

# CURRICULUM VITAE

## DATA PRIBADI

Nama : Ali Hanafiah Rambe

Tempat dan tanggal lahir : Medan, 26 Agustus 1978

Alamat rumah : Jl. Karya Gg. Salak No.7 Medan 20117  
Telp. 061-77834113

Handphone : 0813 614 64054

Alamat email : ali\_hanf@yahoo.com

Unit Kerja (Instansi) : Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara Medan  
Jl. Almamater Kampus USU Medan 20155  
Telp. 061 8213246

## RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Tahun 1997 lulus STM Telekomunikasi Sandhy Putra Medan.
2. Tahun 2003 lulus Sarjana dari Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Telekomunikasi, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU) Medan.
3. Tahun 2008 lulus Pasca Sarjana Teknik Elektro pada bidang kekhususan Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia (UI) Depok.

## PENGALAMAN KERJA

1. Staf Pengajar Departemen Teknik Elektro FT-USU Medan (2003 – Sekarang).
2. Tim Antena Propagation and Mikrowave Research Group (AMRG) Departemen Teknik Elektro FT-UI Depok (2007-2008).
3. Kerja Praktek di PT Exelcomindo Pratama Cabang Medan Area pada bagian Field Operation : Transmisi Microwave – Backbone (2002).
4. Magang Kerja di PT Telekomunikasi Indonesia Kandatel Medan pada Dinas OPHARJARKAB dan Dinas SENTRADAYA (1997-1998).

## **PENGALAMAN MENGAJAR**

1. Saluran Transmisi : Sem. Ganjil Tahun 2005 (S1 Teknik Elektro)
2. Rekayasa Trafik : Sem. Ganjil Tahun 2005 (S1 Teknik Elektro)
3. Matematika Teknik-II : Sem. Genap Tahun 2005 (S1 Teknik Elektro)
4. Komunikasi Serat Optik : Sem. Genap Tahun 2005 (S1 Teknik Elektro)
5. Sistem Kom. Tanpa Kabel : Sem. Genap Tahun 2005 (S1 Teknik Elektro)
6. Antena & Propagasi : Sem. Ganjil Tahun 2006 (S1 Teknik Elektro)
7. Elektromagnetika Telekom. : Sem. Genap Tahun 2006 (D3 Teknik Elektro)

## **PUBLIKASI**

1. “Aplikasi Konverter A/D Delta-Sigma pada Software-Defined-Radio (SDR)”, Jurnal Ensikom Departemen Elektro FT-USU, 2005.
2. “Teknologi Serat Optik”, Jurnal Teknik Industri FT-USU, 2006.



**LAMPIRAN-A**

PERATURAN DIRJEND POSTEL INDONESIA  
TENTANG PERSYARATAN TEKNIS ALAT DAN PERANGKAT  
TELEKOMUNIKASI ANTENA BWA

LAMPIRAN : PERATURAN DIREKTUR JENDERAL  
 POS DAN TELEKOMUNIKASI  
 NOMOR : /DIRJEN/ 2007  
 TANGGAL :

---

**PERSYARATAN TEKNIS  
 ) MODE TIME DIVISION DUPLEX (TDD) NOMADIC PADA PITA  
 FREKUENSI 2.3 GHz**

**BAB I  
 KETENTUAN UMUM**

1 Ruang Lingkup

Persyaratan teknis ini meliputi ruang lingkup, definisi, singkatan, karakteristik sistem, alat dan perangkat telekomunikasi Antena *Broadband Wireless Access Nomadic* pada pita frekuensi 2.3 GHz, yang selanjutnya disebut Antena BWA 23.

2 Definisi

Yang dimaksud dengan alat dan perangkat Antena BWA 23 dalam standar ini adalah bagian dari sistem komunikasi radio BWA 23 yang merupakan antarmuka antara sistem radio dan lingkungan eksternal yang bekerja pada pita frekuensi 2.300 – 2.390 MHz.

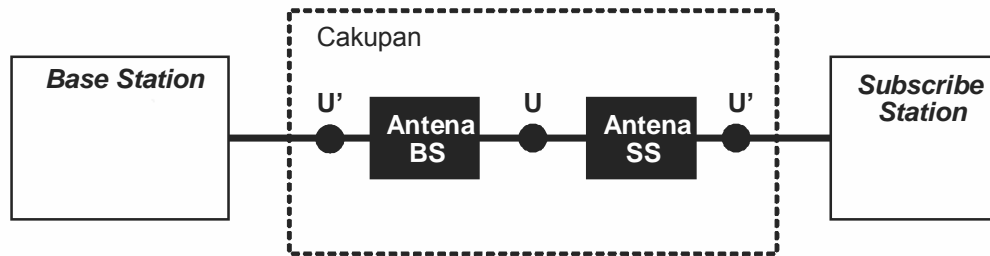
3 Singkatan

- |    |      |   |
|----|------|---|
| a. | BS   | : <i>Base Station</i>                           |
| b. | BWA  | : <i>Broadband Wireless Access</i>              |
| c. | CPE  | : <i>Customer Premises Equipment</i>            |
| d. | dB   | : <i>Decibell</i>                               |
| e. | dBi  | : <i>Decibell Isotropic</i>                     |
| f. | dBm  | : <i>Decibell Milliwatt</i>                     |
| g. | DC   | : <i>Direct Current</i>                         |
| h. | EIRP | : <i>Effective Isotropically Radiated Power</i> |
| i. | Mbps | : <i>Mega byte per second</i>                   |
| j. | MHz  | : <i>Mega Hertz</i>                             |
| k. | N    | : Jenis konektor                                |
| l. | PMP  | : <i>Point-to-Multi Point</i>                   |
| m. | PTP  | : <i>Point-to-Point</i>                         |
| n. | RF   | : <i>Radio Frequency</i>                        |
| o. | SMA  | : Jenis konektor                                |
| p. | SS   | : <i>Subscriber Station</i>                     |
| q. | TDD  | : <i>Time Division Duplex</i>                   |
| r. | VSWR | : <i>Voltage Standing Wave Ratio</i>            |
| s. | XPD  | : <i>Cross Polarization Discrimination</i>      |

4 Istilah

Untuk tujuan standardisasi ini beberapa istilah didefinisikan sebagai berikut :

- a. *Base Station* : Suatu set perangkat yang berfungsi untuk menyediakan konektivitas, manajemen dan kontrol terhadap SS.
- b. *Broadband* : Kemampuan untuk transfer data melebihi 1.5 Mbps dan atau menggunakan total bandwidth minimal 1 MHz.
- c. *Broadband Wireless Access* : Jaringan akses nirkabel pita lebar.
- d. Daya Output : Daya yang keluar dari perangkat pemancar.
- e. CPE : Perangkat terminasi jaringan di sisi pelanggan.
- f. dBi : Gain suatu antena terhadap antena isotropic sebagai referensi
- g. EIRP : Level daya terukur yang dipancarkan oleh antena
- h. Jaringan BWA : Kumpulan elemen jaringan akses nirkabel pita lebar yang terdiri dari BS dan SS
- i. *Nomadic* : Penerapan wireless access dimana lokasi terminal end user dapat berpindah tempat dan pada saat digunakan terminal end user tidak boleh bergerak
- j. *Subscriber Station* : Perangkat BWA yang berada di sisi pelanggan.
- k. Telekomunikasi : Setiap pemancaran, pengiriman, atau penerimaan tiap jenis tanda, gambar, suara dan informasi dalam bentuk apapun melalui sistem kawat, optik, radio atau sistem elektromagnetik lainnya.
- l. XPD : Perbandingan antara radiasi maksimum *co-polar* dengan minimum *cross-polar*

5 Model Referensi6 Entitas Model

Berikut penjelasan dari entitas-entitas yang terdapat dalam model referensi.

6.1 *BS*

- Merupakan perangkat yang berfungsi sebagai pusat transmisi data.
- Berfungsi sebagai pusat koordinasi manajemen sumber daya (radio).

6.2 *SS*

- Merupakan perangkat terminasi jaringan di sisi pelanggan (CPE).
- Berfungsi sebagai sarana transmisi data pelanggan.

6.3 *Antenna BS dan Antenna SS*

- Merupakan perangkat transmisi yang berfungsi mengubah energi elektrik menjadi gelombang radio elektromagnetik.

7 Titik Referensi7.1 *U*

- *Radio Interface BWA.*

7.2 *U'*

- Titik referensi antara BS atau SS dengan antenna.

## BAB II KARAKTERISTIK UMUM DAN OPERASIONAL

1. Sistem Antena BWA 23 mempunyai kemampuan untuk memungkinkan terselenggaranya komunikasi nirkabel pita lebar yang handal, baik untuk daerah urban, sub-urban maupun rural.
2. Antena BWA 23 diklasifikasikan berdasarkan pola radiasi menjadi,
  - *omni*
  - *directional*
  - *sectoral*

3. Antena BWA 23 diklasifikasikan berdasarkan aplikasi menjadi,
  - *Point-to-point* (PTP)
  - *Point-to-multipoint* (PMP)
4. Antena BWA 23 diklasifikasikan berdasarkan jenis perangkat BWA 23
  - Antena BS
  - Antena SS

### BAB III

## PERSYARATAN TEKNIS ALAT DAN PERANGKAT TELEKOMUNIKASI

#### 1 *Base Station*

Parameter Elektrikal	Nilai
<i>Frequency Range</i>	2.300 – 2.390 MHz
Gain	<i>Sectoral</i> : Minimum 15 dBi <i>Omni</i> : Minimum 9 dBi
Impedansi	50 $\Omega$
Polarisasi (rambatan)	Vertikal
VSWR	Maksimum 1.9 : 1
Daya maksimum input	50 W
XPD	Minimum 20 dB
Konektor	N Female

Parameter Lingkungan	Nilai
Daya tahan terhadap kecepatan angin	Maksimum 200 Km/jam
Beban angin muka	110 Newton
Beban angin lateral	75 Newton
Grounding / Lightning Protection	DC grounded
Temperatur	Maksimum 65 <sup>0</sup> C
Kelembaban	100 %

2 Subscriber Station

Parameter Elektrikal	Nilai
Frequency Range	2.300 – 2.390 MHz
Gain	Maksimum 15 dBi
Impedansi	50 $\Omega$
Polarisasi (rambatan)	Vertikal
VSWR	Maksimum 1.9 : 1
Daya maksimum input	50 W
XPD	Minimum 20 dB
Konektor	N-Female atau SMA-female

Parameter Lingkungan	Nilai
Daya tahan terhadap kecepatan angin	<i>Outdoor</i> : maksimum 100 km/jam
Beban angin muka	<i>Outdoor</i> : maksimum 55 Newton
<i>Grounding/Lighting Protection</i>	DC <i>grounded</i>
Kelembaban	<i>Outdoor</i> : maksimum 100 % <i>Indoor</i> : maksimum 95 %
Temperatur	<i>Outdoor</i> : maksimum 65 C <i>Indoor</i> : maksimum 40 C

3 Dokumentasi

Perangkat dilengkapi dokumentasi teknik mengenai petunjuk penggunaan dan spesifikasi yang terkait dalam bahasa Indonesia.



