

OPTIMASI PARAMETER LAS BUSUR LISTRIK ARUS SEARAH TIPE LEGS 225 DENGAN MENGGUNAKAN METODE OPTIMASI ALGORITMA GENETIKA

Rudi Martin¹, Alfian Hamsi²

^{1,2}Departemen Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara, Jln.Almamater Kampus
USU Medan 20155 Medan Indonesia
email: rudimartin21@yahoo.com

Abstrak

Algoritma Genetika adalah salah satu metode pengoptimasian yang banyak digunakan dalam bidang keteknikan. Dengan berlandaskan ilmu genetika, metode ini bertujuan mencari sifat-sifat unggul yang ada pada induk kemudian diturunkan kepada generasinya. Pada penelitian ini, metode optimasi Algoritma Genetika akan digunakan untuk mencari parameter optimal las busur listrik, yaitu arus dan waktu. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dan metode analisa. Metode eksperimental digunakan pada saat pengelasan spesimen yaitu baja ST-37, dengan rentang arus 80 - 100 Ampere, dan waktu pengelasan 14 – 16 detik. Setelah proses pengelasan, spesimen baja ST-37 kemudian diuji menggunakan mesin uji tarik sehingga diperoleh data uji tariknya. Selanjutnya, metode analisa digunakan untuk menciptakan sebuah fungsi *fitness* berdasarkan data uji tarik yang didapat. Fungsi ini akan digunakan dalam metode optimasi Algoritma Genetika, sebagai penentu optimal atau tidaknya sebuah solusi. Solusi optimal pada penelitian ini adalah arus dan waktu yang paling baik untuk pengelasan baja ST-37, yaitu: Arus = 80,53 Ampere, dan Waktu = 15,093 detik.

Kata kunci : Algoritma Genetika, Optimasi, Las Listrik

Abstract

Genetic algorithm is one of the optimization method that is widely used in the field of engineering. Based from the science of genetics, these methods aim to find superior properties that exist on the parent then handed down to his generation. In this study, Genetic Algorithm optimization methods will be used to find the optimal parameters of electric arc welding, i.e. current and time. As for the methods used in this study was an experimental methods and methods of analysis. The experimental method used at the time of welding specimens i.e., ST-37 steel with a current range of 80 -100 Amperes and welding time 14 – 16 seconds. After the welding process, the specimen of ST-37 steel then tested using tensile test machine to obtained the mechanical properties data. Furthermore, the analysis method is used to create a fitness function based on tensile test data obtained. This function will be used in Genetic Algorithms optimization methods as a determinant of whether or not an optimal the solution is. Optimal solutions in this research is the best current and the best time for welding ST-37 steel, namely Current = 80,53 Amperage, and Time = 15,093 seconds

Key Words : Genetic Algorithm, Optimization, Electrical Arc Welding

1. Pendahuluan

Kebanyakan permasalahan optimasi pada dunia industri atau secara khusus dapat dikatakan sistem manufaktur memiliki kekompleksitasan yang sangat tinggi dan sulit untuk diselesaikan dengan teknik-teknik optimasi konvensional. Semenjak tahun 1960-an, peningkatan minat para ilmuwan yang memfokuskan kepada bidang pengimitasian kehidupan, telah menghasilkan berbagai teknik atau

pendekatan optimasi yang dapat juga disebut sebagai algoritma evolusioner, sehingga memungkinkan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan optimasi yang kompleks secara lebih mudah dan akurat. Salah satu metode algoritma evolusioner adalah Algoritma Genetika. Algoritma Genetika sendiri diadaptasi dari ilmu genetika yang membahas tentang penurunan sifat dari induk (*parents*) ke anaknya (*offspring*) [1]. Salah satu penggunaan Algoritma Genetika didalam

bidang manufaktur adalah pada manajemen pemeliharaan pabrik, karena ada saatnya mesin pabrik perlu diperbaiki, salah satunya dengan cara pengelasan. Dengan parameter pengelasan yang optimal, proses manufaktur tidak akan terganggu.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Manajemen Pemeliharaan Pabrik

Mesin-mesin dan peralatan yang dioperasikan di pabrik saat ini cenderung semakin kompleks dan membutuhkan modal besar baik untuk investasi awal maupun untuk biaya operasional. Untuk itu, strategi dan kebijakan pemeliharaan diperlukan agar semua peralatan yang beroperasi di dalam sistem tidak mengalami kegagalan dalam pengoperasiannya. Upaya mengoptimalkan pemeliharaan telah banyak dilakukan, kesemuanya bertujuan untuk menjaga keandalan (*reliability*) dan ketersediaan (*availability*) sistem. Oleh sebab itu saat ini teknik pemeliharaan pabrik lebih banyak dikonsentrasikan pada pemeliharaan pencegahan (*preventive*) untuk menghindari kerusakan yang lebih serius [2]. Setiap pabrik baik besar maupun kecil, memiliki workshop didalamnya. Workshop atau lebih dikenal dengan nama bengkel adalah tempat untuk memperbaiki, ataupun membuat komponen-komponen mesin pabrik. Terdapat bermacam-macam mesin didalam workshop, tergantung kebutuhan pabriknya.

