

# *Optimalisasi Material Pesawat Terbang Tanpa Awak Menggunakan Algoritma Genetika*

Dea Destiani<sup>1</sup>, Esmeralda C Djamal, Agus Komarudin

Fakultas Sains dan Informatika  
Universitas Jenderal Achmad Yani  
Jl. Terusan Sudirman, Cimahi

<sup>1</sup>deadestiani19@gmail.com

**Abstrak**— *Unmanned Aerial Vehicle (UAV) merupakan pesawat terbang tanpa awak. Teknologi UAV berfungsi untuk penampakan tampak atas yang dapat digunakan dibidang reportasi dan bidang militer. Salah satu bagian dari perancangan Pesawat UAV yaitu pemilihan material UAV. Material yang digunakan dalam perancangan UAV seperti baterai lipo, gps, esc, antena tracker, propeller, motor servo. Material tersebut memiliki beberapa jenis. Pemilihan jenis material dasar dilakukan bersifat tetap sesuai kebiasaan perancang, sehingga jika jenis material dasar yang biasa digunakan tidak ada, maka dapat digantikan oleh jenis material yang lain. Oleh karena itu dibutuhkan kombinasi dalam pemilihan material UAV. Algoritma genetika merupakan metode yang digunakan untuk optimalisasi berbagai kombinasi solusi tanpa harus melakukan percobaan satu persatu sesuai persyaratan. Maka pencarian kombinasi jenis material perancangan pesawat terbang dapat menggunakan Algoritma Genetika. Penelitian ini telah membuat sistem optimalisasi material pesawat terbang UAV. Pada sistem ini dilakukan pengujian menggunakan berat maksimal dan daya baterai. Berat yang digunakan yaitu 13 kg sesuai dengan berat maksimal UAV dan banyaknya iterasi yang digunakan sebanyak 100 generasi, menghasilkan berat yang optimum sebesar 12,6395. Tujuan dari penelitian ini yaitu membangun suatu sistem yang dapat merekomendasikan jenis material dalam perancangan UAV berdasarkan berat dan daya.*

**Kata kunci**— *Optimalisasi; Algoritma Genetika ; UAV; Material;*

## I. PENDAHULUAN

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) merupakan kendaraan udara seperti pesawat terbang tetapi tipe UAV tanpa memiliki awak. Teknologi UAV ini sedang mengalami perkembangan yang pesat dan memiliki potensi yang sangat besar dalam bidang reportasi untuk melaporkan penampakan alam dari jarak dan ketinggian. Kelebihan dari UAV adalah dapat digunakan pada visi-misi berbahaya tanpa membahayakan pilot/ manusia.

Pesawat tanpa awak dapat digunakan pada daerah berbahaya yang apabila dilakukan oleh pesawat berawak akan membahayakan keselamatan awak pesawat tersebut. Daerah tersebut merupakan pusat badai, ketinggian yang berbahaya dan daerah lawan perang.

Algoritma Genetika adalah sebuah metode pencarian solusi secara optimal tanpa harus melakukan percobaan satu persatu, karena nilai yang dihasilkan sesuai kriteria yang ditentukan

pada fungsi kecocokan, tanpa dilakukan percobaan satu persatu. Algoritma Genetika dapat diterapkan pada penjadwalan, rute, penempatan ruang, dan kumpulan parameter. Penempatan Node B UMTS900 pada BTS Existing[1]. Konfigurasi ruang udara dinamis[2]. Desain multi-laminasi multi-tujuan dan optimalisasi kotak torsi sayap Komposit Carbon Fiber menggunakan Algoritma Evolusioner [3] Identifikasi Calon Teknik Reverse Menggunakan Mesin Belajar dan Data Kanibalisasi Pesawat Terbang [4] Penyeimbangan Lintasan Produk Jacket [5] Optimasi Penempatan Kapasitor [6]. Kasus Optimasi Distribusi Beras Bersubsidi [7]. Airfoil simetris terhadap koefisien angkat [8] .

