

BAB IV

TEMUAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Daya Reaktif dan faktor daya pada PT. Chakra Tunggal Elektrindo

Pada PT. Produksi alat elektronika Chakra Tunggal Elektrindo yang beralamat di subang jawa barat memiliki suatu masalah pada rangkaian distribusi listrik yang digunakan. Yaitu berupa masalah daya reaktif yang dikonsumsi secara tidak normal atau melebihi batas toleransi yang ditentukan oleh PLN. Hal ini dikarenakan penggunaan beban induktif sehingga mengakibatkan nilai faktor daya turun dan rugi-rugi daya tidak terhindarkan. Tercatat dalam pengukuran $\cos \phi$ pada sumber utama atau MDP turun sampai 0,4. Berikut merupakan data lengkap pengukurannya sebagai acuan kondisi daya reaktif dan faktor daya pada PT. Chakra Tunggal Elektrindo

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran pada MDP PT.CTE ketika Kondisi Istirahat

V_{L-L} (V)	R-S	R-T	S-T
	364	361	359
Konduktor ↓	R	S	T
V_{L-N} (V)	219,7	220,2	213,5
I_{L-N} (A)	3,91	8,48	1,94
S (kVA)	0,859	1,868	0,415
P (kW)	0,267	0,596	0,156
PF/Cos ϕ	0,311	0,319	0,376
Frekuensi (Hz)	50,1	50,1	50,1

Pada Tabel di atas merupakan pengukuran kondisi kelistrikan di PT. Chakra Tunggal Elektrindo ketika jam istirahat masih terdeteksi adanya arus yang mengalir sehingga mempengaruhi nilai $\cos \phi$. Dalam hal ini beban pada PT. Chakra Tunggal Elektrindo tidak sepenuhnya berhenti namun beban-beban tersebut dalam kondisi *stand by*.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran MDP Ketika Kondisi Beban Penuh

V_{L-L} (V)	R-S	R-T	S-T
		364	351	359
Konduktor	R	S	T
V_{L-N} (V)	216,1	216,5	218,2
I_{L-N} (A)	40,9	13,19	12,49
S (kVA)	8,84	2,855	2,725
P (kW)	2,11	0,949	0,891
PF/Cos phi	0,239	0,332	0,327
Frekuensi (Hz)	50,1	50,1	50,1

Kondisi yang dijabarkan oleh data-data di atas menunjukkan bahwa rugi-rugi daya yang disebabkan oleh kecilnya faktor daya akan menjadi masalah utama dalam sistem kelistrikan di PT. Chakra Tunggal Elektrindo dimana dalam dua tabel di atas mempunyai nilai tegangan *line to line* yang sama tetapi dapat dilihat pada nilai arus mempunyai nilai yang jauh berbeda. Arus MDP dalam keadaan istirahat lebih kecil dibandingkan dengan arus beban penuh atau dalam keadaan bekerja. Untuk tegangan *line to neutral* tidak terdapat masalah artinya tegangan masih berada pada standar PLN yang ditetapkan. Maka dari itu kita dapat menghitung secara manual agar dapat memastikan data tetap relevan dengan teori.

Untuk menghitung sebuah daya nyata diperlukan nilai tegangan, arus dan cos phi. Sebagai contoh konduktor R di MDP ketika beban penuh memiliki nilai tegangan sebesar 216,1 V kemudian arus yang sebesar 40,9 A dan cos phi sebesar 0,239 kemudian dimasukkan dalam persamaan 2.1 yaitu $P = V \times I \times \cos \varphi$ yang berarti $P = 216,1 \times 40,9 \times 0,239 = 2112,3 W = 2,11 KW$. Hal ini sudah cukup untuk menjadikan data di atas relevan dengan kondisi yang ada pada PT. Chakra Tunggal Elektrindo maka dari itu perbaikan kualitas daya diperlukan. Mengingat PT. CTE merupakan Industri menengah salah satu solusinya yaitu pemasangan kapasitor bank agar faktor daya meningkat untuk menanggulangi rugi-rugi daya yang terjadi pada PT. CTE.

Untuk mengetahui kondisi dari daya reaktif yang dikonsumsi oleh PT. Chakra Tunggal Elektrindo kita dapat menghitungnya dengan persamaan 2.6, 2.7, atau 2.8.

Tabel 4.3 Pemakaian Daya Reaktif pada MDP

Konduktor R	$Q = \sqrt{(8,84^2 - 2,11^2)}$	= 4,387 kVAR
Konduktor S	$Q = \sqrt{(2,855^2 - 0,949^2)}$	= 1,954 kVAR
Konduktor T	$Q = \sqrt{(2,725^2 - 0,891^2)}$	= 2,575 kVAR
	Jumlah	= 8,899 kVAR
	Rata-rata	= 2,966 kVAR

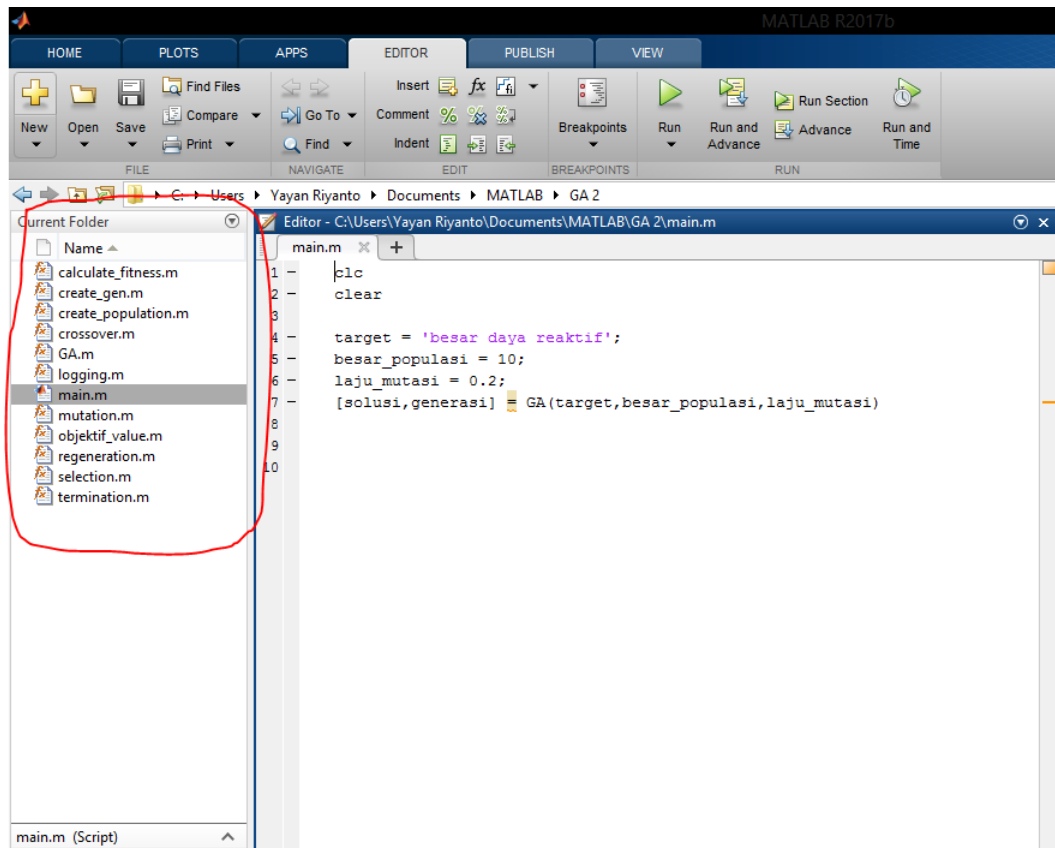
Jumlah pemakaian daya reaktif yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 tergolong dalam kategori besar jika dilihat dari *supply* listrik yang diterima oleh PT. Chakra Tunggal Elektrindo. Maka dari itu diperlukannya perbaikan faktor daya untuk mengurangi konsumsi daya reaktif dan untuk mengoptimalkan jaringan listrik. Dalam penelitian ini akan dilakukan metode genetika algoritma untuk solusi dalam perencanaan pemasangan kapasitor bank di PT. Chakra Tunggal Elektrindo.