## BAB IV PERSYARATAN PENGUJIAN

- 1 Cara Pengambilan Contoh Uji  
Pengambilan perangkat yang diuji dilakukan menurut prosedur uji dengan jumlah sampel minimal 2 unit.
- 2 Cara Pengujian  
Tata-cara pengujian perangkat diatur dalam dokumen terpisah. Cara pengujian harus mampu memperlihatkan secara kualitatif dan kuantitatif bahwa perangkat yang diuji memenuhi persyaratan dalam standar ini.
- 3 Syarat Keselamatan dan Kesehatan  
Perangkat Antena BWA 23 ini harus dirancang bangun sedemikian rupa sehingga pemakai terlindungi dari gangguan listrik dan elektromagnetik.
- 4 Syarat Kompatibilitas Elektromagnetik  
Mengacu pada Standar CISPR-22 dan CISPR-24.
- 5 Syarat Penandaan  
Setiap Perangkat Antena BWA 23 wajib ditandai dengan memuat nama pabrik dan negara pembuat, merk / tipe dan nomor seri.

Ditetapkan di : J A K A R T A  
Pada tanggal : \_\_\_\_\_

**DIREKTUR JENDERAL POS DAN TELEKOMUNIKASI**

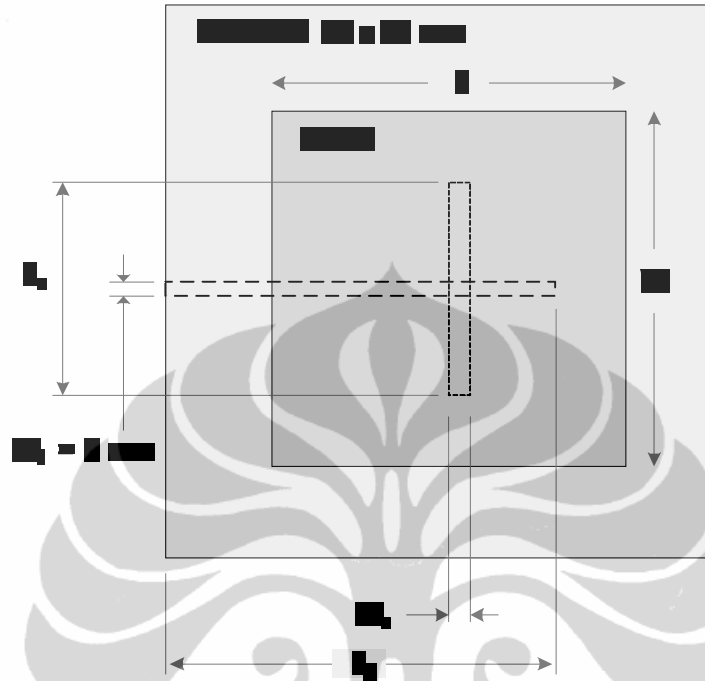
**BASUKI YUSUF ISKANDAR**



**LAMPIRAN-B**

**DATA HASIL SIMULASI**

## B1. KARAKTERISTIK ANTENA ELEMEN TUNGGAL



**B1.1. Karakteristik Elemen Tunggal dengan perubahan panjang patch ( $L$ )**

Dimensi patch (mm)	Dimensi slot aperture (mm)	Panjang saluran pencatu (mm)	VSWR minimum	Return loss (dB)	Frekuensi (GHz)
37x45	22x4	45	1,169	-22,18	2,6
38x45	22x4	45	1,147	-23,27	2,55
39x45	22x4	45	1,161	-22,56	2,45
40x45	22x4	45	1,087	-27,6	2,4
41x45	22x4	45	1,070	-29,42	2,35
42x45	22x4	45	1,102	-26,25	2,3
43x45	22x4	45	1,152	-23,01	2,2
44x45	22x4	45	1,159	-22,65	2,15

**B1.2. Karakteristik Elemen Tunggal dengan perubahan panjang saluran pencatu ( $L_f$ )**

Dimensi patch (mm)	Dimensi slot aperture (mm)	Panjang saluran pencatu (mm)	VSWR minimum	Return loss (dB)	Frekuensi (GHz)
41x45	22x4	40	2,57	-7,128	2,25
41x45	22x4	41	1,656	-12,17	2,25
41x45	22x4	42	1,187	-21,38	2,25

41x45	22x4	43	1,091	-27,23	2,25
41x45	22x4	44	1,082	-28,11	2,3
41x45	22x4	45	1,07	-29,42	2,35
41x45	22x4	46	1,205	-20,64	2,35
41x45	22x4	47	1,36	-16,25	2,35

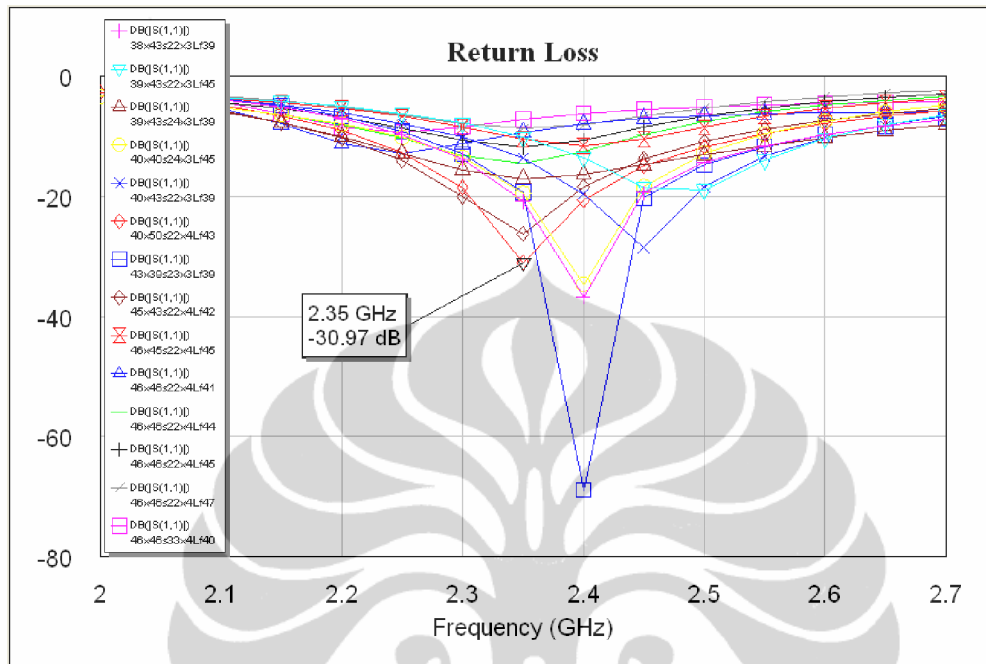
### B1.3. Karakteristik Elemen Tunggal dengan perubahan dimensi *slot aperture*

Dimensi <i>patch</i> (mm)	Dimensi <i>slot aperture</i> (mm)	Panjang saluran pencatu (mm)	VSWR minimum	<i>Return loss</i> (dB)	Frekuensi (GHz)
40x50	18x4	45	1,905	-10,13	2,45
40x50	20x4	45	1,496	-14,04	2,4
40x50	22x4	45	1,196	-20,98	2,4
40x50	24x4	45	1,088	-27,51	2,4
40x50	26x4	45	1,239	-19,43	2,4
40x50	28x4	45	1,4	-15,57	2,45
40x50	30x4	45	1,562	-13,18	2,45

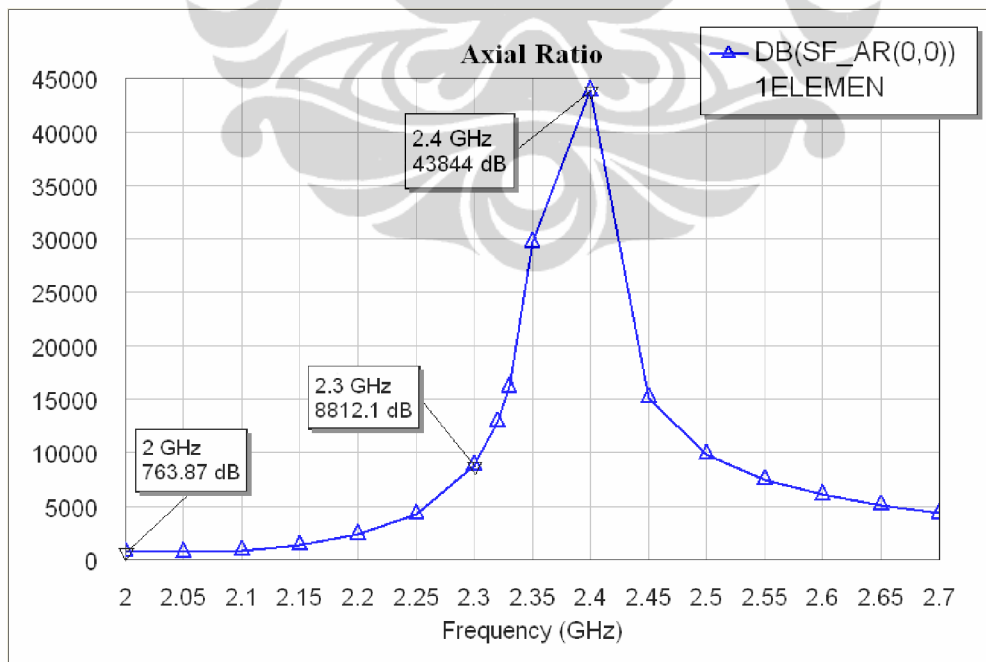
### B1.4. Data simulasi elemen tunggal dengan kombinasi antara dimensi *patch*, *slot aperture*, dan panjang saluran pencatu untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Dimensi <i>patch</i> (mm)	Dimensi <i>slot aperture</i> (mm)	Panjang saluran pencatu (mm)	VSWR minimum	<i>Return loss</i> (dB)	Frekuensi (GHz)
38x43	22x3	39	1,0296	-36,72	2,4
39x43	22x3	45	1,2574	-18,86	2,5
39x43	24x3	39	1,3299	-16,98	2,35
40x40	22x3	43	1,0377	-34,65	2,4
40x43	22x3	39	1,0785	-28,46	2,45
40x50	22x4	43	1,0582	-30,97	2,35
43x39	23x3	39	1,0007	-68,9	2,4
45x43	22x4	42	1,1031	-26,19	2,35
46x45	22x4	45	1,7228	-11,52	2,4
46x46	22x4	41	1,5926	-12,82	2,25
46x46	22x4	44	1,4668	-14,46	2,35
46x46	22x4	45	1,6941	-11,78	2,35
46x46	22x4	47	2,1631	-8,69	2,35
46x46	33x4	40	2,0491	-9,267	2,25