Salah satu mesin yang ada didalam sebuah workshop pabrik adalah mesin las. Mesin ini biasanya digunakan untuk menyambung bagian mesin produksi yang patah, melapis bagian yang bocor, atau dapat juga digunakan untuk memotong. Pada pabrik besar, waktu produksi adalah segalanya. Sebisa mungkin, mesin-mesin pabrik dijaga agar terus beroperasi tanpa henti. Oleh karena itu jika ada mesin yang perlu diperbaiki, diperlukan penanganan yang cepat, dengan kata lain optimal, baik dalam hal waktu, energi, biaya, sumber daya dan sebagainya. Atas alasan inilah mengapa mesin las sebagai salah satu mesin yang menjaga atau membantu mesin-mesin produksi pabrik tetap bekerja perlu dioptimasi, sehingga proses produksi didalam pabrik tidak terganggu [3].

2.2. Las Busur Listrik

Las Busur Listrik bekerja dengan cara menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung. Pada bagian yang terkena busur listrik tersebut akan mencair, demikian juga elektroda yang menghasilkan busur listrik akan mencair pada ujungnya dan merambat terus sampai habis. Logam cair dari elektroda dan dari sebagian benda yang akan disambung tercampur dan mengisi celah dari kedua logam yang akan disambung, kemudian membeku dan tersambunglah kedua logam tersebut [4].

Mutu pengelasan dapat ditingkatkan dengan memberikan lapisan fluks yang tipis pada kawat las. Fluks membantu melarutkan dan mencegah terbentuknya oksida-oksida yang tidak diinginkan. Las busur listrik yang menggunakan elektroda fluks inilah yang sering juga disebut Pengelasan Busur Logam Terlindung atau SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Ditinjau dari penggunaannya, kelebihan dari pengelasan busur listrik adalah sebagai berikut:

1. Dapat dipakai didarat dan didalam air.
2. Dapat mengelas berbagai macam tipe material
3. Pengaturan yang cepat dan sangat mudah.
4. Dapat dipakai mengelas semua bagian material.
5. Elektroda mudah didapat dalam banyak ukuran dan diameter.
6. Peralatan yang digunakan sederhana, murah dan mudah dibawa kemana-mana.
7. Tingkat kebisingan rendah.
8. Tidak terlalu sensitif terhadap korosi, oli & gemuk.

Sedangkan kekurangan dari pengelasan ini adalah sebagai berikut:

1. Pengelasan terbatas hanya sampai sepanjang elektroda dan harus melakukan penyambungan saat elektroda habis.
2. Setiap akan melakukan pengelasan berikutnya kerak harus dibersihkan.
3. Tidak dapat digunakan untuk pengelasan bahan baja *non-ferrous*.

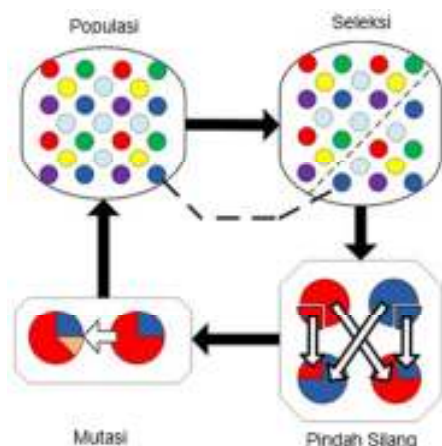
4. Mudah terjadi oksidasi akibat pelindung logam cair hanya busur las dari fluks.
5. Diameter elektroda tergantung dari tebal pelat dan posisi pengelasan.

2.3. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika (GA) adalah algoritma pencarian nilai yang didasarkan pada mekanisme evolusi biologis. Langkah-langkah di dalam GA didasarkan pada mekanisme pemilihan individu secara alamiah dengan menggunakan hukum genetika, dimana alam secara terus menerus melakukan pemilihan dengan mempertahankan individu yang mempunyai daya tahan hidup yang tinggi dan membuang atau mematikan individu yang mempunyai daya tahan hidup yang rendah atau lemah. Dengan proses perkawinan silang antara individu tersebut akan menyebabkan terjadinya perubahan gen. Perubahan gen ini tidak hanya terjadi pada perkawinan silang, tetapi juga bisa terjadi akibat mutasi gen dan proses adaptasi. Pada kurun waktu tertentu (sering dikenal dengan istilah generasi), populasi akan lebih banyak memuat individu yang baik [5].