4.2. Nilai Kapasitor Untuk Pemasangan Kapasitor Bank di PT. Chakra Tunggal Elektrindo

Global Compensation menjadi tumpuan utama dalam penelitian ini dikarenakan instalasi yang dipakai bersifat lebih hemat dan cocok untuk pabrik kecil menengah seperti objek dari penelitian ini. Kemudian untuk perencanaannya melalui tahap algoritma genetika yang disusun pada software MATLAB R2017B. berikut merupakan tahap untuk perencanaan optimasi jaringan listrik PT. Chakra Tunggal Elektrindo.

4.2.1. Program Algoritma Genetika

Untuk pembuatan Algoritma Genetika sendiri kita memerlukan software yang dapat membuat suatu program random search seperti MATLAB, Python, dan lain sebagainya. Untuk pembuatan algoritma itu sendiri fungsi MATLAB yang dihubungkan satu sama lain dengan tujuannya masing masing. Pada tahap awal definisikan sebuah nilai objektif sebagai batasan untuk mencari solusi dari permasalahan yang ingin diuraikan.



Gambar 4.1 Kumpulan Program Genetika Algoritma

Pada bagian yang ditandai oleh garis merah merupakan *script - script* yang telah dibuat dimana pada file main.m merupakan file fungsi utama atau fungsi yang menjalankan fungsi-fungsi lain sesuai ketentuan algoritma. Hal paling utama dalam proses algoritma ini yaitu pembentukan gen dengan perhitungan nilai fitness. Dalam hal ini gen dibentuk oleh sebuah *random number* dari 32 sampai 126 karakter yang ada di MATLAB dengan berdasarkan tabel ASCII.

Tujuan menghitung objektif value yang kita tentukan di awal yakni besar daya reaktif dan besar kapasitor yang dibutuhkan serta perkiraan harga nya. Perhitungan nilai fitness ditujukan untuk mengolah gen yang telah ditentukan untuk dapat lanjut ke tahap selanjutnya yaitu pembentukan populasi yaitu dengan sebuah fungsi struct pada matlab dimana struct yaitu susunan struktur dengan spesifikasi data dan tempat. Struct berguna sebagai tempat penyusunan populasi dengan nilai yang telah ditentukan sebelumnya.

Tabel 4.4 *The American Standard Code for Information Interchange (ASCII)*

dec	hex	oct	char	dec	hex	oct	char	dec	hex	oct	char	dec	hex	oct	char
0	0	000	NULL	32	20	040	space	64	40	100	@	96	60	140	~
1	1	001	SOH	33	21	041	!	65	41	101	A	97	61	141	a
2	2	002	STX	34	22	042	"	66	42	102	B	98	62	142	b
3	3	003	ETX	35	23	043	#	67	43	103	C	99	63	143	c
4	4	004	EOT	36	24	044	\$	68	44	104	D	100	64	144	d
5	5	005	ENQ	37	25	045	%	69	45	105	E	101	65	145	e
6	6	006	ACK	38	26	046	&	70	46	106	F	102	66	146	f
7	7	007	BEL	39	27	047	'	71	47	107	G	103	67	147	g
8	8	010	BS	40	28	050	(	72	48	110	H	104	68	150	h
9	9	011	TAB	41	29	051	)	73	49	111	I	105	69	151	i
10	a	012	LF	42	2a	052	*	74	4a	112	J	106	6a	152	j
11	b	013	VT	43	2b	053	+	75	4b	113	K	107	6b	153	k
12	c	014	FF	44	2c	054	,	76	4c	114	L	108	6c	154	l
13	d	015	CR	45	2d	055	-	77	4d	115	M	109	6d	155	m
14	e	016	SO	46	2e	056	.	78	4e	116	N	110	6e	156	n
15	f	017	SI	47	2f	057	/	79	4f	117	O	111	6f	157	o
16	10	020	DLE	48	30	060	0	80	50	120	P	112	70	160	p
17	11	021	DC1	49	31	061	1	81	51	121	Q	113	71	161	q
18	12	022	DC2	50	32	062	2	82	52	122	R	114	72	162	r
19	13	023	DC3	51	33	063	3	83	53	123	S	115	73	163	s
20	14	024	DC4	52	34	064	4	84	54	124	T	116	74	164	t
21	15	025	NAK	53	35	065	5	85	55	125	U	117	75	165	u
22	16	026	SYN	54	36	066	6	86	56	126	V	118	76	166	v
23	17	027	ETB	55	37	067	7	87	57	127	W	119	77	167	w
24	18	030	CAN	56	38	070	8	88	58	130	X	120	78	170	x
25	19	031	EM	57	39	071	9	89	59	131	Y	121	79	171	y
26	1a	032	SUB	58	3a	072	:	90	5a	132	Z	122	7a	172	z
27	1b	033	ESC	59	3b	073	;	91	5b	133	[	123	7b	173	{
28	1c	034	FS	60	3c	074	<	92	5c	134	\	124	7c	174	|
29	1d	035	GS	61	3d	075	=	93	5d	135	]	125	7d	175	}
30	1e	036	RS	62	3e	076	>	94	5e	136	^	126	7e	176	~
31	1f	037	US	63	3f	077	?	95	5f	137	_	127	7f	177	DEL

Setelah populasi terbentuk selanjutnya tahap penyaringan agar dapat memenuhi nilai objektif yang telah ditentukan, tahapannya seperti evolusi yang memerlukan hitungan generasi agar mendapatkan suatu populasi atau individu terbaik. Dalam satu generasi populasi akan melalui tahap seleksi-crossover-mutasi-regenerasi.

```

function [best1,best2] = selection(populasi)
2
3
4     fitness_data = zeros(1,length(populasi));
5     for i=1:length(populasi)
6         fitness_data(i) = populasi(i).fitness;
7     end
8     [~,index] = max(fitness_data);
9     parent1 = populasi(index);
10
11     populasi(index) = [];
12     fitness_data(index) = [];
13
14     [~,index] = max(fitness_data);
15     parent2 = populasi(index);
16     best1 = parent1;
17     best2 = parent2;
18 end