**B1.5. Grafik simulasi elemen tunggal dengan kombinasi antara dimensi patch, slot aperture, dan panjang saluran pencatu untuk mendapatkan hasil yang optimal.**

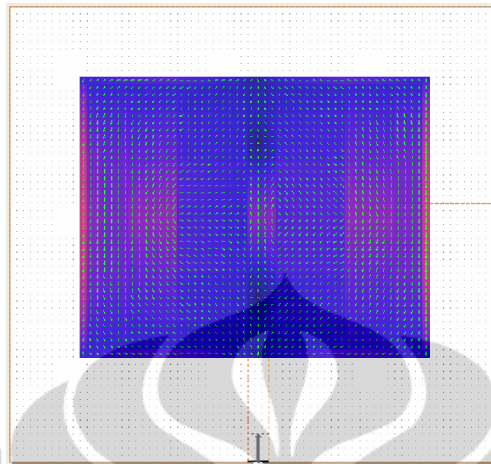


**B1.6. Grafik Axial Ratio dari simulasi elemen tunggal yang optimal**



**B1.7. Animasi distribusi arus dari simulasi elemen tunggal yang optimal**

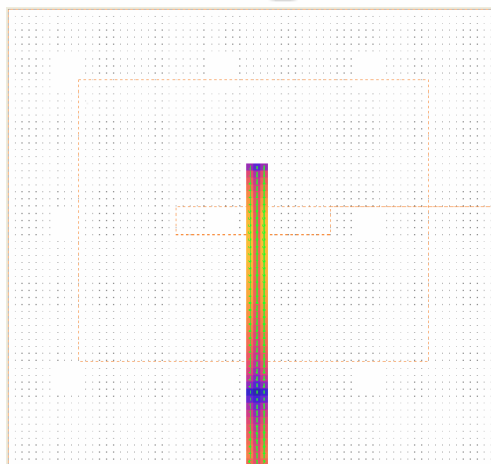
Animasi distribusi arus pada *patch* :



Animasi distribusi arus pada *slot aperture* :



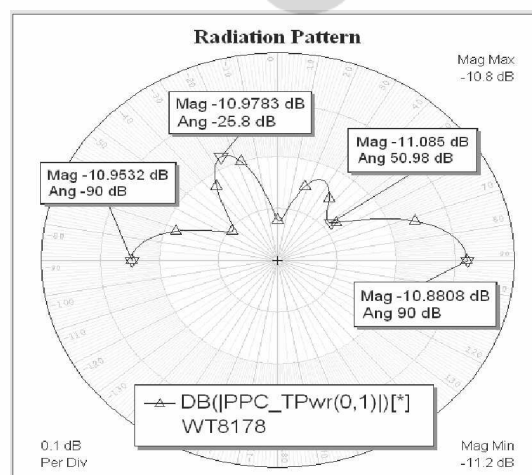
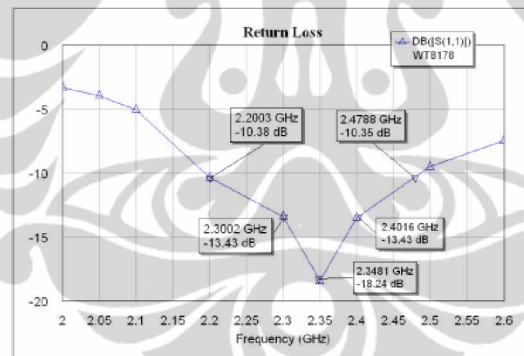
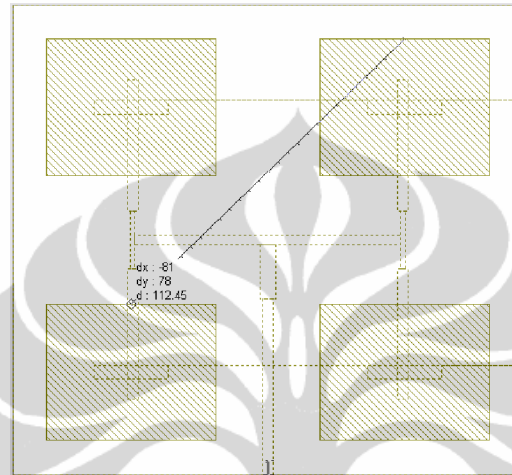
Animasi distribusi arus pada saluran pencatu (*feeder*) :



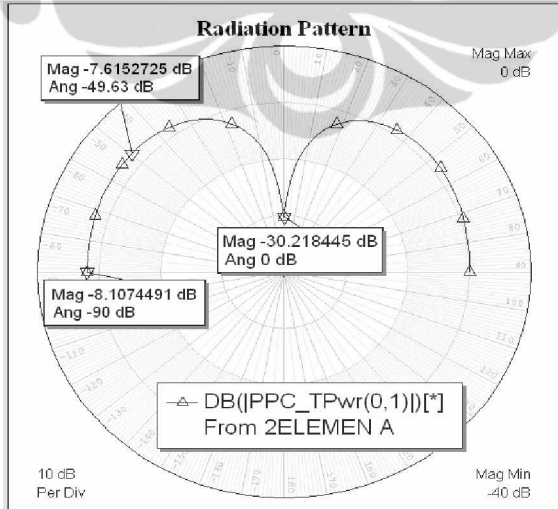
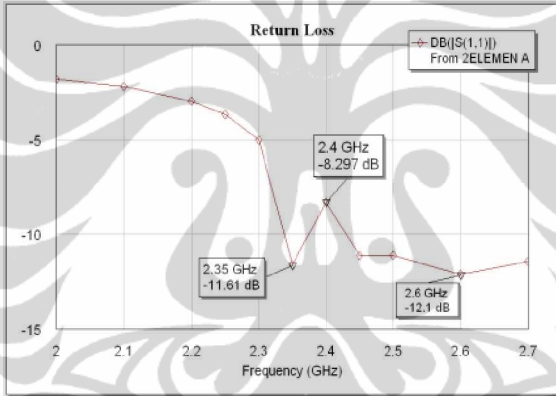
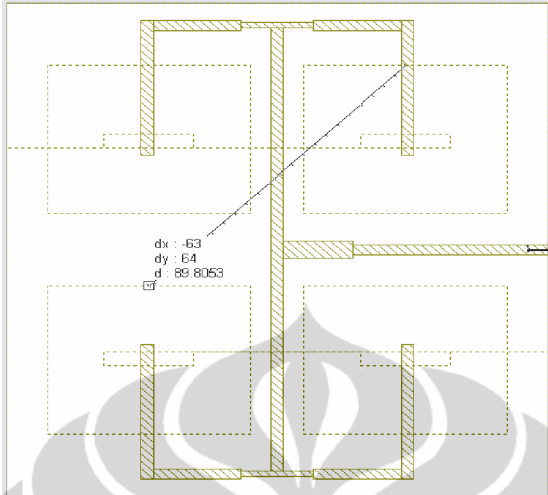
## B2. KARAKTERISTIK ANTENA *PLANAR ARRAY* 4 ELEMEN

### B2.1. Karakteristik *Planar Array* 4 Elemen dengan Beberapa Model Konfigurasi Saluran Pencatuan

Model Konfigurasi-1:

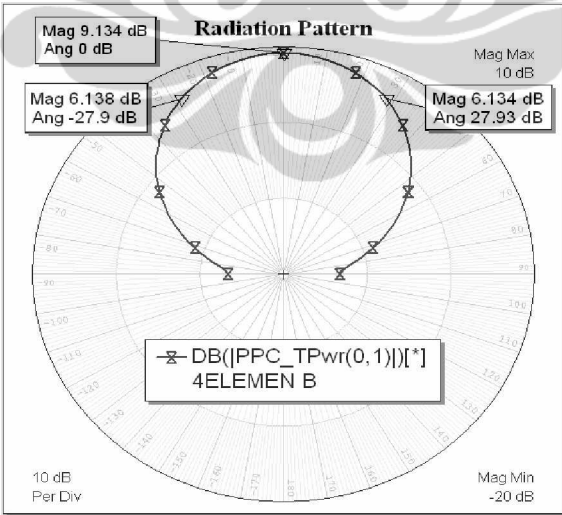
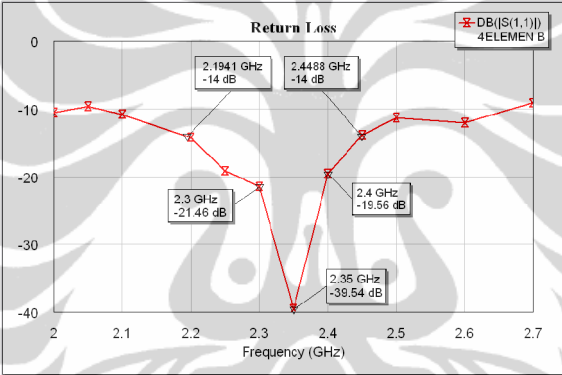
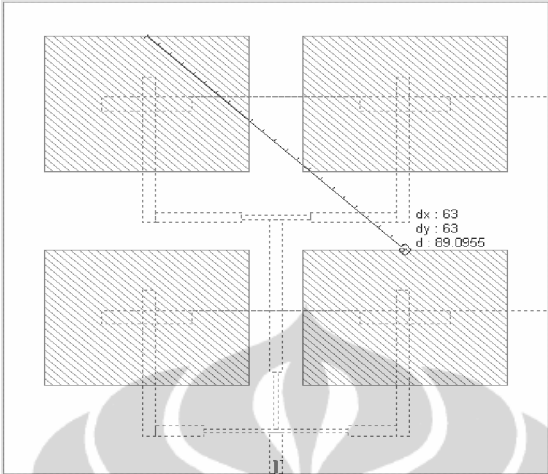


