

Optimasi Antena Mikrostrip *Rectangular Patch* Polarisasi Sirkuler pada Frekuensi 2.4 Ghz dengan Algoritma Genetika Untuk Satelit Nano

Evi Rahmawati, Eko Setijadi, dan Gamantyo Hendrantoro
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya, 60111
e-mail : ekoset@ee.its.ac.id

Abstrak—Pada penelitian ini dibuat simulasi desain antena mikrostrip dengan optimasi menggunakan algoritma genetika yang disesuaikan dengan ukuran satelit nano. Salah satu kriteria dari satelit tersebut adalah memiliki antena dengan frekuensi 2,4 GHz. Antena mikrostrip ini menggunakan pencatutan *aperture coupled*. Algoritma genetika diaplikasikan untuk mengoptimasi tiga parameter antena yaitu panjang *patch*, lebar *patch* dan panjang *slot* terhadap *impedance matching* antena dilihat dari sisi VSWR. Sedangkan parameter seperti panjang *feeding*, lebar *feeding*, lebar *slot*, tinggi substrat, tinggi *patch* telah ditentukan berdasarkan perhitungan awal antena mikrostrip. Sedangkan fungsi *fitness* diturunkan dari pemodelan *transmission line*. Optimasi ini dilakukan dalam matlab dan CST *microwave studio*.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan mengubah tiga parameter yang dioptimasi, simulasi antena ini dapat memenuhi kriteria antena yaitu nilai $VSWR < 2$ dengan $return\ loss < -10$ dB dengan panjang *patch*, lebar *patch* dan panjang *slot* yang dibangkitkan secara random. Sedangkan perbandingan hasil optimasi di matlab dan simulasi CST *microwave studio* terdapat perbedaan nilai VSWR.

Kata Kunci—algoritma genetika, *aperture coupled*, antena mikrostrip, *impedance matching*, VSWR.

I. PENDAHULUAN

Dalam membangun sebuah komunikasi untuk satelit nano dibutuhkan sebuah antena yang berukuran kecil dan *low profile*. Antena yang dapat digunakan adalah antena mikrostrip. Antena tersebut dipilih karena memiliki ukuran yang kecil, *compact*, *low weight* dan *low fabrication cost* serta mudah untuk diintegrasikan dengan sirkuit atau rangkaian dibelakangnya (*receiver* atau *transmitter*). Antena mikrostrip merupakan antena yang menggunakan teknologi *printed-circuit board* (PCB) yang biasa disebut dengan *patch antenna* atau *printed antenna*[1].

Pada awalnya desain antena mikrostrip dilakukan secara konvensional. Dengan kata lain, masih dilakukan metode desain dengan cara memperhitungkan parameter-parameter yang bersangkutan secara manual. Parameter-parameter tersebut tentu saja masih berkaitan dengan karakteristik elektromagnetik yang dimiliki oleh sebuah antena. Berdasarkan dari hasil perhitungan secara manual tersebut, kemudian diaplikasikan. Jika tidak dihasilkan antena dengan kinerja yang sesuai spesifikasi desain, maka dilakukan perbaikan dan optimasi dalam perancangan.

Langkah mendesain antena secara konvensional ini tidak efisien serta tidak ekonomis. Alternatif baru selain metode

tersebut adalah dengan menggunakan salah satu metode optimasi yaitu algoritma genetika[2]. Metode ini berguna saat berhadapan dengan formula yang tujuannya mencari hasil yang optimal. Permasalahan yang timbul adalah menentukan variabel-variabel parameter apa saja yang harus diolah dan berapa banyak iterasi perhitungan yang harus dilakukan. Selain itu, bagaimana menghubungkan metode algoritma genetika kedalam formula dari antena mikrostrip, maka dibutuhkan perangkat lunak untuk menyelesaikan masalah ini.

Pada penelitian ini, algoritma genetika diaplikasikan untuk mengoptimasi tiga parameter antena yaitu panjang *patch*, lebar *patch* dan panjang *slot* terhadap *impedance matching* antena dilihat dari sisi VSWR. Sedangkan parameter seperti panjang *feeding*, lebar *feeding*, lebar *slot*, tinggi substrat, dan tinggi *patch* telah ditentukan berdasarkan perhitungan awal antena mikrostrip. Sedangkan fungsi *fitness* diturunkan dari pemodelan *transmission line* antena mikrostrip. Bentuk antena mikrostrip yang didesain yaitu *rectangular patch* dengan menggunakan teknik pencatutan *aperture coupled*. Untuk mendapatkan polarisasi sirkuler maka dibentuk *cross slot*[3]. Antena ini dipilih untuk satelit yang beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz dengan parameter $VSWR < 2$ dan $return\ loss < -10$ dB.

