

Pendekatan Algoritma Genetika pada Optimalisasi Pekerjaan Bangunan Air

Ricky Indra Sapta¹, Lila Ayu Ratna Winanda¹, Nenny Roostrianawaty¹, Febrian Aditama Santosa²
Institut Teknologi Nasional Malang, Malang 65145, Indonesia¹

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Alat Berat, Bangunan Air, Genetika Algoritma, Optimalisasi Waktu.

*Correspondence email:
[rickycokii21@gmail.com](mailto:rickykokii21@gmail.com)

Submitted: 22-01-2025

Revised: 03-02-2025

Accepted: 09-02-2025

Published: 09-02-2025

ABSTRAK

Bendungan Cijurey di Kabupaten Bogor, Jawa Barat, merupakan proyek strategis nasional yang bertujuan mengatasi permasalahan banjir dan meningkatkan ketersediaan air untuk pertanian dan kebutuhan sehari-hari. Pembangunan bendungan ini memerlukan optimalisasi penggunaan alat berat, khususnya pada pekerjaan galian spillway, guna meningkatkan efisiensi dan menekan biaya operasional, oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menyusun model optimalisasi penggunaan alat berat pada proyek bangunan air. Penelitian ini menggunakan metode Genetic Algorithm (GA) yang diimplementasikan dalam aplikasi MATLAB untuk merancang model optimalisasi penempatan alat berat, termasuk hidrolik excavator, bulldozer, dan dump truck. Data primer dan sekunder dikumpulkan untuk analisis kinerja alat berat yang digunakan, dengan fokus pada kombinasi alat dan kapasitasnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan GA mampu menghasilkan kombinasi alat berat yang paling efisien, dengan waktu operasional yang terukur. Penelitian ini menegaskan pentingnya penggunaan algoritma dalam proyek pembangunan bendungan, sebagai langkah inovatif untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam industri konstruksi.

Keywords:

Genetic Algorithm, Heavy Equipment, Time Optimization, Waterworks.

ABSTRACT

The Cijurey Dam in Bogor Regency, West Java, is a national strategic project aimed at overcoming flooding problems and increasing water availability for agriculture and daily needs. The construction of this dam requires optimization of the use of heavy equipment, especially in spillway excavation work, in order to increase efficiency and reduce operational costs, therefore this study aims to develop a model for optimizing the use of heavy equipment in water construction projects. This study uses the Genetic Algorithm (GA) method implemented in the MATLAB application to design an optimization model for the placement of heavy equipment, including hydraulic excavators, bulldozers, and dump trucks. Primary and secondary data were collected for the analysis of the performance of the heavy equipment used, with a focus on the combination of equipment and its capacity. The results of the study show that the application of GA is able to produce the most efficient combination of heavy equipment, with measurable operational time. This study emphasizes the importance of using algorithms in dam construction projects, as an innovative step to increase productivity and efficiency in the construction industry.

PENDAHULUAN

Bendungan merupakan infrastruktur vital dalam pengelolaan sumber daya air, berfungsi menahan dan menampung air, bahkan limbah tambang atau lumpur, membentuk waduk dengan berbagai fungsi (Peraturan Pemerintah No. 37 Tahun 2010). Pembangunan bendungan merupakan upaya pemerintah meningkatkan kesejahteraan masyarakat melalui penyediaan air. Salah satu proyek strategis nasional yang sedang berjalan adalah pembangunan Bendungan Cijurey di Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Bendungan ini berlokasi di aliran Sungai Cihoe, anak Sungai Cipamingkis (DAS Citarum), dengan koordinat geografis 6°32'59,72" LS - 107°05'02,03" BT. Tujuan utama pembangunan Bendungan Cijurey adalah mengatasi permasalahan banjir dan ketersediaan air di wilayah Bogor, Karawang, dan Bekasi, melalui pengendalian debit sungai dan peningkatan ketersediaan air untuk irigasi, air bersih, serta potensi pembangkit listrik. Keberadaannya juga diharapkan mendorong pertumbuhan ekonomi lokal melalui potensi wisata dan perikanan, berkontribusi pada peningkatan kesejahteraan masyarakat dan pelestarian lingkungan DAS Citarum.

Proyek pembangunan Bendungan Cijurey paket 3, yang terletak di Kabupaten Bogor, menjadi fokus penelitian ini, khususnya pada pekerjaan penggalian *spillway* STA 0+500-0+600 dengan elevasi +320. Lokasi ini dipilih karena menghadapi permasalahan terkait pemilihan dan penggunaan alat berat. Usia alat berat yang tidak

optimal berpotensi mengakibatkan keterlambatan dan pembengkakan biaya. Bendungan Cijurey sendiri memiliki daya tampung 9,76 juta m³ dengan luas 203,9 hektare. Oleh karena itu, optimalisasi penggunaan alat berat menjadi krusial untuk efisiensi proyek. Alat berat merupakan komponen esensial dalam proyek konstruksi skala besar, terutama dalam teknik sipil, untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Dalam penghitungan produktivitas alat berat, dilakukan terhadap peralatan yang digunakan di lapangan untuk melaksanakan kegiatan yang didukung oleh alat bantu, sehingga dapat memudahkan pekerjaan skala besar (NurYani et al, 2023). Analisis kinerja alat berat penting untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meminimalkan waktu operasional yang berimbas pada biaya operasional.

Algoritma genetika adalah salah satu metode heuristik yang menarik perhatian karena kemampuannya meniru proses evolusi biologis untuk memecahkan masalah optimasi yang rumit. Algoritma ini terinspirasi oleh mekanisme seleksi alam, mutasi, dan perkawinan silang, dengan cara mengembangkan populasi solusi secara bertahap. Pendekatan ini terbukti berhasil digunakan di berbagai bidang, seperti teknik dan keuangan, karena mampu mengatasi masalah yang kompleks, termasuk yang bersifat non-linear, multi-modal, dan diskrit.

