	57	0,870500838	77	0,615650508
18	0,00975113	38	0,909973881	58	0,859761926	78	0,650553255
19	0,447086748	39	0,545354316	59	0,825157934	79	0,404803197
20	0,803897202	40	0,582740498	60	0,983710993	80	0,577835883

3. Mutasi

Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam proses mutasi:

- Menghitung jumlah bit yang ada dalam populasi, yaitu dengan mengalikan *popsiz*e dengan jumlah gen, sehingga didapatkan $80 \times 5 = 400$.

- Menghasilkan 400 bilangan acak antara 0 dan 1. Rincian bilangan acak tersebut dapat ditemukan dalam Tabel 19.
- Memilih bilangan acak yang nilainya kurang dari peluang mutasi (pm) = 0,01. Kromosom-kromosom yang memiliki bilangan acak yang lebih kecil dari nilai pm akan mengalami mutasi, sedangkan kromosom-kromosom dengan bilangan acak yang lebih besar dari nilai pm tidak akan mengalami mutasi.

Tabel 19. Bilangan Acak untuk Mutasi

Kromosom ke	Bit				
	1	2	3	4	5
1	0,177176811	0,915925885	0,116478636	0,747209067	0,853077605
2	0,277872891	0,005223123	0,423487667	0,514405931	0,320261532
3	0,346382714	0,099286421	0,808125351	0,828150461	0,677823526
4	0,636046331	0,946043371	0,840538707	0,981983392	0,404213621
5	0,444009178	0,684673209	0,126624948	0,754424942	0,650193167
6	0,751224616	0,446465125	0,765881202	0,558755537	0,008517714
7	0,734988561	0,098706358	0,793695051	0,794358324	0,159525871
8	0,139691225	0,110491682	0,077753532	0,830647694	0,157848536
9	0,307946932	0,747326762	0,298204793	0,813933431	0,425568821
10	0,534619553	0,727066669	0,445664746	0,296604647	0,523222234
11	0,810003975	0,568481501	0,893993183	0,699852844	0,517274211
12	0,8848635	0,36758178	0,041821179	0,709106931	0,75841414
13	0,204143193	0,567041351	0,600561547	0,322488807	0,849845099
14	0,165341338	0,448380257	0,592913902	0,412161891	0,26414263
15	0,224550098	0,659662062	0,562147176	0,884621849	0,747310282
16	0,70304169	0,772272494	0,324825035	0,331645051	0,710365667
17	0,734230149	0,431548582	0,924167204	0,960330473	0,797868882

Informasi mengenai kromosom dan posisi yang mengalami mutasi dapat ditemukan dalam Tabel 20.

Tabel 20. Kromosom dan Posisinya yang Terkena Mutasi

Kromosom	Job ke-	Urutan
I2'	2	ABCDE
I6"	5	ABEDC
I26"	3	BDCEA
I51"	5	DBAEC
I72"	1	ECADB

Dari hasil algoritma setiap generasi dapat dilakukan rekapitulasi hasil untuk memperlihatkan kromosom dengan nilai *fitness* terbaik. Rekapitulasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 21. Rekap Nilai *Fitness* terbaik Hasil Algoritma Setiap Generasi

Generasi	Kromosom	Urutan	Makespan	Nilai <i>Fitness</i>
1	I1'	ABCBE	767,44	0,001303033
2	I5''	BECAD	713,42	0,001401699
2	I7''	BDACE	744,11	0,001343887
3	I2*	BACDE	767,44	0,001303033
3	I6*	CBEDA	748,9	0,001335292
3	I26*	BCDEA	748,9	0,001335292
3	I72*	BCADE	748,9	0,001335292

Dari Tabel 4.21. dapat dilihat bahwa setelah pada tiga generasi nilai *fitness* terbaik dari individu yang diperoleh tidak berubah. Oleh karena itu telah terpenuhi kriteria berhenti karena nilai *makespan* sebesar 748,9 jam merupakan yang terbaik dari tiap generasi dengan nilai *fitness* terbaik 0,001335292 dengan *job* b-c-a-d-e.