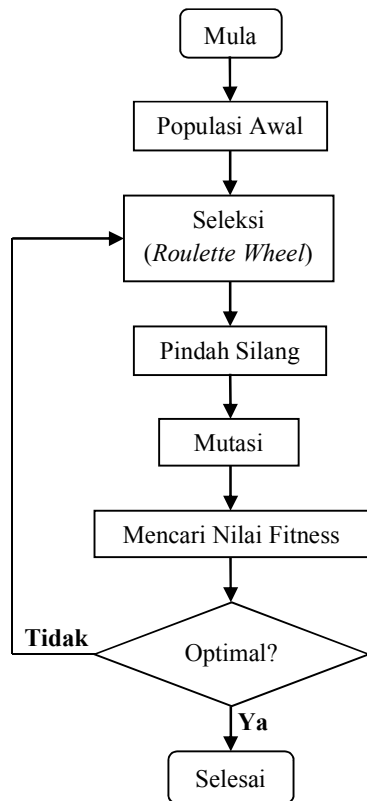
merupakan hasil evolusi, yang berisikan individu terbaik dari generasi sebelumnya.

Pada setiap generasi, kromosom akan melalui proses evaluasi dengan menggunakan alat ukur yang disebut dengan “fungsi *Fitness*”. Nilai *fitness* dari suatu kromosom akan menunjukkan kualitas kromosom dalam populasi tersebut. Generasi berikutnya dikenal dengan istilah “*Offspring*” (anak), terbentuk dari gabungan dua kromosom generasi sekarang yang bertindak sebagai “*Parent*” (induk) dengan menggunakan operator “*Crossover*” (penyilangan). Selain operator penyilangan, suatu kromosom dapat juga dimodifikasi dengan menggunakan operator “*Mutasi*”. Populasi generasi yang baru, dibentuk dengan cara menyeleksi kromosom dengan nilai *fitness* terbaik dari kromosom induk dan diturunkan ke kromosom anak, serta jumlah kromosom yang terseleksi sebanding dengan jumlah kromosom yang dibuang sehingga ukuran populasi (jumlah kromosom dalam suatu populasi) selalu konstan. Setelah melalui beberapa generasi, maka akan diperoleh populasi dengan individu terbaik [6].



Gambar 1. Konsep dasar GA

Pada GA, teknik pencarian dilakukan sekaligus atas sejumlah individu yang dikenal dengan istilah “Populasi”. Individu yang terdapat dalam satu populasi disebut dengan istilah “Kromosom”. Kromosom ini merupakan suatu solusi yang masih berbentuk simbol. Populasi awal dibangun secara acak, sedangkan populasi berikutnya



Gambar 2. Diagram alir GA secara umum

2.4 Penentuan Parameter Kontrol GA

Parameter kontrol GA terdiri dari: maksimum generasi (n_{gen}), ukuran populasi ($popsiz$), probabilitas *crossover* (p_c) dan probabilitas mutasi (p_m). Nilai parameter ini ditentukan juga berdasar permasalahan yang akan dipecahkan. Dari berbagai referensi, ada beberapa rekomendasi yang bisa digunakan, antara lain :

1. Menurut De Jong. untuk permasalahan yang akan memiliki kawasan solusi cukup besar, direkomendasikan nilai parameter kontrol : ($popsiz$; p_c ; p_m) = (50; 0,6; 0,001)
2. Menurut Grefenstette, bila rata-rata *fitness* setiap generasi digunakan sebagai indikator, maka digunakan parameter : ($popsiz$; p_c ; p_m) = (30; 0,95; 0,01)
3. Bila *fitness* dari individu terbaik dipantau pada setiap generasi, maka diusulkan : ($popsiz$; p_c ; p_m) = (80; 0,45; 0,01)

4. Maksimum generasi (n_{gen}) dan ukuran populasi ($popsiz$) sebaiknya tidak lebih kecil dari 30, untuk sembarang jenis permasalahan.

Parameter GA di atas tidak mutlak harus digunakan, karena hanya sebagai referensi bantuan agar GA yang dijalankan mampu mencapai hasil yang tepat dalam artian akan menghasilkan suatu nilai yang dianggap sebagai nilai optimal [7].

2.5 Fungsi *Fitness*

Fungsi *Fitness* atau fungsi objektif berfungsi untuk menentukan optimal atau tidaknya sebuah individu. Fungsi *fitness* boleh menggunakan fungsi yang sudah ada, boleh juga dibuat sendiri. Sebaiknya pahami terlebih dahulu permasalahan kita, barulah pilih fungsi *fitness* yang cocok. Ada dua bentuk fungsi *fitness* yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu fungsi linear, dan fungsi nonlinear. Fungsi linear biasanya digunakan pada masalah yang tidak terkendala atau *unconstraint*. Karena tidak terkendala, solusi yang dihasilkan ada banyak titik sehingga kurang akurat. Sedangkan fungsi nonlinear, biasanya digunakan pada masalah yang terkendala atau *constraint*. Karena memiliki kendala, solusi yang dihasilkan lebih sedikit sehingga lebih akurat [8].