II. METODE PENELITIAN

Pada proses optimasi antena mikrostrip kali ini fungsi objektif yang ditentukan berupa fungsi VSWR. Pada tahap awal dilakukan pemodelan *transmission line* untuk menentukan fungsi objektif dengan pemodelan *transmission line*. VSWR merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{max}$) dengan minimum ($|V|_{min}$). Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Nilai VSWR yang baik adalah $VSWR < 2$ sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain, saluran transmisi sudah *matching*. Nilai parameter ini menjadi salah satu acuan untuk melihat antena sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan.

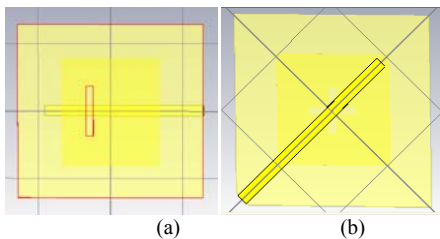
Oleh karena itu, pada proses optimasi ini menggunakan algoritma genetika untuk mengoptimalkan panjang *patch*, lebar *patch*, dan panjang *slot* sebagai *decision variabel* untuk mendapatkan nilai $VSWR < 2$. Variabel tetap antena ditentukan dari perhitungan awal desain antena. Optimasi ini dilakukan di

matlab dan di CST *microwave studio*. Hasil optimasi dengan algoritma genetika di CST *microwave studio* ini digunakan sebagai pembandingan dari optimasi di matlab.

A. Desain Awal Antena

Penentuan kriteria desain antena awal yang dibuat dapat dilihat dari spesifikasi bahan yang dipakai. Bahan yang dipakai adalah FR04 Epoxy dengan ketebalan 1.6 mm dan tembaga dengan ketebalan 0.035 mm dan konstanta dielektrik relatif 4.3.

Penentuan dimensi awal antena *microstrip* dilakukan dengan analisis *transmission line*[4]. Dari perhitungan secara teoritis tersebut didapatkan parameter dimensi antena antara lain panjang gelombang (λ) 125 mm, panjang gelombang dielektrik (λ_g) 60 mm, panjang lempengan radiasi atau *patch* (L) 29,42 mm, dan lebar lempengan radiasi atau *patch* (W) 38 mm. Sedangkan untuk perhitungan pencatuaan *aperture coupled* didapatkan panjang *slot* 8.788 mm, lebar *slot* (Ws) 0.975 mm, panjang saluran pencatu 43,97 mm, dan lebar saluran pencatu 3.11 mm[5]. Dari hasil perhitungan didapatkan hasil simulasi CST 2011 *microwave studio*.



Gambar. 1. Desain Awal Antena Mikrostrip (a) *Aperture Coupled* (b) *Aperture Coupled Cross Slot*

Untuk menghasilkan polarisasi sirkuler membutuhkan desain *slot* dan *patch* yang sedikit rumit terutama pada saat optimasi. Salah satu teknik yang dipakai untuk menghasilkan polarisasi sirkuler pada antena mikrostrip *aperture coupled* antara lain adalah *cross (+) slot*. Kedua teknik tersebut memodifikasi *slot* sedemikian rupa sehingga polarisasi yang dapat dilihat dari simulasi medan e ($e - field$) berbentuk sirkuler dan dengan menghitung nilai *axial ratio*.

Dalam penerapannya teknik ini membuat *slot* menjadi bentuk *cross (+)* atau dengan kata lain terdapat *slot* tambahan yang posisinya tegak lurus dengan *slot* yang sudah ada. Selain memodifikasi desain *slot* bentuk dari saluran pencatu juga mengalami perubahan, yaitu pada jalur saluran pencatu yang miring 45 derajat[3].

B. Optimasi Antenadi CST microwave studio 2011

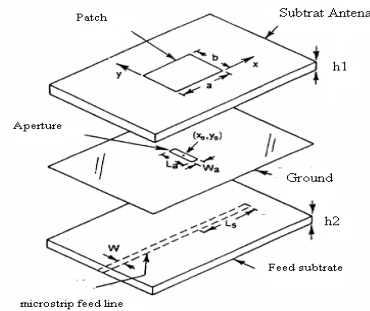
Untuk mendapatkan hasil simulasi yang sesuai dengan kriteria, maka dibutuhkan modifikasi pada dimensi antena. Modifikasi yang dilakukan dapat berupa mengubah dimensi *patch*, *slot*, dan *feed*. Dalam tugas akhir ini modifikasi dilakukan pada dimensi *patch* dan *slot* saja, untuk saluran pencatu tidak dilakukan karena akan mempengaruhi impedansi. Untuk melakukan modifikasi digunakan pilihan *optimizer* dengan metode algoritma genetika pada *software* CST *microwave studio* 2011.

