

Penggunaan Algoritma Genetika Untuk Penentuan Durasi Optimum Pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Brawijaya Malang

The Use of Genetic Algorithms to Determine the Optimum Duration of the Construction Project of the Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan, Brawijaya University, Malang

Achmad Yulianto¹ Eko Prasetyo²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universtas Bhayangkara Surabaya, Jl A. Yani 114 Surabaya. Telp (031) 8285602. Email : yulianto@ubhara.ac.id

¹Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universtas Bhayangkara Surabaya, Jl A. Yani 114 Surabaya. Telp (031) 8285602.

Abstrak

Algoritma genetika digunakan untuk menentukan durasi terbaik untuk setiap aktivitas dalam proyek sehingga menghasilkan durasi optimum, yaitu durasi proyek yang menghasilkan total biaya proyek minimum. Penelitian ini bertujuan menentukan durasi optimum proyek dan Total Biaya Proyek minimum pada proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Brawijaya. Data sekunder diperoleh dari PT Citra Mandiri Cipta selaku kontraktor. Populasi awal terbentuk dari 16 kromosom, setiap kromosom mengandung 57 gen, setiap gen berisi data durasi setiap aktivitas yang diperoleh secara acak. Setiap kromosom menyediakan informasi tentang durasi dan total biaya proyek dengan menggunakan perhitungan PDM. Hubungan antara fitness dan total biaya proyek adalah semakin rendah total biaya proyek, semakin besar nilai fitnessnya. Untuk memunculkan nilai fitness yang lebih baik, crossover dan mutasi dilakukan pada setiap siklus (generasi). Setelah dilakukan pengulangan sebanyak 500 generasi, diperoleh durasi optimum sebesar 238 hari dan total biaya proyek sebesar Rp 36.653.132.882,00, sehingga terjadi penghematan biaya sebesar Rp22.397.054 dan percepatan durasi selama 7 hari. Total biaya proyek dan durasi optimum dengan perhitungan Time Cost Trade Off memberikan hasil yang sama.

Kata Kunci: *Genetic Algorithm; Precedence Diagram Method; optimum duration*

Abstract

Genetic algorithms are used to determine the best duration for each activity in the project so as to produce the optimum duration, namely the project duration that produces the minimum total project cost. This study determine the optimum project duration and the minimum Total Project Cost in the Faculty of Health Sciences Building Construction project, Brawijaya University. Secondary data were obtained from PT Citra Mandiri Cipta as the contractor. The initial population is formed from 16 chromosomes, each chromosome contains 57 genes, each gene contains data on the duration of each activity obtained randomly. Each chromosome provides information about the duration and total cost of the project using the PDM calculation. The relationship between fitness and total project cost is that the lower the total project cost, the greater the fitness value. To produce a better fitness value, crossover and mutation are carried out in each cycle (generation). After 500 generations of repetition, the optimum duration was obtained at 238 days and the total project cost was Rp 36,653,132,882.00, resulting in cost savings of Rp22,397,054 and a duration acceleration of 7 days. The total project cost and optimum duration with the Time Cost Trade Off calculation gave the same results.

Keywords: *Genetic Algorithm; Precedence Diagram Method; optimum duration*

PENDAHULUAN

Algoritma genetika merupakan salah satu metode dalam menentukan optimasi yang banyak digunakan dalam beberapa disiplin ilmu.

Proyek adalah aktivitas yang bersifat sementara yang bertujuan untuk mendapatkan produk dengan kriteria spesifik yang berlangsung dalam rentang waktu khusus dengan alokasi sumber daya yang terbatas, dimana total biaya yang diperlukan dalam penyelesaian suatu proyek terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Precedence Diagramming Method (PDM) merupakan jaringan kerja yang baik digunakan pada proyek yang memiliki banyak kegiatan tumpang tindih.

Algoritma genetika digunakan untuk menentukan durasi kegiatan proyek terbaik sehingga menghasilkan total durasi proyek yang optimum yaitu durasi yang menghasilkan total biaya minimum. Pada penelitian ini, untuk menjalankan proses algoritma genetika, penulis menggunakan pemrograman python dengan editor Visual Studio Code versi 1.91.1.