Untuk penelitian ini, fungsi *fitness*-nya belum diketahui. Maka dari itu penulis mencoba untuk membuat sendiri fungsi *fitness*-nya menggunakan analisa regresi. Regresi yang digunakan ada dua, yaitu regresi linier dan nonlinier [9]. Karena parameter yang dioptimasi dalam penelitian ini ada dua, yaitu arus dan waktu, maka penulis membuat model fungsi *fitness* sebagai berikut:

Regresi Linier:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 \dots \dots \dots (1)$$

Regresi Nonlinier:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_1X_2 + b_4X_1^2 + b_5X_2^2 \dots \dots (2)$$

Dimana:

Y = Variabel terikat
X = Variabel bebas
 b_0 = *Intercept*

b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 = Koefisien regresi

2.6 Populasi Awal

Populasi awal dalam penelitian ini dibangkitkan secara acak, dan akan berbentuk bilangan biner. Parameter yang dioptimasi yaitu arus dan waktu akan dibuat kromosomnya masing-masing. Penentuan panjang kromosom dilakukan berdasarkan aturan dibawah ini:

$$2^{m_k-1} < (r_a - r_b) \times 10^z \leq 2^{m_k} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

r_a = Batas atas kromosom k

r_b = Batas bawah kromosom k

m_k = Panjang kromosom k

z = Faktor yang menentukan panjang kromosom. Semakin besar nilai z , semakin panjang kromosomnya.

Bentuk biner kromosom kemudian diubah ke bentuk desimal dengan rumus:

$$b_n, \dots, b_2, b_1, b_0 = \sum_{i=0}^n b_i \times 2^i = x_k \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

b_n = Bit ke-n

x_k = Bentuk desimal kromosom k

Selanjutnya bentuk desimal kromosom dicari nilai riilnya menggunakan rumus:

$$R_k = r_b + x_k \times \left(\frac{r_a - r_b}{2^{m_k-1}} \right) \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

R_k = Nilai riil kromosom k

2.7 Seleksi

Seleksi bertujuan untuk memilih individu yang terbaik dari populasi awal. Ada banyak metode seleksi yang dapat digunakan, akan tetapi metode yang paling sering dijumpai adalah *Roulette Wheel*. Metode *Roulette Wheel* sendiri terdiri atas beberapa langkah, yaitu:

1. Hitung nilai *fitness* setiap individu (f_i).
2. Hitung total *fitness* pada populasi (F).

$$F = \sum_{i=1}^{popsize} f_i \dots \dots \dots (6)$$

3. Hitung probabilitas relatif (p_k) untuk masing-masing individu.

$$p_k = \frac{f_i}{F} \dots \dots \dots (7)$$

4. Hitung probabilitas kumulatif (q_k) untuk masing-masing individu.

$$q_k = \sum_{i=1}^{popsize} p_k \dots \dots \dots (8)$$

5. Hasilkan sejumlah nilai acak (r) dimana ($0 < r < 1$) untuk setiap individu.
6. Jika $r \leq q_{k1}$, pilih kromosom 1. Jika tidak, ikuti aturan: $q_{k-1} < r \leq q_k$ dan pilih kromosom k.

2.8 Pindah Silang

Pindah silang (*crossover*) melibatkan dua induk untuk membentuk individu dengan kromosom baru (kromosom anak). Pindah silang menghasilkan titik baru dalam ruang pencarian yang siap untuk diuji. Prinsip dari pindah silang ini adalah melakukan pertukaran pada gen-gen yang bersesuaian dari dua induk untuk menghasilkan individu baru yang unggul karena menerima gen-gen baik dari kedua induknya [10]. Langkah-langkah dalam pindah silang yaitu:

1. Tentukan probabilitas pindah silang (p_c).
2. Bangkitkan bilangan acak (r) dimana ($0 < r < 1$) untuk setiap individu.
3. Bandingkan r setiap individu dengan p_c . Jika $r < p_c$, maka individu tersebut terpilih sebagai induk. Jika tidak, individu tersebut dibiarkan.

2.9 Mutasi

Secara sederhana, mutasi adalah mengganti nilai gen pada kromosom tertentu. Mutasi memastikan bahwa probabilitas untuk pencarian pada daerah tertentu dalam persoalan tidak pernah nol dan mencegah kehilangan total materi genetik setelah pemilihan dan penghapusan. Mutasi dilakukan dengan langkah berikut:

1. Tentukan probabilitas mutasi (p_m).
2. Hitung total gen yang ada dengan mengalikan panjang kromosom dengan ukuran populasi.
3. Bangkitkan bilangan acak (r) dimana ($0,001 < r < 1$) untuk setiap gen yang ada.
4. Jika $r < p_m$ maka gen tersebut dimutasi. Jika tidak gen dibiarkan.

5. Untuk kromosom bentuk biner, jika gen bernilai 1, diubah menjadi 0. Begitu juga sebaliknya jika gen bernilai 0, diubah menjadi 1.