Untuk melakukan optimasi ini, langkah pertama memilih metode yang digunakan dalam optimasi lalu menentukan *range* untuk setiap parameter yang dioptimasi. Selanjutnya

menentukan *goal* yang diinginkan pada simulasi ini ditentukan nilai VSWR.

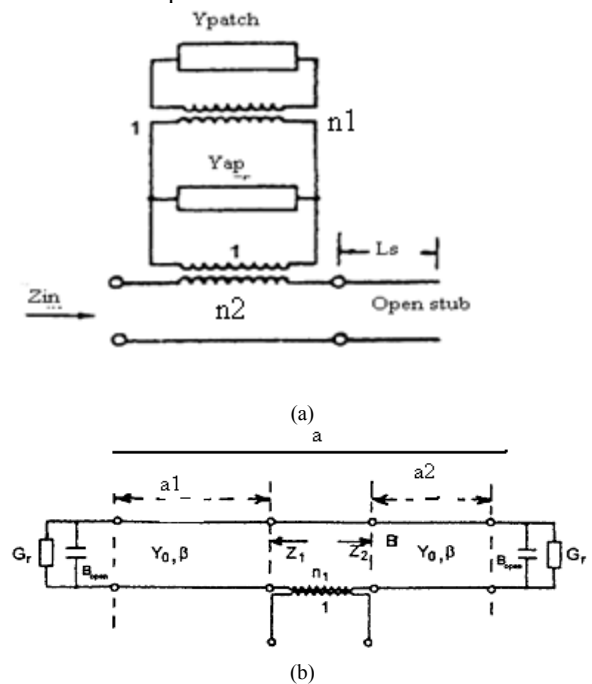
C. Pemodelan Transmission Line

Antena mikrostrip *aperture coupled* ditunjukkan pada Gambar 2. Antena ini menggunakan 2 lapis substrat yang dipisahkan oleh *ground*, sedangkan *patch* dan saluran pencatu antena masing masing terletak pada permukaan substrat yang berbeda.



Gambar. 2. Antena Mikrostrip *Aperture Coupled*[6]

Dengan bentuk pemodelan *transmission line* seperti rangkaian ekuivalen pada Gambar 3.



Gambar. 3. Rangkaian Ekuivalen *Transmission line*[6] (a) Rangkaian Ekuivalen Antena Mikrostrip *Aperture Coupled* (b) Rangkaian Ekuivalen *Transmission Line Rectangular Patch*.

Impedansi input antena diberikan oleh[6]:

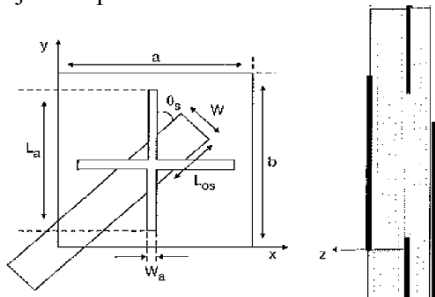
$$Z_{in} = \frac{n_2^2}{(n_1^2 \times Y_{patch} + Y_{ap})} - jZ_{om} \cot(\beta_m L_{os}) \quad (1)$$

Dimana n_2 adalah *turn* rasio dari transformer yang digunakan untuk mendiskripsikan ketergantungan/*coupling patch* ke mikrostrip *line*. Y_{patch} adalah admitansi *patch* ditentukan pada bagian tengah *slot* dan *aperture susceptance* Y_{ap} bisa didapatkan dari[6]:

$$Y_{ap} = -j2Y_{0s} \cot\left(\frac{\beta_s L_a}{2}\right) \quad (2)$$

dimana Y_{0s} sama dengan $1/Z_{0s}$.