Tujuan penelitian ini untuk menentukan durasi proyek optimum pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan, total biaya proyek, serta selisih biaya sebelum dan sesudah optimasi.

Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah metode pemecahan masalah matematis kompleks yang menggunakan seleksi alam dan teori evolusi (Mayyani, Nurbaiti, Supriyo, Aman, Silalahi, 2023). Algoritma genetika sering diaplikasikan dalam optimasi pemecahan masalah seperti sistem pengambilan keputusan, penentuan jarak terdekat, juga dipakai untuk metode penjadwalan yang kompleks. Algoritma Genetika lebih unggul dalam kesederhanaan dan kemampuan penyelesaian masalah yang rumit. (Andriyadi, Halimah, Yuliawati, Saleh, 2022).

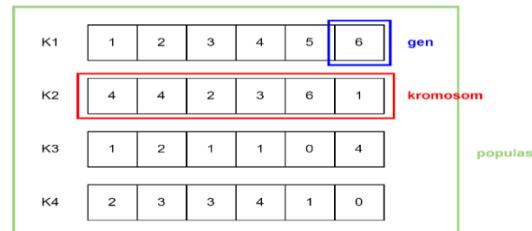
Kromosom

Kromosom dibentuk oleh beberapa gen dan sejumlah kromosom dibuat untuk membentuk populasi (Mayyani, Nurbaiti, Supriyo, Aman, Silalahi, 2023). Jumlah gen pada setiap kromosom harus sama dan setiap kromosom memberikan satu alternatif solusi permasalahan, lihat Gambar 1 dan Tabel 1. Tingkat kualitas suatu kromosom untuk memberikan solusi direpresentasikan oleh fitness (Abdy, Wahyuni, Ilmi, 2016). Kromosom yang lebih berkualitas akan memiliki kans untuk tetap bertahan

hidup (survive) serta melakukan reproduksi keturunan (crossover) (Bakhtiar, 2020).

Populasi Awal

Populasi awal yang terbentuk dari sejumlah kromosom ini dimunculkan secara random untuk



Gambar 1. Ilustrasi Populasi, Kromosom, dan Gen (Mayyani, Nurbaiti,

Tabel 1. Penjelasan Istilah dalam Algoritma Genetika (Christian, Sujaini, Negara, 2017).

Istilah	Keterangan
Populasi	sekumpulan individu yang akan diproses bersama dalam siklus evolusi.
Kromosom	gabungan gen-gen yang membentuk nilai terentu. Kumpulan dari beberapa gen.
Gen	sebuah nilai yang menyatakan satuan dasar yang membentuk suatu arti tertentu dalam satu kesatuan yang dinamakan kromosom.
Fitness	menyatakan seberapa baik nilai dari suatu individu atau solusi yang didapatkan tertinggi adalah solusi terbaik
Generasi	merupakan satu siklus proses evolusi atau satu iterasi di dalam algoritma genetika.

memberikan kemungkinan solusi terbaik (Widyastuti, Hamzah, 2018). Representasi Populasi awal dilustrasikan pada Tabel 2. Jumlah kromosom ini harus tetap konstan dan selanjutnya akan selalu dipakai dalam proses komputasi dan disebut ukuran populasi. Untuk dapat menentukan kromosom terbaik yang merupakan solusi suatu masalah maka

diperlukan proses evaluasi. Proses evaluasi ini diperlukan agar dapat menentukan nilai fitness yang dimiliki oleh setiap kromosom.

Tabel 2. Representasi Populasi awal

(Pangestu, Suryawan, Latipah, 2023)

Kro	G1	G2	G3	G4	G5
	t,w	t,w	t,w	t,w	t,w
K1	t1,w3	t1,w3	t1,w3	t1,w3	t1,w3
K2	t1,w3	t1,w3	t1,w3	t1,w3	t1,w3
K3	t1,w3	t1,w3	t1,w3	t1,w3	t1,w3
K4	t1,w3	t1,w3	t1,w3	t1,w3	t1,w3
K5	t1,w3	t1,w3	t1,w3	t1,w3	t1,w3