Penerapan algoritma genetika pada kasus proyek konstruksi telah banyak dilakukan. Salah satunya adalah untuk membantu menganalisis optimalisasi penempatan alat berat berupa tower crane (Santosa et al. n.d. 2024), Optimasi penjadwalan menggunakan metode algoritma genetika pada proyek rehabilitasi puskesmas minaga (Hidayat et al., 2019), penjadwalan proyek konstruksi bangunan (*implementation of mathematical modeling using genetic algorithms in solving bulding construction projet scheduling problems*) (Zahir et al., 2023), Implementasi pada penggunaan alat berat proyek bendungan belum pernah dilakukan pada penelitian-penelitian terdahulu .

MATLAB menyediakan berbagai *toolbox* dan fungsi yang mendukung implementasi berbagai algoritma optimasi, seperti *Linear Programming*, *Genetic Algorithm*, *Particle Swarm Optimization*, dan lain-lain. Algoritma ini dapat digunakan untuk mencari solusi optimal dalam mencari kombinasi alat berat dengan memanfaatkan kemampuan MATLAB. Salah satunya adalah untuk membantu menganalisis optimalisasi penempatan alat berat berupa tower crane (Santosa et al. n.d. 2024), perencanaan green construction pada proyek konstruksi gedung berdasarkan penilaian greenship versi 1.2 (NurYani et al, 2023)

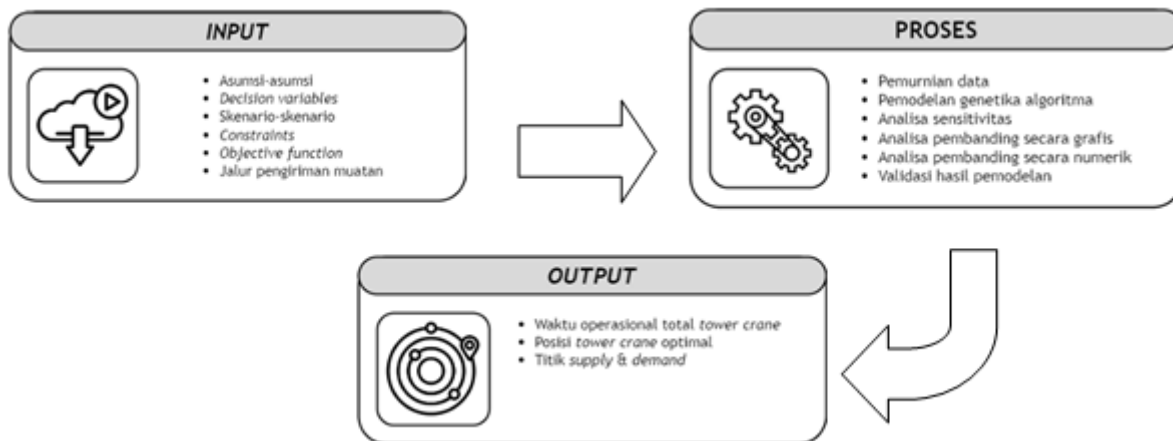
Beberapa penelitian yang sudah dilakukan rata-rata memanfaatkan *toolbox* yang disediakan oleh matlab dimana kurang fleksibel dalam aplikasinya jika dibandingkan dengan pengembangan program secara langsung pada jendela matlab. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk merancang model optimalisasi penggunaan alat berat pada pekerjaan galian *spillway* di Bendungan Cijurey, menggunakan pendekatan analisis *Genetic Algorithm* dengan bantuan program MATLAB. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat memberikan alternatif kombinasi alat berat yang efektif dan efisien sehingga memperkaya pengembangan keilmuan dalam bidang optimalisasi pekerjaan bangunan air.

METODE

Objek Penelitian ini dilakukan pada lokasi proyek Pembangunan Bendungan Cijurey di Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Nantinya bendungan ini digunakan masyarakat sekitar sebagai sumber air bagi lahan pertanian, mengatasi banjir dan kebutuhan air sehari – hari. Penelitian ini membuethkan data-data yang terkait dengan permasalahan penelitian, yaitu berupa data primer dan data sekunder. Data primer meliputi kondisi lapangan dan jam kerja alat yang nantinya di gunakan untuk menganalisa biaya dan waktu sedangkan data sekunder meliputi *Site Plan*, gambar rencana dan catalog alat berat yang di untuk menganalisa jarak tempuh dan kapasitas alat berat serta volume pekerjaan.