Sedangkan antenna mikrostrip *aperture coupled cross slot* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar. 4. Antena Mikrostrip *Aperture Coupled Cross slot*[3]

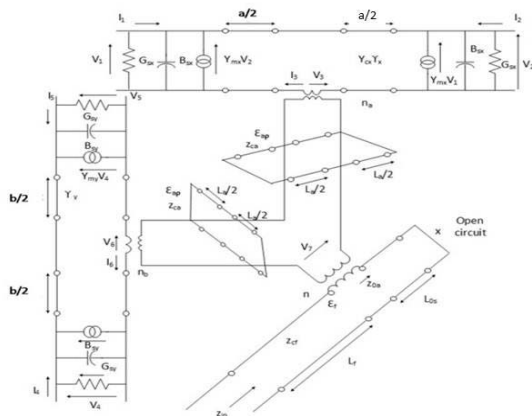
Pengoperasian *cross slot* didasarkan pada dua *ortogonal aperture* ke bidang *patch* secara independen dalam arah x dan y.

Untuk admitansi input Y_{inx} pada arah x pada pemodelan *transmission line*[3].

$$Y_{inx} = \frac{2Y_{cx} \left[\coth\left(\frac{\gamma x a}{2}\right) - \frac{Y_{cx}}{\sinh^2\left(\frac{\gamma x a}{2}\right) [Y_{sx} + Y_{cx} \coth\left(\frac{\gamma x a}{2}\right) - Y_m]} \right]}{\quad} \quad (3)$$

Demikian pula, untuk admitansi input Y_{iny} pada arah y. Sedangkan untuk admitansi Y_{ap} [3] :

$$Y_{ap} = -\frac{2j}{Z_{0s}} \times \cot\left(\beta_s \frac{L_a}{2}\right) \quad (4)$$



Gambar. 5. Rangkaian Ekuivalen *Aperture Coupled Cros Slot*[3]

dan untuk total admitansi dua *aperture* yaitu :

$$Y_{ta} = n_a^2 Y_{inx} + Y_{ap}(5)$$

$$Y_{tb} = n_b^2 Y_{iny} + Y_{ap}(6)$$

Impedansi input antenna diberikan oleh [3]:

$$Z_{in} = n^2 \left(\frac{1}{Y_{ta}} + \frac{1}{Y_{tb}} \right) - jZ_{0m} \times \cot(\beta_m L_{0s}) \quad (7)$$

Dimana Z_{0m} adalah impedansi mikrostrip *line* antenna.

III. TEKNIK OPTIMASI ALGORITMA GENETIKA

Dalam optimasi menggunakan GA terdapat beberapa elemen utama antara lain gen yang berisi nilai bit “0” dan “1”. Dari kumpulan gen tersebut membentuk kromosom dan individu yang mewakili tiga bagian antenna yang menjadi solusi dari proses optimasi ini. Sejumlah individu yang ada pada setiap iterasi (generasi) disebut sebagai populasi.

Tabel 1. Parameter Algoritma Genetika

Keterangan	Jumlah
Populasi	40
bit	36
Pm	0.05
Generasi maksimum	200

A. Inisialisasi Populasi

Pada proses awal inisialisasi populasi dibangkitkan individu sebanyak 40 sebagai populasi generasi pertama, dimana setiap individu terdiri dari bilangan biner berbentuk vektor baris berukuran 1x36, sehingga populasi yang terbentuk seolah olah berupa matriks biner berukuran 40x36.

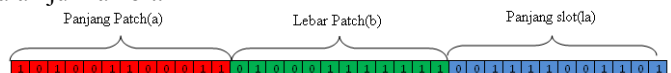
B. Dekodekan Kromosom

Kromosom merupakan bagian dari keseluruhan populasi yang mewakili sebuah individu. Fungsi ini bertujuan untuk mendekodekan sebuah kromosom yang berisi bilangan biner menjadi sebuah individu ‘x’ yang bernilai real dan merepresentasikan konfigurasi 3 buah bagian antenna yang dioptimasi yaitu a, b dan la.

Dalam mengubah nilai biner menggunakan Persamaan (8) :

$$x = m + int \times \frac{(k-m)}{2^n} \quad (8)$$

Dimana nilai x adalah individu, m batas bawah nilai, k batas nilai atas, int dalah nilai integer pada populasi dan n adalah jumlah bit.