Model Konfigurasi-2 :

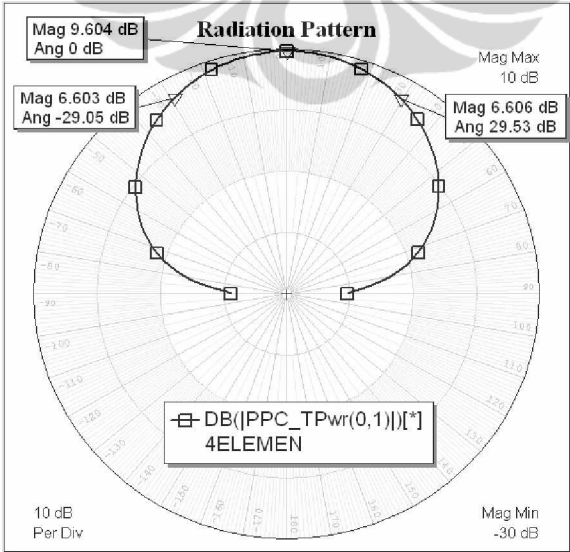
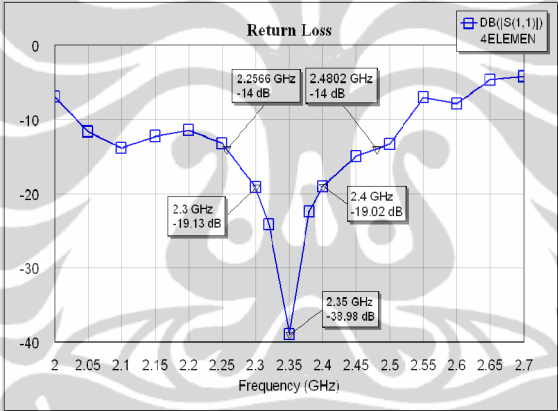
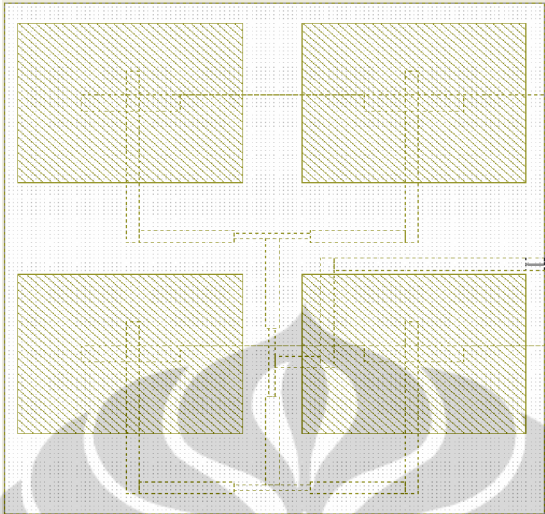




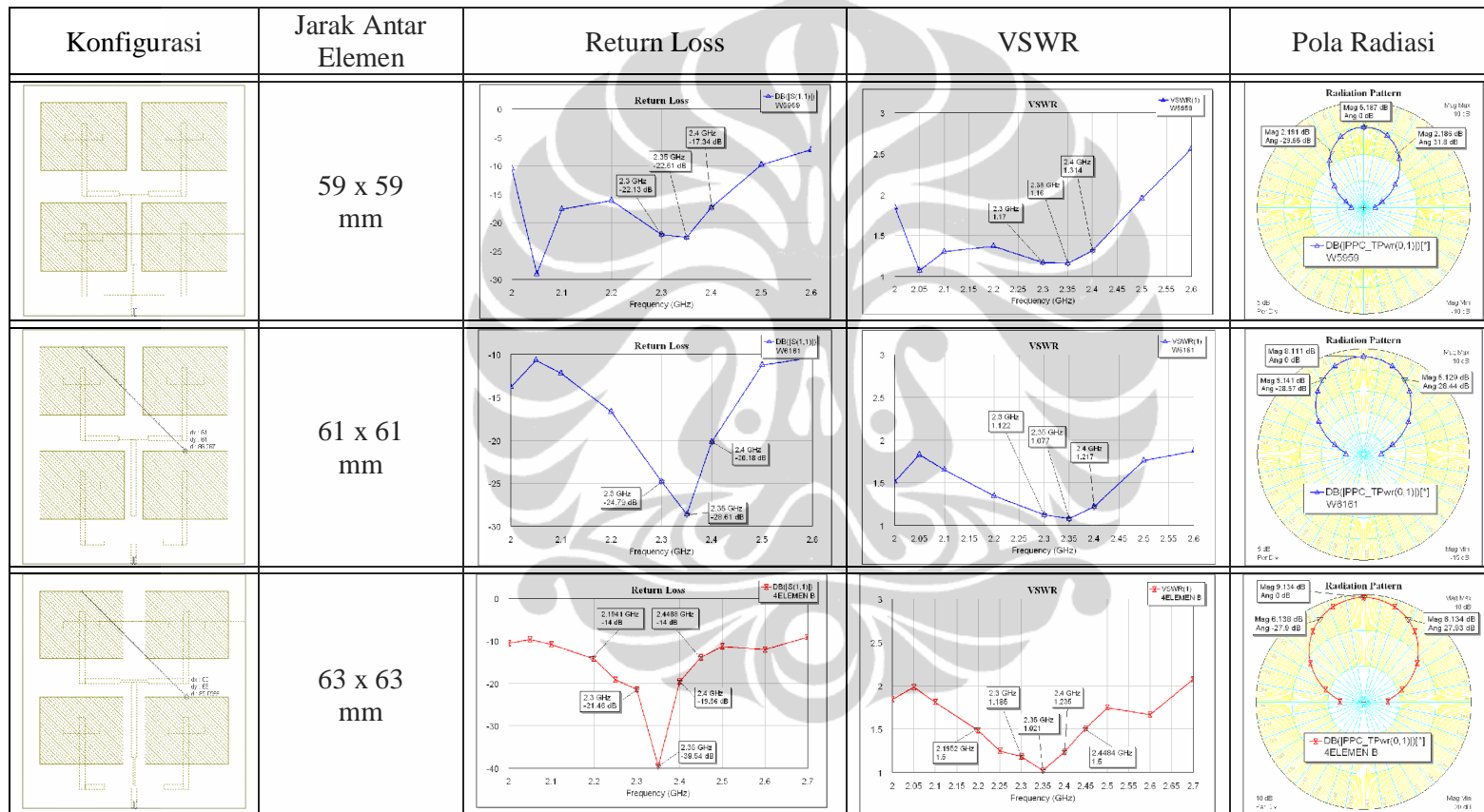
Model Konfigurasi-3 :



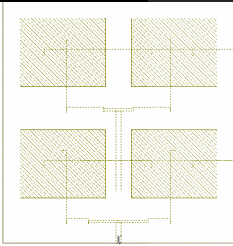
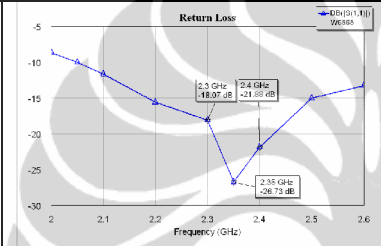
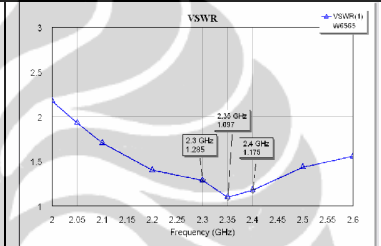
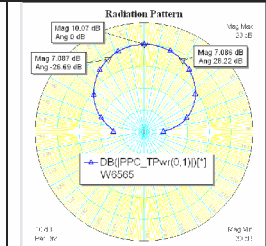
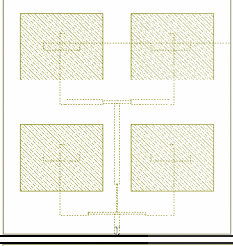
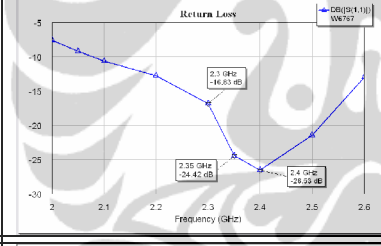
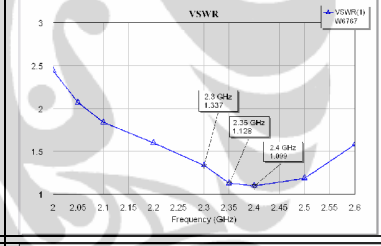
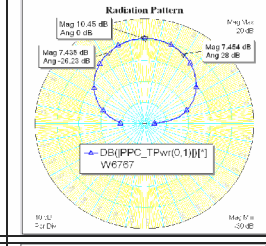
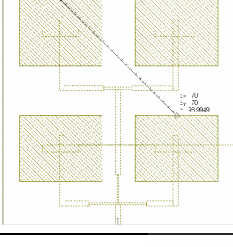
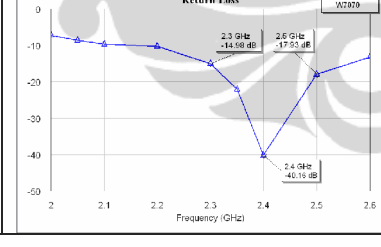
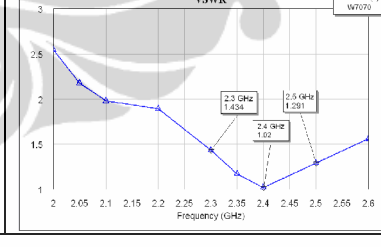
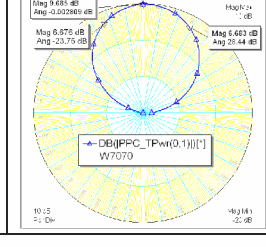
Model Konfigurasi-4 :