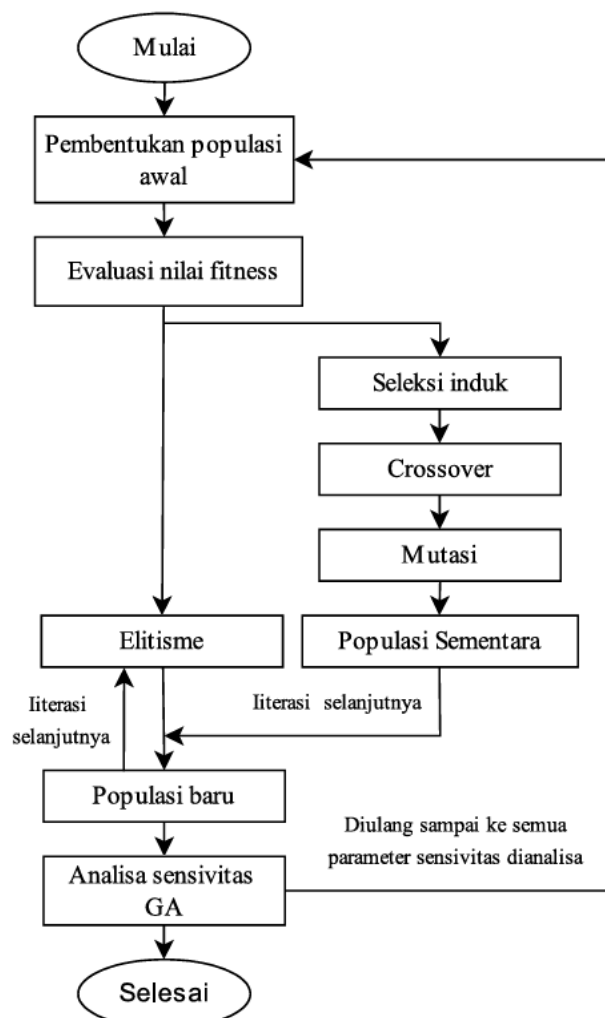
Pada pekerjaan galian alat berat yang dibutuhkan untuk membantu proses pelaksanaannya memiliki berbagai macam tipe. Alat berat yang di gunakan untuk pekerjaan galian *spillway* adalah hidrolik excavator, excavator breaker, bulldozer, vibrator roller dan dump truck. Dalam melakukan perhitungan produktifitas alat berat ini merupakan analisa terhadap peralatan yang digunakan di lapangan untuk melaksanakan suatu kegiatan yang dilaksanakan oleh alat bantu untuk tenaga kerja di lapangan agar dapat mempermudah pekerjaan (Akbar et al., 2021). Untuk membantu mengoptimisasi produktifitas alat berat ini menggunakan metode *Genetic Algorithm* dengan aplikasi MATLAB di mana aplikasi tersebut mampu menganalisis kombinasi yang paling optimum yang layak di gunakan untuk pekerjaan galian *spillway*, tetapi kita juga harus memberikan batan-batasan pada perintah yang akan di jalankan pada aplikasi tersebut agar hasil yang keluar sesuai. . Diagram mekanisme Algoritma Genetika bisa dilihat pada gambar 1 dan Komponen-komponen pemodelan yang digunakan dapat disederhanakan menjadi bagan konsep penelitian pada gambar 2. Pada tahap awal proses input untuk menentukan populasi awal dimulai dari asumsi-asumsi, *secision variabels*, skenario yang akan di gunakan, *constraints*, *objective function*, dan jalur pengiriman muatan. Pada tahap proses hal yang di lakukan meliputi pemurnian data, pemodelan genetika algoritma, analisa sensitivitas, analisa pembanding secara grafis dan numerik, dan validasi hasil pemodelan. Setelah

proses selesai maka hasil yang di dapatkan berupa waktu operasional total alat berat, kombinasi alat berat yang efisien.



Gambar 1 Diagram mekanisme Algoritma Genetika

(Santosa et al., 2024)

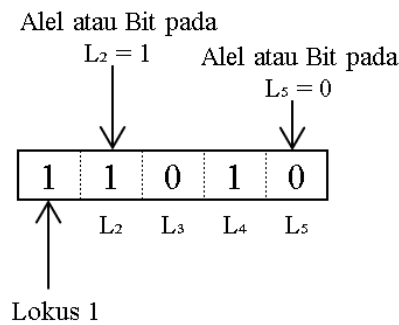


Gambar 2 Bagan Konsep Penelitian

(Santosa et al., 2024)

HASIL

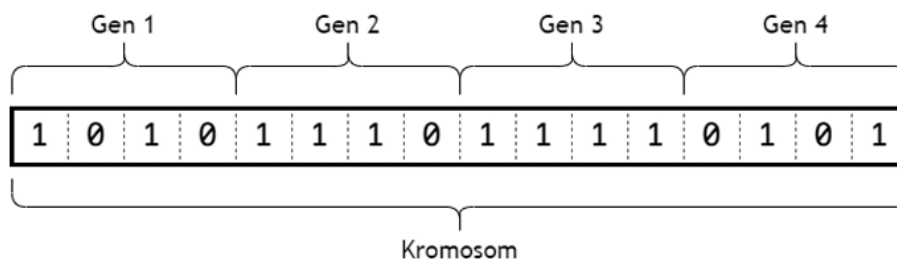
Pada pendekatan analisis genetika algoritma diperlukan penamaan komponen yang di sebut alel, lokus, gen dan kromosom. Alel atau yang juga sering disebut bit adalah nilai karakter pada posisi string tertentu. Sedangkan lokus adalah posisi bit dalam string (S.N.Deepa, 2008). Ilustrasi alel dan lokus dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Alel dan Lokus

(Santosa et al., 2024)

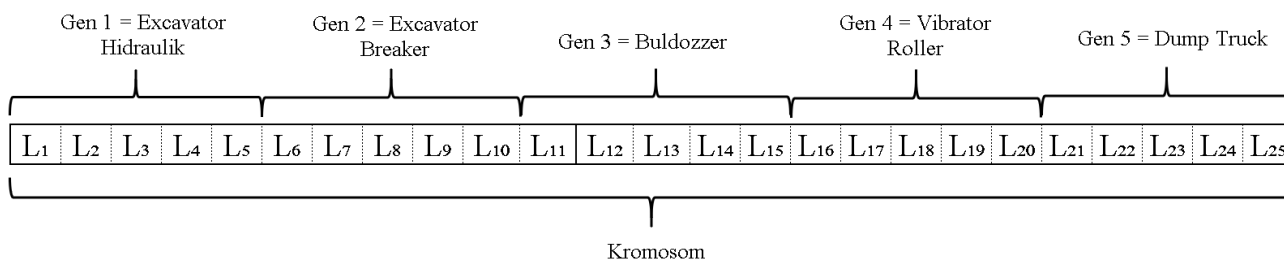
Gen dan kromosom, sehingga dalam hierarki, komponen penyusunan merupakan tingkatan yang paling penting. Gen adalah rangkaian bit dengan panjang acak yang menjadi instruksi dasar untuk membangun Genetik Algoritma. Jumlah gen yang terlalu banyak akan mempengaruhi kecepatan proses dari algoritma genetika secara signifikan ((S.N.Deepa, 2008; Suyanto, 2005)Kromosom adalah rangkaian dari beberapa gen; bisa juga disebut sebagai string. Penggunaan kata kromosom dan string digunakan secara bergantian. (S.N.Deepa, 2008 ;Wirsansky, 2020). Ilustrasi gen dan kromosom dapat dilihat pada gambar 4