Crossover

Setelah proses evaluasi selesai dilakukan maka akan dilanjutkan dengan proses seleksi dan crossover dalam upaya mempertahankan serta meningkatkan nilai fitness kromosom-kromosom. Metode roda roulette (roulette wheel) dipilih karena probabilitas nilai fitnes yang besar memiliki kans yang besar untuk terpilih (Setiawan, Herwindiati, Sutrisno, 2019). Crossover dilakukan oleh dua kromosom dan akan memunculkan dua kromosom anak (offspring) (Abdy, Wahyuni, Ilmi, 2016). Proses crossover ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2. Ilustrasi One Point crossover
(Suryaputra, Lubis, Sutrisno, 2018)

Mutasi

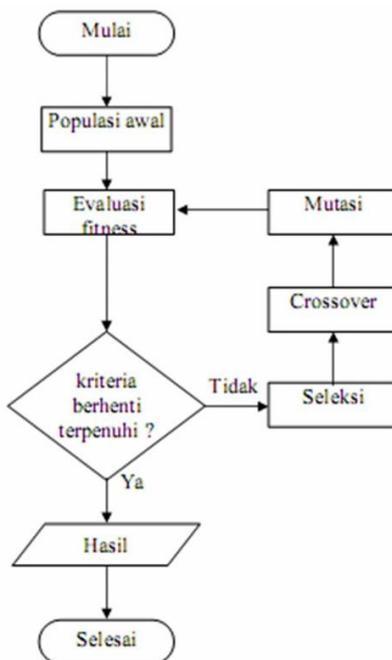
Proses mutasi ini meniru kehidupan alamiah yaitu kemungkinan terjadinya mutasi genetis. Mutasi merupakan proses mengubah nilai dari satu atau beberapa gen dalam kromosom (Hasan, Hermanto, Muttaqin, 2018). Tabel 3 mengilustrasikan proses mutasi. Gen yang mengalami mutasi terpilih secara acak.

Tabel 3. Ilustrasi Mutasi (Nazarius, Pratama, Soebagijo, Priskila, Pranatawijaya, 2024)

Sebelum Mutasi	Sesudah Mutasi
1, 20, 2, 4, 3	2, 20, 2, 4, 3

Pengulangan Proses

Algoritma Genetika akan melakukan berulang kali proses evaluasi, seleksi, reproduksi, serta mutasi sampai mendapatkan kromosom dengan fitness terbaik seperti pada gambar 3.

Gambar 3. Proses Algoritma Genetika
(Shita, Subandi, 2017)

Precedence Diagramming Method

Precedence Diagramming Method (PDM) merupakan jaringan kerja yang baik untuk proyek yang terdapat pekerjaan tumpang tindih (overlapping). PDM memiliki banyak macam konstrain, yang mengambarkan model hubungan antar kegiatan (Marbun, Gawei, Puspasari, 2023).

Slope Biaya

Cost slope (slope biaya) merupakan perbandingan antara selisih biaya dan beda durasi dirumuskan dengan persamaan [1] (Nuciferani, Aulady, Wibowo, 2019)

$$\text{slope biaya} = \frac{\text{Biaya dipersingkat} - \text{Biaya Normal}}{\text{Waktu normal} - \text{Waktu dipersingkat}} \dots [1]$$

Proyek merupakan kumpulan kegiatan yang saling berhubungan yang memiliki titik awal dan titik akhir serta target khusus oleh karena itu proyek biasanya membutuhkan aneka keahlian dari berbagai profesi dan organisasi. Proyek adalah usaha yang kompleks, tidak rutin, yang dibatasi oleh waktu, anggaran, sumber daya, dan spesifikasi kinerja yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. (Sunatha, Lestari, Soneta, 2021).