```

Gambar 4.2 Program Tahap Seleksi

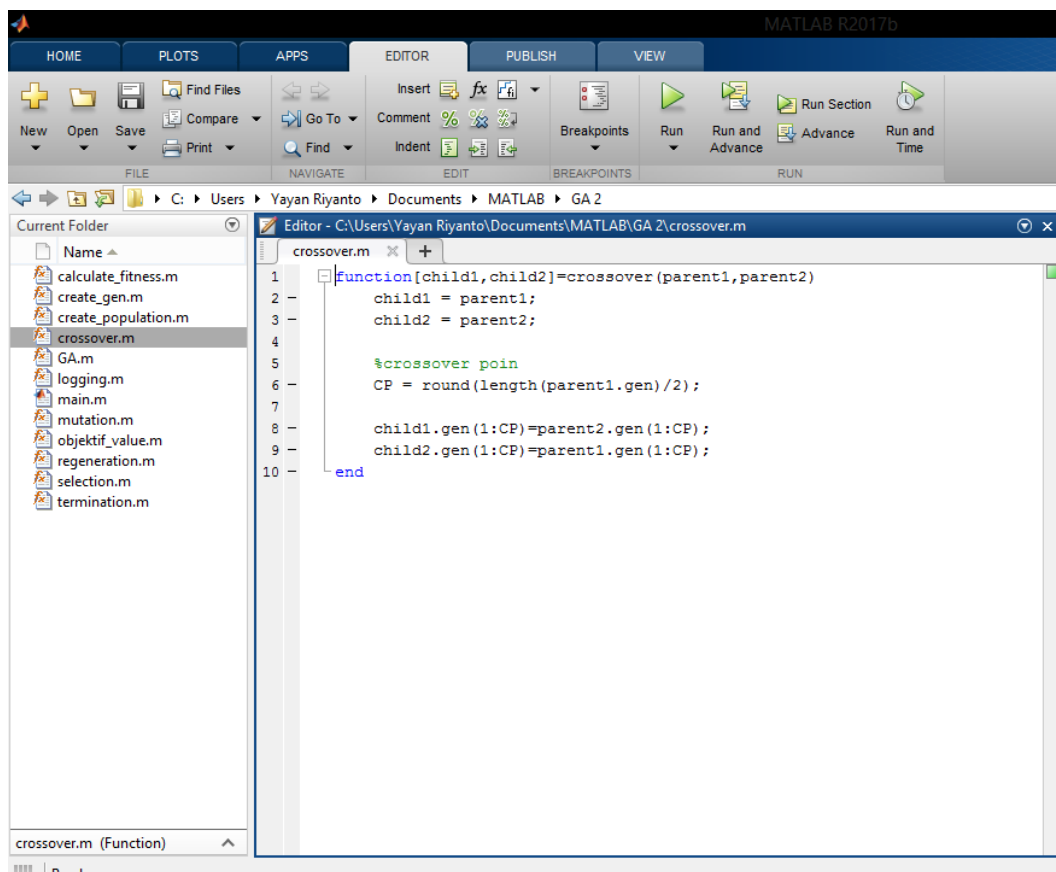
Tahap seleksi mempunyai fungsi yang melibatkan nilai fitness, fungsi zeros untuk menentukan suatu gen yang bernilai paling kecil untuk diseleksi agar tidak

Yayan Riyanto, 2022

OPTIMASI JARINGAN TENAGA DENGAN MENINGKATKAN KUALITAS DAYA DENGAN MENGGUNAKAN GENETIC ALGORITHM METHOD PADA PERUSAHAAN PRODUKSI KOMPONEN ELEKTRONIKA

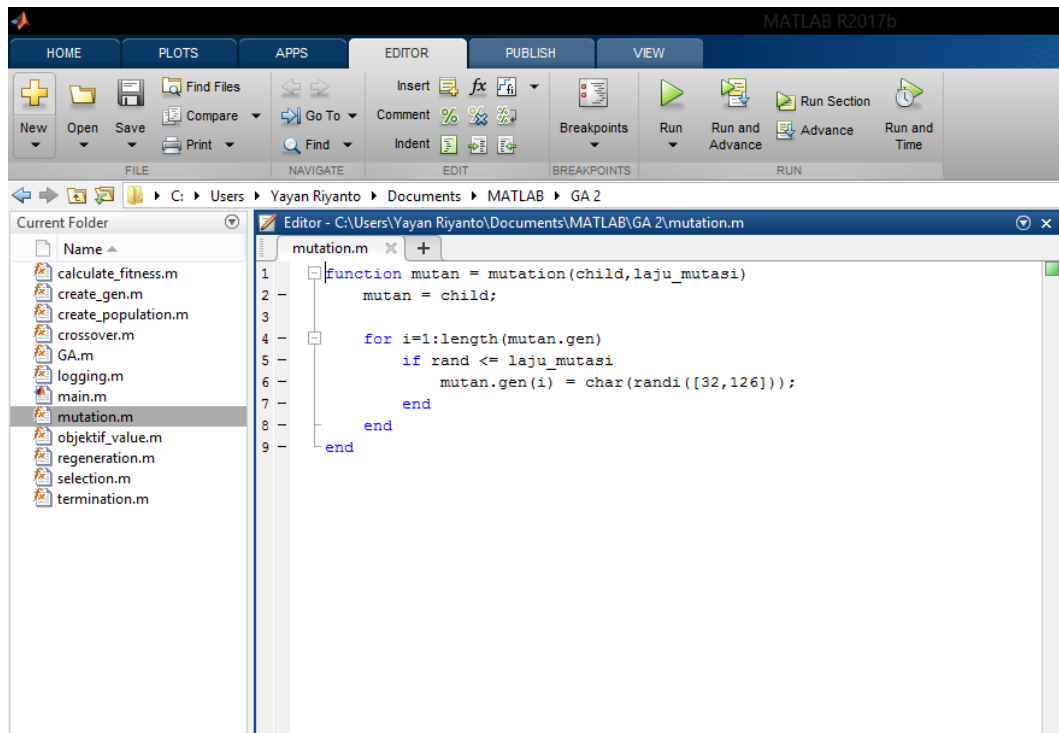
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

ikut untuk tahapan selanjutnya. Sedangkan untuk gen atau individu yang terseleksi itu dari index tertinggi atau maksimal. Hasil dari seleksi ini direpresentasikan sebagai *parent* atau orang tua baru yang memiliki nilai fitness yang baik sehingga dapat mendekati nilai yang ingin dicapai. Kemudian tahap selanjutnya yaitu *crossover*.



Gambar 4.3 Program Tahap Crossover

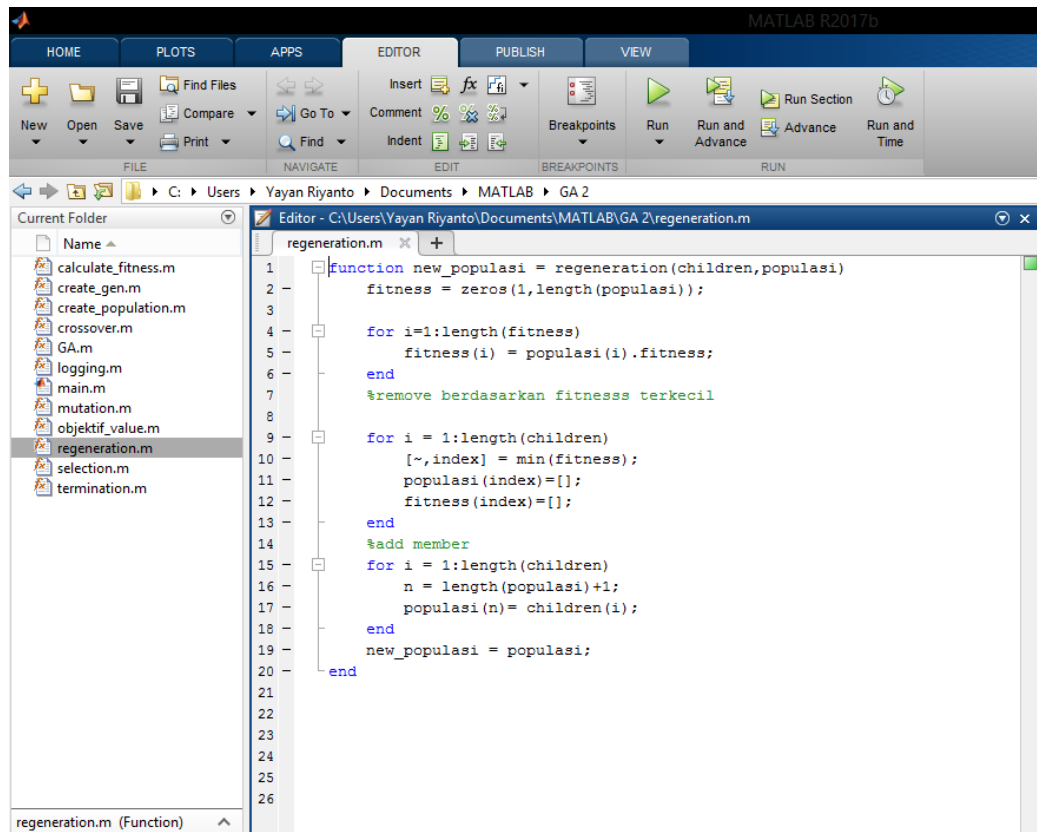
Tahap ini merupakan tahap pertukaran nilai fitness pada gen yang telah diseleksi. Mempunyai fungsi round yang merepresentasikan nilai integer terdekat dengan target yang ingin dicapai. Secara sederhana tahap ini seperti perkawinan silang suatu individu untuk mendapatkan individu terbaik dengan menukarkan gen antar individu.