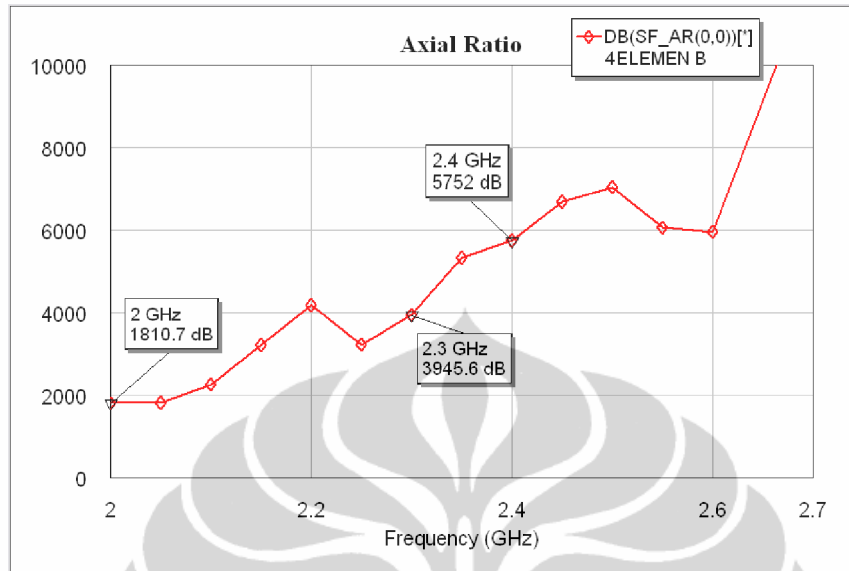
## B2.2. Karakteristik Antena Planar Array 4 Elemen dengan Perubahan Jarak Antar Elemen



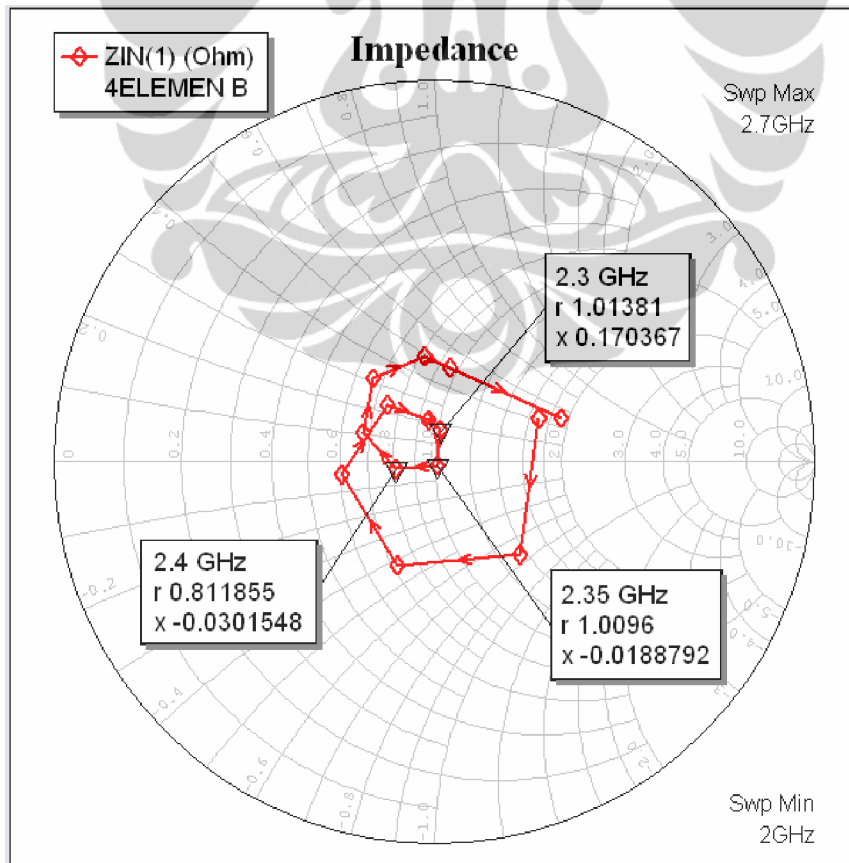
B2.2. Karakteristik Antena *Planar Array* 4 Elemen dengan Perubahan Jarak Antar Elemen (*Lanjutan*)

Konfigurasi	Jarak Antar Elemen	Return Loss	VSWR	Pola Radiasi
	65 x 65 mm			
	67 x 67 mm			
	70 x 70 mm			

**B2.3. Grafik Axial Ratio** dari Simulasi Antena *Planar Array* 4 Elemen

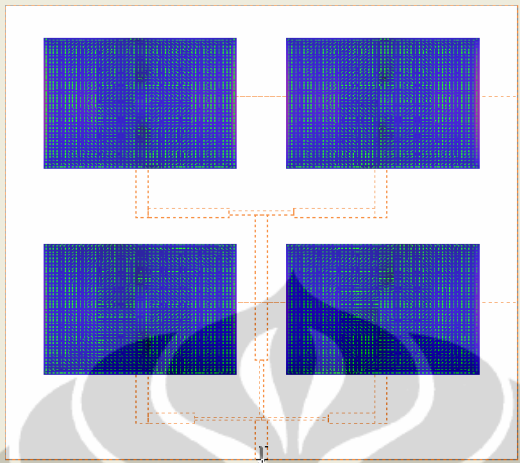


**B2.4. Grafik Input Impedance** dari Simulasi Antena *Planar Array* 4 Elemen



**B2.5. Animasi distribusi arus dari simulasi antenna *Planar Array* 4 Elemen**

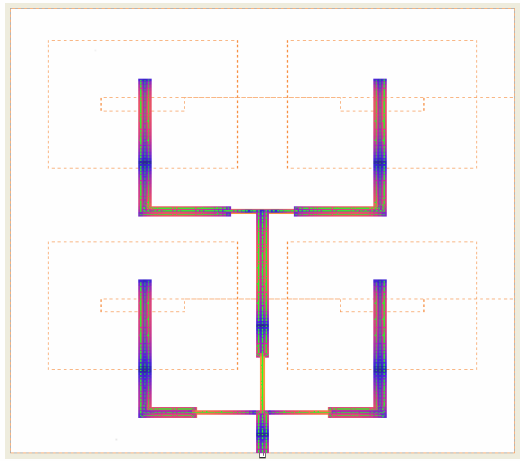
Animasi distribusi arus pada *patch* :



Animasi distribusi arus pada *slot aperture* :



Animasi distribusi arus pada *slot aperture* :





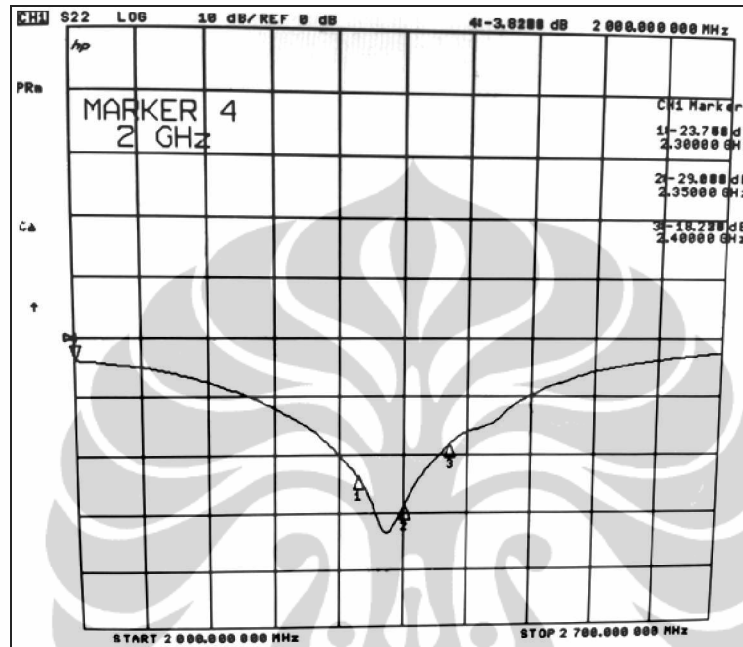


**LAMPIRAN C**  
**DATA HASIL PENGUKURAN**

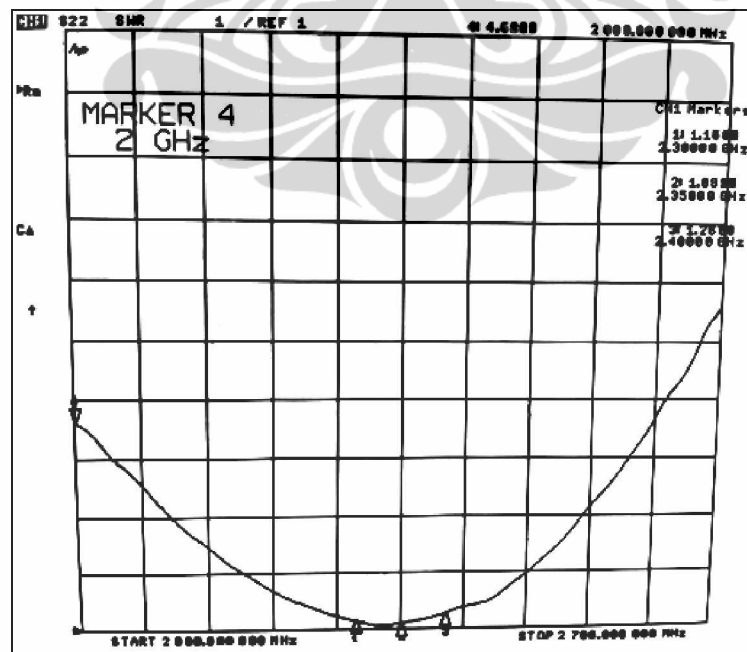
## C1. HASIL PENGUKURAN *PORT* TUNGGAL

### C1.1. ANTENA ELEMEN TUNGGAL

Tampilan *return loss* antenna elemen tunggal pada Network Analyzer :