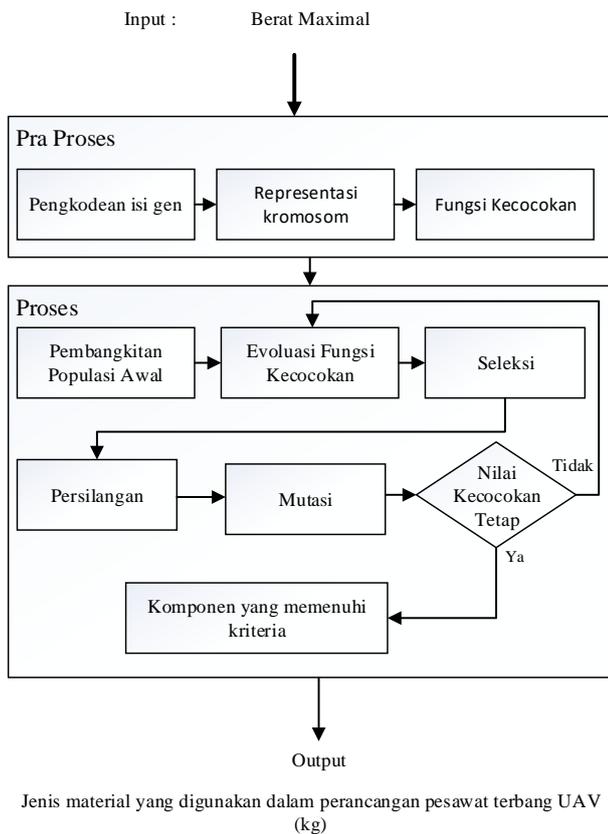
Penelitian lain membahas tentang perakitan pesawat UAV menggunakan CRM(Critical Path Methods) di mana penelitian ini membahas mengenai waktu yang dibutuhkan dalam perakitan UAV dan mengurutkan kegiatan yang mengikuti dari jalur lintasan kritis yang memiliki nilai total float bernilai 0.[10]. Analisis Statik Kekuatan Struktur Fitting Pada Landing Gear Pada Pesawat N-2[11]. Sedangkan penelitian ini akan berfokus pada pemilihan material untuk perancang UAV dengan kombinasi daftar material yang ada

Penelitian ini akan membangun sistem untuk optimalisasi material pesawat terbang UAV menggunakan Algoritma Genetika yang berpengaruh dalam perancangan pesawat UAV, tahapan yang digunakan yaitu input berupa daftar spesifikasi material berupa berat dan panjang pesawat. Tahapan prapsoses yaitu pengkodean isi gen, representasikan kromosom, fungsi kecocokan dan tahapan proses yaitu pembuatan populasi awal, menentukan fungsi kecocokan, seleksi, persilangan, mutasi dan evaluasi. Kemampuan Algoritma Genetika diharapkan dapat memberikan solusi dalam sistem optimalisasi material perancangan pesawat terbang UAV dari daftar jenis material yang tersedia. Hasil penelitian dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan dan meningkatkan efektifitas dalam penentuan material dari daftar material yang tersedia.

## II. METODE

Algoritma Genetika adalah sebuah metode pencarian solusi secara optimal tanpa harus melakukan percobaan satu persatu sesuai kriteria yang ditentukan. Algoritma Genetika memiliki kemampuan dalam menyelesaikan berbagai masalah kompleks dalam menghadapi masalah optimasi kombinasi, dengan cara mendapatkan suatu nilai solusi optimal terhadap suatu permasalahan yang mempunyai banyak kemungkinan solusi.

Perancangan sistem optimalisasi material perancangan pesawat terbang UAV terdiri dari 4 tahapan yaitu. Tahap input, pra proses, siklus algoritma genetika dan output. Input yang digunakan pada sistem ini ialah berupa tipe pesawat terbang dan berat maksimal pesawat, tetapi hanya berada pada range yang ditentukan. selanjutnya tahap pra proses terdiri dari pengkodean isi gen, representasi kromosom dan fungsi kecocokan.



