

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan antenna, pembuatan antenna, pengujian dan pengukuran antenna, serta analisis parameter-parameter antenna, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Antena *microstrip circular array four element* ini dibuat dengan menggunakan bahan FR-4 dengan nilai Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4.5

Dengan dimensi antenna setelah dioptimasi sebagai berikut :

4 Elemen Peradiasi dengan ukuran yang sama:

$$a = 1.72567 ;$$

$$y_0 = 1.15 \text{ cm} ;$$

$$W_0 = 1.42 \text{ mm} ;$$

$$L_t = 14.73 \text{ mm} ;$$

$$L_1 = 29.5 \text{ mm} ;$$

$$L_{2\text{optim}} = 17.14 \text{ mm}$$

$$W_1 = W_0 = 1.42 \text{ mm} ;$$

$$W_2 = 2.84 \text{ mm}$$

2. Nilai *VSWR* antenna mikrostrip *circular array* hasil pembuatan berbeda-beda tiap frekuensi. Pada frekuensi kerja 2,4 GHz antenna memiliki nilai *VSWR* sebesar 1,29. Hal ini berarti antenna ini dapat bekerja pada frekuensi kerja yang direncanakan sesuai dengan batas $1 \leq \text{VSWR} < 2$.
3. Pada frekuensi kerja 2,4 GHz, antenna memiliki nilai *return loss* sebesar -17.949 dB. Hal ini berarti antenna dapat bekerja dengan frekuensi kerja yang direncanakan sesuai dengan batas yang diijinkan yakni $< -10\text{dB}$.
4. Nilai *gain* antenna mikrostrip *circular array* pada frekuensi kerja yang direncanakan, yaitu 2,4 GHz memiliki nilai *gain* sebesar 6.22 dBi.
5. Hasil pengukuran pola radiasi, untuk bidang horizontal maupun vertikal yang diplotkan pada diagram polar, menunjukkan bahwa bentuk pola radiasi mikrostrip *circular array* dual frekuensi hasil pembuatan adalah *bidirectional* dengan $90^\circ (\theta_{HP}^o = 90^\circ)$ dan $60,5^\circ (\theta_{HP}^o = 60,5^\circ)$ pada frekuensi 2400 MHz. Hasil pengukuran polarisasi menunjukkan bahwa antenna mikrostrip *circular array* memiliki polarisasi *ellips*.

6. Hasil perhitungan *directivity* menunjukkan antenna ini memiliki nilai *directivity* sebesar 8.76 dB
7. Berdasarkan perhitungan *bandwidth*, antenna mikrostrip *circular array* memiliki *bandwidth* sebesar 75 MHz. *Bandwidth* antenna hasil pengukuran masih lebih besar dari *bandwidth* hasil perancangan yang hanya sebesar 48 MHz.
8. Spesifikasi antenna *microstrip circular array* hasil perancangan dan pembuatan :

No	Spesifikasi Antena	Keterangan
1	VSWR	1,29
2	Return Loss	-17,95 dB
3	Impedansi	66.26 ohm
4	Gain	6,22 dBi
8	Directivity	8,76 dB
6	Frekuensi Kerja	2,4 GHz~(2370-2445)
7	Bandwidth	75 Mhz
5	Pola Radiasi	Bidirectional
9	Polarisasi	Elips
10	Bahan Substrat	FR-4
11	Konduktor	2 lapis Tembaga
12	Dimensi	panjang =123,17 mm lebar =103,6 mm tebal =1,8 mm
13	Port konektor	SMA female

Tabel 6.1 spesifikasi antenna *microstrip circular array*

6.2 Saran

1. Dalam melakukan fabrikasi antenna khususnya pada proses pengetchingan sebaiknya digunakan alat yang lebih presisi dari sehingga lekukan pada sudut-sudut elemen peradiasi memiliki resolusi yang tinggi
2. Dalam melakukan pengukuran, untuk ketepatan dan ketelitian hasil pengukuran disarankan agar pengukuran dilakukan di tempat yang bebas dari benda-benda yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Disarankan untuk melakukan pengujian dan pengukuran di dalam ruangan yang disebut *Anechoic Chamber*.
3. Untuk elemen peradiasi, selanjutnya dapat digunakan model lain dengan bentuk *array* yang bekerja dalam range frekuensi yang sama agar dapat dilakukan perbandingan performansi antenna.

DAFTAR PUSTAKA

Balanis, Constantine A. 1982. *Antena Theory: Analysis and Design, 2nd Edition*. John Wiley and Sons, Inc.

E. Collin, Robert. 1985. *Antennas and Radio Wave Propagation*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Purbo W. Onno 2005. *Internet Wireless dan Hotspot*, Elex Media Komputindo Gramedia, Jakarta

Kraus, John Daniel. 1988. *Antennas*. McGraw-Hill International, New York

Aswoyo, Budi, Muhammad Milchan, "Basic Prinsiple Of Antena", Radio Communication Training, PENS-ITS, 6 – 16 Desember 2004

Herrera, Juan M. 1999. *Micropatch Antenna Array*, T.A Lee Romsey

Lagerqvist, Johan. 2002. *Design and Analysis of an Electrically Steerable Microstrip Antenna for Ground to Air Use*. Lulea University of technology. Thesis

Leung, Martin. 2002. *Microstrip Antenna Using Mstrip40*. Division of Management and Technology University of Canberra Act 2601

Liao, S Y. 1987. *Microwave Circuit Analysis and Amplifier Design, 2nd Edition*. Souders College Publishing, New York

Mufti, N Ardiansyah. 2004. *Sistem Antena dan Pengukuran Antena, Modul 6. Mobile Communication Laboratory STTTelkom, Bandung*

Pratama, Ariestya Yoga. 2008. *Perencanaan dan Pembuatan Antena Mikrostrip Circular Array Dual Frekuensi* Tugas Akhir, Fakultas Teknik Univesitas Brawijaya, Malang.

Punit, Nakar S. 2004. *Design of a Compact Microstrip Patch Antenna for use in Wireless/Cellular Devices*. The Florida State University. Thesis

Stutzman, Warren L. and G. A. Thiele. 1981. *Antenna Theory and Design*. John Wiley and Son, New York.

Anonymous. www.electronics-tutorials.com/antennas/antenna-basics.htm

Anonymous. www.wamis.org/ag/pubs/agm8/paper-7.pdf

Anonymous. www.zeland.com

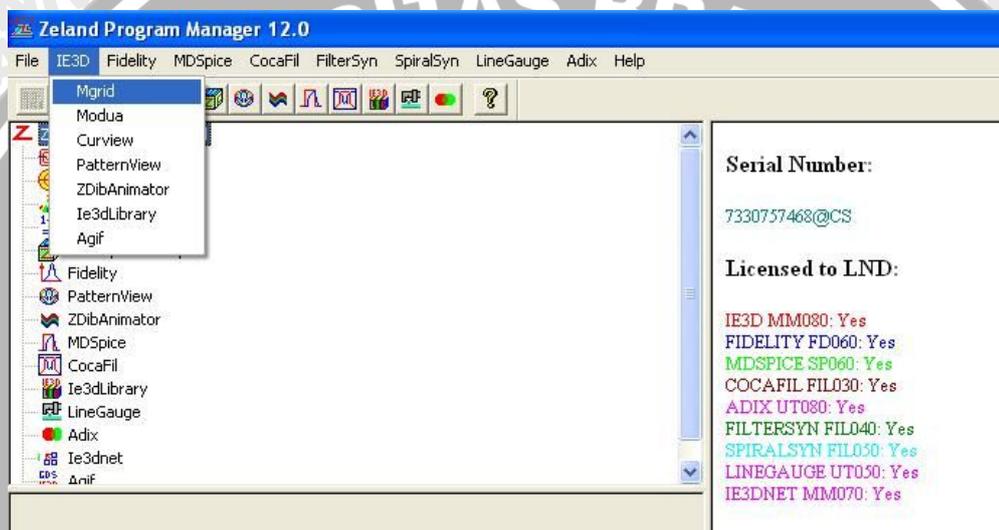
Anonymous. http://www.stttelkom.ac.id/staf/NMA/index_files/