Precedence Diagramming Method (PDM)

PDM memiliki konstrain seperti SS, SF, FS dan FF sehingga mampu mengilustrasikan kegiatan tumpang tindih menjadi lebih sederhana (Khaidir, Ayu, Andriani, 2022). Dalam menentukan durasi proyek secara keseluruhan dilakukan dengan cara perhitungan maju dan Mundur (Rahayu, Nurwan, Wungguli, 2022)

Hitungan Maju

Persamaan [2] dan [3] digunakan dalam hitungan maju dalam menentukan durasi proyek (Safitri, Basriati, Hanum, 2019).

$$EF(j) = ES(j) + D(j) \quad \dots \dots \dots [3]$$

Hitungan Mundur

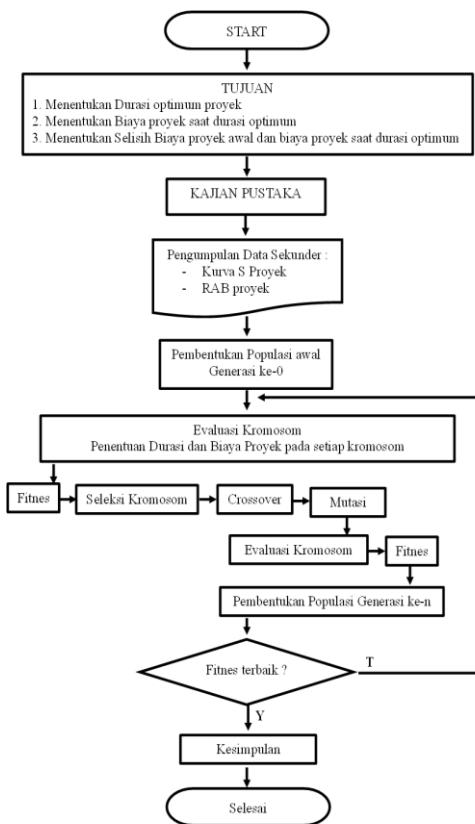
Persamaan [4] dan [5] digunakan dalam hitungan mundur dalam menentukan durasi proyek (Safitri, Basriati, Hanum, 2019)

$$LF(i) = \begin{bmatrix} LF(j) - FF(i-j) \\ LS(j) - FS(i-j) \\ LF(j) - SF(i-j) + D(i) \\ LS(j) - SS(i-j) + D(j) \end{bmatrix}$$

Pilih angka terkecil dari [4]

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis data kuantitatif. Data sekunder pada penelitian ini diperoleh dari kontraktor pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Brawijaya. Gambar 4. mengilustrasikan diagram alir dari penelitian ini.



Gambar 4. Diagram Alir Tahapan Penelitian

Data Sekunder

Kurva-S dan RAB yang merupakan data sekunder diperoleh dari PT. Citra Mandiri Cipta sebagai kontraktor utama pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan adalah Universitas Brawijaya.

Pembentukan Populasi Awal

Populasi awal terbentuk dari 16 kromosom, masing-masing kromosom berisi 57 gen, dalam hal ini isi gen adalah nilai integer yang merepresentasikan durasi dari masing-masing kegiatan. Dan Kromosom pertama (nomor 1 dari 16 kromosom) pada generasi ke-0 dimunculkan untuk merepresentasikan durasi setiap kegiatan yang ada

pada proyek, sedangkan kromosom no 2 sampai nomor 16, durasinya diisi secara random dengan tetap memperhatikan batas minimum dan maksimum durasi dari setiap kegiatan.

Evaluasi Kromosom

Pada proses evaluasi kromosom terdapat dua perhitungan, yaitu perhitungan durasi proyek dan total biaya proyek. Gambar 5 mengilustrasikan jaringan kerja/network PDM untuk kromosom nomor satu pada generasi ke-0 dan total durasi proyek dihitung dengan menggunakan persamaan [2], [3], [4], dan [5]. Dan total biaya proyek merupakan jumlah dari biaya langsung dan biaya tidak langsung seperti pada persamaan [6].

$$\text{Total Biaya} = A + B$$

$$A = \sum_{i=1}^n (cn_i + (dn_i - dur_i) \times cs_i) \quad \left. \right\} \dots \dots \dots [6]$$

$$B = oh \times \sum_{i=1}^n dur_i$$

cn = biaya normal (awal)

dn = durasi normal (awal)