Gambar 4.4 Program Tahap Mutasi

Tahap ketiga untuk mendapatkan individu baru yaitu mutasi. Sebuah fungsi dengan *random search* dalam 126 karakter yang tersedia pada MATLAB. Pada tahap ini terdapat batasan lain yaitu laju mutasi yang berperan untuk memilih individu yang telah dikawin-silangkan untuk diubah beberapa gen nya agar mendekati target yang dicapai. Laju mutasi berpengaruh dalam menentukan lama tidaknya generasi yang dibutuhkan untuk mendapatkan target, semakin besar laju mutasi maka semakin lama untuk mendapatkan generasi yang sesuai target.

Tahap terakhir untuk mendapatkan individu baru yaitu regenerasi. Tahap ini juga berperan untuk mendapatkan populasi baru setelah melewati tahap-tahap sebelumnya yang kemungkinan besar akan mendekati target dan nilai objektif yang ingin dicapai namun belum sempurna hanya mendekati. Dalam populasi baru mungkin ada beberapa individu dengan gen yang telah sesuai dengan nilai batasan yang ingin dicapai. Permasalahan ini tentunya perlu diatasi dengan sebuah generasi lainnya. Artinya tahapan ini berupa tahapan terakhir untuk mendapatkan satu generasi.



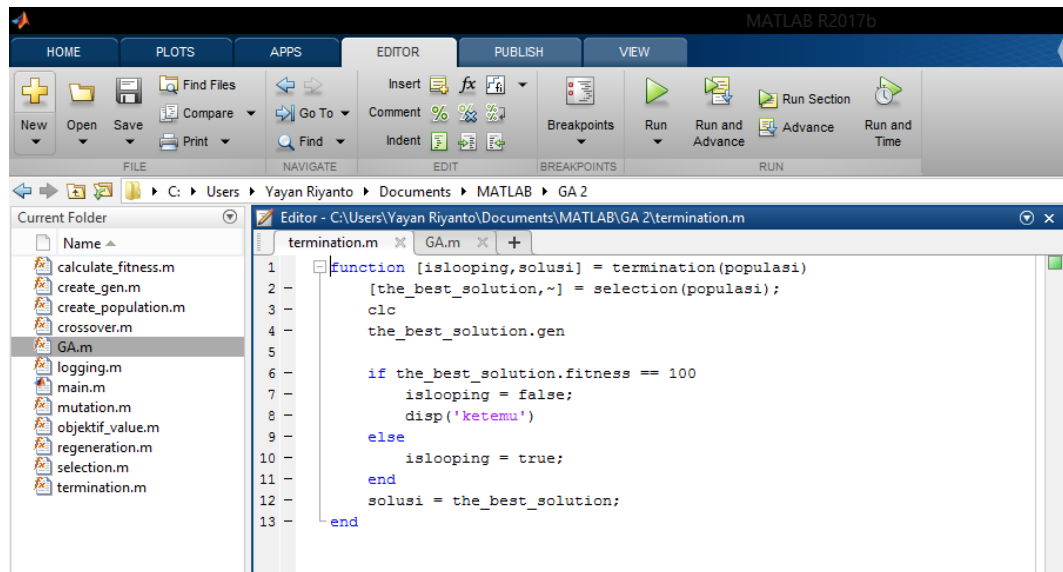
Gambar 4.5 Program Tahap Regenerasi

Terminasi merupakan sebuah program untuk *looping* satu generasi dengan tahapan seperti sebelumnya yang dimulai dari tahapan seleksi sampai mendapatkan individu terbaik. Terminasi hanya sebuah program *looping* yang nantinya akan dihubungkan dengan program kerangka utama dalam hal ini file GA.m. dalam pembuatan program terminasi fungsi yang dipakai yaitu pemakaian fungsi ‘*while*’ bukan ‘*if*’ itu dikarenakan program ini membutuhkan sebuah syarat atau kondisi tertentu untuk menghentikan *looping* tersebut dalam kasus ini kondisi itu ketika nilai fitness sempurna yaitu 100. Dan untuk file GA.m merupakan kumpulan dari beberapa fungsi yang telah dibuat seperti *crossover* kemudian ada mutasi yang direpresentasikan oleh hasilnya yang berupa mutan. Hingga generasi untuk menghitung berapa generasi yang dibutuhkan untuk mencapai target. Dikarenakan genetika algoritma merupakan algoritma dengan sistem pencarian acak maka generasi yang diperoleh tidak selalu sama tetapi tetap menghasilkan target atau nilai objektif yang selalu sama.

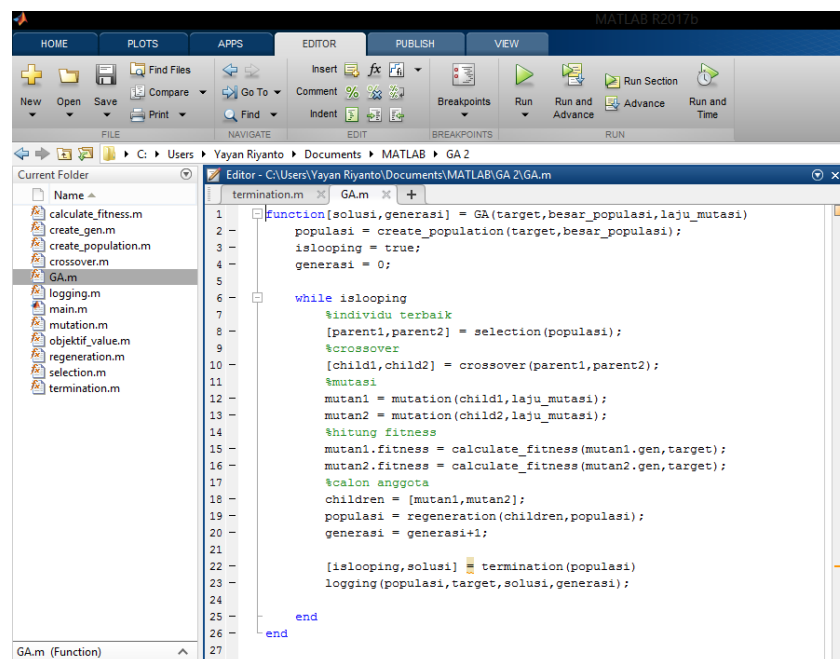
Yayan Riyanto, 2022

**OPTIMASI JARINGAN TENAGA DENGAN MENINGKATKAN KUALITAS DAYA DENGAN
MENGUNAKAN GENETIC ALGORITHM METHOD PADA PERUSAHAAN PRODUKSI KOMPONEN
ELEKTRONIKA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 4.6 Program untuk Terminas