Lampiran 1

Langkah Simulasi

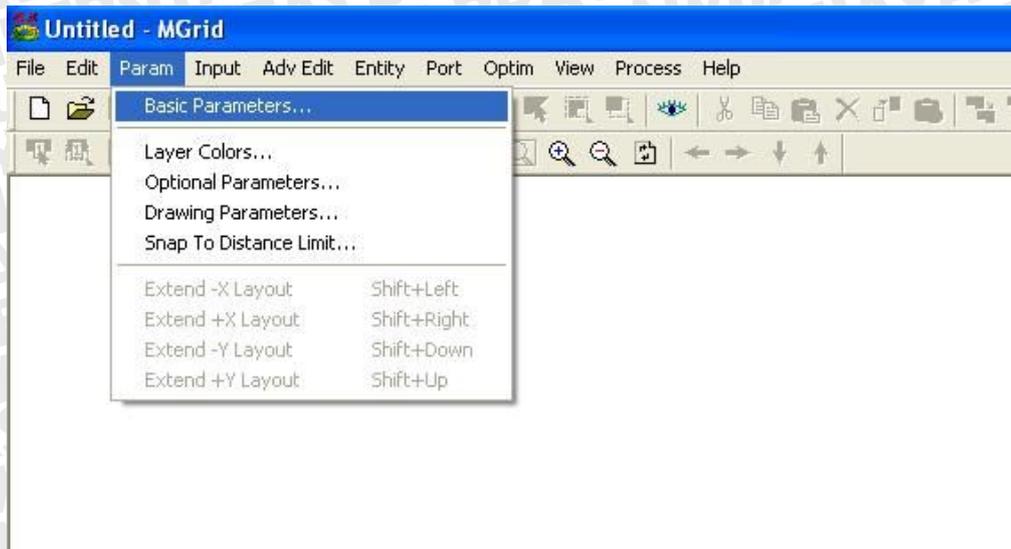
1. IE3D merupakan software embeded dari beberapa software pendukung untuk mendesain antenna dan juga filter berbasis moment element method (MoM). Untuk mendesain antenna bentuk dan dimensi antenna digunakan program Mgrid. Untuk menjalankan Mgrid klik IE3D dan pilih Mgrid.



Gambar Tampilan Awal program IE3D

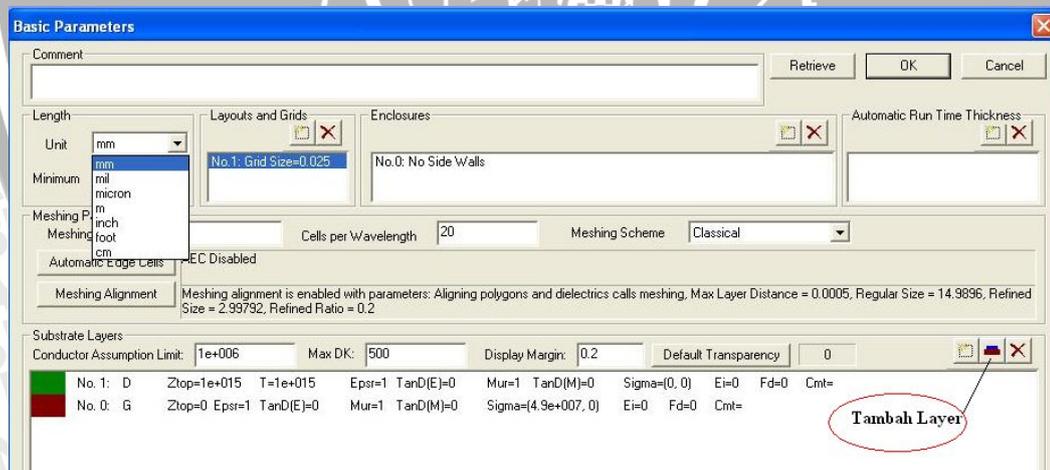
Sumber : Simulasi IE3D

2. Sebelum membuat bentuk dan desain antenna terlebih dahulu dilakukan konfigurasi pada parameter dasar antenna (basic parameter). Pada basic parameter pilih unit length ke dalam satuan milimeter (mm) hal ini agar memudahkan kita untuk menyesuaikan satuan ukuran dari dimensi yang telah kita peroleh dari hasil perhitungan. Semakin kecil satuan maka resolusi dari dimensi antenna semakin tinggi

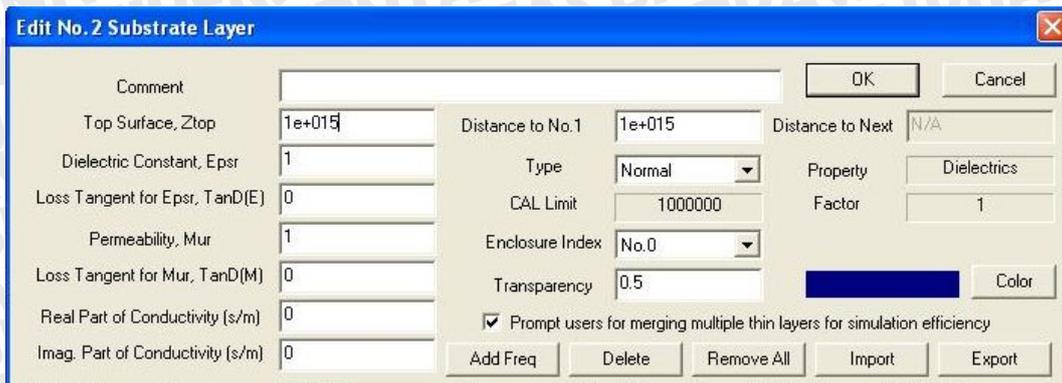


Gambar Basic Parameter pada MGrid
 Sumber : Simulasi IE3D

3. Pada substrat layer tambahkan sebuah layer baru diatas dielektrik layer, kemudian isikan parameter baru seperti yang terdapat pada gambar dengan Z Top Surface, $Z_{top} = 1e+015$. Nilai ini merupakan pendekatan dari nilai tak hingga dari lapisan udara. Kemudian isikan juga parameter yang lain sesuai dengan konfigurasi pada gambar

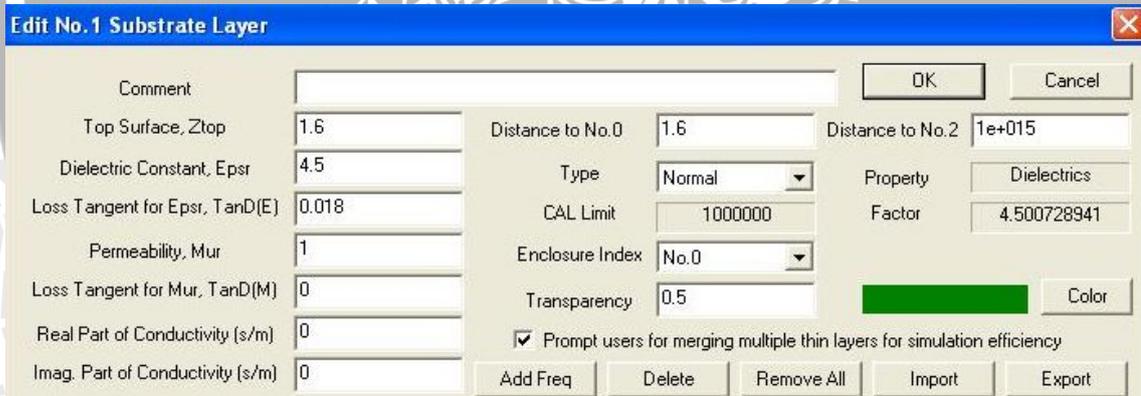


Gambar Basic parameter box
 Sumber : Simulasi IE3D



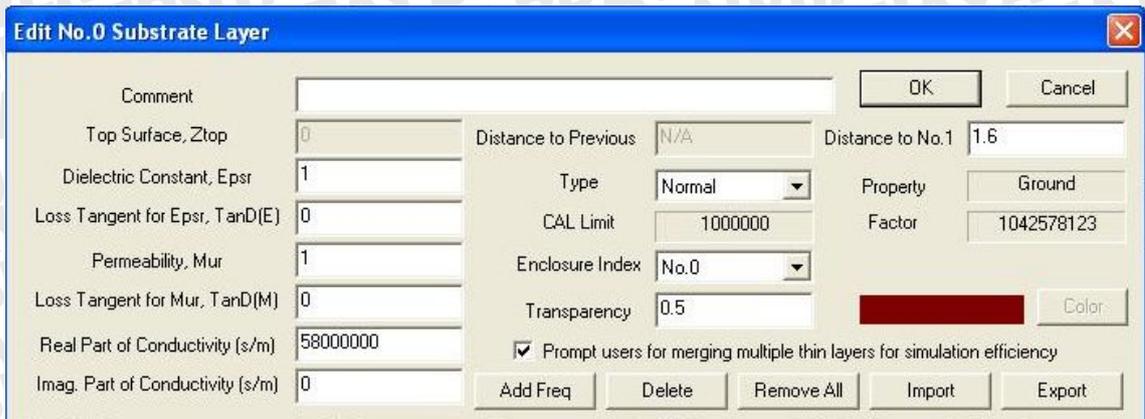
Gambar Edit komponen substrat No. 2
 Sumber : Simulasi IE3D