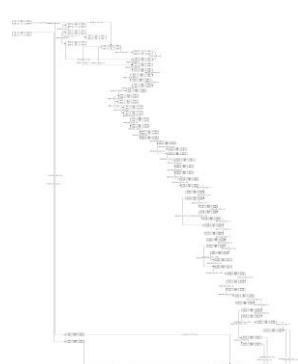
cs = slope biaya mengikuti persamaan [1]

dur = durasi item kegiatan proyek

oh = biaya overhead per hari Rp 3.729.762

i = nomor kegiatan item pekerjaan

n = jumlah gen dalam satu kromosom



Gambar 5. Diagram network PDM untuk kromosom nomor satu pada generasi ke-0

Fitness

Hasil dari proses evaluasi kromosom (total biaya) digunakan untuk perhitungan fitness. Tingkat kualitas suatu kromosom untuk memberikan solusi direpresentasikan oleh nilai fitness. Kromosom yang lebih berkualitas akan memiliki kans untuk tetap

bertahan hidup (survive) serta melakukan reproduksi keturunan, kromosom yang tidak berkualitas akan keluar dari populasi. Pada penelitian ini nilai fitness dirumuskan dengan persamaan [7]. di mana total biaya mengikuti persamaan [6]. Penggunaan perkalian 10^{11} agar nilai fitness tidak terlalu kecil karena total biaya lebih dari 3×10^{10} .

$$\text{fitness} = \frac{10^{11}}{\text{total biaya}} \quad \dots \dots \dots [7]$$

Seleksi Kromosom

Kromosom yang memiliki nilai fitness yang baik dipilih untuk melakukan crossover (penyilangan) yang diharapkan hasil crossover tersebut akan menciptakan solusi baru yang lebih baik. Pada penelitian ini metode Roulette wheel selection dipilih karena probabilitas nilai fitnes yang besar akan memiliki kans lebih besar untuk terpilih (Setiawan, Herwindiati, Sutrisno, 2019). Adapun langkah-lankahnya adalah sebagai berikut :

- Pemunculan bilangan acak random r antara 0 dan 1.
- Jika $r < \frac{fitnes_1}{\sum_{j=1}^{ukuran\ populasi} fitnes_j}$ maka pilih kromosom pertama atau jika $\frac{\sum_{j=1}^{i-1} fitnes_j}{\sum_{j=1}^{ukuran\ populasi} fitnes_j} \leq r < \frac{\sum_{j=1}^i fitnes_j}{\sum_{j=1}^{ukuran\ populasi} fitnes_j}$ maka pilih kromosom ke-i
- Ulangi langkah a dan b pada setiap kromosom dalam populasi.

Crossover

Crossover dari dua kromosom diharapkan dapat memunculkan dua kromosom baru yang memberikan solusi yang lebih baik. Dalam penelitian ini, metode One Point crossover dipilih seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 One Point crossover (Suryaputra, Lubis, Sutrisno, 2018)

Mutasi

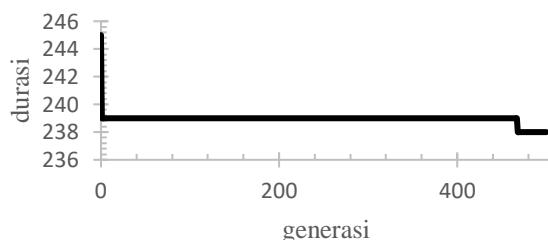
Pada penelitian ini, probabilitas gen yang mengalami mutasi (pm) sebesar 10% (Zukhri, 2014). Gen yang mengalami mutasi dipilih secara acak, lalu mengubah isi gen terpilih dengan membangkitkan

Pembentukan Populasi Baru

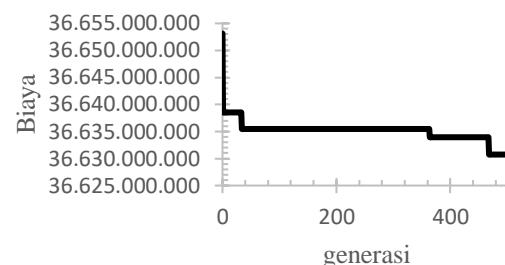
Setelah proses mutasi kromosom baru hasil crossover, maka dilakukan evaluasi kromosom kembali untuk mengetahui nilai fitness dari kromosom hasil crossover. Pembentukan populasi kromosom baru terbentuk dari 16 kromosom yang memiliki fitness terbaik. Jika fitness terbaik dari populasi baru ini belum tercapai, perlu dilakukan pengulangan proses sampai tercapai fitnes terbaik seperti pada Gambar_4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