4.2.5. Metode Campbell Dudek Smith (CDS)

Data yang akan diproses menggunakan metode ini terdiri dari 5 pekerjaan yang harus melalui 5 operasi kerja secara berurutan untuk menghasilkan produk (crumb rubber). Perhitungan iterasi k dilakukan dengan mengurangi 1 dari jumlah operasi (m) [16].

Dalam proses penjadwalan, metode Campbell Dudek Smith (CDS) digunakan secara berulang sebanyak 4 kali.

1. P1 dengan P5

Tabel 22. Perbandingan Waktu Proses Iterasi 1

<i>Job</i>	P1	P5
A	67,76	57,77
B	68,04	54,77
C	51,23	54,02
D	51,45	53,64
E	189,32	54,02

Dengan menerapkan aturan Johnson, diperoleh urutan pekerjaan sebagai berikut: c-d-a-b-e.

2. P1+P2 dengan P4+P5

Tabel 23. Perbandingan Waktu Proses Iterasi 2

<i>Job</i>	P1+P2	P4+P5
A	235,41	175,67
B	245,81	173,04
C	212,88	170,29
D	215,35	170,16
E	342,97	172,29

Dengan menerapkan aturan Johnson, diperoleh urutan pekerjaan sebagai berikut: d-c-e-b-a.

3. P1+P2+P3 dengan P3+P4+P5

Tabel 24. Perbandingan Waktu Proses Iterasi 3

Job	P1+P2+P3	P3+P4+P5
A	375,45	315,71
B	400,72	327,95
C	330,42	287,83
D	334,01	288,82
E	449,01	278,33

Dengan menerapkan aturan Johnson, diperoleh urutan pekerjaan sebagai berikut: d-c-e-b-a.

4. P1+P2+P3+P4 dengan P2+P3+P4+P5

Tabel 25. Perbandingan Waktu Proses Iterasi 1

Job	P1+P2+P3+P4	P2+P3+P4+P5
A	433,22	483,36
B	455,49	505,72
C	384,44	449,48
D	387,65	452,72
E	503,03	431,98

Dengan menerapkan aturan Johnson, diperoleh urutan pekerjaan sebagai berikut: d-c-e-b-a.

4.2.6. Perhitungan Makespan Metode CDS

Tabel 26. Rekapitulasi Nilai Makespan CDS

Iterasi	Makespan (Jam)	Urutan Job
1	1173,04	c-d-a-b-e
2	831,9	d-c-e-b-a
3	955,64	d-c-e-b-a
4	1109,62	d-c-e-b-a

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode CDS, diperoleh urutan pekerjaan dan nilai *makespan* yang lebih baik yaitu: Iterasi ke 2: Job d-c-e-b-a nilai *makespan* 831,90 jam.

4.2.7. Perhitungan Parameter Performansi

$$EI = \frac{\text{Makespan Proposed Algorithm}}{\text{Makespan Other Algorithm}} = \frac{748,9}{831,9} = 0,9002$$

EI = 0,9002 (EI < 1), maka disimpulkan bahwa penjadwalan dengan algoritma Genetik lebih baik daripada algoritma CDS.

$$\begin{aligned} RE &= \frac{(\text{Makespan Other Algorithm} - \text{Makespan Proposed Algorithm})}{\text{Makespan Proposed Algorithm}} \times 100\% \\ &= \frac{831,9 - 748,9}{831,9} \times 100\% \\ &= 8,3\% \end{aligned}$$

5. Kesimpulan

Hasil penjadwalan dengan menggunakan algoritma Genetik dengan urutan *job*: B-C-A-D-E memiliki nilai makespan sebesar 748,9 jam. Sedangkan hasil penjadwalan dengan algoritma CDS adalah *Job* D-C-E-B-A memiliki nilai *makespan* sebesar 831,9 jam untuk mendapatkan penjadwalan yang optimal. Hasil perhitungan performansi parameter adalah $EI < 1$, yang berarti bahwa penjadwalan dengan algoritma Genetik lebih baik dibandingkan dengan algoritma CDS dengan nilai $RE = 8,3 \%$. Maka usulan penjadwalan terbaik di perusahaan ini yaitu dengan menggunakan Algoritma Genetika (GA).