- Untuk membedakan di layer mana kita bekerja, kita juga dapat mengubah tampilan sesuai warna yang diinginkan. Untuk lapisan dielektrik yang digunakan yaitu FR4 dengan tebal substrat= 1,6 mm dengan konstanta dielektrik= 4,5 dan loss tangent= 0,018



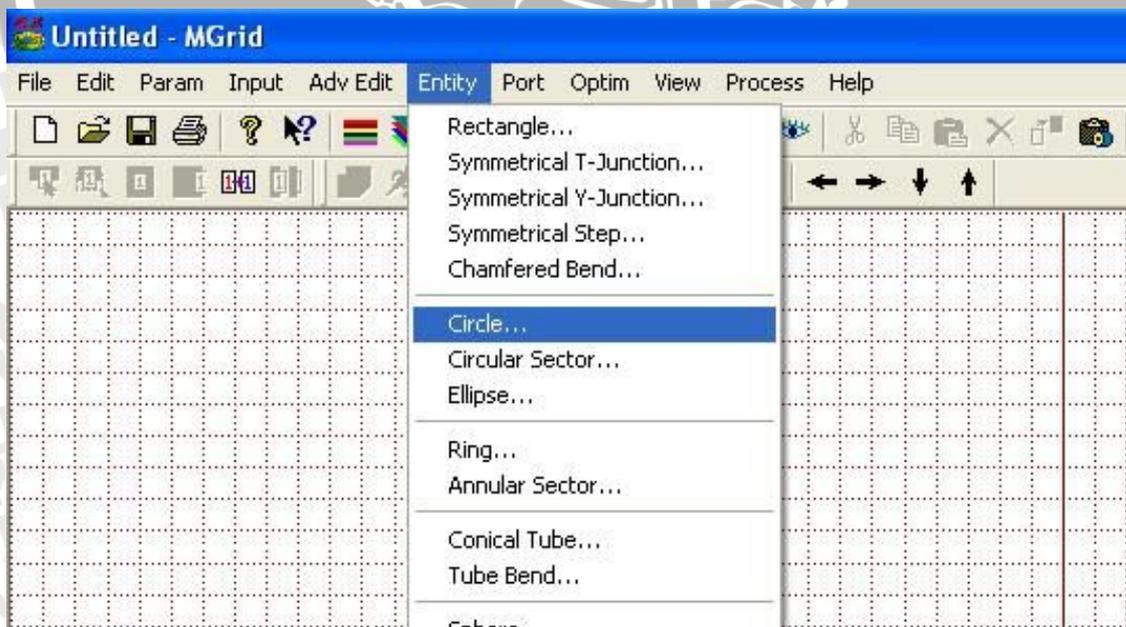
Gambar Edit komponen substrat No. 1
 Sumber : Simulasi IE3D

- Kemudian untuk lapisan konduktor (berupa tembaga) dengan konduktivitas $5,8e+7$ s/m yang akan digunakan untuk elemen peradiasi maupun sebagai ground plane. Untuk parameter parameter lain seperti frekuensi dapat diskonfigurasi lebih lanjut sebelum melakukan simulasi



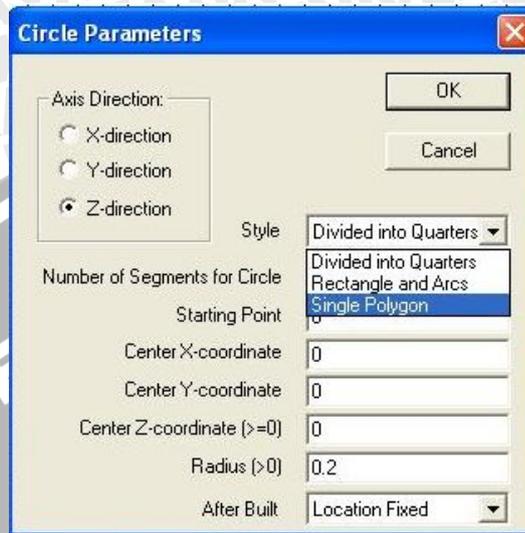
Gambar Edit komponen substrat No. 0
Sumber : Simulasi IE3D

- Setelah melakukan konfigurasi pada basic parameter selanjutnya kita dapat membuat desain antena yang diinginkan. Antena microstrip circular array memiliki bentuk dasar elemen peradiasi berupa lingkaran. Sebelum membuat susunan antena array terlebih dahulu dilakukan perancangan elemen tunggal. Pada entity pilih circle untuk membuat sebuah lingkaran. Setelah memilih entity circle selanjutnya kita akan diberikan box konfigurasi lingkaran yang akan dibuat. Pilih single polygon untuk membuat sebuah lingkaran tух tanpa irisan.



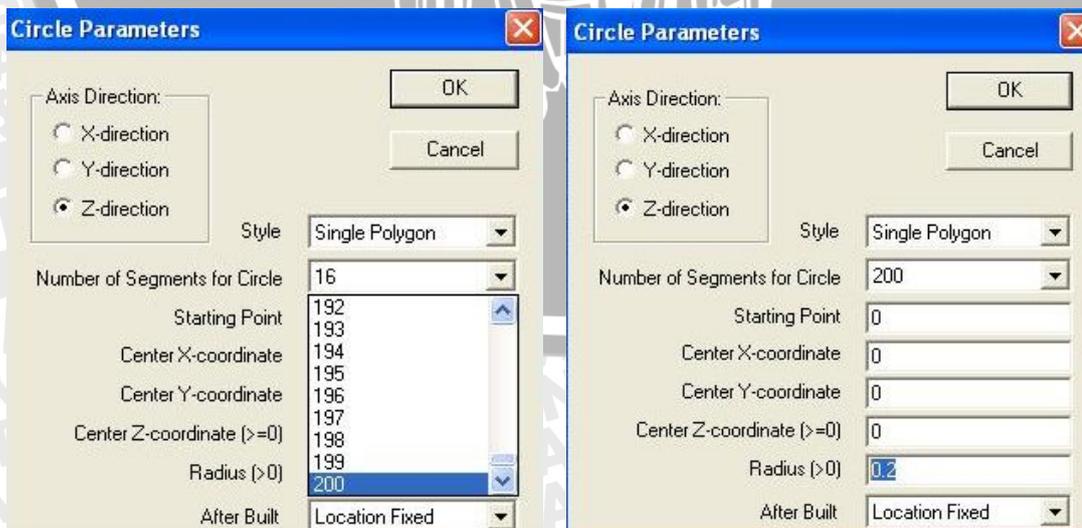
Gambar Memilih bentuk elemen dasar antena
Sumber : Simulasi IE3D

7. *Number of Segments for circle* adalah pilihan untuk jumlah sisi dari lingkaran yang akan dibuat. Agar lingkaran yang dibuat mempunyai resolusi yang tinggi maka pilih jumlah segmen yang maksimal. Jumlah segmen maksimal yang diperkenankan adalah hingga 200 segmen.



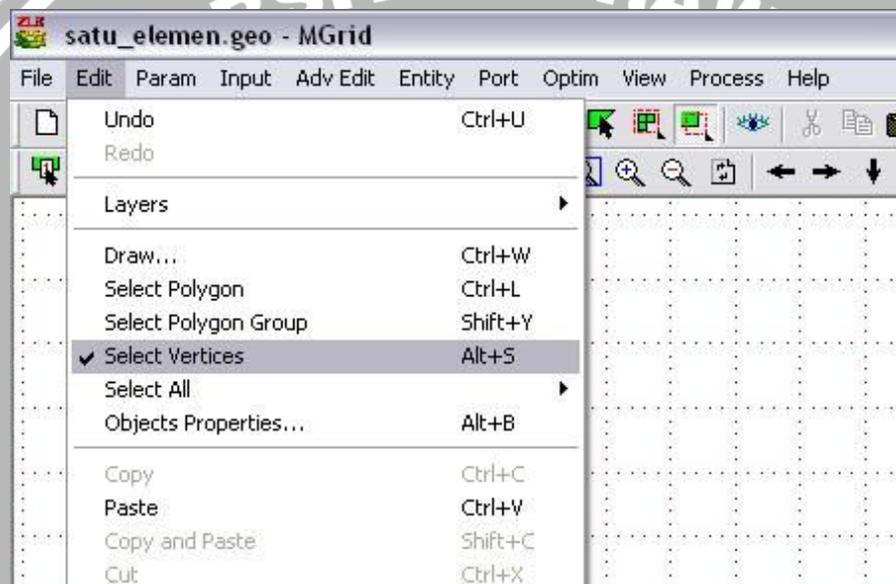
Gambar Properties style elemen lingkaran
 Sumber : Simulasi IE3D