Gambar 1 Sistem optimalisasi material perancangan pesawat terbang UAV

Metode ini berasal dari daftar material yang dibutuhkan dalam perancangan pesawat UAV yang berjumlah 12 material, sehingga menghasilkan struktur kromosom sebanyak  $12^{10}$  didapat dari 12 jenis material dan setiap jenis memiliki 2 – 25 macam sehingga rata-ratanya berjumlah 10 jenis material. Berikut daftar material yang digunakan pada perancangan UAV.

#### A. Bahan

Bahan merupakan komponen utama yang digunakan pada perancangan pesawat. Pada perancangan UAV bahan terbagi menjadi 5 jenis, sehingga diberi kode BN1- BN5 seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

TABEL I DAFTAR MATERIAL BAHAN

Kode	Nama Material	Jenis	Berat
BN1	Bahan	Bahan Utama	1.668

#### B. Baterai\_Lipo

Baterai lippo adalah sumber tenaga bagi pesawat UAV. Pada perancangan UAV baterai lipo terbagi menjadi 25 jenis, sehingga diberi kode BL1- BL25 seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

TABEL II DAFTAR MATERIAL BATERAI LIPO

Kode	Nama Material	Jenis	Berat	Daya
BL1	Baterai_Lipo	Battery Lipo Bonka 3s 2200mah 35c	1.75	22
BL2	Baterai_Lipo	Baterai Bonka 1300mAh 75C 4S1P 14.8V	1.45	13
...				
BL25	Baterai_Lipo	Baterai Turnigy Nano-tech 1300mah 3s 25~50C	0.119	50

#### C. Antena Tracker

Antena Tracker pada perancangan UAV terbagi menjadi 7 jenis, sehingga diberi kode AT1- AT7 seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.

TABEL III. DAFTAR MATERIAL ANTENA TRACKER

Kode	Nama Material	Jenis	Berat
AT1	Antena Tracker	Antena SIM800L GPRS TCP IP Module	0.6
AT2	Antena Tracker	Antenna ORT Cocktail FPV 5.8Ghz 1.7dBi high quality signal fine tuned	0.9
...			
AT7	Antena Tracker	Modul WIFI XBee S1 Zigbee dengan Antena XB24	0.98

#### D. GPS

GPS digunakan untuk melacak posisi UAV dalam keadaan Real-Time. Pada perancangan UAV, GPS terbagi menjadi 10 jenis, sehingga diberi kode GT1 - GT10 seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.

TABEL IV. DAFTAR MATERIAL GPS

Kode	Nama Material	Jenis	Berat
GT1	GPS	DJI GPS Folding Base Antenna GPS Set Fitting Seat Foldable Bracket Holder	1.8
GT2	GPS	Dji Naza-M Lite dengan GPS Compass BEC LED Module	2.1
...			
GT10	GPS	Radiolink SE100 GPS with GPS holder	2.14

#### E. Kayu Triplek

Kayu Triplek pada perancangan UAV terbagi menjadi 6 jenis, sehingga diberi kode KT1-KT6 seperti yang ditampilkan pada Tabel 5.

TABEL V. DAFTAR MATERIAL BAHAN KAYU TRIPLEK

Kode	Nama Material	Jenis	Berat
KT1	Kayu Triplek	triplek soft wood	0.18
KT2	Kayu Triplek	triplek hard wood	0.3
...			
KT6	Kayu Triplek	triplek multiplex	0.74

**F. Kawat Stainless**

Kawat Stainless pada penelitian berjumlah 14, sehingga diberi kode KS1-KS14 seperti yang ditampilkan pada Tabel 6.