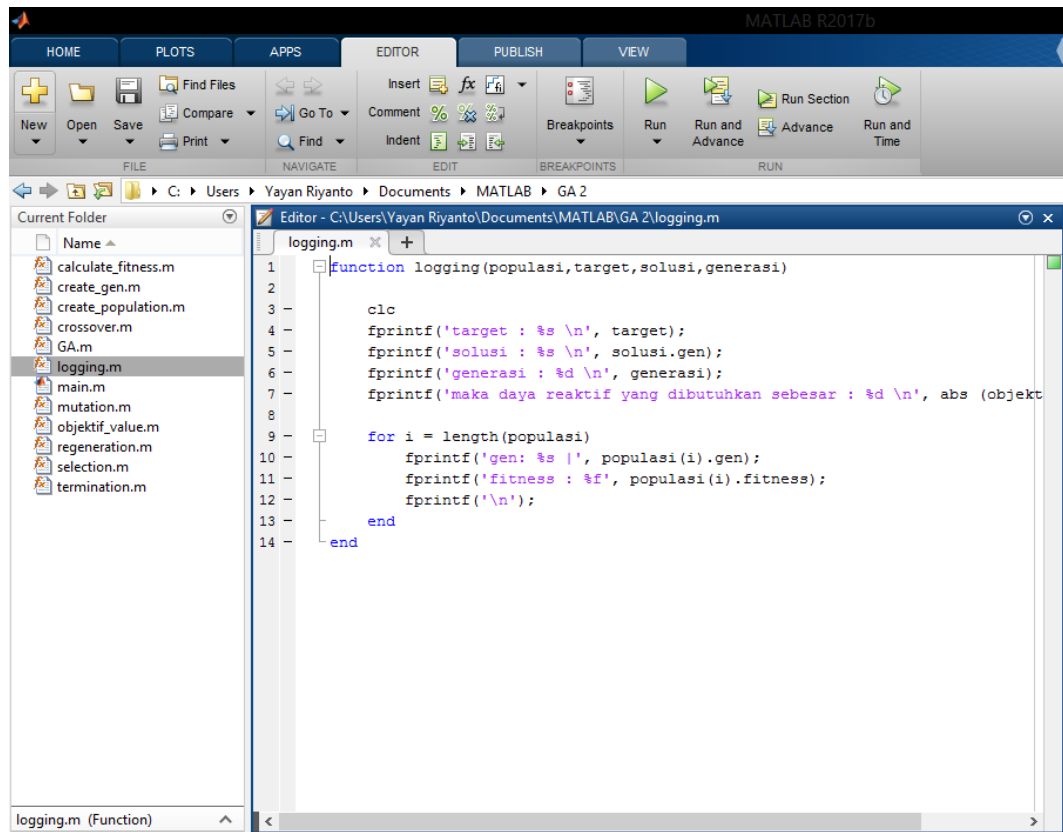
Gambar 4.7 Program untuk Perintah *Looping*

Untuk program yang terakhir yaitu *logging.m* berupa program perintah untuk menampilkan hasil perhitungan melalui algoritma yang telah dibuat.

Yayan Riyanto, 2022

OPTIMASI JARINGAN TENAGA DENGAN MENINGKATKAN KUALITAS DAYA DENGAN MENGGUNAKAN GENETIC ALGORITHM METHOD PADA PERUSAHAAN PRODUKSI KOMPONEN ELEKTRONIKA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 4.8 Program untuk Perintah Menampilkan Hasil

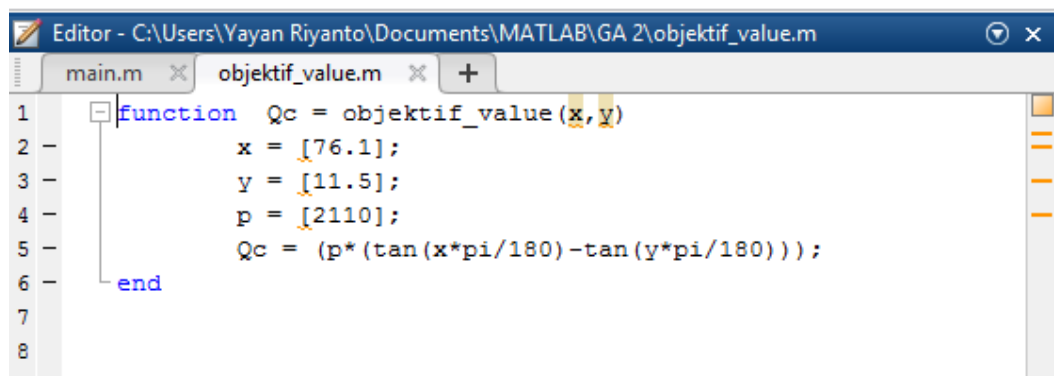
4.2.2. Menghitung Daya Reaktif Melalui Algoritma Genetika

Menghitung kebutuhan daya reaktif yang dibutuhkan PT. Chakra Tunggal Elektrindo dapat dilakukan dengan persamaan $Q_c = P \{ \tan \tan (\cos^{-1}awal(\Pi)) - \tan \tan (\cos^{-1}akhir(\Pi)) \}$ untuk itu faktor daya yang akan dicapai berupa $\cos \phi$ 0,98 dikarenakan hampir tidak mungkin untuk mencapai nilai 1. Dengan demikian diperoleh data berdasarkan tabel 4.2

Tabel 4.5 Data untuk mencari Q_c

Konduktor	Daya Nyata (kW)	Cos phi	Tan phi
R	2,11	0,239	76,1
S	0,949	0,332	70,6
T	0,891	0,327	70,9

Dengan data di atas, kebutuhan daya reaktif didapatkan 3 nilai dengan demikian kapasitor yang akan dipasang dapat diprediksi besar daya reaktif yang dibangkitkan dan disalurkan pada tiap-tiap- konduktor MDP.



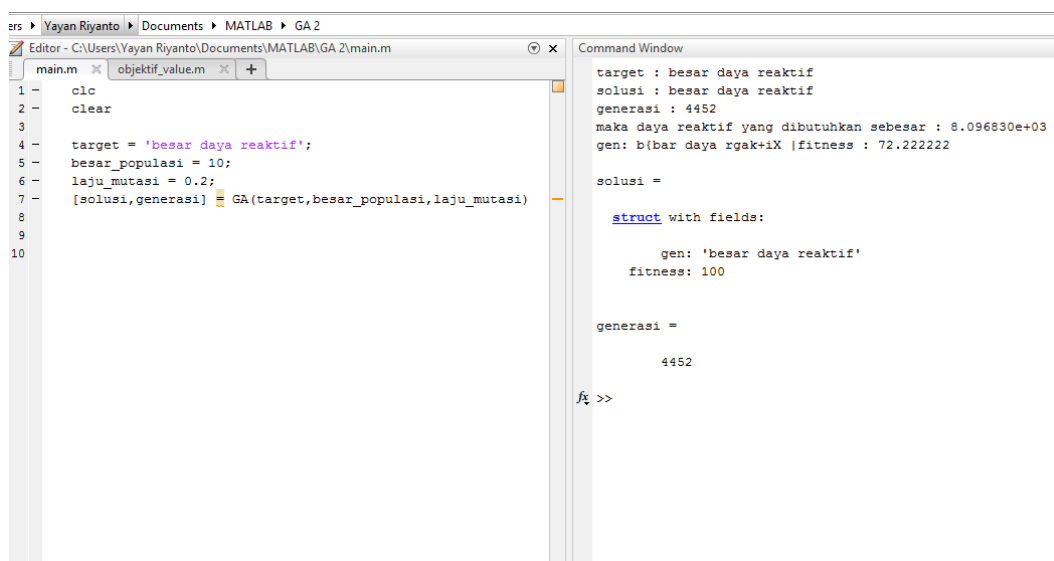
```

Editor - C:\Users\Yayan Riyanto\Documents\MATLAB\GA 2\objektif_value.m
main.m x objektif_value.m x +
1 function Qc = objektif_value(x,y)
2     x = [76.1];
3     y = [11.5];
4     p = [2110];
5     Qc = (p*(tan(x*pi/180)-tan(y*pi/180)));
6 end
7
8