8. Radius adalah jari-jari lingkaran yang akan kita buat. Nilai jari-jari lingkaran yang akan kita buat harus kita sesuaikan dengan perhitungan yang kita lakukan sebelumnya. Isikan nilai radius=17,26. Perlu kita ingat kembali bahwa satuan disini sesuai dengan yang telah kita konfigurasi di awal tadi yaitu millimeter (mm)



Gambar Properties jumlah segmen dan jari-jari elemen lingkaran
 Sumber : Simulasi IE3D

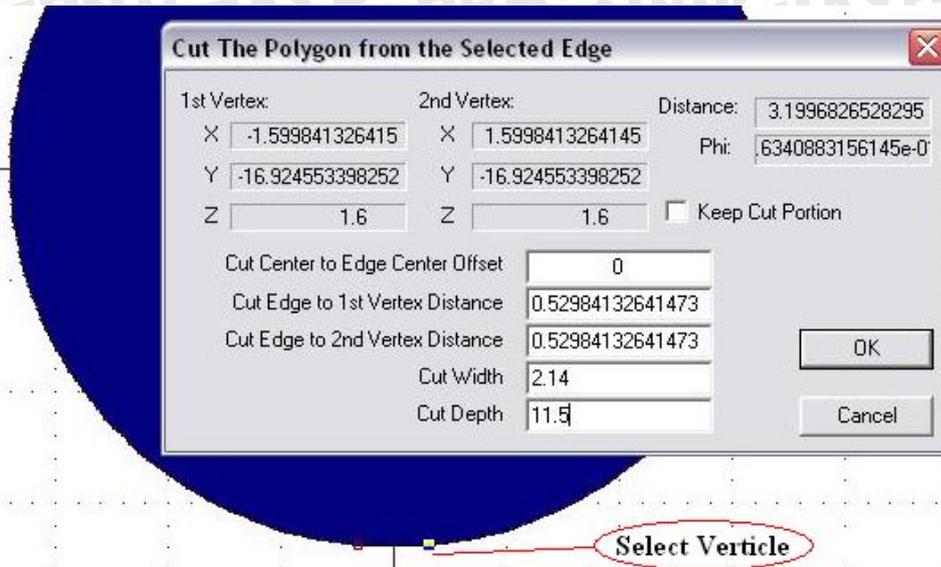
9. Setelah circle parameter selesai maka akan tampak sebuah lingkaran sesuai dengan ukuran dan parameter yang kita inginkan. Kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan sebuah seleksi untuk membuat *cavity* atau potongan ke dalam lingkaran sebagai tempat inset feed saluran transmisi yang akan dipakai. Secara umum ada 3 jenis pilihan select object pada MGrid yaitu select polygon, select polygon group dan select verticle. Select polygon digunakan untuk membuat seleksi sebuah potongan segi tertentu yang, select polygon group digunakan untuk membuat seleksi beberapa potongan segi sekaligus sedangkan select verticle digunakan untuk membuat seleksi beberapa titik



Gambar Seleksi verticle pada MGrid

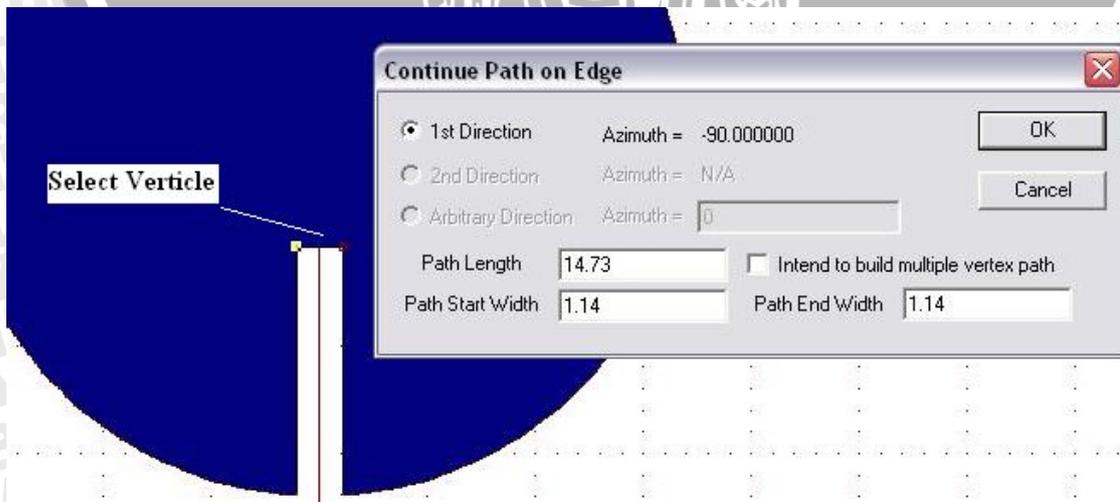
Sumber : Simulasi IE3D

10. Buatlah seleksi 2 buah titik dengan rentang lebar kurang lebih 2,14 mm, karena sisi lingkaran yang kita buat sangat halus maka kita dapat melakukan pengurangan pada sisi yang akan kita pakai sebagai cavity untuk tempat saluran inset feed dengan menggunakan delete, kita dapat mengulanginya jika jarak yang didapatkan masih belum memenuhi nilai 2,14 mm sehingga dapat kita lihat bagian bawah dari lingkaran menjadi agak datar. Kemudian lakukan seleksi lagi pada bagian datar tersebut. Pilih option advance edit kemudian pilih lagi *cut the polygon from the selected edge* untuk membuat tempat saluran inset feed. Masukkan nilai cut width ($W_0+1\text{mm}$) dan cut depth sesuai dengan hasil perhitungan $Y_0=11,5\text{ mm}$



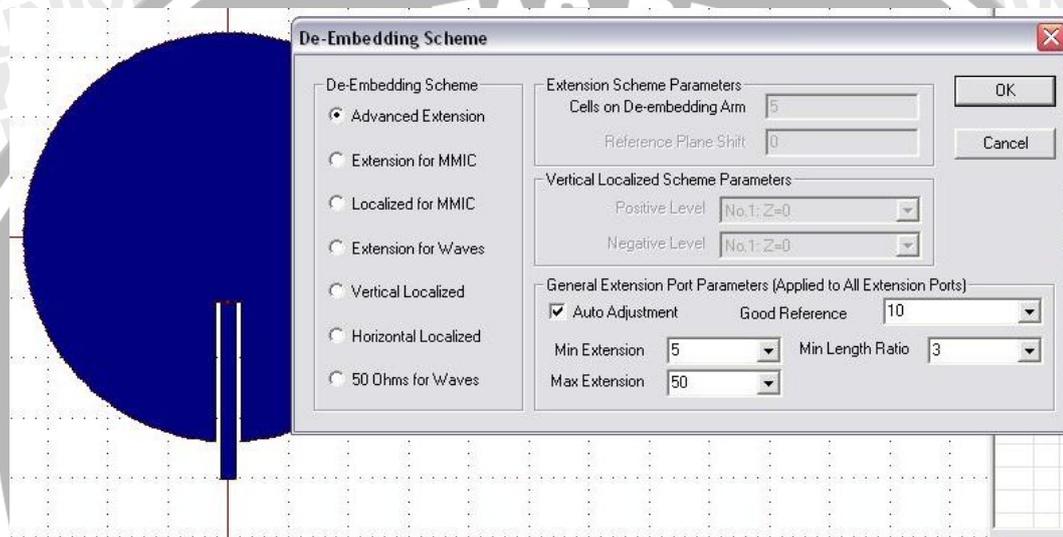
Gambar Bagian verticle elemen yang diseleksi
 Sumber : Simulasi IE3D

11. Setelah selesai melakukan pemotongan maka dapat kita lihat hasil pemotongannya akan tampak seperti gambar. Langkah selanjutnya adalah membuat saluran inset feed yang tersambung dengan sisi pemotongan bagian dalam lingkaran. Pertama lakukan seleksi verticle pada 2 titik bagian dalam potongan. Setelah selesai pilih advance lagi kemudian pilih continue straight path sehingga akan muncul box pilihan *continue path in edge*. Pada box ini kita diberikan pilihan untuk melakukan perpanjangan dari bagian dalam hasil pemotongan tadi dengan parameter panjang dan lebar saluran yang akan kita masukkan nilainya sesuai dengan hasil perhitungan saluran inset feed



Gambar Hasil pemotongan untuk inset feed
 Sumber : Simulasi IE3D

12. Inset feed yang telah berhasil akan tampak seperti pada gambar. Untuk single elemen kita dapat langsung memberikan port pada ujung inset feed untuk kemudian disimulasikan. Untuk membuat port pilih *port* kemudian pilih lagi *port for edge group* maka akan muncul box seperti yang terdapat pada gambar. Untuk membuat port pada ujung saluran inset feed pilih advanced extension dengan nilai parameter yang kita pakai disini adalah nilai default. Setelah ok maka pilih select verticle kemudian selesilah 2 titik bagian ujung dari saluran inset feed sehingga akan muncul port yang telah terpasang pada saluran inset feed