Gambar 4 Gen dan Kromosom

(S.N.Deepa, 2008)

Berdasarkan hasil wawancara awal pada studi kasus pekerjaan proyek bendungan cijurey, digunakan 5 jenis peralatan berat galian spillway. Masing-masing dari peralatan berat yang digunakan akan dianalisis dengan 5 jenis kapasitas alat. Ilustrasi gen dan kromosom dapat dilihat pada gambar 5



Gambar 5 Gen dan Kromosom

(S.N.Deepa, 2008)

Untuk pembentukan kromosom jumlah yang didapat adalah 25 diperoleh dari 5 jumlah alat dikali 5 jumlah kapasitas setiap alat dan menurut De Jong (Zukhri, 2014) mengatakan bahwa populasi berkisar antara 50 sampai 500 individu sehingga untuk jumlah populasi awal pada penelitian ini yang digunakan adalah 50.

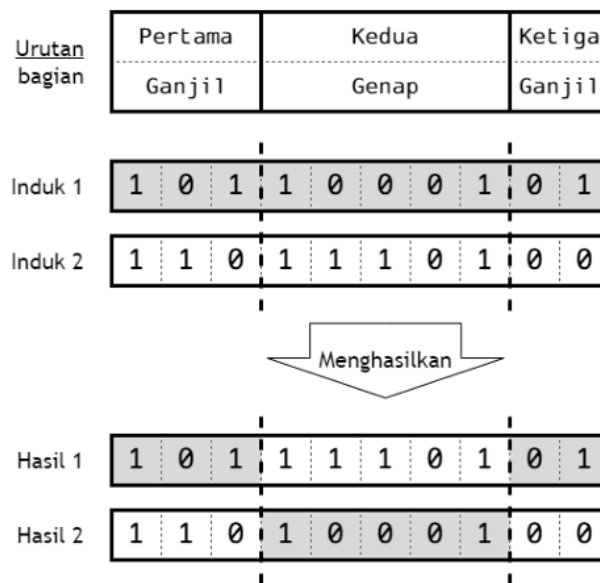
Setelah penetapan jumlah populasi awal, maka langkah selanjutnya adalah penentuan iterasi. Pada setiap iterasi dengan berdasarkan fungsi objektif yang ditetapkan memberikan solusi sub optimal hingga mencapai solusi optimal. Individu yang paling sesuai memiliki kemungkinan lebih besar untuk menjadi induk penyilangan karena dapat mewakili dan mewariskan solusi yang lebih baik (S.N.Deepa, 2008; Suyanto, 2005; Wirsansky, 2020)Penelitian ini menggunakan terminasi generasi 1000 dan jika telah mencapai angka terminasi maka iterasi akan berhenti dan dilanjutkan tahap permodelan berikutnya. Penetapan terminasi generasi didasarkan pada penelitian sebelumnya dimana genetika algoritma sederhana mencapai hasil terbaik ketika menggunakan 1000 generasi (Shopova & Vaklieva-Bancheva, 2006)

Elitisme adalah mempertahankan dan menggandakan satu atau beberapa individu induk dengan nilai fitness terbaik pada setiap generasi ke generasi yang baru agar tidak hilang akibat seleksi induk, penyilangan (crossover) atau mutasi yang terjadi. Elitism dapat meningkatkan performa genetika algoritma (Kenneth A. De Jong, 1975 ; Mitchell, 1996 ; S.N.Deepa, 2008); Wiransky, 2020). (Suyanto, 2005) menggunakan elitisme sebesar 1 individu untuk populasi berukuran ganjil dan elitisme sebesar 2 individu untuk populasi berukuran genap. Jadi dalam penelitian ini penulis menggunakan 1 untuk jumlah elitismenya.

Analisis genetika algoritma menggunakan probabilitas penyilangan 0,7 karena merupakan nilai tengah dari rentang probabilitas penyilangan umum yaitu dari 0,6 sampai 0,8 dengan referensi yang di dapat dari (Kenneth A. De Jong, 2006). Jumlah titik penyilangan yang efektif dapat diketahui dengan membagi dua jumlah bit panjang individu induk (S.N.Deepa, 2008), karena keseluruhan gen berpengaruh pada hasil luaran (output), maka penyilangan tetap menggunakan n point crossover. Ilustrasi penyilangan dengan metode penyilangan seragam dapat dilihat pada gambar 6 dan ilustrasi metode penyilangan yang digunakan pada gambar 7.