Gambar. 6. Ilustrasi Pendekodekan Kromosom

C. Perhitungan VSWR

Sedangkan fungsi objektif dalam optimasi ini adalah Persamaan VSWR.

$$\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_{0m}}{Z_{in} + Z_{0m}} \quad (9)$$

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (10)$$

Masukan dari fungsi ini adalah nilai panjang *patch*(a), lebar *patch*(b), dan panjang *slot*(la) dari representasi tiap kromosom. Pada masalah optimasi ini, meminimalkan fungsi VSWR dan nilai yang diinginkan adalah $VSWR < 2$. Sehingga fungsi VSWR tidak bisa digunakan secara langsung sebagai fungsi *fitness*, karena adanya aturan nilai *fitness* yang paling tinggi lebih mampu bertahan hidup pada generasi berikutnya [7]. Sehingga fungsi *fitness* dalam optimasi ini:

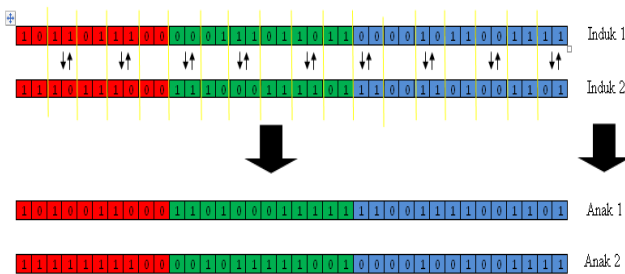
$$F = \frac{1}{VSWR} \quad (11)$$

D. Perangkingan dan Seleksi

Untuk memilih individu mana yang akan melakukan proses *crossover* (pindah silang) dan individu mana yang harus tereliminasi dari sebuah populasi terlebih dahulu perlu dilakukan proses perankingan. Nilai – nilai *fitness* dari proses perhitungan VSWR menjadi masukan dalam proses perankingan kali ini. Setelah dilakukan proses perangkingan dilakukanlah proses seleksi. Pada proses seleksi dilakukan menggunakan metode $(\mu+\lambda)$ *selection* atau sering disebut juga seleksi dengan pemotongan (*truncation selection*). Hanya individu-individu yang terbaik saja yang akan diseleksi sebagai induk. Selanjutnya dilakukan proses *crossover*(pindah silang). Pada makalah dipilih 50% individu terbaik hasil perankingan untuk selanjutnya dilakukan *crossover* (pindah silang) dan menghasilkan individu individu sebagai anak. Sedangkan untuk 50% individu terburuk dari hasil perankingan akan tereliminasi dan digantikan oleh individu anak hasil *crossover*[8].

E. Pindah Silang

Prosedur pindah silang adalah prosedur untuk mengkawinkan dua induk yang telah dipilih pada proses seleksi, induk tersebut merupakan 50 % individu terbaik hasil perankingan. Pindah silang pada permasalahan ini dapat diimplementasikan dengan skema pindah silang 16 titik (*multipoint crossover*). Titik potong diperoleh ditentukan pada titik tengah kromosom, gen gen yang berseberangan dari kedua kromosom tersebut akan dipertukarkan antar induk.



Gambar. 7. Ilustrasi Pindah Silang

Setelah mengalami proses pindah silang, maka akan dihasilkan satu populasi baru hasil pindah silang termasuk didalamnya individu terbaik hasil perankingan dari proses sebelumnya.

F. Mutasi

Selanjutnya adalah mutasi yang digunakan adalah skema *swap mutation*. Dengan skema *swap mutation* ini mutasi dilakukan dengan cara menukarkan gen-gen yang dipilih secara acak. Mutasi ini mengubah gen 0 menjadi 1 dan sebaliknya secara acak. Jumlah kromosom yang mengalami proses mutasi dalam satu populasi ditentukan oleh parameter probabilitas mutasi (Pmutasi). Pada optimasi kali ini probabilitas mutasi yang digunakan sebesar 0,05.

IV. HASIL

Parameter-parameter yang dibutuhkan harus ditentukan terlebih dahulu sebelum melakukan simulasi, baik parameter

dari antenna mikrostrip maupun untuk proses optimasi algoritma genetika. Sebelum dilakukan optimasi di matlab, telah dilakukan desain awal menggunakan variabel tetap hasil perhitungan awal antenna mikrostrip

Sedangkan optimasi algoritma genetika menggunakan CST *microwave studio* yang akan digunakan sebagai referensi.

A. Hasil Optimasi AG di Matlab

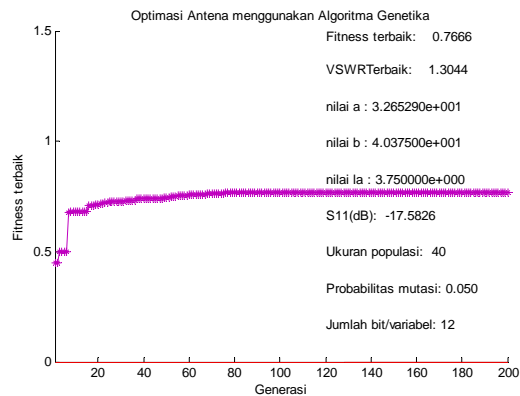
Hasil perhitungan desain awal antenna, disubsitusikan dalam Persamaan *transmission line* tanpa menggunakan optimasi AG, didapatkan nilai VSWR= 559.9117. Nilai VSWR ini sangat besar. Semakin tinggi nilai VSWR maka semakin besar pula *mismatch* dan semakin minimum VSWR maka antenna semakin *matching*. Oleh karena itu, untuk mendapatkan VSWR<2, dalam penelitian ini menggunakan salah satu metode optimasi yaitu algoritma genetika.