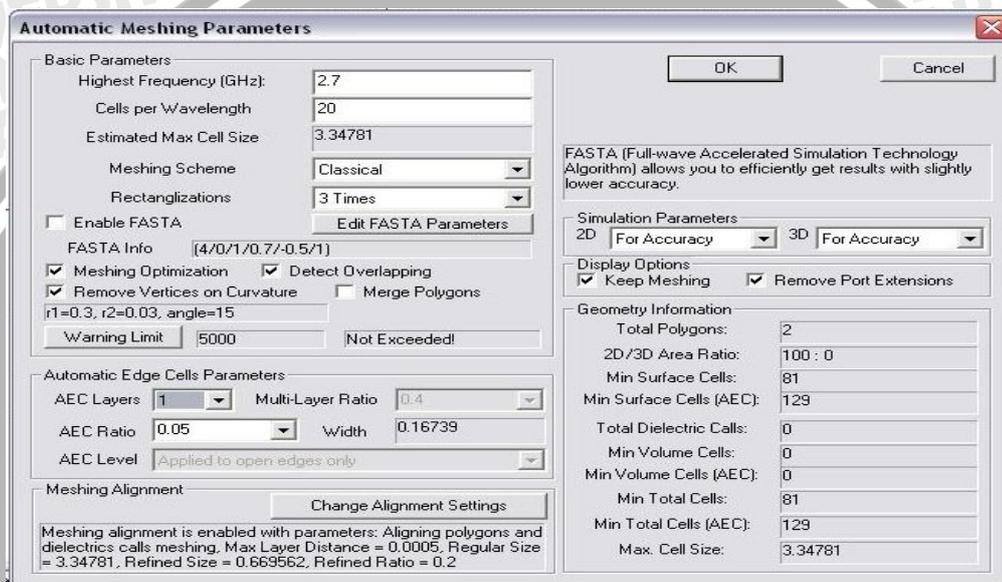
Gambar Konfigurasi port
Sumber : Simulasi IE3D



Gambar Port yang telah terpasang
Sumber : Simulasi IE3D

13. Langkah selanjutnya sebelum elemen disimulasikan terlebih dahulu kita lakukan automatic meshing yaitu untuk memberikan pola atau jalur penyebaran arus

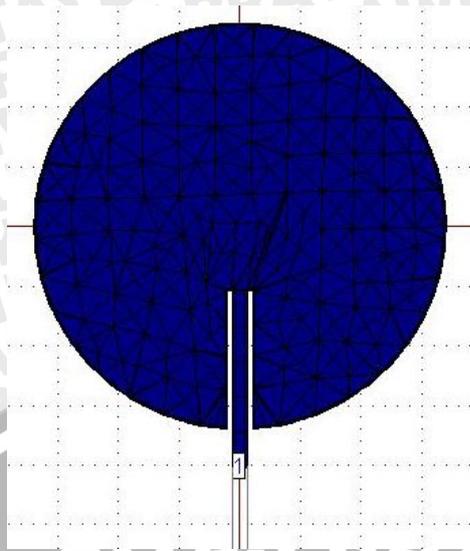
pada elemen tersebut. Untuk membuat automatic meshing pilih process kemudian pilih lagi display meshing. Box automatic meshing parameter akan muncul kemudian isikan ferkuensi maksimum yang akan kita simulasikan dan jumlah sel tiap panjang gelombang. Semakin banyak nilai sel yang kita masukkan maka hasil simulasi akan semakin presisi, namun akan memerlukan waktu yang semakin lama. Pilih juga optimasi meshing, menghilangkan otomatis verticle yang bengkok, dan mendeteksi overlapping secara otomatis. Agar lebih presisi pilih skala AEC menjadi 0,05



Gambar Automatic meshing properties

Sumber : Simulasi IE3D

jika muncul exception lanjutkan dengan memilih continue meshing. Setelah meshing selesai maka akan muncul pola jalur meshing seperti pada gambar. Jika proses meshing berhasil maka proses simulasi dapat dilakukan



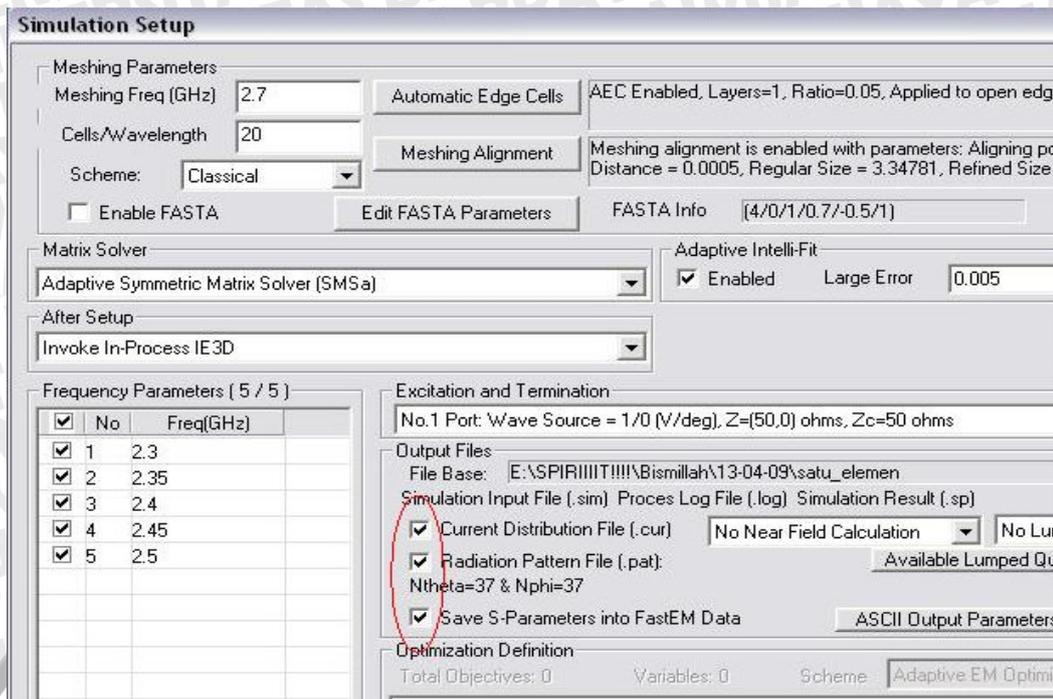
Gambar Hasil *automatic meshing*
Sumber : Simulasi IE3D

14. Setelah proses *automatic meshing* selesai maka langkah selanjutnya adalah kita pilih *process* kemudian pilih *simulate*. Sebelum proses simulasi dimulai akan muncul *box simulation setup*, yang paling utama kita perhatikan adalah memasukkan range frekuensi uji yang akan kita simulasikan yang meliputi frekuensi awal dan frekuensi akhir serta step frekuensi yang diinginkan

Enter Frequency Range		OK	Cancel
Start Freq (GHz)	2.0		
End Freq (GHz)	2.5		
Number of Freq	6		
Step Freq (GHz)	0.1		
		<input checked="" type="radio"/> Linear <input type="radio"/> Exponential	

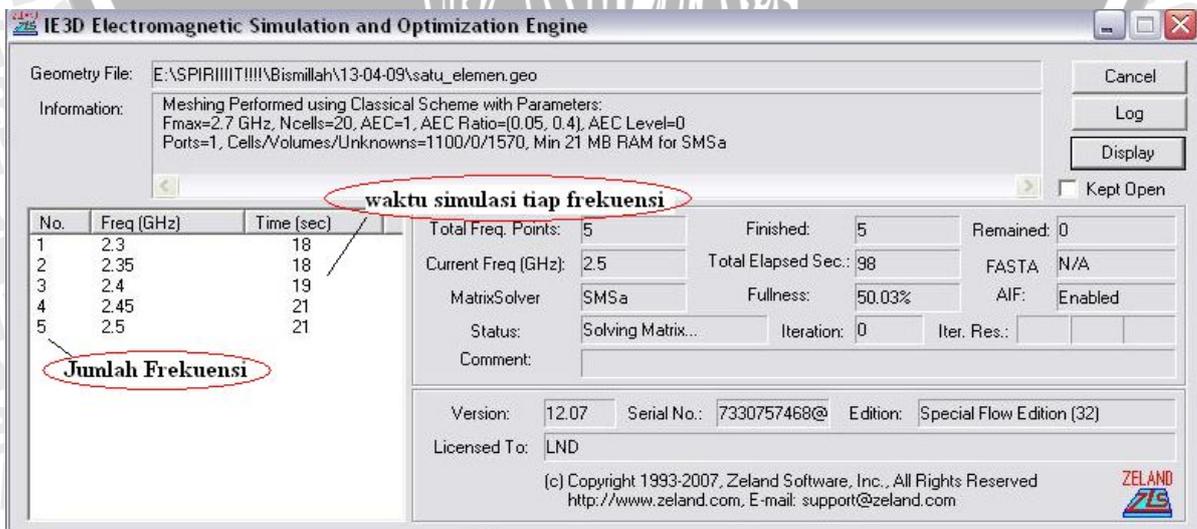
Gambar Memasukkan range frekuensi
Sumber : Simulasi IE3D