TABEL VI. DAFTAR MATERIAL KAWAT STAINLES

Kode	Nama Material	Jenis	Berat
KS1	Kawat Stainless	Kawat stainless martensitic type 410	0.131
KS2	Kawat Stainles	Kawat stainless martensitic type 416	0.121
...			
KS14	Kawat Stainles	Kawat stainless duplex uns s32780	0.21

**G. Motor Servo**

Motor Servo merupakan suatu alat yang menghasilkan energy gerak kinitik ataupun mekanik, Pada perancangan UAV, Motor Servo terbagi menjadi 17 jenis, sehingga diberi kode MS1-MS17 seperti yang ditampilkan pada Tabel 7.

TABEL VII. DAFTAR MATERIAL MOTOR SERVO

Kode	Nama Material	Jenis	Berat
MS1	Motor Servo	Motor SG90 Micro Servo Towerpro Servo SG-90 9g	0.9
MS2	Motor Servo	Servo motor MG995 55g Towerpro Metal Gear rc car robot MG 995	0.55
...			
MS17	Motor Servo	Micro Servo Motor Dc Sg90	0.90

**H. ESC**

ESC digunakan untuk mengatur jumlah daya yang masuk ke motor listrik antenna tracker. Pada perancangan UAV, ESC terbagi menjadi 20 jenis, sehingga diberi kode ES1- ES20 seperti yang ditampilkan pada Tabel 8.

TABEL VIII. DAFTAR MATERIAL ESC

Kode	Nama Material	Jenis	Berat
ES1	ESC	BLHeli BL20A OPTO	0.76
ES2	ESC	ESC Brushless ZTW Beatles 50A dengan 3A SBEC	0.44
...			
ES20	ESC	ESC Hobbywing skywalker 30A	0.37

**I. Ribs**

Ribs pada perancangan UAV terbagi menjadi 2 jenis, sehingga diberi kode RB1- RB2 seperti yang ditampilkan pada Tabel 9.

TABEL IX DAFTAR MATERIAL RIBS

Kode	Nama Material	Jenis	Berat
RB1	Ribs	Fiber karbon (Carbon fiber)	1.2
RB2	Ribs	Styrofoam	1.4

**J. Spar**

Spar digunakan untuk struktur penyokong utama dari sayap. Pada perancangan UAV, Spar terbagi menjadi 21 jenis,

sehingga diberi kode SP1 seperti yang ditampilkan pada Tabel 10.

TABEL X. DAFTAR MATERIAL SPAR

Kode	Nama Material	Jenis	Berat
SP1	Spar	aluminium profit	2

**K. Tire**

Tire digunakan sebagai roda pendaratan. Pada perancangan UAV, Tire terbagi menjadi 2 jenis, sehingga diberi kode TR1- TR2 seperti yang ditampilkan pada Tabel 11.

TABEL XI. DAFTAR MATERIAL TIRE

Kode	Nama Material	Jenis	Berat
TR1	Tire	karet busa padat T1	0.56
TR2	Tire	karet busa padat T2	0.3

**L. Propeller**

Propeller merupakan baling baling yang digunakan untuk daya angkat pada UAV. Pada perancangan UAV, propeller terbagi menjadi 10 jenis, sehingga diberi kode PR1- PR10 seperti yang ditampilkan pada Tabel 12.

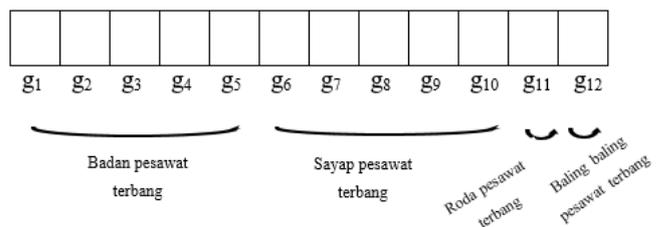
TABEL XII. DAFTAR MATERIAL PROPELLER

Kode	Nama Material	Jenis	Berat
PR1	Propeller	Propeller 3-blade rc parts boat	0.24
PR2	Propeller	Propeller 9047 SF Hitam One Pair	1.17
...			
PR10	Propeller	Propeller Gemfan 11x5 Carbon Nylon Graupner Style 1150 1 pair for RC Multicopter	0.97