Tabel 2. Hasil Optimasi Antena Mikrostrip *Aperture Coupled*

Simulasi	S11(dB)	VSWR	Nilai(mm)		
			a	b	La
1	-17.5826	1.3044	32.652	40.375	3.75
2	-17.4201	1.3110	32.652	40.37	3.7609
3	-16.5940	1.3475	32.57	40.375	3.8186

Dari hasil simulasi tiga kali dilakukan, terjadi kenaikan yang sangat tinggi dan lebih baik dibandingkan dengan nilai VSWR sebelum optimasi, yaitu VSWR= 559.9117. VSWR terbaik ada pada hasil simulasi *aperture coupled* kedua yaitu 1.3044 dengan nilai parameter antenna panjang *patch* antenna(a) yaitu 32.6529 mm, lebar *patch* antenna (b) 40.375 mm dan panjang *slot*(la) 3.75 mm.

Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan hasil optimasi di matlab.



Gambar. 8. Hasil Simulasi Pertama

Sedangkan hasil simulasi optimasi antenna mikrostrip *aperture coupled cross slot* tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Optimasi Antena Mikrostrip *Aperture Coupled Cross Slot*

Simulasi	S11(dB)	VSWR	Nilai(mm)		
			a	b	la
1	-13.208	1.5594	40.051	40.051	4.21
2	-7.4325	2.4782	40.046	40.0466	5.569
3	-12.979	1.5786	40.051	40.0515	4.139

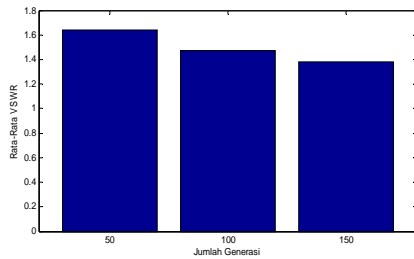
B. Pengujian Nilai VSWR Terhadap Jumlah Generasi

Pengujian dilakukan pada jumlah generasi 50, 100 dan 150. Hal ini untuk mengetahui variasi data VSWR.

Tabel 4.

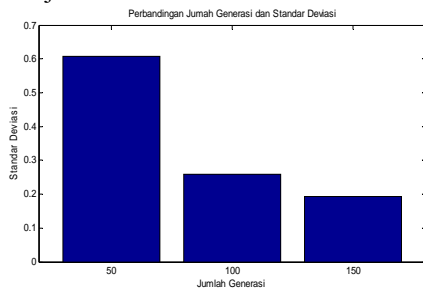
Hasil Simulasi Antena Mikrostrip *Aperture Coupled*

Jumlah Generasi	Jumlah Simulasi	Rata-rata	Standar Deviasi
50	20	1.64161	0.606706
100	20	1.47471	0.258154
150	20	1.38122	0.193678



Gambar. 9. Perbandingan Jumlah Generasi Terhadap Rata-Rata VSWR

Dari Gambar 9, semakin banyak jumlah generasi maka semakin kecil nilai rata-rata dari VSWR yang didapatkan. Pada pemilihan 150 generasi maka didapatkan nilai rata-rata VSWR 1.38122. Sedangkan untuk Standar deviasi, semakin banyak generasi maka semakin kecil nilai standar deviasi. Hal ini menunjukkan semakin sedikit variasi nilai VSWR.



Gambar. 10. Perbandingan Jumlah Generasi Terhadap Standar Deviasi

Dari Gambar 10 dapat diamati bahwa saat pemilihan jumlah generasi sebesar 150, maka variasi data semakin sedikit. Variasi data dari 20 kali simulasi untuk pemilihan generasi sebesar 150 semakin sedikit disebabkan pada saat generasi lebih dari 100 mengalami titik konvergen. Hal menyebabkan nilai hasil optimasi AG tidak mengalami kenaikan adalah suatu populasi terjebak pada optimum lokal dan tidak mendapatkan proses mutasi. Sehingga nilai VSWR terbaik tidak berpindah lagi.