Untuk dapat mengetahui distribusi arus dan radiation pattern maka pastikan radiobox current distribution file (.cur) dan radiation pattern file (.pat) tercentang seperti yang terdapat pada gambar



Gambar Simulation setup
Sumber : Simulasi IE3D

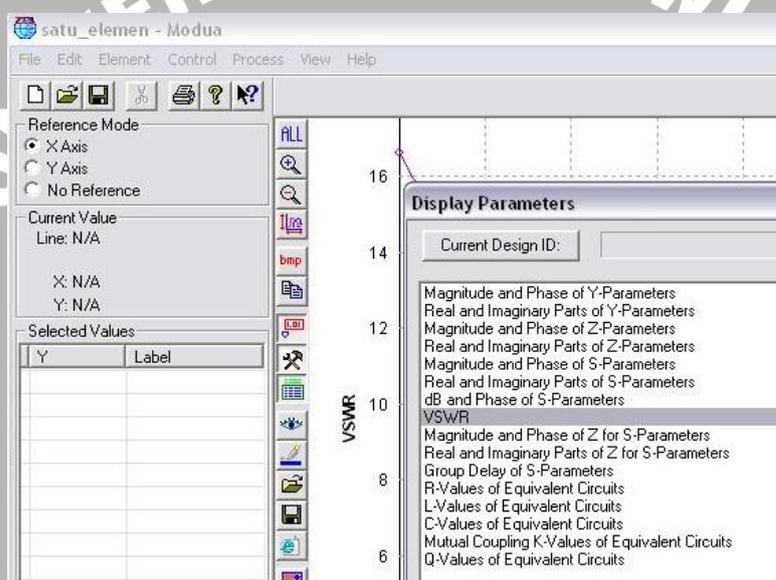
15. Setelah simulation setup selesai maka engine IE3D siap mensimulasikan antenna. Salah satu kekurangan dari IE3D adalah kita tidak dapat mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam proses simulasi, terutama pada proses optimasi, namun dari trend waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai dari sebuah frekuensi kita dapat memprediksi dengan cara mengalikan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu frekuensi dengan jumlah step frekuensi yang kita atur sebelumnya.



Gambar Proses simulasi yang sedang berjalan

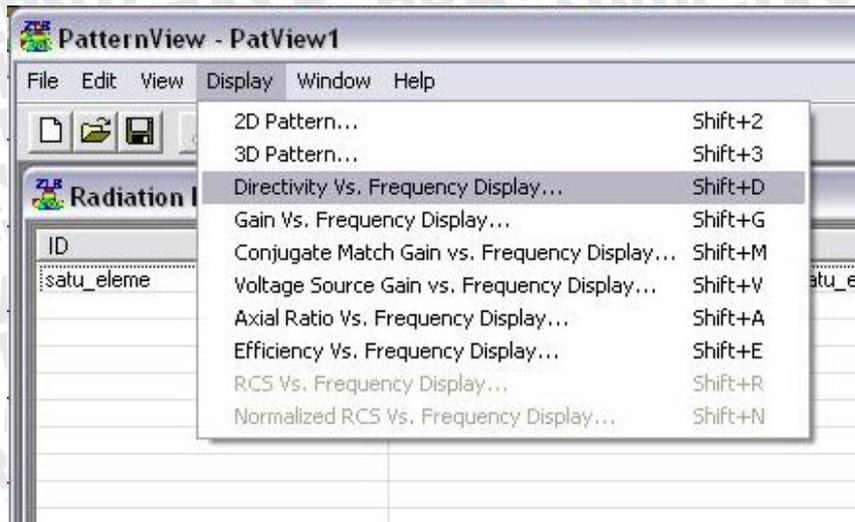
Sumber : Simulasi IE3D

16. Setelah simulasi selesai maka berikutnya adalah secara otomatis program Modua akan tampil. Modua adalah program untuk menampilkan beberapa hasil parameter antenna diantaranya VSWR dB and Phase of S-Parameter (S11) yang biasa kita sebut dengan return loss. Kita dapat menampilkan Modua dalam berbagai tampilan mulai dari data tabel, grafik maupun control process diagram. Namun untuk mempermudah pembacaan data hasil simulasi sebaiknya data ditampilkan dalam bentuk grafik. Untuk menampilkan data grafik dan merubah parameter pilih option control pada Modua, kemudian pilih define display graph sehingga akan muncul pilihan beberapa parameter apa saja yang dapat dilihat



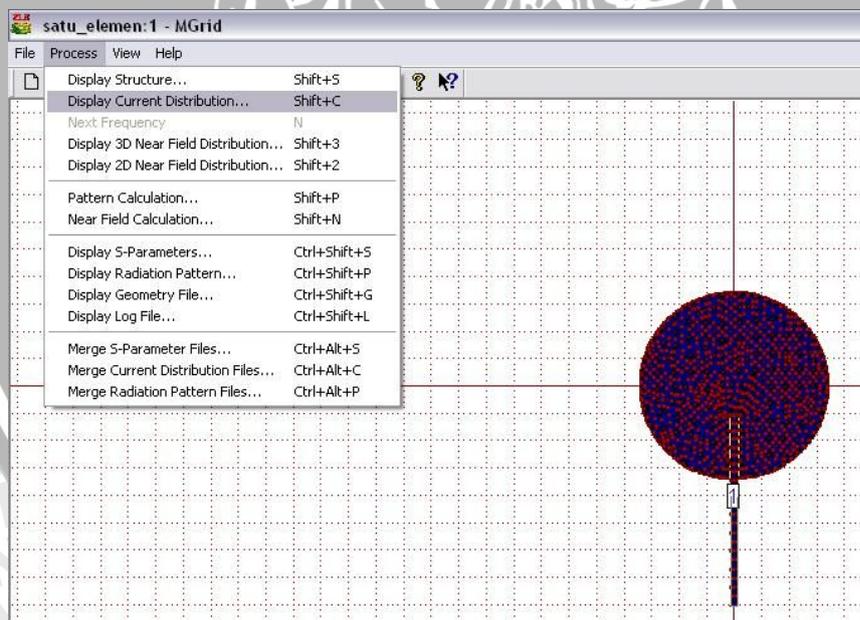
Gambar Parameter pada Modua
Sumber : Simulasi IE3D

17. Untuk dapat melihat parameter lain seperti directivity, gain dan 3D pattern setelah simulasi engine PatternView akan dijalankan secara otomatis. Untuk melihat nilai tiap parameter tersebut pilih display pada engine PatternView kemudian kita pilih parameter yang akan dilihat



Gambar Parameter pada *pattern view*
 Sumber : Simulasi IE3D

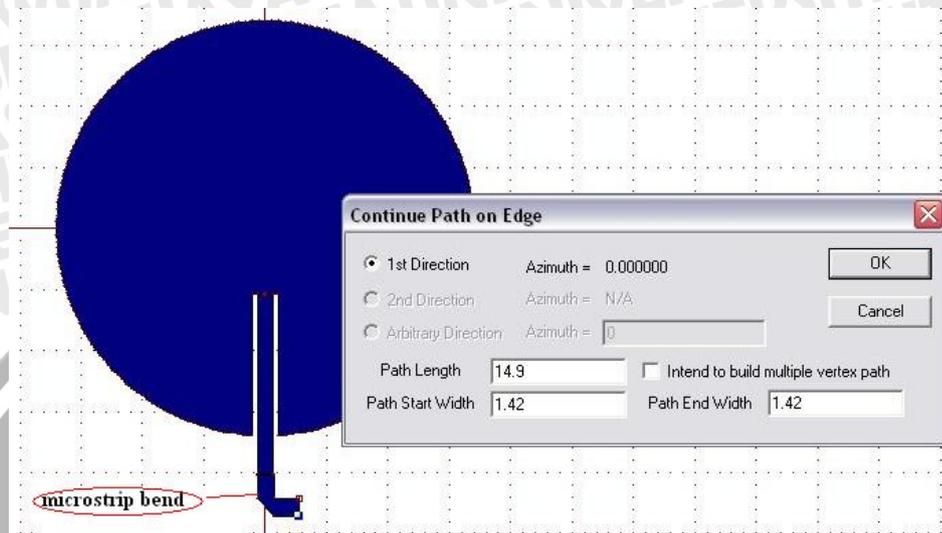
18. Distribusi arus dapat dilihat melalui engine MGrid hasil simulasi dengan memilih process kemudian pilih display current distribution. Ciri dari Mgrid hasil simulasi adalah di bagian elemen peradiasi antenna terdapat node-node merah pertanda elemen telah selesai disimulasikan.