**III. HASIL DAN DISKUSI**

**A. Representasi Struktur Kromosom**

Penelitian ini dibentuk berdasarkan berat material pesawat terbang, dan daya baterai yang dibutuhkan. Bagian pesawat terbang terbagi menjadi empat segmen, yaitu badan pesawat, sayap pesawat, roda pendaratan, mesin baling baling pesawat. masing masing bagian pesawat akan diisi oleh 8 gen. Kombinasi solusi terdapat pada daftar yaitu 12<sup>119</sup>. Struktur kromosom ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur kromosom

**B. Membangkitkan populasi awal**

Pembangkitan populasi awal diambil dari beberapa kromosom yang dimasukkan ke dalam satu populasi dalam

setiap generasi. Rangkaian kromosom tersebut berasal dari kode pada material dan bilangan random yang terdapat pada kode material, populasi awal yang dibangkitkan yaitu sebanyak 8 kromosom. Pada penelitian ini dibangkitkan kromosom untuk populasi awal dengan panjang 12 gen pada setiap kromosom seperti yang ditampilkan pada Tabel 13.

TABEL XIII. POPULASI AWAL

K1	BN3	BL13	GT9	MB8	KT1	KS10	PR10
K2	BN1	BL7	GT7	MB1	KT3	KS1	PR7
K3	BN3	BL11	GT3	MB6	KT5	KS11	PR5
K4	BN3	BL10	GT1	MB8	KT1	KS10	PR1
K5	BN2	BL1	GT4	MB2	KT6	KS10	PR4
K6	BN4	BL5	GT7	MB5	KT1	KS10	PR8
K7	BN5	BL9	GT6	MB6	KT2	KS10	PR10
K8	BN3	BL2	GT7	MB1	KT8	KS10	PR9

C. Membangun Fungsi Kecocokan

Kriteria/aturan untuk optimalisasi material pesawat terbang UAV ini, yaitu :

1. Berat UAV berada pada rentang 8-13 kg.
2. Pada setiap segmen pesawat UAV tidak ada material yang diulangi lebih dari satu kali
3. Atribut yg digunakan yaitu berat material dan daya baterai.

Fungsi kecocokan digunakan untuk mengukur kecocokan suatu solusi dengan kriteria yang dicari. Pada Penelitian ini menggunakan fungsi kecocokan

$$F(x) = Berat\ Max - \sum_{i=0}^{n=12} m(i) + a(i) \quad (1)$$

Keterangan

F = menyatakan fungsi kecocokan X

m = menyatakan massa (kg)

a = menyatakan daya baterai(A)

Fungsi m merepresentasikan berat yang didapat dari penjumlahan setiap material

Fungsi a merepresentasikan daya yang didapat dari:

$$W_{kromosom} = \frac{berat \times power \ loading}{berat \times ukuran \ baterai} \quad (2)$$

Dimana,  $W_{kromosom}$  digunakan untuk mencari daya pada kromosom, daya didapat dari berat kromosom UAV (kg) dikali Power Loading(kg/wat) dibagi berat maksimal UAV (kg) dikali ukuran baterai, misal 2S-3S. maka akan menghasilkan daya dengan satuan watt.

$$a = \frac{w}{volt \ baterai} \quad (3)$$

a direpresentasikan sebagai ampere. Didapat dari daya dari  $W_{kromosom}$  dibagi volt baterai.

D. Seleksi

Proses seleksi dilakukan untuk memperoleh hasil kromosom terbaik yang akan dipertahankan untuk dijadikan populasi pada generasi berikutnya. Proses seleksi ini memilih calon parent yang akan dipersilangkan. teknik seleksi yang digunakan adalah Rank Based. Hasil pengurutan seleksi

menggunakan Rank Based, dipilih empat kromosom yang memiliki nilai kecocokan paling tinggi dan digunakan pada operator selanjutnya yaitu persilangan. Proses seleksi ditampilkan pada Tabel 14.