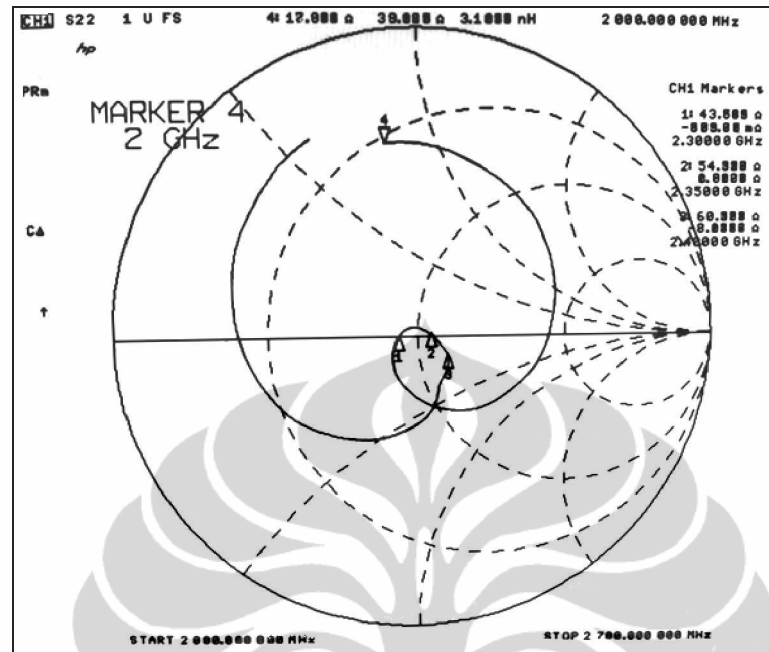


Tampilan VSWR antenna elemen tunggal pada Network Analyzer :



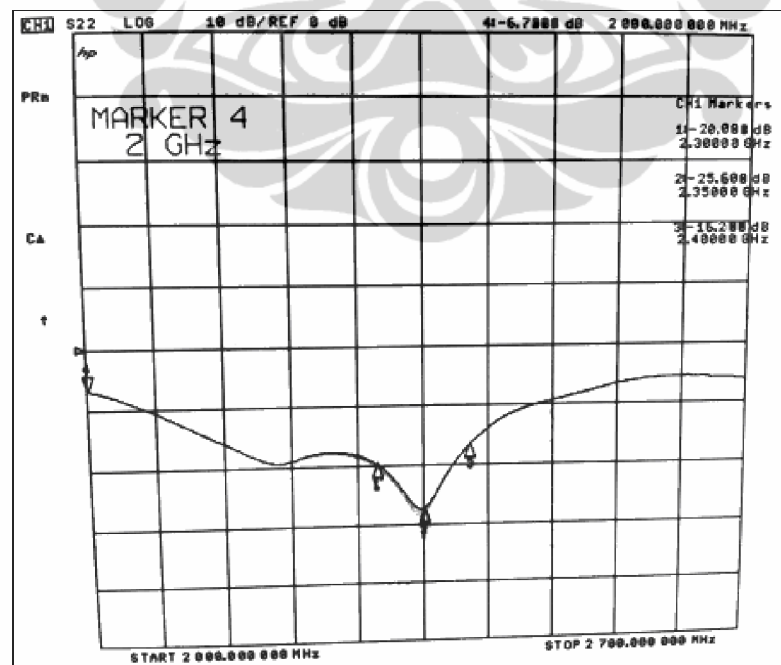


Tampilan impedansi masukan antenna elemen tunggal pada Network Analyzer :

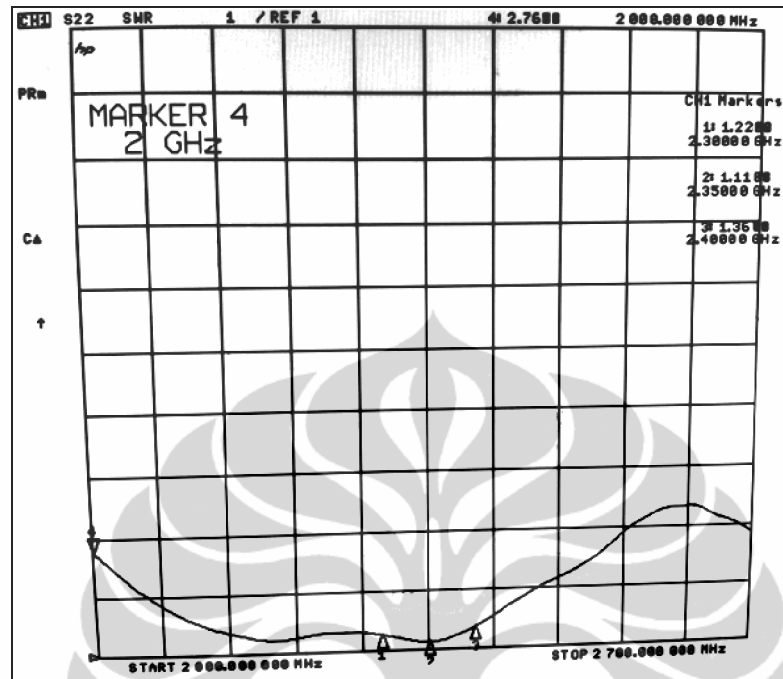


### C1.2. ANTENA PLANAR ARRAY 4ELEMEN

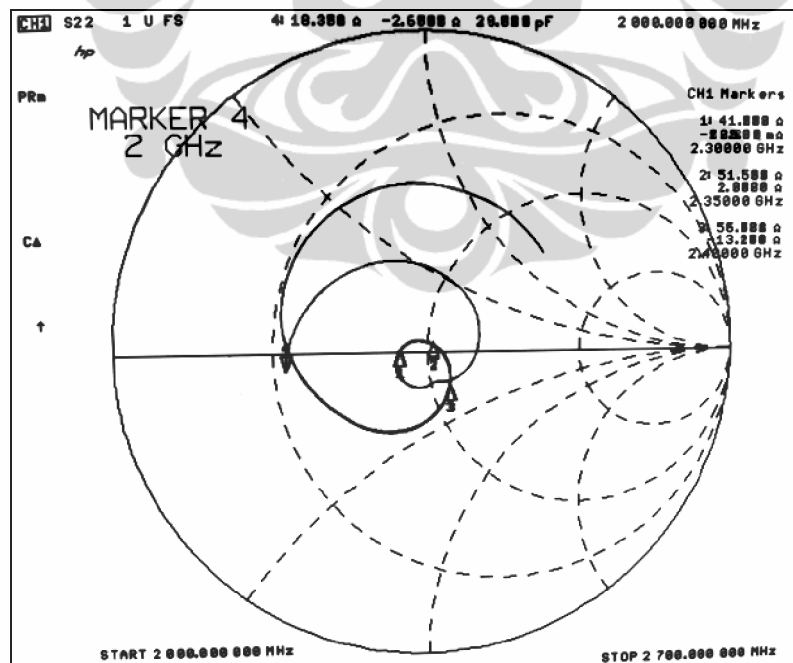
Tampilan *return loss* antenna planar array 4 elemen pada Network Analyzer :



Tampilan VSWR antenna *planar array* 4 elemen pada Network Analyzer :



Tampilan impedansi masukan antenna *planar array* 4 elemen pada Network Analyzer :



## C2. HASIL PENGUKURAN *PORT* GANDA

### C2.1. DATA POLA RADIASI ANTENA ELEMEN TUNGGAL

Intensitas Daya Relatif Antena Elemen Tunggal Untuk **Bidang E-Co**

Sudut (°)	Data 1 (dB)	Data 2 (dB)	Rata-rata (dB)	Normalisasi (dB)
0	-24.067	-24.091	-24.079	-0.105
10	-24.253	-24.353	-24.303	-0.329
20	-24.812	-25.026	-24.919	-0.945
30	-25.524	-26.112	-25.818	-1.844
40	-27.514	-27.603	-27.5585	-3.5845
50	-30.202	-30.297	-30.2495	-6.2755
60	-33.637	-37.056	-35.3465	-11.3725
70	-38.712	-38.498	-38.605	-14.631
80	-42.728	-42.842	-42.785	-18.811
90	-44.946	-45.197	-45.0715	-21.0975
100	-45.551	-45.821	-45.686	-21.712
110	-45.059	-44.792	-44.9255	-20.9515
120	-41.976	-41.865	-41.9205	-17.9465
130	-36.688	-36.794	-36.741	-12.767
140	-33.945	-34.205	-34.075	-10.101
150	-32.917	-33.081	-32.999	-9.025
160	-33.875	-34.308	-34.0915	-10.1175
170	-38.143	-38.264	-38.2035	-14.2295
180	-43.228	-43.129	-43.1785	-19.2045
190	-46.123	-45.917	-46.02	-22.046
200	-46.151	-46.328	-46.2395	-22.2655
210	-45.557	-45.693	-45.625	-21.651
220	-41.221	-41.298	-41.2595	-17.2855
230	-39.415	-39.587	-39.501	-15.527
240	-40.813	-41.029	-40.921	-16.947
250	-46.973	-47.271	-47.122	-23.148
260	-48.763	-48.825	-48.794	-24.82
270	-36.104	-35.876	-35.99	-12.016
280	-32.292	-32.318	-32.305	-8.331
290	-30.418	-30.284	-30.351	-6.377
300	-30.002	-30.233	-30.1175	-6.1435
310	-29.137	-28.997	-29.067	-5.093
320	-26.606	-26.588	-26.597	-2.623
330	-25.946	-25.726	-25.836	-1.862
340	-25.097	-25.219	-25.158	-1.184
350	-23.922	-24.026	-23.974	0

Ket : Normalisasi adalah nilai rata-rata tertinggi dikurang nilai rata-rata

Intensitas Daya Relatif Antena Elemen Tunggal Untuk **Bidang E-Cross**

Sudut (°)	Data 1 (dB)	Data 2 (dB)	Rata-rata (dB)	Normalisasi (dB)
0	-35.871	-35.854	-35.8625	-2.0915
10	-36.284	-36.301	-36.2925	-2.5215
20	-36.874	-37.086	-36.98	-3.209
30	-38.391	-38.457	-38.424	-4.653
40	-40.346	-39.871	-40.1085	-6.3375
50	-42.716	-43.329	-43.0225	-9.2515
60	-45.628	-45.822	-45.725	-11.954
70	-47.691	-48.104	-47.8975	-14.1265
80	-52.989	-53.325	-53.157	-19.386
90	-50.525	-50.784	-50.6545	-16.8835
100	-48.141	-48.538	-48.3395	-14.5685
110	-46.332	-46.341	-46.3365	-12.5655
120	-43.782	-44.079	-43.9305	9.956
130	-43.046	-42.877	-42.9615	-9.1905
140	-42.934	-43.004	-42.969	-9.198
150	-43.373	-43.289	-43.331	-9.56
160	-45.193	-44.989	-45.091	-11.32
170	-48.328	-47.651	-47.9895	-14.2185
180	-54.981	-55.235	-55.108	-21.337
190	-54.453	-54.632	-54.5425	-20.7715
200	-53.198	-52.761	-52.9795	-19.2085
210	-53.371	-53.365	-53.368	-19.597
220	-53.322	-52.923	-53.1225	-19.3515
230	-50.521	-51.043	-50.782	-17.011
240	-52.555	-52.218	-52.3865	-18.6155
250	-62.966	-58.569	-60.7675	-26.9965
260	-57.785	-56.562	-57.1735	-23.4025
270	-51.423	-53.274	-52.3485	-18.5775
280	-48.271	-49.859	-49.065	-15.294
290	-41.712	-44.645	-43.1785	-9.4075
300	-44.053	-43.877	-43.965	-10.194
310	-38.725	-39.148	-38.9365	-5.1655
320	-37.712	-37.486	-37.599	-3.828
330	-34.983	-35.029	-35.006	-1.235
340	-33.961	-33.581	-33.771	0
350	-35.511	-34.902	-35.2065	-1.4355