Sedangkan untuk standar deviasi, semakin banyak generasi maka semakin kecil nilai standar deviasi. Hal ini menunjukkan semakin sedikit variasi nilai VSWR.

Standar deviasi merupakan variasi sebaran data. Semakin kecil nilai sebaran berarti variasi nilai data makin sama. Jika sebarannya bernilai 0, maka nilai semua data adalah sama. Semakin besar nilai sebarannya berarti data semakin bervariasi. Dari Gambar 10 dapat diamati bahwa saat pemilihan jumlah generasi sebesar 150, maka variasi data semakin sedikit.

C. Verifikasi Hasil Simulasi Algoritma Genetika di CST Microwave studio2011

Untuk verifikasi hasil optimasi. Nilai *a*, *b* dan *la* disimulasikan di CST *microwave studio* untuk mengetahui akurasi dari optimasi dalam matlab.

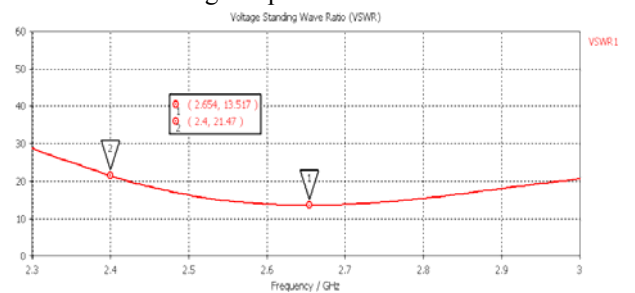
Hasil perbandingan nilai VSWR dan S11 antara matlab dengan simulasi CST *microwave studio* untuk nilai parameter antenna hasil optimasi algoritma genetika pada frekuensi 2.4 GHz.

Tabel 5.

Verifikasi Hasil Optimasi di CST *microwave studio*

Matlab		CST <i>microwave studio</i>	
VSWR	S11(dB)	VSWR	S11(dB)
1.3044	-17.5826	21.47	-0.800
1.3110	-17.4201	21.46	-0.81017
1.3475	-16.5940	21.299	-0.8168

Dari Tabel 5 dapat dilihat perbedaan nilai yang sangat jauh untuk nilai VSWR dan juga S11 untuk nilai parameter fisik antenna yang sama. Optimasi di matlab menghasilkan nilai VSWR dan *return loss* yang baik sedangkan saat nilai parameter antenna dimasukkan pada desain antenna, didapatkan nilai VSWR yang besar pada frekuensi 2.4 sedangkan nilai VSWR minimum bergeser pada frekuensi tertentu.



Gambar. 11. Hasil Simulasi Pertama

Pada hasil simulai pertama, pada Gambar 11. VSWR minimum dicapai pada frekuensi kerja 2.654 GHz dengan nilai VSWR 13.571. Sedangkan S11 minimum pada -1.2875 dB. Sementara nilai VSWR saat frekuensi 2.4 GHz yaitu 21.47 dengan S11 -0.80975 dB. Dari hasil simulasi ini didapat bahwa terdapat penyimpangan dari hasil optimasi AG di matlab dengan simulasi CST. Frekuensi kerja terbaik bergeser ke 2.654 GHz.

D. Hasil Simulasi Optimasi di CST microwave studio

Dengan mensubsitusikan variabel tetap antenna yang sudah ditetapkan dan menetapkan *rangedecision variabel* pada *software CST microwave studio*. Range panjang *patch* dan lebar *patch* yaitu 20 mm - 40.7059 mm dan panjang *slot* 3.75 mm - 15 mm. Pemilihan *range* ini disesuaikan dengan panjang dan lebar *patch* perhitungan awal antenna.

Tabel 6.

Hasil Optimasi Antena Mikrostrip *Aperture Coupled*

Simulasi	S11(dB)	VSWR	Nilai Parameter		
			a	b	la
1	-19.087	1.25	27.3	36.32	13.2
2	-19.125	1.2487	27.3	36.02	13.08
3	-15.321	1.6359	20.25	27.6	11.24

Tabel 7.
Hasil Optimasi Antena Mikrostrip *Aperture Coupled Cross Slot*

Simulasi	S11	VSWR	Nilai Parameter			
			a	b	La1	La2
1	-21.853	1.1758	25.876	28.443	13.8	8.6
2	-21.854	1.1758	25.876	28.443	13.8	8.6
3	-21.854	1.175	25.876	28.443	13.8	8.6

Hasil ketiga optimasi, didapatkan nilai yang saling mendekati. VSWR yang didapatkan yaitu 1.17 untuk *cross slot* menunjukkan simulasi antena *matching*. Dari hasil optimasi menggunakan AG di CST *microwave studio*, didapatkan hasil VSWR kurang 2 dan S11 kurang dari -10 dB dengan *decision variabel* yang tertera pada Tabel 4 dan 6.