TABEL XIV. SELEKSI

Kromosom	Nilai Kecocokan	Seleksi Fitness
2	0,807	1
6	1,091	2
7	1,824	3
5	2,648	4

E. Persilangan

Persilangan merupakan proses yang digunakan dalam Algoritma Genetika untuk menciptakan generasi baru. Proses genetik yang mewakili proses perkembangbiakan antar individu yang memerlukan dua buah *parent* dan menghasilkan satu atau lebih individu baru/keturunan. Pada penelitian ini menggunakan persilangan *Multi Point Crossover*. Teknik ini memiliki beberapa titik yang dijadikan sebagai blok untuk persilangan. Proses persilangan dapat diperlihatkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Sebelum Disilangkan

BN3	BL13	GT9	MB8	KT1	KS10	ES11	AT6	RB2	SP1	TR2	PR10
BN1	BL7	GT7	MB10	KT3	KS1	ES18	AT4	RB1	SP1	TR1	PR7

Gambar 3. kromosom sebelum dilakukan proses seleksi

Sesudah disilangkan

BN3	BL13	GT7	MB10	KT1	KS10	ES18	AT4	RB2	SP1	TR1	PR7
BN1	BL7	GT9	MB8	KT3	KS1	ES11	AT6	RB1	SP1	TR2	PR10

Gambar 4. kromosom sebelum dilakukan proses seleksi

F. Mutasi

Mutasi merupakan proses untuk mengubah nilai gen dengan tujuan untuk mendapatkan keturunan yang lebih baik dari generasi sebelumnya . Pada penelitian ini mutasi yang digunakan adalah Insertion Mutation, teknik ini gen yang dimutasikan dirubah sesuai dafta gen yang dilakukan secara acak pada segmen tertentu tanpa memperhitungkan gen yang lainnya. Proses mutasi dapat dilihat pada Gambar 5.

BN1	BL7	GT9	MB8	KT3	KS1	ES11	AT6	RB1	SP1	TR2	PR10
ES1	ES2	ES3	ES3	...	ES20						

Gambar 5. Proses mutasi

G. Penghentian Generasi

Penghentian generasi merupakan berhentinya iterasi pada proses algoritma genetika untuk mendapatkan solusi. Pada penelitian ini, selama generasi berlangsung terdapat dua kategori penghentian generasi yaitu

1. Batas maksimum generasi yaitu 100
2. Jika menghasilkan nilai kecocokan yang tetap atau tidak berubah.

#### IV. PENGUJIAN

Pengujian terhadap Sistem Optimalisasi Material Perancangan Pesawat Terbang menghasilkan rekomendasi jenis material beserta beratnya. Proses generasi dinyatakan berhenti ketika telah mencapai batas maksimum generasi dan nilai kecocokan yang bernilai kurang dari lima. Karena batas berat maksimal UAV bernilai 13 hingga 8. Dan fungsi kecocokan berasal dari berat maksimal dikurangi nilai kecocokan. Penghentian generasi dilakukan untuk membatasi proses generasi. Generasi yang dilakukan yaitu 100, 1.000, 5.000 generasi seperti yang ditampilkan pada Tabel 15.

TABEL XV. PENGUJIAN SISTEM

Pengujian	Input berat	Jumlah generasi	Berhenti pada generasi ke	Selisih berat (kg)
1	8	100	17	3.2704
		1000	50	2.3300
		5.000	501	3.6981
2	9	100	18	3.0054
		1000	48	3.8997
		5.000	611	2.5216
3	10	100	23	2.1400
		1000	71	0.8917
		5.000	705	2.2913
4	11	100	16	5.165
		1000	12	1.9783
		5.000	180	2.2963
	12	100	10	2.995
		1000	48	4.382
		5.000	280	1.956
5	13	100	5	4.3990
		1000	10	0.3605
		5.000	601	5.6405



Gambar 6. Grafik nilai kecocokan

Kriteria penghentian yang digunakan pada pengujian ini adalah 100, 1.000 dan 5.000 generasi. Berdasarkan Gambar 6, pengujian kesatu dipilih menjadi solusi yang paling optimal pengujian ke 5 yaitu bernilai 0,3605 menggunakan generasi 1000 dikarenakan nilai kecocokan tersebut memiliki nilai terendah. Nilai kecocokan akan dikurangi nilai berat maksimal pesawat UAV, sehingga menghasilkan berat total 12,6395 yang digunakan pada perancangan UAV sebagai rekomendasi jenis material yang digunakan.