Setelah melewati proses mutasi, individu yang tersisa adalah yang terbaik dari generasi pertama. Kemudian individu ini akan menjadi awal generasi kedua. Begitu seterusnya sampai generasi kesekian.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Alat Dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Mesin sekrup, 2. Mesin gergaji, 3. Mesin las listrik, 4. Mesin uji tarik, 5. Laptop

Sedangkan bahan yang digunakan adalah:

1. Baja ST-37, 2. Elektroda

3.2 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan adalah:

1. Spesimen baja ST-37 dibagi dua bagian, kemudian dilas menjadi satu.
2. Spesimen baja ST-37 yang sudah dilas, disekrap sehingga membentuk spesimen uji tarik, berjumlah 20 buah.
3. Diambil data uji tarik setiap spesimen.
4. Ditentukan parameter optimasinya.
5. Dibuat sebuah fungsi *fitness* dari data uji tarik yang diperoleh, menggunakan analisa regresi.
6. Ditentukan parameter algoritma genetiknya.
7. Proses pengoptimasian dimulai dengan membangkitkan sepuluh individu acak berbentuk bilangan biner sebagai populasi awal.
8. Dikonversikan bilangan biner ke bilangan desimal, kemudian dicari nilai riilnya.
9. Dilakukan seleksi dengan metode *Roulette Wheel*.
10. Dilakukan pindah silang, kemudian dilanjutkan dengan mutasi.
11. Optimasi dilanjutkan sampai dengan generasi keseratus.
12. Dipilih individu dengan *fitness* terkecil sebagai solusi optimal dalam penelitian ini.

4. Data dan Analisa Data

4.1. Data

Berikut ini adalah data hasil pengelasan dan uji tarik dari dua puluh spesimen.

Tabel 4.1. Data hasil pengelasan dan uji tarik

Spesimen	Parameter Pengelasan		Uji Tarik
	Arus (Ampere)	Waktu (Detik)	Beban Maks. (Newton)
1	80	14,75	980
2	80	15,82	1004,5
3	80	15,67	1004,5
4	80	16,39	1029
5	80	14,61	980
6	80	16,78	1176
7	90	15,83	1078
8	90	15,65	1078
9	90	14,96	980
10	90	16,07	1176
11	90	16,34	1176
12	90	15,11	980
13	100	14,28	1078
14	100	14,54	1078
15	100	14,83	1078
16	100	14,67	1127
17	100	14,59	1127
18	100	14,72	1127
19	-	-	882
20	-	-	980

Data diatas dihasilkan dari pengelasan dua puluh spesimen dengan variasi arus 80,90 dan 100 ampere. Waktu pengelasan diambil berdasarkan beberapa kali percobaan, dimana saat arus lebih rendah dari 80 ampere dan waktu kurang dari 14 detik, elektroda lengket pada material. Pada saat arus melebihi 100 ampere dan waktu lebih dari 16 detik, material berlubang. Spesimen kemudian dilakukan uji tarik dan diperoleh data beban maksimumnya.

4.2 Parameter Optimasi

Parameter yang dioptimasi pada penelitian ini adalah, arus dan waktu. Arus dinyatakan dengan X_1 , dan waktu dinyatakan dengan X_2 . Dengan interval batas masing-masing sebagai berikut:

$$80 \leq X_1 \leq 100$$

$$14 \leq X_2 \leq 16$$

Hasil akhir yang diinginkan adalah arus dan waktu paling baik didalam batas yang ditentukan, untuk pengelasan baja ST-37.

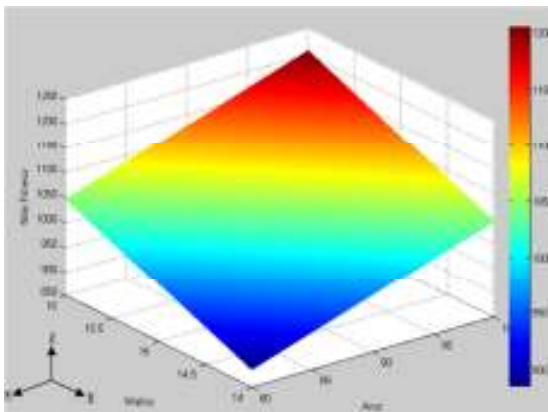
4.3 Fungsi *Fitness*

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa didalam penelitian ini, penulis mencoba membuat sendiri fungsi *fitness*-nya dengan cara analisis regresi. Analisis regresi menggunakan data pada tabel 1 dan untuk mempermudah, digunakan bantuan *software* MATLAB.

Untuk regresi linier, diperoleh:

$$Y = -876,4285 + 7,954X_1 + 80,3571X_2 \dots (9)$$

Jika persamaan diatas digunakan sebagai fungsi optimasi, area pencarian nilai optimal dapat dilihat pada grafik dibawah ini:

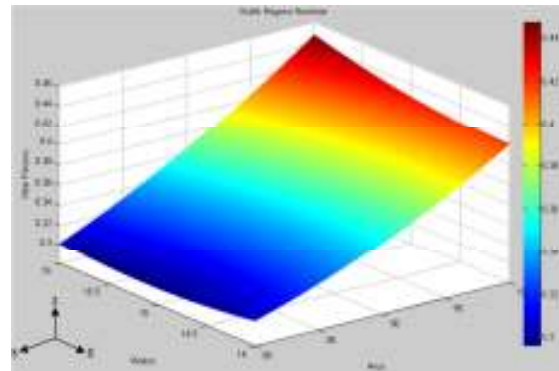


Gambar 3. Grafik regresi linier

Untuk regresi nonlinier, diperoleh:

$$Y = 3,1396 - 0,0235X_1 - 0,2759X_2 + 0,0008X_1X_2 + 0,0001X_1^2 + 0,007X_2^2 \dots (10)$$

Jika persamaan diatas digunakan sebagai fungsi optimasi, area pencarian nilai optimal ditunjukkan oleh grafik dibawah ini:



Gambar 4 Grafik regresi nonlinier

Pemilihan fungsi dari analisis regresi mana yang akan digunakan dalam penelitian ini dipilih berdasarkan nilai MSE (Mean Squared Error) terkecil.