Ket : Normalisasi adalah nilai rata-rata tertinggi dikurang nilai rata-rata

Intensitas Daya Relatif Antena Elemen Tunggal Untuk **Bidang H-Co**

Sudut (°)	Data 1 (dB)	Data 2 (dB)	Rata-rata (dB)	Normalisasi (dB)
0	-23.928	-24.053	-23.9905	-0.2645
10	-24.153	-24.206	-24.1795	-0.4535
20	-24.824	-24.734	-24.779	-1.053
30	-26.113	-25.778	-25.9455	-2.2195
40	-27.681	-28.552	-28.1165	-4.3905
50	-30.164	-31.207	-30.6855	-6.9595
60	-33.056	-33.102	-33.079	-9.353
70	-37.419	-38.513	-37.966	-14.24
80	-42.635	-42.296	-42.4655	-18.7395
90	-45.724	-45.679	-45.7015	-21.9755
100	-42.181	-42.221	-42.201	-18.475
110	-36.294	-36.287	-36.2905	-12.5645
120	-36.065	-35.916	-35.9905	-35.9905
130	-35.005	-35.121	-35.063	-11.337
140	-33.156	-32.878	-33.017	-9.291
150	-32.002	-32.356	-32.179	-8.453
160	-30.618	-30.529	-30.5735	-6.8475
170	-30.998	-30.776	-30.887	-7.161
180	-31.445	-31.452	-31.4485	-7.7225
190	-32.112	-31.975	-32.0435	-8.3175
200	-33.319	-32.856	-33.0875	-9.3615
210	-35.614	-35.332	-35.473	-11.747
220	-38.413	-38.697	-38.555	-14.829
230	-43.272	-42.851	-43.0615	-19.3355
240	-48.467	-47.219	-47.843	-24.117
250	-47.049	-48.214	-47.6315	-23.9055
260	-38.968	-39.228	-39.098	-15.372
270	-35.771	-36.106	-35.9385	-12.2125
280	-32.931	-33.387	-33.159	-9.433
290	-29.687	-29.754	-29.7205	-5.9945
300	-28.233	-29.054	-28.6435	-4.9175
310	-26.647	-27.129	-26.888	-3.162
320	-25.578	-24.682	-25.13	-1.404
330	-24.669	-24.216	-24.4425	-0.7165
340	-24.094	-23.787	-23.9405	-0.2145
350	-24.083	-23.369	-23.726	0

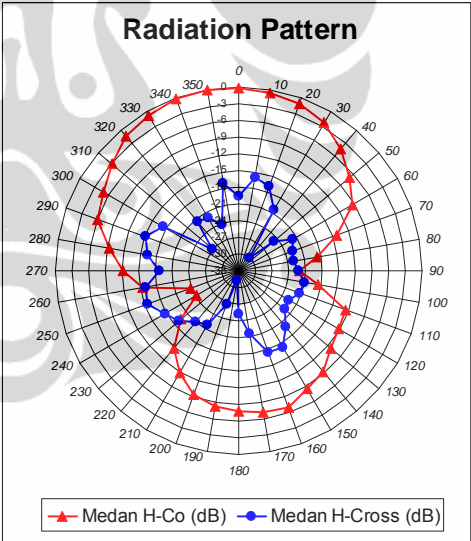
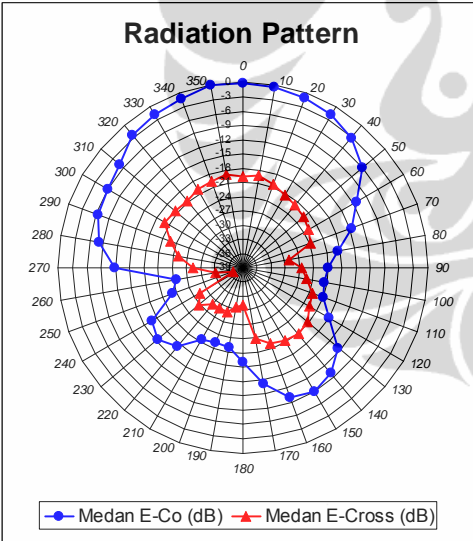
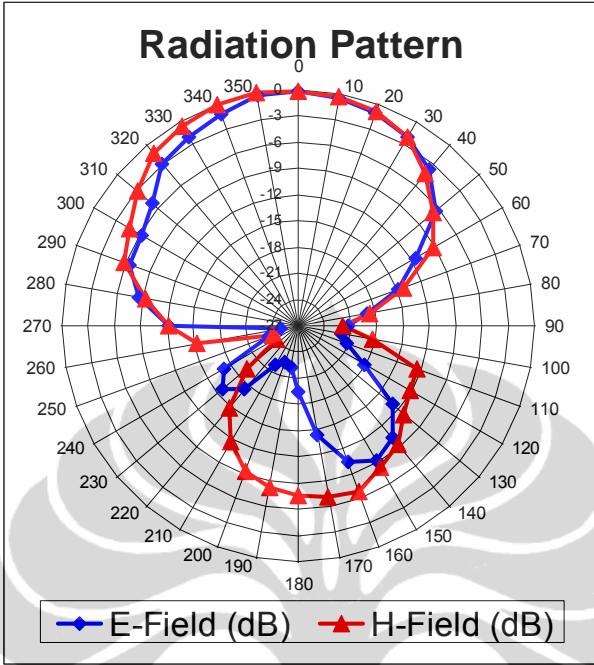
Ket : Normalisasi adalah nilai rata-rata tertinggi dikurang nilai rata-rata

Intensitas Daya Relatif Antena Elemen Tunggal Untuk **Bidang H-Cross**

Sudut (°)	Data 1 (dB)	Data 2 (dB)	Rata-rata (dB)	Normalisasi (dB)
0	-43.576	-43.561	-43.5685	-4.447
10	-39.981	-40.205	-40.093	-0.9715
20	-40.602	-41.063	-40.8325	-1.711
30	-43.989	-44.466	-44.2275	-5.106
40	-55.444	-52.329	-53.8865	-14.765
50	-48.309	-49.037	-48.673	-9.5515
60	-45.861	-45.797	-45.829	-6.7075
70	-46.782	-46.285	-46.5335	-7.412
80	-47.132	-46.816	-46.974	-7.8525
90	-46.011	-46.289	-46.15	-7.0285
100	-44.706	-45.105	-44.9055	-5.784
110	-45.291	-45.245	-45.268	-6.1465
120	-46.484	-46.751	-46.6175	-46.6175
130	-46.067	-46.442	-46.2545	-7.133
140	-43.745	-44.229	-43.987	-4.8655
150	-41.354	-40.956	-41.155	-2.0335
160	-41.672	-41.387	-41.5295	-2.408
170	-45.129	-45.769	-45.449	-6.3275
180	-49.569	-48.824	-49.1965	-10.075
190	-55.742	-54.691	-55.2165	-16.095
200	-50.789	-50.416	-50.6025	-11.481
210	-45.243	-46.002	-45.6225	-6.501
220	-44.872	-45.185	-45.0285	-5.907
230	-42.991	-42.586	-42.7885	-3.667
240	-41.621	-41.683	-41.652	-2.5305
250	-39.545	-39.367	-39.456	-0.3345
260	-40.074	-40.103	-40.0885	-0.967
270	-42.485	-42.792	-42.6385	-3.517
280	-40.605	-40.288	-40.4465	-1.325
290	-38.902	-39.341	-39.1215	0
300	-41.293	-41.389	-41.341	-2.2195
310	-50.655	-51.032	-50.8435	-11.722
320	-45.356	-45.589	-45.4725	-6.351
330	-45.708	-46.307	-46.0075	-6.886
340	-48.411	-47.962	-48.1865	-9.065
350	-40.979	-41.068	-41.0235	-1.902

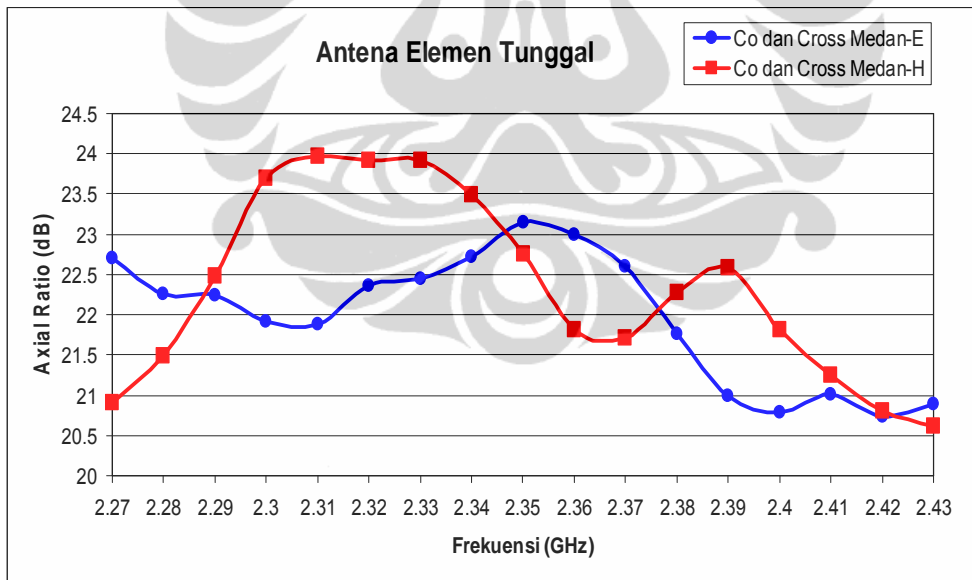
Ket : Normalisasi adalah nilai rata-rata tertinggi dikurang nilai rata-rata

Grafik pola radiasi antena elemen tunggal :