```

Gambar 4.9 Persamaan dalam Mencari Daya Reaktif yang Dibutuhkan

Merupakan nilai objektif dengan batasan fungsi persamaan mencari besar daya reaktif yang dibutuhkan konduktor R pada MDP dengan cos phi awal direpresentasikan dengan huruf 'x' dan untuk faktor daya yang akan dicapai direpresentasikan dengan 'y'. Berikut hasilnya



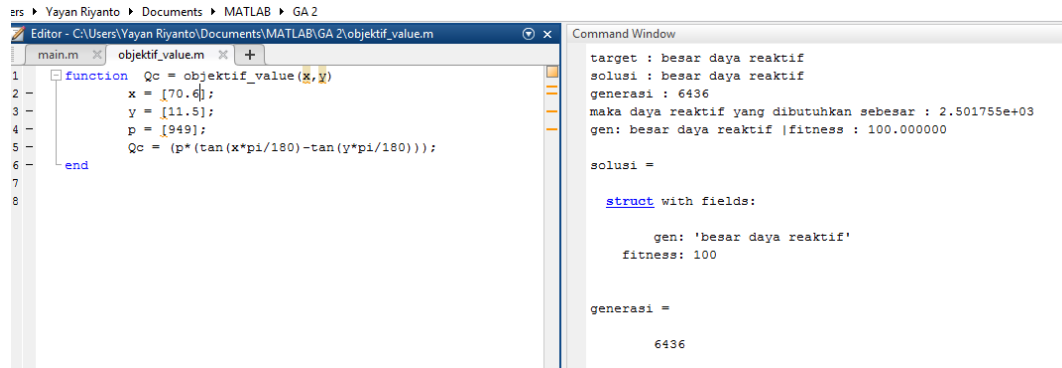
```

Yayan Riyanto Documents MATLAB GA 2
Editor - C:\Users\Yayan Riyanto\Documents\MATLAB\GA 2\main.m
main.m x objektif_value.m x +
1 clc
2 clear
3
4 target = 'besar daya reaktif';
5 besar_populasi = 10;
6 laju_mutasi = 0.2;
7 [solusi,generasi] = GA(target,besar_populasi,laju_mutasi)
8
9
10
Command Window
target : besar daya reaktif
solusi : besar daya reaktif
generasi : 4452
maka daya reaktif yang dibutuhkan sebesar : 8.096830e+03
gen: b(besar daya rgak+IX |fitness : 72.222222
solusi =
struct with fields:
    gen: 'besar daya reaktif'
    fitness: 100
generasi =
    4452
fx >>

```

Gambar 4.10 Hasil Kebutuhan Daya Reaktif pada Konduktor R

Pada generasi 4452 didapatkan nilai fitness 100 untuk memenuhi batasan nilai objektif yang ditentukan dan hasil dari nilai objektif tersebut sebesar 8,09 kVAR.



```

Editor - C:\Users\Yayan Riyanto\Documents\MATLAB\GA 2\objektif_value.m
main.m  objektif_value.m
1 function Qc = objektif_value(x,y)
2     x = [70.6];
3     y = [11.5];
4     p = [949];
5     Qc = (p*(tan(x*pi/180)-tan(y*pi/180)));
6 end
7
8

Command Window
target : besar daya reaktif
solusi : besar daya reaktif
generasi : 6436
maka daya reaktif yang dibutuhkan sebesar : 2.501755e+03
gen: besar daya reaktif |fitness : 100.000000

solusi =

struct with fields:

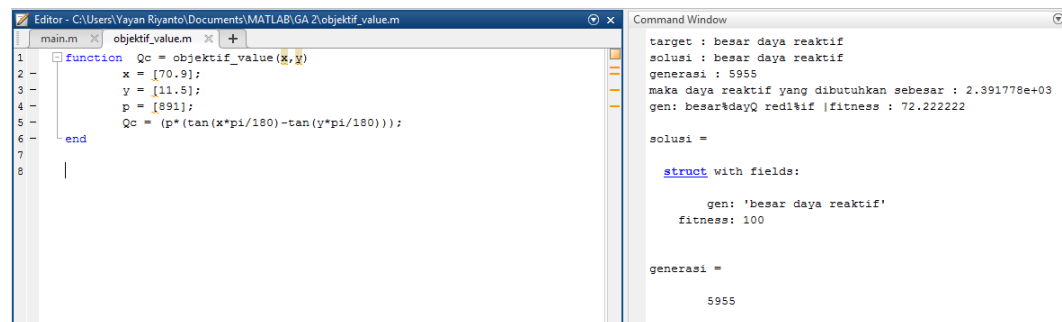
    gen: 'besar daya reaktif'
    fitness: 100

generasi =

    6436
  
```

Gambar 4.11 Hasil Pencarian Kebutuhan Daya Reaktif pada Konduktor S

Pada pencarian kedua untuk memenuhi kebutuhan daya reaktif pada konduktor S terdapat nilai dalam generasi 6436 dengan besar nilai daya reaktif 2,50 kVAR.



```

Editor - C:\Users\Yayan Riyanto\Documents\MATLAB\GA 2\objektif_value.m
main.m  objektif_value.m
1 function Qc = objektif_value(x,y)
2     x = [70.9];
3     y = [11.5];
4     p = [891];
5     Qc = (p*(tan(x*pi/180)-tan(y*pi/180)));
6 end
7
8

Command Window
target : besar daya reaktif
solusi : besar daya reaktif
generasi : 5955
maka daya reaktif yang dibutuhkan sebesar : 2.391778e+03
gen: besar daya reaktif |fitness : 72.222222

solusi =

struct with fields:

    gen: 'besar daya reaktif'
    fitness: 100

generasi =

    5955
  
```

Gambar 4.12 Hasil Pencarian Kebutuhan Daya Reaktif pada Konduktor T

Pencarian nilai daya reaktif yang dibutuhkan untuk konduktor T pada MDP terjadi pada generasi 5955 sebesar 2,391 kVAR. Dengan ini didapatkan data untuk kebutuhan daya reaktif yang dibangkitkan oleh kapasitor bank.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Qc dengan Algoritma Genetika

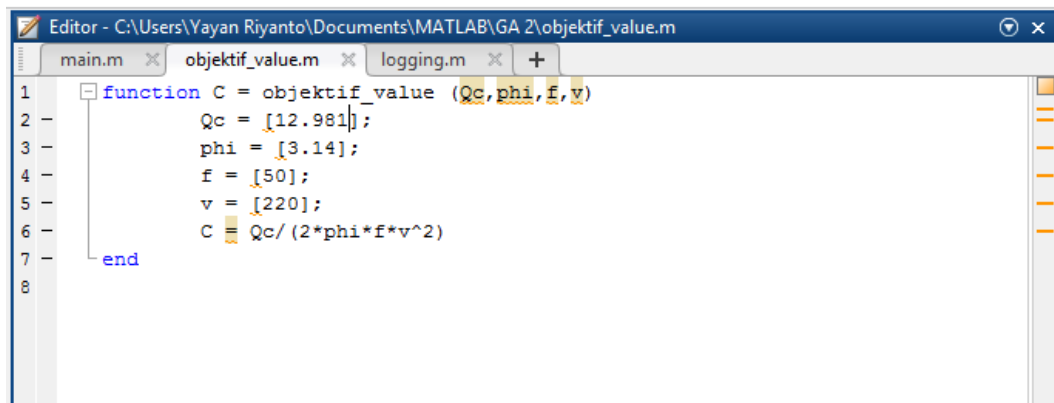
Konduktor	Daya Reaktif /Qc (kVAR)
R	8,09
S	2,50
T	2,391
Total	12,981

Dengan total kebutuhan daya sebesar 12,981 kVAR maka pemasangan kapasitor bank sebesar 15 kVAR menggunakan faktor daya regulator 8 step dengan kombinasi 1.1.1.2.2.4.6.8. agar memenuhi sesuai kebutuhan dan menghindari pemakaian secara percuma. Step yang digunakan ditujukan agar penyuplaian daya reaktif dari kapasitor bank dapat menyesuaikan kebutuhan sebagai contoh pada step

1.1.1. itu ketika jaringan tenaga listrik hanya membutuhkan daya reaktif yang kecil dan tidak sampai 1kVAR juga untuk nilai step 6.8 penggunaan ketika jaringan tenaga listrik membutuhkan daya reaktif yang cukup besar.