Tabel 4.2 MSE regresi

Regresi	MSE
Linier	1898,8
Nonlinier	816,7635

Dari tabel diatas terlihat bahwa MSE yang dihasilkan analisis regresi nonlinier lebih kecil sehingga fungsi yang didapatkannya akan digunakan sebagai fungsi *fitness*.

4.4 Parameter GA

Perhitungan GA akan menggunakan parameter sebagai berikut:

1. Ukuran populasi (*popsiz*) = 10
2. Probabilitas pindah silang (P_c) = 0,25
3. Probabilitas mutasi (P_m) = 0,01
4. Maksimum generasi = 100
5. Pembentukan kromosom. Data pada tabel 4.1 diubah menjadi kromosom menggunakan persamaan (3) dengan nilai z yang dipilih adalah 1.

Panjang kromosom X_1 atau arus:

$$2^{mj-1} < (100-80) \times 10^1 \leq 2^{mj} - 1$$

$$2^7 < 200 \leq 2^8$$

$$m_1 = 8$$

Panjang kromosom X_2 atau waktu:

$$2^{mj-1} < (16-14) \times 10^1 \leq 2^{mj} - 1$$

$$2^4 < 20 \leq 2^5$$

$$m_1 = 5$$

Panjang kromosom total pada satu individu = $8 + 5 = 13$

4.5 Pengoptimasian

1. Populasi awal dibangkitkan secara acak:

Tabel 4.3 Populasi awal

Individu	Kromosom (Bentuk Biner)	
	X ₁	X ₂
Ind 1	11011010	01100
Ind 2	11100011	01101
Ind 3	00111111	10010
Ind 4	01001101	01011
Ind 5	10100101	10001
Ind 6	11101011	11001
Ind 7	01010001	01010
Ind 8	11001001	10110
Ind 9	01110011	00100
Ind 10	10101010	11011

2. Konversi bilangan biner ke bilangan desimal:

Tabel 4.4 Bentuk desimal kromosom

Individu	Kromosom (Bentuk Desimal)	
	X ₁	X ₂
Ind 1	218	12
Ind 2	227	13
Ind 3	63	18
Ind 4	77	11
Ind 5	165	17
Ind 6	235	25
Ind 7	81	10
Ind 8	201	22
Ind 9	115	4
Ind 10	170	27

3. Nilai riil kromosom:

Tabel 4.5 Nilai riil kromosom

Individu	Kromosom (Nilai Riil)	
	X ₁	X ₂
Ind 1	97,1	14,7
Ind 2	97,8	14,8
Ind 3	84,9	15,2
Ind 4	86,1	14,7
Ind 5	92,9	15,1
Ind 6	98,4	15,6
Ind 7	86,4	14,6
Ind 8	95,8	15,4
Ind 9	89,1	14,3
Ind 10	93,3	15,7

4. Seleksi dengan *Roulette Wheel*. Pertama cari nilai *fitness* setiap individu:

Tabel 4.6 Nilai *fitness* individu

Individu	Kromosom (Nilai Riil)		Fitness (f _{ind})
	X ₁	X ₂	
Ind 1	97,1	14,7	0,399387
Ind 2	97,8	14,8	0,405696
Ind 3	84,9	15,2	0,321235
Ind 4	86,1	14,7	0,327007

Ind 5	92,9	15,1	0,371703
Ind 6	98,4	15,6	0,422968
Ind 7	86,4	14,6	0,328828
Ind 8	95,8	15,4	0,397581
Ind 9	89,1	14,3	0,344995
Ind 10	93,3	15,7	0,383187
Total Fitness (F)			3,702586

Probabilitas relatif (p_k) tiap individu:

Tabel 4.7 p_k individu

Individu	Fitness (f _{ind})	Total Fitness (F)	$p_k = \frac{f_{ind}}{F}$
Ind 1	0,399387	3,702586	0,107867
Ind 2	0,405696		0,109571
Ind 3	0,321235		0,086759
Ind 4	0,327007		0,088318
Ind 5	0,371703		0,100390
Ind 6	0,422968		0,114235
Ind 7	0,328828		0,088810
Ind 8	0,397581		0,107379
Ind 9	0,344995		0,093176
Ind 10	0,383187		0,103491

Probabilitas kumulatif (q_k) tiap individu:

Tabel 4.8 q_k individu

Individu	p _k	$q_k = \sum_{i=1}^{popsize} p_k$
Ind 1	0,107867	0,107867
Ind 2	0,109571	0,217438
Ind 3	0,086759	0,304197
Ind 4	0,088318	0,392515
Ind 5	0,100390	0,492905
Ind 6	0,114235	0,607140
Ind 7	0,088810	0,695950
Ind 8	0,107379	0,803329
Ind 9	0,093176	0,896505
Ind 10	0,103491	0,999996