Gambar Menampilkan Distribusi arus
 Sumber : Simulasi IE3D

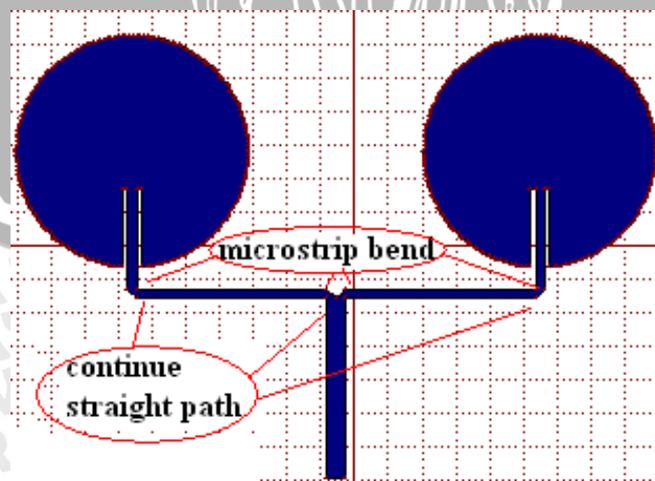
19. Setelah semua data parameter yang dibutuhkan didapat dan dicapture, kita juga dapat menyimpan file hasil simulasi seperti Modua dengan ekstensi .dsg PatternView .pv Current Distribution .cur. Sehingga untuk membuka file yang

diinginkan kita hanya menjalankan engine yang dibutuhkan saja. Untuk perancangan dua elemen peradiasi maka kita akan menggabungkan 2 elemen tunggal dengan saluran transmisi yang dibelokkan setelah inset feed dan memberikan bending agar distribusi arus pada belokan dapat maksimal



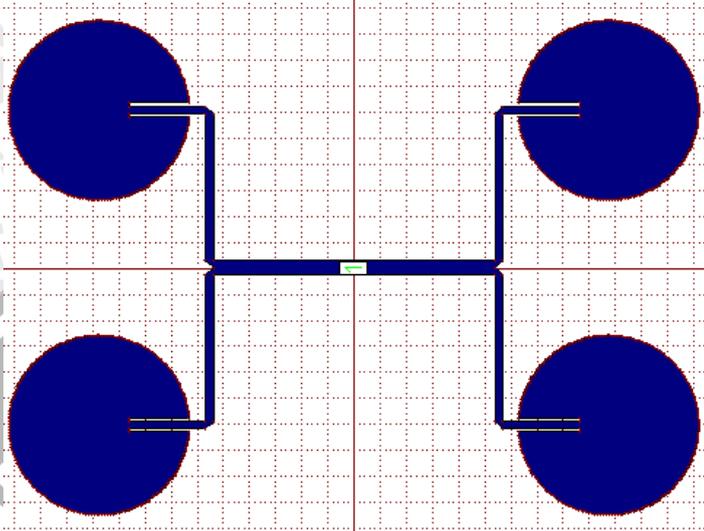
Gambar Membuat microstrip bend
 Sumber : Simulasi IE3D

20. Dengan cara yang sama seperti membuat saluran inset feed kita akan melakukan perpanjangan saluran transmisi dari ujung microstrip bend yang telah dibuat melalui advance edit kemudian continue straight path sesuai dengan perhitungan yang telah didapatkan. Kemudian untuk menggabungkan kedua elemen ini pilih advance edit - advance boolean operations - union/merge. Sehingga hasilnya tampak seperti pada gambar



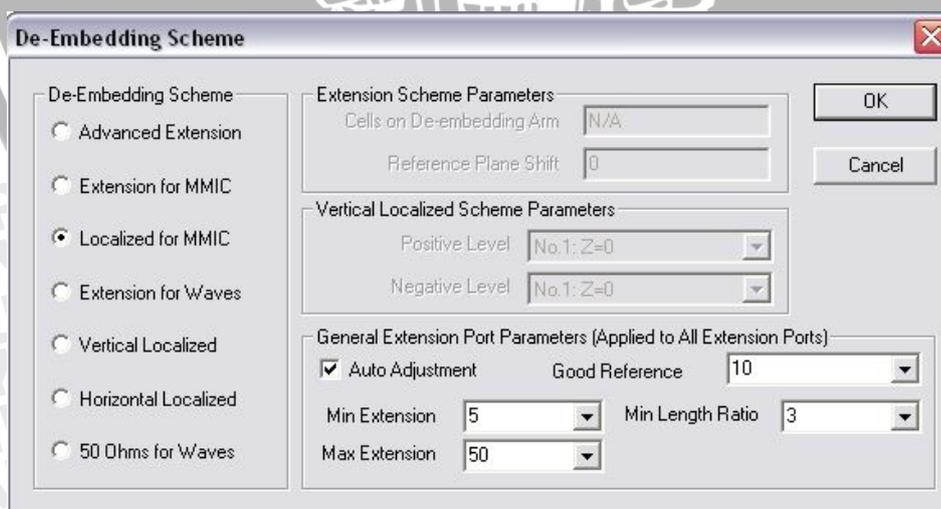
Gambar Penggabungan dua elemen
 Sumber : Simulasi IE3D

21. Untuk membuat empat elemen kita dapat membuat dengan cara menduplikat dual elemen ini kemudian merotasikan dengan sudut 180 derajat kemudian kita gabungkan dengan cara yang sama.



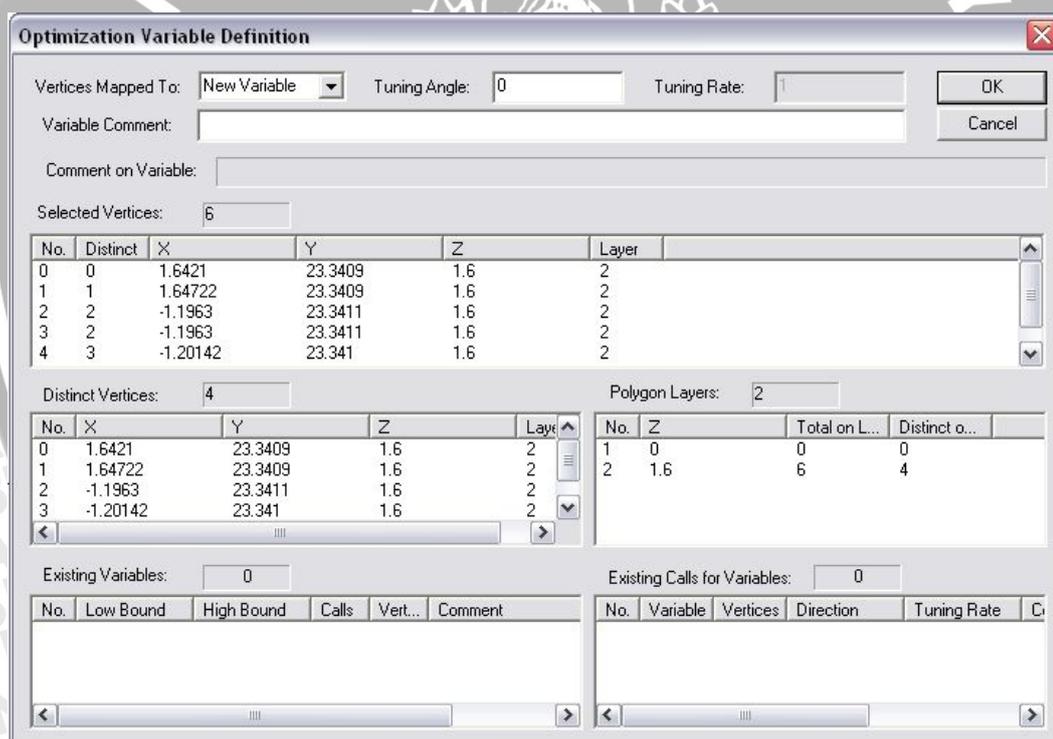
Gambar Penggabungan empat elemen
Sumber : Simulasi IE3D