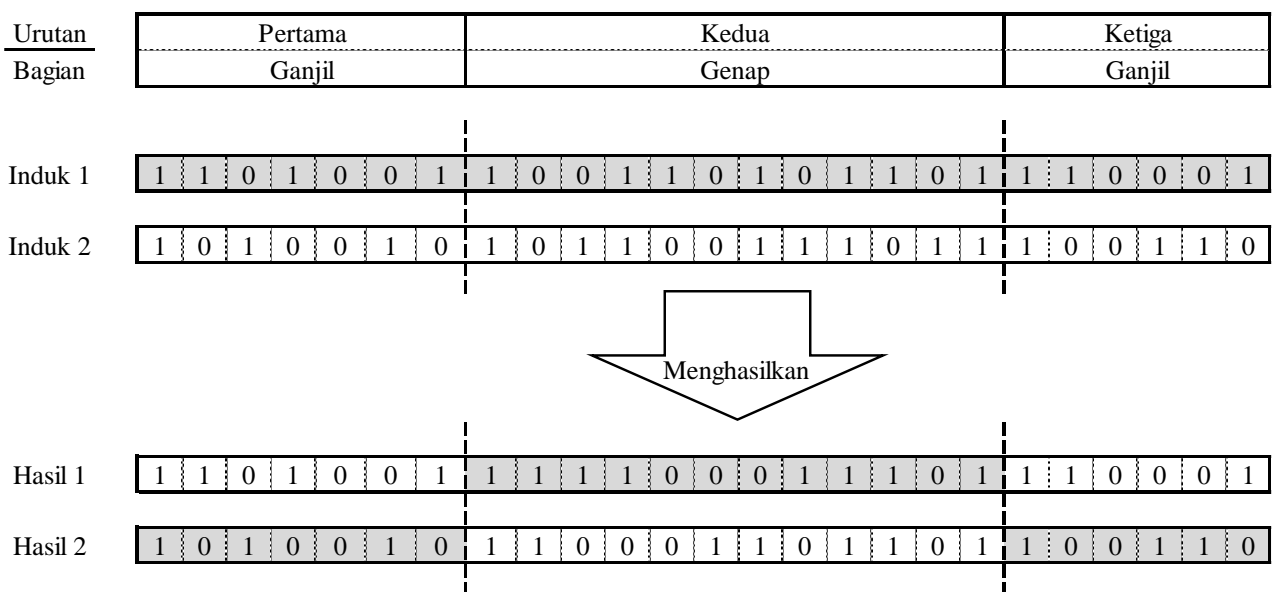
$$N = 2$$

Sehingga kromosom induk dipotong menjadi 3 bagian.



Gambar 6 Penyilangan n-point crossover

(Zukhri, 2014)



Gambar 7 ilustrasi metode penyilangan crossover

(Zukhri, 2014)

Probabilitas mutasi dapat diketahui dengan membagi 1 dengan panjang individu (S.N.Deepa, 2008). Genetika Algoritma utama menggunakan probabilitas mutasi sebesar $1/L$ dan untuk analisa sensitivitas menggunakan probabilitas mutasi sebesar $1/npop$. Sehingga pada penelitian ini, Nmutasi yang di gunakan adalah $1/25 = 0,04$. Input kapasitas alat berat yang di gunakan dalam adalah sebagai berikut ini:

Gen 1

Lokus 1 = Excavator Hidraulik

kapasitas = 1 m^3

Waktu Siklus = 0,20 menit

Lokus 2 = Excavator Hidraulik

kapasitas = $1,2 \text{ m}^3$

Waktu Siklus = 0,20 menit

Lokus 3 = Excavator Hidraulik

kapasitas = $2,2 \text{ m}^3$

Waktu Siklus = 0,24 menit

Lokus 4 = Excavator Hidraulik

kapasitas = $2,4 \text{ m}^3$

Waktu Siklus = 0,24 menit

Lokus 5 = Excavator Hidraulik

kapasitas = $2,8 \text{ m}^3$

Waktu Siklus = 0,24 menit

Gen 2

Lokus 6 = Excavator Breaker

Diameter = 14 cm

Lokus 7 = Excavator Breaker

Diameter = 14 cm

Lokus 8 = Excavator Breaker

Diameter = 15,5 cm

Lokus 9 = Excavator Breaker

Diameter = 15,5 cm

Lokus 10 = Excavator Breaker

Diameter = 16,5 cm

Gen 3

Lokus 11 = Bulldozer

Blade = $2,3 \text{ m}^3$

Kecepatan Dorong = 5,6 km/jam

Kecepatan Dorong = 6,5 km/jam

Lokus 12 = Bulldozer

Blade = $3,69 \text{ m}^3$

Kecepatan Dorong = 6,8 km/jam

Kecepatan Dorong = 8,6 km/jam

Lokus 13 = Bulldozer

Blade = $0,68 \text{ m}^3$

Kecepatan Dorong = 4,1 km/jam

Kecepatan Dorong = 4,5 km/jam

Lokus 14 = Bulldozer

Blade = $1,95 \text{ m}^3$

Kecepatan Dorong = 5,6 km/jam

Kecepatan Dorong = 6,5 km/jam

Lokus 15 = Bulldozer

Blade = $3,455 \text{ m}^3$

Kecepatan Dorong = 5,6 km/jam

Kecepatan Dorong = 6,5 km/jam

Gen 4

Lokus 16 = Vibrator Roller

Lebar Roda = 1,3 m

Lebar Overlap = 5,6 m

Kecepatan Pemasatan = 13 km/jam

Lokus 17 = Vibrator Roller

Lebar Roda = 1,4 m

Lebar Overlap = 6,8 m

Kecepatan Pemasatan = 13 km/jam

Lokus 18 = Vibrator Roller

Lebar Roda = 1,68 m
 Lebar Overlap = 4,1 m
 Kecepatan Pemadatan = 11 km/jam
 Lokus 19 = Vibrator Roller
 Lebar Roda = 1,5 m
 Lebar Overlap = 5,6 m
 Kecepatan Pemadatan = 11 km/jam
 Lokus 20 = Vibrator Roller
 Lebar Roda = 2,13 m
 Lebar Overlap = 5,6 m
 Kecepatan Pemadatan = 13 km/jam
 Gen 5
 Lokus 21 = Dump Truck
 Kapasitas Bak = 6 m³
 kecepatan Bermuatan = 35 km/jam
 Kecepatan Kosong = 50 km/jam
 Lokus 22 = Dump Truck
 Kapasitas Bak = 7 m³
 kecepatan Bermuatan = 35 km/jam
 Kecepatan Kosong = 50 km/jam
 Lokus 23 = Dump Truck
 Kapasitas Bak = 8 m³
 kecepatan Bermuatan = 30 km/jam
 Kecepatan Kosong = 50 km/jam
 Lokus 24 = Dump Truck
 Kapasitas Bak = 10 m³
 kecepatan Bermuatan = 25 km/jam
 Kecepatan Kosong = 40 km/jam
 Lokus 25 = Dump Truck
 Kapasitas Bak = 12 m³
 kecepatan Bermuatan = 25 km/jam
 Kecepatan Kosong = 40 km/jam

Semua jenis alat dan kapasitas alat sebagaimana tercantun pada Lokus 1 - 25 akan menjadi input data pada jendela matlab, untuk kemudian dilakukan tahap pencarian kombinasi yang paling efisien dengan output akhir berupa kombinasi alat dan waktu pelaksanaan.

Berdasarkan seluruh tahapan pendekatan analisis genetika algoritma yang telah didapat bisa dilakukan *Pseudo-code*. Berikut ini adalah hasil dari tahapan Genetika Algoritma untuk urutan pertama adalah input parameter genetika algoritma bisa dilihat pada gambar 8.

```

ALGORITMA : Genetika Algoritma
1 : %Input Parameter GA %
2 : npopulasi = 25;           % Jumlah Populasi
3 : nkromoson = 25;          % Panjang Kromoson (bit)
4 : ngen = 5;                 % Panjang gen
5 : niterasi = 1000;          % Jumlah Iterasi
6 : nelitisme = 1;           % Jumlah elitisme
7 : pcrossover = 0,7;        % Probabilitas penyilangan
8 : ncrossover = 2;          % Jumlah titik penyilangan
9 : pmutasi = i/npopulasi;    % probabilitas mutasi
    
```

Gambar 8 *Pseudo-code* Input Parameter

(Santosa et al., 2024 dan hasil analisis, 2024)

Input parameter alat berat dan kapasitas alat dilakukan setelah input parameter GA yang diawali dengan Excavator Hidraulik dengan input parameter faktor bucket, faktor efisiensi alat, faktor konversi kedalaman galian alat berat excavator dan tebal top soil, kapasitas dan waktu siklus. Excavator Breaker dengan input parameter sama seperti excavator hidraulik tetapi yang membedakan hanya pada diameter palu. Input parameter bulldozer diawali dengan faktor pisa, faktor kemiringan, faktor efisiensi alat, jarak pengupasan, waktu pasti dan tebal top soil, kapasitas pisa dan kecepatan maju mundur. Input kapasitas vibrator roller diawali dengan faktor efisiensi alat, tebal pemadatan, jumlah lintasan, lebar area pemadatan, lebar total roda pemadatan, lebar overlap, kecepatan

pemadatan dan jumlah lintasan yang akah di padatkan. Dump truck diawali dengan input faktor efisiensi alat, berat volume bahan, faktor bucket, kapasitas bak, rata-rata kecepatan bermuatan dan rata- rata kosong.

```

Algoritma 2 : Input Parameter Alat Berat dan Kapasitas
1 : % ALAT 1: EXCAVATOR HIDRAULIK (EXCAH) %
2 : % Input parameter %
3 : Fb_excab = 1.0; % Faktor bucket
4 : Fa_excab = 0.75; % Faktor efisiensi alat
5 : Fv_excab = 1; % Faktor konversi kedalaman galian alat excavator
6 : t_excab = 5; % Tebal top soil (m)
7 : % Data Struct kapasitas, waktu siklus %
8 : excab = struct('kapasitas', []);
9 : % Kapasitas excavator hidroauik (m3) pada elemen pertama struct
10 : % Waktu siklus excavator hidroauik (menit) pada elemen kedua struct
11 :
12 : % ALAT 2: EXCAVATOR BREAKER (EXCAB) %
13 : % Input parameter %
14 : Fb_excab = 1.0; % Faktor bucket
15 : Fa_excab = 0.75; % Faktor efisiensi alat
16 : Fv_excab = 1; % Faktor konversi kedalaman galian alat excavator
17 : Ts_excab = 0.33; % Waktu siklus
18 : % Data Struct %
19 : excab = struct('dia', []);
20 : % Diameter palu (cm) pada elemen pertama struct
21 :
22 : % ALAT 3: BULLDOZER (BDZ) %
23 : % Input parameter %
24 : Fb_bdz = 0.9; % Faktor pisau
25 : Fm_bdz = 1; % Faktor kemiringan
26 : Fa_bdz = 0.75; % Faktor efisiensi alat
27 : L_bdz = 25; % Jarak pengupasan (m)
28 : T3_bdz = 0.10; % Waktu pasti (detik)
29 : t_bdz = 1; % tebal top soil (m)
30 : % Data Struct %
31 : bdz = struct('blade', [], 'dorong', [], 'mundur', []);
32 : % Kapasitas pisau (m3) pada elemen pertama struct
33 : % Kecepatan dorong (km/jam) pada elemen kedua struct
34 : % Kecepatan mundur (km/jam) pada elemen ketiga struct
35 :
36 : % ALAT 4: VIBRATOR ROLLER (VBR) %
37 : % Input parameter %
38 : Fa_vbr = 0.69; % Faktor efisiensi alat
39 : t_vbr = 1; % Tebal pemadatan (m)
40 : n_vbr = 1; % Jumlah lintasan
41 : W_vbr = 3.6; % Lebar area pemadatan
42 : % Data Struct %
43 : vbr = struct('lebar', [], 'over', [], 'kecepatan', []);
44 : % Lebar total roda pemadatan (m) pada elemen pertama struct
45 : % Lebar overlap (m) pada elemen kedua struct
46 : % Kecepatan pemadatan (km/jam) pada elemen ketiga struct
47 : % Jumlah lintasan pada elemen ketiga struct
48 :
49 : % ALAT 5: DUMP TRUCK (TRUK) %
50 : % Input parameter %
51 : Fa_truk = 0.80; % Faktor efisiensi alat
52 : D_truk = 1; % Berat volume bahan (lepas)
53 : Fb_truk = 3; % Faktor bucket
54 : % Data Struct %
55 : truk = struct('kapasitas', []);
56 : % Kapasitas bak (m3) pada elemen pertama struct
57 : % kecepatan rata-rata bermuatan (km/jam) pada elemen kedua struct
58 : % kecepatan rata-rata kosong (km/jam) pada elemen kedua struct
    
```