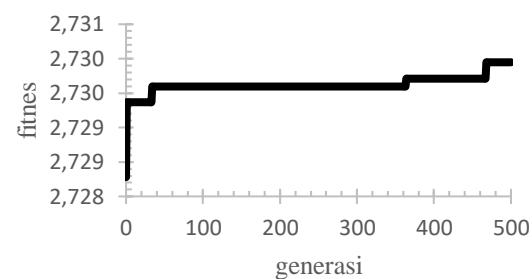
Durasi Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Brawijaya adalah 245 hari dengan memerlukan dana Rp 36.653.132.882,00 yang merupakan jumlah dari biaya langsung (Rp. 35.739.341.217,00) dan biaya tidak langsung (Rp. 913.791.665,00). Terdapat 16 durasi kegiatan yang bisa dipercepat yaitu kegiatan nomor 1, 2, 3, 14, 27, 28, 29, 32, 33, 37, 51, 52, 53, 54, 55, 56. Percepatan durasi kegiatan dengan penambahan jumlah pekerja, sehingga biaya upah kegiatan meningkat, sedangkan biaya bahan material tetap. Akibat penambahan biaya upah tersebut, menimbulkan slope biaya yang mengikuti persamaan [1]. Dari 500 generasi, durasi proyek optimum adalah 238 hari dan total biaya sebesar Rp. 36.630.735.828,089, sehingga penghematan total biaya proyek sebesar Rp. 22.397.053,91. Durasi proyek dan total biaya proyek untuk setiap generasi seperti pada Gambar 7 dan Gambar 8. Sedangkan Gambar 9 melukiskan fitness terbaik untuk tiap generasi. Hasil tersebut sama jika dibandingkan hasil perhitungan metode Time Cost Trade Off seperti pada Gambar 10.



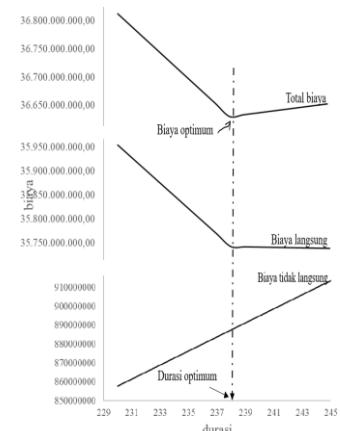
Gambar 7. Hubungan Durasi Proyek dan Generasi



Gambar 8. Hubungan Total Biaya Proyek dan Generasi



Gambar 9. Fitness Terbaik setiap generasi



Gambar 10. Durasi optimum dan Biaya optimum

KESIMPULAN

Hasil analisis menggunakan kombinasi Algoritma Genetika dan PDM memunculkan kesimpulan bahwa durasi optimum selama 238 hari, total biaya proyek sebesar Rp. 36.630.735.828,09 sehingga selisih total biaya proyek setelah optimasi dan sebelum optimasi senilai Rp. 22.397.053,91. Hasil analisis tersebut sama dan tidak berbeda dengan perhitungan metode Time Cost Trade Off.