#### V. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan perangkat lunak yang dapat mengoptimalkan material perancangan pesawat terbang UAV menggunakan Algoritma Genetika. Hasil dari penelitian ini adalah memberikan rekomendasi jenis material yang memiliki nilai kecocokan yang optimum, sehingga dapat diimplementasikan untuk menjadi rancangan pesawat UAV.

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan berat maksimal 13 kg. Setiap pengujian menghasilkan nilai kecocokan yang berbeda disebabkan proses pembangkitan populasi awal yang dilakukan secara *random*. Pengujian yang paling optimum yaitu menghasilkan berat 12,6395 kg.

#### REFERENSI

- [1] P. D. Aryanti, S. H. Pramono, and O. Setyawati, "Optimasi Penempatan Node B UMTS900 pada BTS Existing Menggunakan Algoritma Genetika," vol. 7, no. 2, pp. 111–118, 2013.
- [2] M. Sergeeva, D. Delahaye, C. Mancel, and A. Vidosavljevic, "Dynamic airspace configuration by genetic algorithm," *J. Traffic Transp. Eng. (English Ed.)*, vol. 4, no. 3, pp. 300–314, 2017.
- [3] S. Shrivastava, P. M. Mohite, T. Yadav, and A. Malagaudanavar, "Multi-objective multi-laminate design and optimization of a Carbon Fibre Composite wing torsion box using evolutionary algorithm," *Compos. Struct.*, vol. 185, no. May 2017, pp. 132–147, 2018.
- [4] M. Banghart, "Identification of Reverse Engineering Candidates utilizing Machine Learning and Aircraft Cannibalization Data," vol. 4, no. 4, 2017.
- [5] A. Wibisono, J. Teknik, I. Fakultas, T. Universitas, and K. Maranatha, "Penyeimbangan Lintasan Produk Jacket di CV Surya Advertising & T ' S hirt Menggunakan Algoritma Genetika Proposal of Jacket Production Line Balancing at CV Surya Advertising & T ' S hirt Using Genetic Algorithm," pp. 1–11.
- [6] H. Alamajibuwono, T. Sukmadi, and S. Handoko, "Optimasi Penempatan Kapasitor Menggunakan Algoritma Genetika Pada Sistem Distribusi Untuk Memperbaiki Faktor Daya Dan Tegangan," *Transient*, vol. 1, no. 6, pp. 1–10, 2011.
- [7] F. B. Putri *et al.*, "Penerapan Algoritma Genetika Untuk Vehicle Routing Problem with Time Window ( VRPTW ) Pada Kasus Optimasi Distribusi Beras Bersubsidi," *J. Mhs. PTIK Univ. Brawijaya*, vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2015.
- [8] T. Mesin and F. Teknik, "AIRFOIL SIMETRIS TERHADAP KOEFISIEN ANGKAT," vol. 11, no. 1, pp. 110–124.
- [9] E. C. Djamal and A. Komarudin, "Pertandingan Sepak Bola Liga Mahasiswa Jawa Barat Menggunakan Algoritma Genetika," vol. 8, pp. 1–6, 2017.
- [10] D. A. Saputra, E. Satria, and G. A. Pandey, "Optimalisasi Proses Perakitan Pesawat Tanpa Awak Dengan Metode Critical Path Methods (CPM)," *J. Oprisasi Sist. Ind.*, vol. 15, no. 1, pp. 87–92, 2016.
- [11] M. J. Purnomo, "Analisis Statik Kekuatan Struktur Fitting Pada Landing Gear Pada Pesawat N-219," pp. 105–114.