Gambar 9 *Pseudo-code* tahap Input parameter alat berat dan kapasitas alat berat (Santosa et al., 2024)

Nilai fitness yang juga merupakan objective function didapatkan dari analisa waktu pergerakan tower crane, seperti waktu hoisting, waktu slewing, dan waktu trolleying. Langkah yang digunakan pada pencarian waktu pergerakan sama seperti analisa dan model numerik (Sarker, 2008;(Haupt & Haupt, 2004). *Pseudo-code* Tahap input nilai *fitness* pada gambar 10.

```

ALGORITMA 3 : Evaluasi Nilai Fitness
1 : % EVALUASI NILAI FITNESS %
2 : populasi(npopulasi) = struct('populasi', [], 'produktivitas', []);
3 :     populasi(i).populasi = populasi_awal;
4 :     populasi(i).produktivitas = produktivitas_total;
5 : end
    
```

Gambar 10 *Pseudo-code* fungsi *fitness*

(Santosa et al., 2024)

Satu atau lebih individu dengan nilai fitness terbaik pada setiap generasi harus dipertahankan agar tidak hilang akibat seleksi induk, penyilangan (crossover) atau mutasi yang terjadi. Elitisme dilakukan terlebih dahulu

sebelum seleksi induk dan dilakukan dalam fungsi run_elitisme karena adanya pengulangan pemilihan individu serta memisahkan dari kodingan badan utama. *Pseudo-code* fungsi *Elitisme* pada gambar 11.

```
ALGORITMA 4 : Elitisme
1 : % ELITISME %
2 : membuat struct populasi elitisme
3 : mengurutkan populasi utama berdasarkan fitness vale
4 :     1 to nelits
5 :     memasukan individu terpilih kedalam wadah
6 :     memasukan fitness vale terpilih kedalam scurt
```

Gambar 11 *Pseudo-code* fungsi *Elitisme*

(Santosa et al., 2024)

Individu dalam populasi dipilih untuk menjadi induk penyilangan. Pemilihan dilakukan dengan menggunakan roda roulette dengan tujuan induk yang dipilih akan memperluas area pencarian karena dipilih secara acak, serta individu yang memiliki nilai fitness rendah berpeluang lebih besar untuk dipilih dibandingkan individu dengan nilai fitness tinggi. *Pseudo-code* fungsi seleksi induk pada gambar 12.

```
ALGORITMA 5 : Seleksi Induk
1 : % SELEKSI INDUK %
2 : membuat wadah nilai fitness vale induk
3 : memanggil populasi sebagai sebagai induk
4 : menghitung probabilitas individu
5 : membuat probabilitas kumulatif
6 :     from induk 1 to induk 2
7 :     random number untuk nilai putaran roda roulette
8 :     mencari index induk yang dipilih berdasarkan
9 :     posisi random number pada probabilitas kumulatif
10 :     induk 1 = induk 2
11 :     mengulangi pencarian induk 2
12 : menyimpan induk dalam struct parents
```

Gambar 12 *Pseudo-code* fungsi seleksi induk

(Santosa et al., 2024)

Penyilangan dilakukan untuk mendapatkan individu baru dengan cara yang menyilangkan individu induk sehingga didapatkan individu anak dengan harapan dapat memperbaiki nilai fitness populasi. *Pseudo-code* fungsi crossover pada gambar 13.

```
ALGORITMA 6 : Crossover
1 : % CROSSOVER %
2 : ekstrak 2 induk dari struct parent
3 : membuat titik penyilangan
4 : inisiasi offspring
5 :     for i dari 1 sampai ncross
6 :         If i adalah ganjil
7 :             If i = 1
8 :                 tukar segmen pertama antara offspring1 dan offspring2
9 :             ELSE
10 :                 tukar segmen ke-i antara offspring1 dan offspring2
11 :         If ncross adalah ganjil
12 :             tukar segmen terakhir antara offspring1 dan offspring2
13 : menyimpan offspring dalam struct offspring penyilangan
```

Gambar 13 *Pseudo-code* fungsi crossover

(Santosa et al., 2024)