4.2.3. Kapasitas Kapasitor yang Dibutuhkan

Menghitung nilai kapasitor yang dibutuhkan akan melibatkan daya reaktif yang dibutuhkan, frekuensi, dan tegangan pada MDP. Secara total akan didapatkan dalam perhitungan berikut.



```

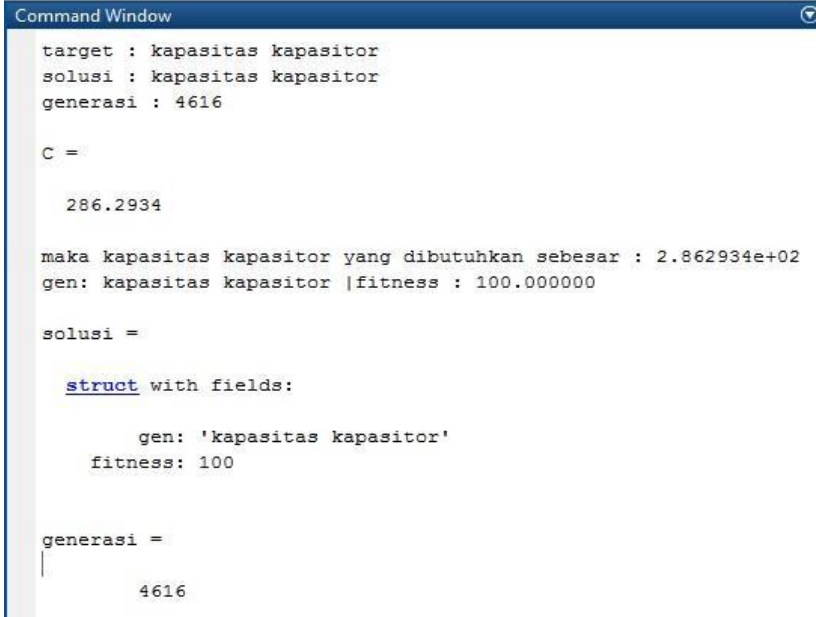
Editor - C:\Users\Vayan Riyanto\Documents\MATLAB\GA 2\objektif_value.m
main.m x objektif_value.m x logging.m x +
1 function C = objektif_value (Qc, phi, f, v)
2     Qc = [12.981];
3     phi = [3.14];
4     f = [50];
5     v = [220];
6     C = Qc / (2 * phi * f * v^2)
7 end
8

```

Gambar 4.13 Persamaan untuk Menghitung Nilai Kapasitor

Nilai objektif yang digunakan dalam mencari kapasitas kapasitor untuk kebutuhan instalasi kapasitor bank pada MDP sama dengan persamaan $C = \frac{Qc}{2\pi f v^2}$

Dan ditulis dalam *script* MATLAB dalam fungsi untuk menyambungkan dengan program algoritma genetika yang tersedia.



```

Command Window
target : kapasitas kapasitor
solusi : kapasitas kapasitor
generasi : 4616

C =

    286.2934

maka kapasitas kapasitor yang dibutuhkan sebesar : 2.862934e+02
gen: kapasitas kapasitor |fitness : 100.000000

solusi =

    struct with fields:
        gen: 'kapasitas kapasitor'
        fitness: 100

generasi =

    4616

```

Gambar 4.14 Hasil Pencarian Nilai Kapasitas Kapasitor

Pencarian nilai kapasitor dengan algoritma genetika akan menghasilkan 4616 generasi untuk kebutuhan PT. Chakra Tunggal Elektrindo sebesar 286 μF untuk membangkitkan daya reaktif sebesar 12,981 kVAR agar faktor daya mencapai 0,98. Untuk mendukung keabsahan dari hasil diatas dan juga sebagai pembuktian jika perbaikan nilai cos phi juga dapat untuk memperkecil dampak buruk seperti *drop voltage* dan rugi-rugi daya.

4.3. Analisis Biaya yang Dikeluarkan PT. Chakra Tunggal Elektrindo Dalam Konsumsi Energi Listrik

PT. Chakra Tunggal Elektrindo memiliki nilai cos phi yang sangat rendah sehingga memungkinkan adanya biaya denda untuk konsumsi energi listrik dari PT. PLN (PERSERO). Jam operasional PT. Chakra Tunggal Elektrindo dimulai dari jam 07.00 WIB sampai 16.00 WIB setiap hari. Dengan daya 33 kVA masuk dalam golongan tarif R-2/TR yang memiliki harga sebesar Rp. 1.444,- (TTL 2022 diakses di <https://web.pln.co.id/statics/uploads/2022/03/ttl-april-juni.jpg>).

4.3.1. Biaya Denda Sebelum Pemasangan Kapasitor Bank

Sebelum pemasangan kapasitor bank didapatkan data sebagai berikut. Daya dari PT. PLN sebesar 33kVA dipasangkan dengan nilai $\cos \phi$ 0,25. Maka daya nyata yang terpakai:

$$\begin{aligned} P &= \text{Daya dari PLN} \times \cos \phi \\ &= 33 \times 0,3 \\ &= 9,9 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{(S^2 - P^2)} \\ &= \sqrt{(33^2 - 9,9^2)} \\ &= 31,479 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

Pemakaian daya nyata dalam sebulan = $9,9 \times 9 \times 30 = 2\,673 \text{ kWh/bln.}$

Biaya pemakaian daya nyata dalam sebulan = $2\,673 \times 1\,444,70$
= Rp. 3 861 683,1,-/bln.

Pemakaian daya reaktif dalam sebulan = $31,479 \times 9 \times 30 = 8\,499,33 \text{ kVARH/bln.}$

$$\begin{aligned} \text{Persentase pemakaian} &= \frac{\text{Pemakaian daya reaktif dalam sebulan}}{\text{Pemakaian daya nyata dalam sebulan}} \times 100\% \\ &= 317,96\% \end{aligned}$$

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 07 Tahun 2010 BAB III ayat (3) biaya denda pemakaian daya reaktif yang lebih dari 62% dari jumlah pemakaian daya nyata. Maka dapat dihitung jumlah denda yang dibayar sebesar

Total denda = Pemakaian daya reaktif dalam sebulan - 62% Pemakaian daya nyata dalam sebulan \times Rp. 1 444,7-

$$= (8\,499,33 - 1\,634,9) \times \text{Rp. } 1\,444,70,-$$

$$= 6\,865.33 \times \text{Rp. } 1\,444,70,-$$

$$= \text{Rp. } 9\,918\,342,25 \text{ ,-/bln.}$$

Total pembayaran = Rp. 9 918 342,25 5 + Rp. 3 861 683,1

$$= \text{Rp. } 13\,780\,025,35,-/\text{bln.}$$

4.3.2. Biaya Denda Setelah Pemasangan Kapasitor Bank

Setelah melakukan perencanaan menggunakan algoritma genetika maka PT. Chakra Tunggal Elektrindo mempunyai kapasitor bank yang terpasang untuk membangkitkan daya reaktif sebesar 12,981 kVAR dengan $\cos \phi$ 0,98 maka biaya pengeluaran untuk konsumsi energi listrik sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P &= S \times \cos \phi \\ &= 33 \text{ kVA} \times 0,98 \\ &= 32,34 \text{ kW} \end{aligned}$$

Untuk pemakaian dalam sebulan = 8 731,8 kWh/bln.