- REFRENSI
- Abdy, Muhammad. Wahyuni, Sari, Maya. Ilmi, Nur. 2016. "Algoritma Genetika dan Penerapannya dalam Mencari Akar Persamaan Polinomial", *Jurnal Saintifik*, Vol.2 No.1, Januari.
- Andriyadi, Anggi. Halimah, Yuliawati, Dona. Saleh, Sushanty. 2022. "Penerapan Algoritma Genetika Untuk Penjadwalan Sidang Dan Seminar IIB Darmajaya", *Prosiding Seminar Nasional Darmajaya*, vol. 1, Agustus
- Bakhtiar, Yusuf, Muhammad. 2020. "Klasifikasi Penelitian Dosen Menggunakan Naïve Bayes Classifier Dan Algoritma Genetika", *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, Vol. 5 No. 2, Desember.
- Christian, Andreas. Sujaini, Herry. Negara, Putra, Bijaksana, Arif. 2017. "Implementasi Sistem Penjadwalan Akademik Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Menggunakan Metode Algoritma Genetika", *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, Vol. 5, No. 2.
- Hasan, Umar. Hermanto, TI. Muttaqin, MR. 2018. Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Algoritma Genetika Di STT Wastukancana Purwakarta, *Jurnal Teknologi dan Informasi*, Vol. 8 No. 2, September
- Khaidir, I. Ayu, E.S. Andriani, D.P.A. 2022. "Implementasi Metode Precedence Diagram Method (PDM) Dalam Pengendalian Proyek Konstruksi", *Jurnal REKAYASA*, Vol. 12. No. 02, Desember
- Marbun, VV. Gawei, A.B.P. Puspasari, V.P. 2023. "Penjadwalan Proyek Pada Pembangunan Puskesmas Kota Besi", *Jurnal Teknika: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Keteknikan*, Vol.6 No. 2, April.
- Mayyani, H. Nurbaiti, M. Supriyo, P.T. Aman, A. Silalahi, B.P. 2023. "Penerapan Algoritma Genetika Dengan Metode Roulette Wheel Dan Replacement Pada Masalah Memaksimumkan Omzet", *Journal of Mathematics and Its Applications JMA*, Vol. 19 No. 2, Desember
- Naniek Widayastuti, Amir Hamzah. 2007 "Peningkatan Kinerja Fuzzy Clustering Untuk Pengenalan Pola", *Berkala Ilmiah MIPA*, Vol. 17 No. 2 Mei.
- Nazarius, A. Pratama, R.D. Soebagijo, RA. Priskila, R. Pranatawijaya, V.H. 2024. "Pengimplementasian Algoritma Genetika Dalam Sistem Penjadwalan Praktikum", *JATI*
- Nuciferani, F.T. Aulady, M.F.N. Wibowo, P.A. 2019. "Pengurangan Risiko Pinalti Dengan Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi". *Jurnal Qua Teknika*, Vol. 9 No. 2, September
- Pangestu, Aji, Lintang. Suryawan, Harits, Sayekti. Latipah, Johar, Asslia. 2023. "Penerapan Algoritma Genetika Dalam Penjadwalan Mata Pelajaran", *Jurnal Informatika*, Vol. 10 No. 2 Oktober
- Rahayu, S. Nurwan, dan Wungguli, D. 2022. "Analisis Critical Path Method Dan Time Cost Trade Off Dalam Optimasi Waktu Dan Biaya Pengerjaan Proyek Pembangunan Rumah Sakit", *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*, Vol. 19 No. 2, Desember
- Safitri, E. Basriati, S. Hanum, L. 2019. "Optimasi Penjadwalan Proyek menggunakan CPM dan PDM (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Balai Nikah dan Manasik Haji KUA Kecamatan Kateman Kabupaten Indragiri Hilir)", *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, Vol. 5 No. 2, Juli.
- Setiawan, Yaputra, Jessen. Herwindiati, Erny, Dyah. Sutrisno, Tri. 2019. "Algoritma Genetika Dengan Roulette Wheel Selection Dan Arithmetic Crossover Untuk Pengelompokan", *Jurnal Ilmu Komputer Dan Sistem Informasi*, Vol. 7 No. 1, Januari.
- Shita, R.T. Subandi. 2017. "Implementasi Algoritma Genetika Pada Aplikasi Pemetaan Distribusi Barang Berbasis Web", *Jurnal TELEMATIKA MKOM*, Vol. 9 No. 3, November
- Sunatha, I.G.N. Lestari, I.G.A.A.I. Soneta, YA. 2021. "Analisis Optimalisasi Waktu Kegiatan Pada Proyek Pembangunan Gedung C SMPN 14 Denpasar Dengan Microsoft Project 2007". 2021. *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik* Vol. 10, No. 2, November
- Suryaputra, Judah. Lubis, Chairisni. Sutrisno, Tri. 2018. "Pemilihan crossover pada algoritma genetika untuk program aplikasi pengenalan karakter tulisan tangan", *Jurnal Ilmu Komputer Dan Sistem Informasi*, vol. 6 No. 1, Januari
- Zukhri, Zainudin. 2014. "Algoritma Genetika Metode Komputasi Evalusioner Untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi", C.V. ANDI OFFSET, Yogyakarta