Mutasi bertujuan untuk menyegarkan populasi dan menjaga keragaman populasi. Pemodelan genetika algoritma yang dibuat menggunakan metode mutasi bit flipping yang membalikkan bit terpilih sesuai dengan individu mutase. Mutasi dapat dilakukan dengan atau tanpa penyilangan, karena menurut (Gen, M., Cheng, 1997) individu baru dapat tercipta oleh mutasi dan penyilangan. *Pseudo-code* Tahap nilai mutasi pada gambar 14.

```
ALGORITMA 7 : Mutasi
1 : % MUTASI %
2 : membuat struct offspring hasil mutasi
3 :     1 to nmutat
4 :     memilih offspring penyilangan secara acak
5 :     membuat topeng mutasi
6 :     melakukan mutasi offspring penyilangan topeng mutasi
7 :     run fitness_value untuk pffspring mutasi
8 : menyimpan offspring dalam struct offspring mutasi
```

Gambar 14 Pseudo-code Tahap nilai mutasi

(Santosa et al., 2024)

Tadap terakhir adalah pembangkitan populasi baru yang di dapatkan dari elitisme dan slot populasi baru. Pseudo-code populasi baru pada gambar 15.

```
ALGORITMA 8 : Populasi baru
1 : % POPULASI BARU%
2 : memasukan individu dalam fitnes vale elitisme dalam populasi baru
3 : memilih individu anak untuk mengisi slot populasi baru
```

Gambar 15 Pseudo-code populasi baru

(Santosa et al., 2024)

Pembahasan

Algoritma genetika di gunakan untuk mengoptimalkan kombinasi alat berat pada pekerjaan galian spillway dengan menggunakan aplikasi MATLAB. Dalam tahapan genetika algoritma agar hasil yang di inginkan sesuai harus memberikan batasan-batasan untuk membantu menemukan nilai yang optimal. Dalam tahap codingan alat berat yang harus di siapkan adalah alel,gen dan kromosom digunakan untuk melihat berapa alat berat yang di gunakan selanjutnya masuk ke tahap codingan di jendela Matlab dan hasil algoritma akan diverifikasi untuk dilakukan pengecekan apakah masih ada kesalahan atau tidak, jika sudah tidak ada kesalahan maka dilanjutkan dengan validasi untuk cek apakah hasil sudah sesuai yang diharapkan.

SIMPULAN

Dari beberapa studi literatur sebelumnya sudah banyak yang mengimplementasikan metode genetika algoritma dan aplikasi matlab dalam pembangunan proyek konstruksi tetapi masih belum ada yang menggunakannya untuk optimalisasi proyek bangunan air. Dalam hasil akhir ini adalah berbentuk kombinasi dan waktu yang paling efisien dalam melakukan pekerjaan proyek galian tanah, perlu di ketahui dalam pekerjaan ini setiap alat hanya di gunakan satu kapasitas saja karena penulis menambahkan batasan berupa luaran hanya satu kapasitas dalam satu alat.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F., Yamali, F. R., & Dwiretnani, A. (2021). Analisa Penggunaan dan Produktivitas Alat Berat pada Kegiatan Peningkatan Ruas Jalan Simpang Pauh – Air Hitam Provinsi Jambi. *Jurnal Talenta Sipil*, 4(2), 114. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v4i2.57>
- Gen, M., Cheng, R. (1997). Genetic Algorithm and Engineering Design. John Wiley & Sons, Inc. In *New York* (Vol. 4, Issues 2722–9203). New York.
- Haupt, R. L., & Haupt, S. E. (2004). Practical genetic algorithms. In *Practical Genetic Algorithms*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. <https://doi.org/10.1002/0471671746>
- Hidayat, I., Revo, S., Inkiriwang, L., & Pratasis, P. A. K. (2019). Optimasi Penjadwalan Menggunakan Metode Algoritma Genetika Pada Proyek Rehabilitasi Puskesmas Minanga. *Jurnal Sipil Statik*, 7(12), 1669–1680.
- Kenneth A. De Jong. (1975). *Analysis of the behavior of a class of genetic adaptive systems* (Vol. 7, Issue 2). Michigan.
- Kenneth A. De Jong. (2006). *Evolutionary Computation: A Unified Approach* (K. A. De Jong (ed.); Vol. 16, Issue 1). Massachusetts Institute of Technology.
- Mitchell, M. (1996). *An Introduction to Genetic Algorithms*. The MIT Press (Vol. 1, Issue 1). The MIT Press, Massachusetts.
- NurYani et al. (2023). *Seminar Nasional Teknik Sipil Pencapaian Green Construction Pada Proyek Kontruksi Gedung Seminar Nasional Teknik Sipil*. 1(1), 78–85.
- S.N.Deepa, S. N. S. . (2008). Introduction to Genetic Algorithms. In *Journal GEEJ* (Vol. 7, Issue 2). Springer Berlin Heidelberg New York.

- Santosa, F. A., Joko, T., Adi, W., & Prihartanto, E. (2024). *Based on Genetic Algorithm : Systematic Literature Review*.
- Sarker, R. A. C. S. N. (2008). *Optimization Modelling A Practical Approach* (Vol. 16, Issue 1). CRC Press.
- Shopova, E. G., & Vaklieva-Bancheva, N. G. (2006). BASIC—A genetic algorithm for engineering problems solution. *Computers & Chemical Engineering*, 30(8), 1293–1309. <https://doi.org/10.1016/J.COMPCHEMENG.2006.03.003>
- Suyanto. (2005). *Algoritma genetika dalam MATLAB*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Wiransky, E. (2020). *Hands-On Genetic Algorithms with Python : Applying genetic algorithms to solve real-world deep learning and artificial intelligence problems*. Packt Publishing.
- Zahir, L. A., Si, S., Pd, M., & Suhudi, K. A. (2023). *Penjadwalan Proyek Konstruksi Bangunan (Implementation Of Mathematical Modeling Using Genetic Algorithms In Solving Building Construction Project Scheduling Problems)*. 03, 62–74.
- Zukhri, Z. (2014). *Algoritma Genetika: Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi* (1st ed). Penerbit Andi.