Referensi

- [1] A. Kadim, *Penerapan Manajemen Produksi dan Operasi Di Industri Manufaktur*. 2017.
- [2] Muhammad Nusran and Dirgahayu Lantara, "Perspektif Psikologi Tenaga Kerja," *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 3, no. 2, p. 196, 2019.
- [3] P. T. A. Triguna, M. N. Sidiq, and A. Sutoni, "Perencanaan dan Penentuan Jadwal Induk," *J. Media Tek. Sist. Ind.*, vol. 1, pp. 11–25, 2017.
- [4] Anita, "Perbaikan Penjadwalan Dengan Algoritma Campbell Dudek Smith (Cds) Guna Mendapatkan Nilai Makespan Terkecil," *J. Ilm. Tek.*, vol. 1, no. 2, pp. 165–174, 2022, doi: 10.56127/juit.v1i2.221.
- [5] C. E. Widodo, "Optimasi Penjadwalan Mesin Produksi dengan Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith (CDS) pada Perusahaan Manufaktur," *Tugas Akhir Univ. Negeri Yogyakarta*, p. 95, 2014, [Online]. Available: <http://eprints.uny.ac.id/12779/1/>.
- [6] R. Ginting, *Penjadwalan Mesin*. Medan, 2023.
- [7] H. A. Hatim and F. Ahmad, "Pendekatan Algoritma Genetika Dalam Upaya Optimalisasi Penjadwalan Di Pt. Nuansa Indah," *JISI J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 9, no. 2, p. 145, 2022, doi: 10.24853/jisi.9.2.145-154.
- [8] N. Masruroh, "Analisa Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Metode Campbell Dudeck Smith, Palmer dan Dannenbring di PT. Loka Refraktor Surabaya," *E-Journal UPN "Veteran" Jatim*, pp. 274–282, 2006.
- [9] K. Kulsum, E. Febianti, and F. Apriani, "Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Jadwal Aktif Di Pt. Xyz," *J. Ind. Serv.*, vol. 5, no. 2, pp. 199–206, 2020, doi: 10.36055/jiss.v5i2.8000.
- [10] J. T. Santoso and B. Hartono, "DSS (Decision Support Systems) Sistem Pendukung Keputusan," p. 466, 2022, [Online]. Available: <https://penerbit.stekom.ac.id/index.php/yayasanpat/article/view/364>.
- [11] Inayati, "Analisa Perbandingan Metode Roulette Wheel Selection, Rank Selection dan Tournament Selection Pada Algoritma Genetika (Studi Kasus : Travelling Salesman Problem)," p. 133, 2010.
- [12] S. N. S. Sidabutar, M. Amin, and A. Putri, "Penjadwalan Operasi Mesin Produksi Dengan Metode CDS (Campbell Dudek Smith) Di PT Tjokro Bersaudara Balikpapanindo," *Proton*, vol. 11, no. 2, pp. 53–61, 2019.
- [13] C. Mashuri, A. H. Mujianto, and H. Sucipto, "Analisis Perbandingan Metode Campbell Dudek Smith (CDS) dan GUPTA untuk Optimasi Penjadwalan Produksi," *Gener. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 2580–4952, 2021.
- [14] Ms. Prof. Dr. Suryana, "Metodologi Penelitian : Metodologi Penelitian Model Praktis Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif," *Univ. Pendidik. Indones.*, pp. 1–243, 2012, doi: 10.1007/s13398-014-0173-7.2.
- [15] A. Radianto, "KINERJA KARYAWAN (Studi pada Karyawan PT . PG Krebet Baru Malang)," vol. 53, no. 1, pp. 14–20, 2017.
- [16] S. Sriyanto and H. Mastrisiswadi, "Perancangan Algoritma Penjadwalan Kuliah Yang Mempertimbangkan Dampak Terhadap Lingkungan Dengan Menggunakan Constraint Programming," *J@Ti Undip J. Tek. Ind.*, vol. 10, no. 2, pp. 117–122, 2015, doi: 10.12777/jati.10.2.117-122.