Proses seleksi. Kemudian proses seleksi dapat dimulai, diperlihatkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.9 Seleksi

Ind.	q _k	r	Kondisi r	Individu baru
Ind 1	0,107867	0,8147	$q_{Ind8} < r < q_{Ind9}$	Ind 1'
Ind 2	0,217438	0,9058	$q_{Ind9} < r < q_{Ind10}$	Ind 2'
Ind 3	0,304197	0,1270	$q_{Ind1} < r < q_{Ind2}$	Ind 3'
Ind 4	0,392515	0,9134	$q_{Ind9} < r < q_{Ind10}$	Ind 4'
Ind 5	0,492905	0,6324	$q_{Ind6} < r < q_{Ind7}$	Ind 5'
Ind 6	0,607140	0,0975	$r < q_{Ind1}$	Ind 6'
Ind 7	0,695950	0,2785	$q_{Ind2} < r < q_{Ind3}$	Ind 7'
Ind 8	0,803329	0,5469	$q_{Ind5} < r < q_{Ind6}$	Ind 8'
Ind 9	0,896505	0,9575	$q_{Ind9} < r < q_{Ind10}$	Ind 9'
Ind 10	0,999996	0,9649	$q_{Ind9} < r < q_{Ind10}$	Ind 10'

Individu baru hasil seleksi:

Tabel 4.10 Individu baru

Ind.	Kromosom				Fitness
	Bentuk Biner		Nilai Riil		
	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	
Ind 1'	01110011	00100	89,1	14,3	0,344995
Ind 2'	10101010	11011	93,3	15,7	0,383187
Ind 3'	11100011	01101	97,8	14,8	0,405696
Ind 4'	10101010	11011	93,3	15,7	0,383187
Ind 5'	01010001	01010	86,4	14,6	0,328828
Ind 6'	11011010	01100	97,1	14,7	0,399387
Ind 7'	00111111	10010	84,9	15,2	0,321235
Ind 8'	11101011	11001	98,4	15,6	0,422968
Ind 9'	10101010	11011	93,3	15,7	0,383187
Ind 10'	10101010	11011	93,3	15,7	0,383187

5. Pindah silang

Jenis pindah silang yang digunakan adalah pindah silang satu titik. Pertama bangkitkan bilangan acak (r) untuk setiap individu:

Tabel 4.11 Bilangan acak r

Individu	r
Ind 1'	0,1576
Ind 2'	0,9706
Ind 3'	0,9572
Ind 4'	0,4854
Ind 5'	0,8003
Ind 6'	0,1419
Ind 7'	0,4218
Ind 8'	0,9157
Ind 9'	0,7922
Ind 10'	0,9595

Pemilihan induk:

Tabel 4.12 Pemilihan induk

Individu	r	Kondisi r	Individu Terpilih
Ind 1'	0,1576	< 0,25	Ind 1'
Ind 2'	0,9706	> 0,25	
Ind 3'	0,9572	> 0,25	
Ind 4'	0,4854	> 0,25	
Ind 5'	0,8003	> 0,25	
Ind 6'	0,1419	< 0,25	Ind 6'
Ind 7'	0,4218	> 0,25	
Ind 8'	0,9157	> 0,25	
Ind 9'	0,7922	> 0,25	
Ind 10'	0,9595	> 0,25	

Proses pindah silang:

Tabel 4.13 Pindah silang

Ind.	Kromosom			
	Sebelum		Sesudah	
	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂
Ind 1'	01110011	00100	01110010	01100
Ind 6'	11011010	01100	11011011	00100

Individu setelah pindah silang:

Tabel 4.14 Individu setelah pindah silang

Individu	Kromosom (Bentuk Biner)	
	X ₁	X ₂
	X ₁	X ₂
Ind 1"	01110010	01100
Ind 2'	10101010	11011
Ind 3'	11100011	01101
Ind 4'	10101010	11011
Ind 5'	01010001	01010
Ind 6"	11011011	00100
Ind 7'	00111111	10010
Ind 8'	11101011	11001
Ind 9'	10101010	11011
Ind 10'	10101010	11011

6. Mutasi

Hitung jumlah bit pada populasi generasi awal dengan cara ukuran populasi dikalikan dengan panjang kromosom. Diperoleh: $10 \times 13 = 130$ bit. Probabilitas mutasi yang dipilih di awal tadi adalah 0,01, artinya diharapkan 1% dari total bit akan mengalami mutasi. Untuk memilih bit mana yang akan dimutasi, dibangkitkan nilai acak antara 0 sampai 1, sebanyak 130 buah.