22. Yang perlu diperhatikan dalam perancangan empat elemen adalah cara memasang port, hal ini dikarenakan port tidak terpasang pada ujung saluran transmisi melainkan di tengah tengah antar elemen peradiasi. Untuk pemilihan port di tengah kita gunakan *de-Embedding Scheme localized for MMIC* dengan nilai parameter yang kita pakai adalah default



Gambar Konfigurasi port
Sumber : Simulasi IE3D

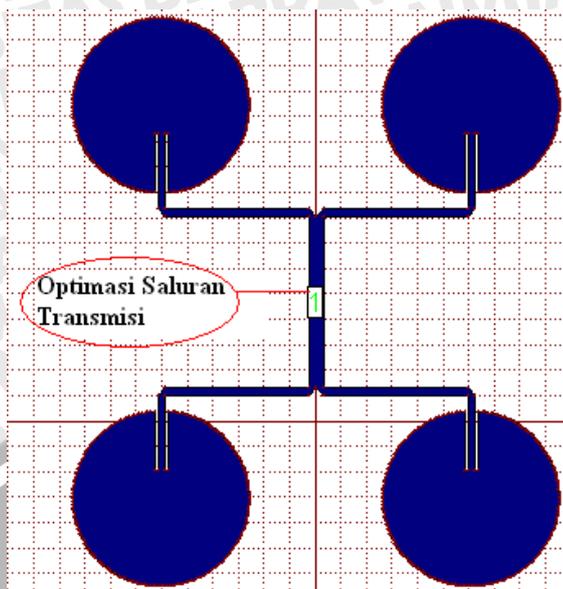
23. Dengan cara yang sama kita dapat melakukan simulasi pada dua elemen maupun empat elemen peradiasi. Jika nilai parameter yang diinginkan belum terpenuhi kita dapat melakukan optimasi. Optimasi pada IE3D dapat dilakukan secara manual ataupun otomatis. Masing-masing memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Metode Optimasi manual dilakukan dengan cara merubah panjang saluran transmisi secara linier kemudian disimulasikan hingga didapatkan parameter yang diinginkan. Keuntungan dari optimasi manual adalah waktu yang dibutuhkan lebih cepat dengan syarat trend linier dari perubahan panjang dari saluran transmisi telah dapat diketahui. IE3D juga menyediakan fasilitas optimasi otomatis. Optim - variabel for selected object, kemudian kita masukkan variable bagian mana saja yang akan dioptimasi. Semakin banyak variable yang digunakan maka tingkat optimasi menjadi lebih baik namun waktu yang dibutuhkan juga semakin lama.



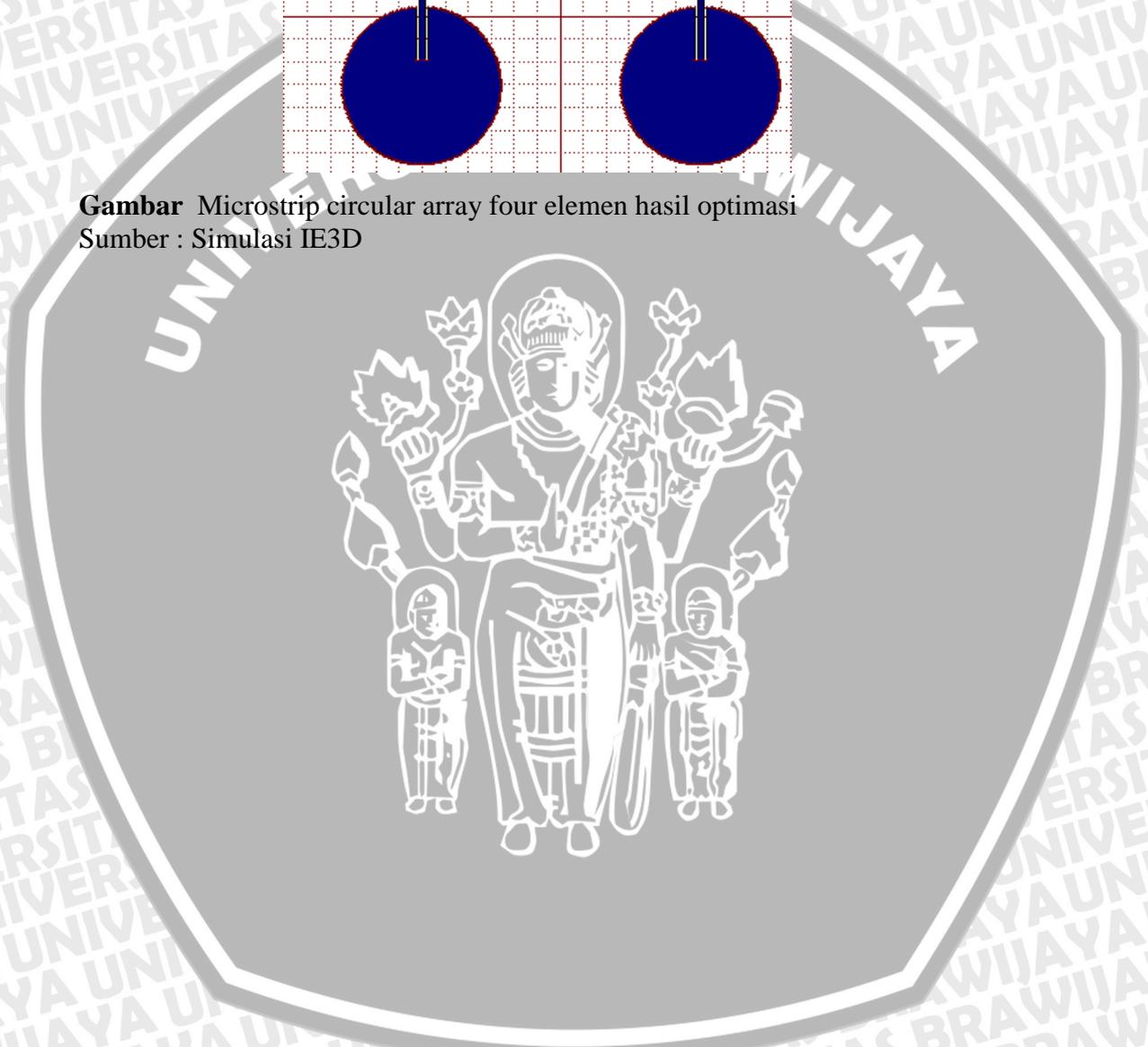
Gambar Penentuan variabel optimasi

Sumber : Simulasi IE3D

24. Setelah dilakukan optimasi khususnya pada antenna microstrip circular array four elemen ini menjadi lebih pendek. Gambar menunjukkan dimensi antenna setelah optimasi



Gambar Microstrip circular array four elemen hasil optimasi
Sumber : Simulasi IE3D



Dokumentasi Kegiatan

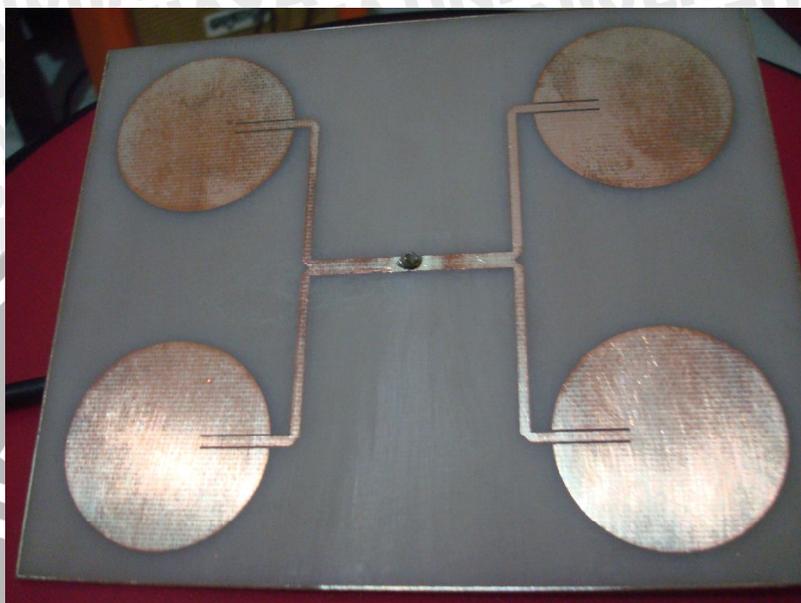


Foto Antena *microstrip circular array four element*

Sumber : Dokumentasi



Foto Sweep oscillator 8350 B Hawlett Packard

Sumber : Dokumentasi



Foto Pengujian VSWR antenna

Sumber : Dokumentasi



Foto Pengujian Pola Radiasi dan Polarisasi antenna

Sumber : Dokumentasi



Foto Integrasi Antena dengan Access Point

Sumber : Dokumentasi



Foto Konektor SMA ke *Feed Point*

Sumber : Dokumentasi