Daya reaktif dari pemasangan kapasitor bank untuk memenuhi kebutuhan nilai $\cos \phi$ 0,98 yaitu sebesar 15 kVAR.

$$\begin{aligned} Q_c &= 31,479 \text{ kVAR} - 15 \text{ kVAR} \\ &= 16,476 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

Untuk pemakaian dalam sebulan = $16,479 \times 9 \times 30 = 4 499,33$ kVARH/bln.

$$\begin{aligned} \text{Persentase Pemakaian} &= \frac{\text{Pemakaian daya reaktif dalam sebulan}}{\text{Pemakaian daya nyata dalam sebulan}} \times 100\% \\ &= 5,1 \% \end{aligned}$$

Dikarenakan persentase pemakaian $< 62\%$ maka tidak dikenakan denda oleh karena itu tarif untuk biaya daya reaktif menjadi Rp. 0,- maka biaya tarif tenaga listrik yang dikeluarkan PT. Chakra Tunggal Elektrindo.

$$\begin{aligned} \text{Total pembayaran} &= 8 731,8 \times 1 444,70 \\ &= \text{Rp. } 12 094 739,5, \text{-/bln.} \end{aligned}$$

Selisih pembayaran sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor bank

$$= \text{Rp. } 13 684 920,8 - \text{Rp. } 12 094 739,5 = \text{Rp. } 1 590 181, \text{-/bln.}$$

4.3.3. Analisis Investasi Pemasangan Kapasitor Bank

Memulai investasi diperlukan modal tertentu untuk ke dalam suatu benda, lembaga, atau yang lain sebagainya dengan tujuan mendapatkan keuntungan setelah kurun waktu tertentu. Dalam hal ini bentuk investasinya berupa benda yaitu kapasitor bank dengan fungsi mengurangi rugi-rugi yang diakibatkan denda konsumsi daya reaktif yang tidak disengaja. Prediksi rincian harga untuk

pemasangan kapasitor bank sebagai berikut. Untuk mengetahui keuntungan di masa yang akan datang kita dapat menghitung dengan cara

1. Perkiraan harga total pemasangan kapasitor bank sebesar Rp. 17 060 000,- merupakan I_0 .
2. Suku bunga dianggap 3,5% sehingga $r = 3,5\%$
3. Data dari selisih pembayaran sebelum pemasangan kapasitor bank dengan setelah pemasangan kapasitor bank diasumsikan sebagai kas perbulan sebesar Rp. 1 590 181,-

Tabel 4.7 Prediksi Harga Pemasangan Kapasitor Bank di PT. Chakra Tunggal Elektrindo

No.	Barang/Jasa	Harga (Rupiah)
1	Panel Kapasitor Bank (15 kVAR)	12 500 000
2	Jasa Pengirima	60 000
3	Harga Kabel feeder	1 000 000
4	Jasa Pemasangan	3 000 000
5	Tes dan Uji Coba	500 000
Jumlah		17 060 000

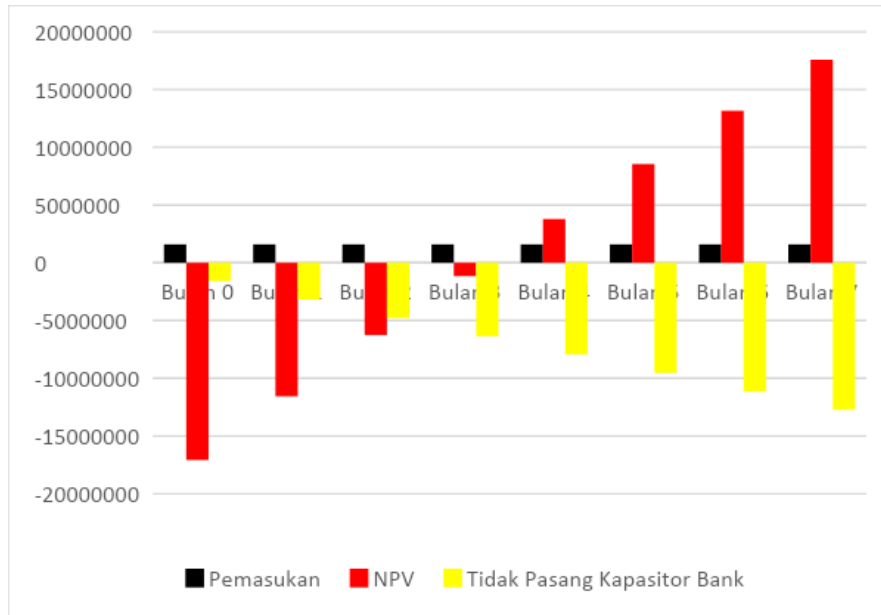
Maka didapatkan tabel *Net Present Value* yaitu hasil perhitungan antara selisih pemasukan dan pengeluaran. Secara sederhana dalam dunia ekonomi NPV berupa perkiraan arus kas untuk dapat memantau perkiraan masa yang akan datang yang disesuaikan dengan kondisi sekarang.

Tabel 4.8 Data Perkiraan Hasil Investasi

Investasi Awal (I_0) (Rp)	Waktu (/bln)	Kas perbulan (Rp)	Bunga (/bln)	DF	Kas x DF (Discount Factor)	NPV (Rp)
17 060 000	0	0	3,5%	3	-	17 060 000,00
17 060 000	1	1 590 181	3,5%	3,46	5 502 026,2	11 557 973,74
17 060 000	2	1 590 181	3,5%	3,33	5 295 302,73	6 262 671,01
17 060 000	3	1 590 181	3,5%	3,21	5 104 481,01	1 158 190,00

17 060 000	4	1 590 181	3,5%	3,11	4 945 462,91	3 787 272,91
17 060 000	5	1 590 181	3,5%	3,00	4 770 543,00	8 557 815,91
17 060 000	6	1 590 181	3,5%	2,89	4 595 623,09	13 153 439,00
17 060 000	7	1 590 181	3,5%	2,78	4 420 703,18	17 574 142,18

Data di atas menunjukkan estimasi biaya yang dikeluarkan PT. Chakra Tunggal Elektrindo pasca pemasangan kapasitor bank yang akan surplus di bulan ke 4 dan seterusnya. Pada periode awal waktu pemasangan kapasitor bank kas perbulan bernilai 0 dikarenakan tidak adanya pemasukan sehingga nilai NPV sebesar Rp. - 17 060 000,- untuk 1 bulan setelah pemasangan kapasitor bank didapatkan pemasukan kas sebesar Rp. 1 590 181,- dari selisih pembayaran sebelum pemasangan kapasitor bank dengan setelah pemasangan kapasitor bank dan dikalikan dengan bunga perbulan dalam hal ini diambil dari *7-day Repo Rate* Bank Indonesia selama 6 bulan terakhir. Keuntungan lain yang didapatkan setelah pemasangan kapasitor bank seperti mengurangi risiko kerusakan beban listrik dikarenakan penggunaan daya reaktif dan lain sebagainya. Sehingga didapatkan nilai NPV Rp. -11 557 973,74,- Dan akan berlanjut untuk periode selanjutnya hingga pada periode bulan ke 4 setelah pemasangan kapasitor didapatkan nilai NPV sebesar Rp. 3 787 272.91,-



Gambar 4.15 Grafik Pengeluaran Biaya Setelah Pemasangan Kapasitor Bank

Pada grafik di atas nilai NPV dimulai dengan nilai terendah dan mempunyai perkembangan yang signifikan dan melewati angka 0 pada bulan ke 4 dimana pada bulan ini menjadi titik balik modal untuk pemasangan kapasitor bank. Tetapi untuk grafik tidak pasang kapasitor bank mempunyai perkembangan grafik yang turun dan akan bertambah kerugiannya secara linier.