1% dari 130 bit adalah 1,3 maka dianggap hanya satu bit yang akan termutasi. Misalkan yang termutasi adalah bit ke-9 dari kromosom ke-5:

Tabel 4.15 Proses mutasi

Ind.	Kromosom	
	Sebelum mutasi	Setelah mutasi
Ind 5	01010001 01010	01010001 11010

7. Hasil akhir generasi pertama akan menjadi awal generasi kedua. Diperlihatkan pada tabel dibawah ini:

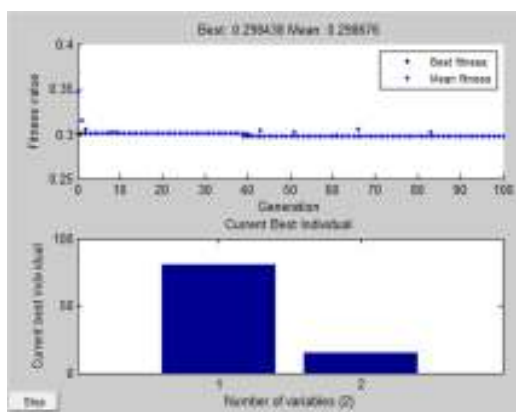
Tabel 4.16 Generasi kedua

Ind.	Kromosom				Nilai Fitness
	Bentuk Biner		Nilai Riil		
	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	
Ind 1"	01110010	01100	88,9	14,8	0,343307
Ind 2'	10101010	11011	93,3	14,7	0,371647
Ind 3'	11100011	01101	97,8	13,9	0,402781
Ind 4'	10101010	11011	93,3	14,7	0,371647
Ind 5*	01010001	11010	86,4	15,7	0,334681
Ind 6"	11011011	00100	97,2	14,3	0,398212
Ind 7'	00111111	10010	84,9	14,1	0,324403
Ind 8'	11101011	11001	98,4	14,6	0,408748
Ind 9'	10101010	11011	93,3	14,7	0,371647
Ind 10'	10101010	11011	93,3	14,7	0,371647

Optimal disini berarti kondisi terbaik dari arus dan waktu. Penulis menetapkan bahwa kondisi tersebut adalah arus dan waktu yang paling kecil, dengan mengabaikan hasil yang diperoleh jika parameter tersebut digunakan untuk pengelasan. Maksudnya adalah, kekuatan dari spesimen yang dilas dengan parameter yang penulis anggap optimal, mungkin tidak akan sekuat spesimen yang dilas dengan parameter yang lebih tinggi dari parameter hasil optimasi yang diperoleh.

Jika parameter optimal berarti arus dan waktu yang paling kecil, berarti nilai fitness yang kita butuhkan adalah yang paling kecil juga. Dari tabel 4.17 hasil akhir generasi pertama, nilai fitness terkecil dimiliki oleh Individu 7' sebesar 0,324403, dengan nilai arus 84,9 ampere, dan waktu 14,1 detik.

Kemudian optimasi dilakukan kembali dengan bantuan MATLAB. Akan tetapi optimasi akan diulang dari generasi pertama, karena hasil akhir generasi pertama yang sebelumnya, tidak dapat dilanjutkan ke generasi kedua dan seterusnya dengan MATLAB. Dibawah ini adalah hasil optimasi untuk seratus generasi.



Gambar 11. Hasil akhir setelah seratus generasi

Keterangan:

Fitness terbaik = 0,298438

Variabel 1 = Arus = 80,53 ampere

Variabel 2 = Waktu = 15,093 detik

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

Hasil yang diperoleh setelah prosedur optimasi mencapai generasi keseratus, dianggap sebagai solusi optimal untuk penelitian ini, dimana diperoleh hasil sebagai berikut:

Fitness terbaik : 0,298438

Arus terbaik : 80,53 ampere

Waktu terbaik : 15,093 detik

Daftar Pustaka

- [1] Gen, Mitsuo., & Cheng, Runwei. (2000). *Genetic Algorithm and Engineering Optimization*. John Wiley and Sons, Inc. : New York
- [2] Bhonsale, Satyajeet.S. (2009). *Genetic Algorithm In Optimization*. Lonere : Department Of Chemical Engineering, Dr. Babasaheb Ambedkar Technological University
- [3] Dhillon, B.S. (2002). *Engineering Maintenance A Modern Approach*. CRC Press : London
- [4] Djamiko, R.D. (2008). *Modul Teori Pengelasan*. Yogyakarta : Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
- [5] Rao, Singiresu.S. (2009). *Engineering Optimization Theory and Practice, Fourth Edition*. John Wiley and Sons, Inc. : New Jersey
- [6] Fadlisyah. (2009). *Algoritma Genetik*. Graha Ilmu: Yogyakarta
- [7] Prapto, Triyoga. (2008). *Optimasi Perencanaan Antena Horn Piramida Dengan Menggunakan Algoritma Genetik*. Semarang : Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- [8] Mulyono, Sri. (1999). *Operation Research*. Jakarta : Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia
- [9] Haupt, Randy.L., & Haupt, Sue.E. (2004). *Practical Genetic Algorithm, Second Edition*. John Wiley and Sons, Inc. : New Jersey
- [10] Mitchell, Melanie. (1998). *An Introduction to Genetic Algorithm*. Bradford Book The MIT Press : London