E. Verifikasi Hasil Simulasi Algoritma Genetika di Matlab dan CST Microwave Studio

Hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4 untuk antena mikrostrip *aperture coupled* dan Tabel 5 dan 6 untuk antena mikrostrip *aperture coupled cross slot*. Dimana hasil optimasi pada CST *microwave studio*, makin panjang *slot* maka VSWR akan semakin kecil. Sedangkan pada optimasi di matlab dihasilkan VSWR kecil ketika panjang *slot* pendek.

F. Axial Ratio

Untuk menentukan polarisasi antena sirkuler atau tidak dapat dilakukan dengan menghitung *axial ratio* atau perbandingan nilai medan *e* pada sumbu x dan y.

Pada simulasi pertama, Perbandingan kedua medan *e* tersebut dapat dihitung dengan perhitungan berikut :

$$AR = E_{major} / E_{minor} \quad (11)$$

Dari hasil ketiga simulasi optimasi antena mikrostrip *aperture coupled cross slot* dengan Algoritma Genetika di CST *microwave studio*, didapatkan nilai medan *e* major dan minor. Pada sumbu x 5935.29 v/m dan sumbu y 6975.63 v/m sehingga *axial ratio* yaitu 1.175.

Nilai *axial ratio* dari antena menunjukkan polarisasi sirkuler, walaupun belum sempurna. Hal ini berdasarkan nilai *axial ratio* yang mendekati 1 yaitu 1,175.

Sedangkan hasil simulasi algoritma genetika di matlab dan disimulasikan di CST *microwave studio*. Dihasilkan data pada Tabel 8.

Tabel 8.
Hasil *Axial Ratio*

Simulasi	Sumbu x	Sumbu y	Axial rasio
1	0.00498745	11225	2250709
2	0.005028	10970.4	2181861.375
3	18334.6	12466.8	1.506

Berdasarkan Tabel 8, *axial ratio* dari antena menunjukkan polarisasi elip, namun untuk simulasi yang ketiga dengan nilai *axial rasio* 1.506 menunjukkan polarisasi mendekati sirkuler

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Pada proses optimasi kali ini telah dilakukan dua variasi optimasi di dua *software* yang berbeda, CST *microwave studio* yang digunakan sebagai pembanding atau referensi dan di matlab. Beberapa bagian antena ditetapkan dengan

perhitungan awal antena. Optimasi dilakukan dengan menggunakan algoritma genetika dengan *objective functions* berupa VSWR dan panjang *patch*, lebar *patch* dan panjang *patch slot* antena sebagai *decision variabel*. Hasil yang didapatkan pada optimasi ini bahwa dengan menggunakan metode algoritma genetika dapat menghasilkan nilai VSWR < 2 baik di matlab maupun di CST *microwave studio*. Akan tetapi hasil optimasi dari matlab dan CST *microwave studio* mempunyai perbedaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Kementerian Agama yang telah memberikan beasiswa kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pozar, D.M., "Microstrip Antenna", Proceeding of the IEEE, Vol.80, No.1, Januari 1992.
- [2] R. L. Haupt, "An introduction to genetic algorithms for electromagnetics," IEEE *AP-S Mag.* vol. 37, pp. 7-15, Apr. 1995.
- [3] B. Al-Jibouri, T. Vlasits, E. Korolkiewicz, S. Scott, and A. Sambell, "Transmission-line modelling of the cross-aperture-coupled circular polarised microstrip antenna," IEE Proceedings on Microwave Antennas & Propagation, Vol. 147, No. 2, April 2000, pp. 82-86.
- [4] Balanis, Constantine A., Antenna Theory Analysis And Design, Canada: John Wiley & Sons. 2005.
- [5] M. P. Civerolo, "Aperture Coupled Microstrip Antenna Design and Analysis," Faculty of California Polytechnic State University, 2010.
- [6] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, "Microstrip Antenna Design Handbook", Artech House, London, 2001.
- [7] Suyanto, " Algoritma Genetika dalam Matlab" Penerbit Andi, Yogyakarta, Januari 2005.
- [8] M. Gen, R. Cheng, " Genetic Algorithms & Engineering Optimization", Jepang, John Wiley & Sons, 2000