## C2.2. DATA AXIAL RATIO ANTENA ELEMEN TUNGGAL

Frekuensi (GHz)	Medan-E			Medan-H		
	E-Co (dB)	E-Cross (dB)	Axial Ratio (dB)	H-Co (dB)	H-Cross (dB)	Axial Ratio (dB)
2.27	-20.187	-42.893	22.706	-21.384	-42.291	20.907
2.28	-20.178	-42.441	22.263	-21.095	-42.576	21.481
2.29	-20.227	-42.476	22.249	-20.724	-43.201	22.477
2.3	-20.325	-42.245	21.92	-20.636	-44.332	23.696
2.31	-20.331	-42.215	21.884	-20.681	-44.645	23.964
2.32	-20.347	-42.714	22.367	-20.639	-44.551	23.912
2.33	-20.452	-42.897	22.445	-20.652	-44.568	23.916
2.34	-20.597	-43.318	22.721	-20.697	-44.189	23.492
2.35	-20.721	-43.875	23.154	-20.785	-43.539	22.754
2.36	-20.913	-43.903	22.99	-21.058	-42.874	21.816
2.37	-21.014	-43.618	22.604	-21.264	-42.982	21.718
2.38	-21.265	-43.034	21.769	-21.446	-43.719	22.273
2.39	-21.641	-42.637	20.996	-21.657	-44.236	22.579
2.4	-21.775	-42.561	20.786	-21.783	-43.598	21.815
2.41	-21.967	-42.979	21.012	-21.891	-43.147	21.256
2.42	-22.384	-43.118	20.734	-22.219	-43.016	20.797
2.43	-22.817	-43.709	20.892	-22.375	-42.983	20.608





### C2.3. DATA POLA RADIASI ANTENA PLANAR ARRAY 4 ELEMEN

Intensitas Daya Relatif Antena *Planar Array* 4 Elemen Untuk **Bidang E-Co**

Sudut (°)	Data 1 (dB)	Data 2 (dB)	Rata-rata (dB)	Normalisasi (dB)
0	-19.783	-19.782	-19.7825	0
10	-19.904	-19.895	-19.8995	-0.117
20	-21.34	-21.339	-21.3395	-1.557
30	-23.607	-23.597	-23.602	-3.8195
40	-27.408	-27.398	-27.403	-7.6205
50	-34.507	-34.491	-34.499	-14.7165
60	-44.863	-44.861	-44.862	-25.0795
70	-57.39	-57.386	-57.388	-37.6055
80	-44.448	-44.417	-44.4325	-24.65
90	-40.769	-40.763	-40.766	-20.9835
100	-42.062	-42.049	-42.0555	-22.273
110	-48.172	-48.174	-48.173	-28.3905
120	-52.814	-52.812	-52.813	-33.0305
130	-42.013	-42.011	-42.012	-22.2295
140	-37.078	-37.078	-37.078	-17.2955
150	-35.611	-35.614	-35.6125	-15.83
160	-36.314	-36.318	-36.316	-16.5335
170	-39.131	-38.918	-39.0245	-19.242
180	-46.277	-46.273	-46.275	-26.4925
190	-52.071	-52.839	-52.455	-32.6725
200	-51.258	-51.251	-51.2545	-31.472
210	-44.587	-44.585	-44.586	-24.8035
220	-41.218	-41.209	-41.2135	-21.431
230	-45.205	-45.219	-45.212	-25.4295
240	-53.441	-53.038	-53.2395	-33.457
250	-54.578	-53.332	-53.955	-34.1725
260	-49.164	-49.162	-49.163	-29.3805
270	-46.995	-46.814	-46.9045	-27.122
280	-45.176	-45.169	-45.1725	-25.39
290	-41.686	-41.672	-41.679	-21.8965
300	-36.371	-36.369	-36.37	-16.5875
310	-32.273	-32.271	-32.272	-12.4895
320	-29.062	-28.912	-28.987	-9.2045
330	-25.683	-25.681	-25.682	-5.8995
340	-22.988	-22.763	-22.8755	-3.093
350	-21.245	-20.867	-21.056	-1.2735

Ket : Normalisasi adalah nilai rata-rata tertinggi dikurang nilai rata-rata

Intensitas Daya Relatif Antena *Planar Array* 4 Elemen Untuk **Bidang E-Cross**

Sudut (°)	Data 1 (dB)	Data 2 (dB)	Rata-rata (dB)	Normalisasi (dB)
0	-41.613	-41.613	-41.613	-21.8305
10	-38.627	-38.629	-38.628	-18.8455
20	-37.494	-37.501	-37.4975	-17.715
30	-39.641	-39.642	-39.6415	-19.859
40	-42.427	-42.427	-42.427	-22.6445
50	-45.327	-45.325	-45.326	-25.5435
60	-52.099	-52.102	-52.1005	-32.318
70	-57.173	-57.171	-57.172	-37.3895
80	-56.614	-56.612	-56.613	-36.8305
90	-53.21	-53.217	-53.2135	-33.431
100	-52.126	-52.125	-52.1255	-32.343
110	-50.172	-50.179	-50.1755	-30.393
120	-48.304	-48.298	-48.301	-28.5185
130	-49.316	-49.318	-49.317	-29.5345
140	-54.878	-54.872	-54.875	-35.0925
150	-56.273	-56.279	-56.276	-36.4935
160	-51.635	-51.641	-51.638	-31.8555
170	-53.023	-53.024	-53.0235	-33.241
180	-63.322	-63.298	-63.31	-43.5275
190	-64.114	-63.972	-64.043	-44.2605
200	-54.983	-54.895	-54.939	-35.1565
210	-54.403	-54.416	-54.4095	-34.627
220	-51.648	-51.647	-51.6475	-31.865
230	-51.755	-51.693	-51.724	-31.9415
240	-53.185	-53.203	-53.194	-33.4115
250	-52.984	-53.022	-53.003	-33.2205
260	-53.46	-53.463	-53.4615	-33.679
270	-53.685	-53.684	-53.6845	-33.902
280	-52.055	-52.109	-52.082	-32.2995
290	-50.304	-50.303	-50.3035	-30.521
300	-47.47	-47.468	-47.469	-27.6865
310	-47.503	-47.504	-47.5035	-27.721
320	-51.505	-51.503	-51.504	-31.7215
330	-58.201	-58.194	-58.1975	-38.415
340	-57.776	-57.772	-57.774	-37.9915
350	-51.223	-51.261	-51.242	-31.4595

Ket : Normalisasi adalah pengurangan nilai rata-rata tertinggi dari nilai rata-rata

Intensitas Daya Relatif Antena *Planar Array* 4 Elemen Untuk **Bidang H-Co**

Sudut (°)	Data 1 (dB)	Data 2 (dB)	Rata-rata (dB)	Normalisasi (dB)
0	-19.459	-19.458	-19.4585	-0.077
10	-19.531	-19.529	-19.53	-0.1485
20	-20.313	-20.313	-20.313	-0.9315
30	-22.813	-22.815	-22.814	-3.4325
40	-26.145	-26.148	-26.1465	-6.765
50	-29.972	-29.973	-29.9725	-10.591
60	-32.94	-32.89	-32.915	-13.5335
70	-36.266	-36.263	-36.2645	-16.883
80	-37.561	-37.565	-37.563	-18.1815
90	-38.187	-38.185	-38.186	-18.8045
100	-38.573	-38.572	-38.5725	-19.191
110	-39.175	-39.178	-39.1765	-19.795
120	-39.352	-39.349	-39.3505	-19.969
130	-39.943	-39.941	-39.942	-20.5605
140	-40.846	-40.846	-40.846	-21.4645
150	-41.989	-41.983	-41.986	-22.6045
160	-41.812	-41.814	-41.813	-22.4315
170	-39.742	-39.744	-39.743	-20.3615
180	-37.104	-37.112	-37.108	-17.7265
190	-35.319	-35.313	-35.316	-15.9345
200	-37.786	-37.782	-37.784	-18.4025
210	-40.406	-40.406	-40.406	-21.0245
220	-40.895	-40.891	-40.893	-21.5115
230	-48.283	-48.286	-48.2845	-28.903
240	-43.284	-43.285	-43.2845	-23.903
250	-43.291	-43.289	-43.29	-23.9085
260	-42.671	-42.673	-42.672	-23.2905
270	-41.812	-41.812	-41.812	-22.4305
280	-41.02	-41.019	-41.0195	-21.638
290	-39.162	-39.164	-39.163	-19.7815
300	-34.003	-34.011	-34.007	-14.6255
310	-29.67	-29.69	-29.68	-10.2985
320	-26.306	-26.307	-26.3065	-6.925
330	-22.713	-22.715	-22.714	-3.3325
340	-19.467	-19.465	-19.466	-0.0845
350	-19.382	-19.381	-19.3815	0

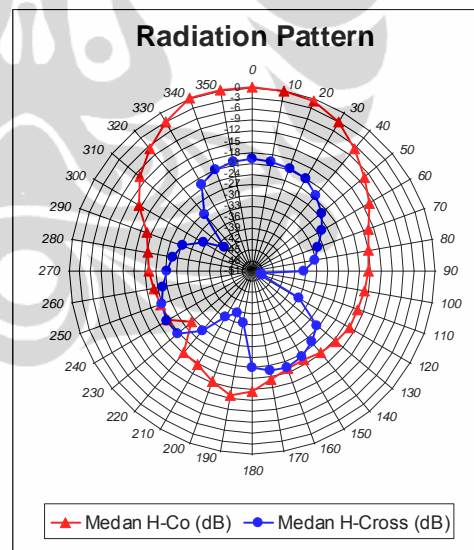
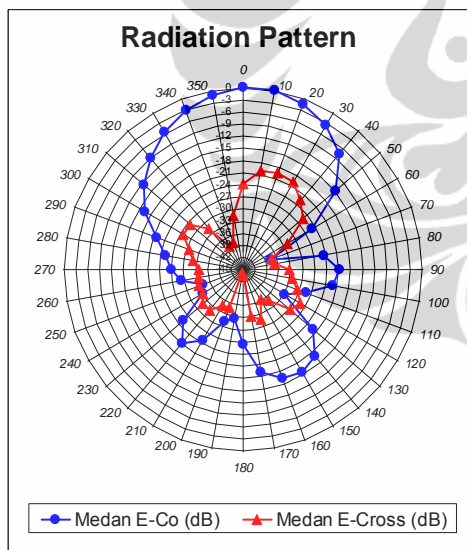
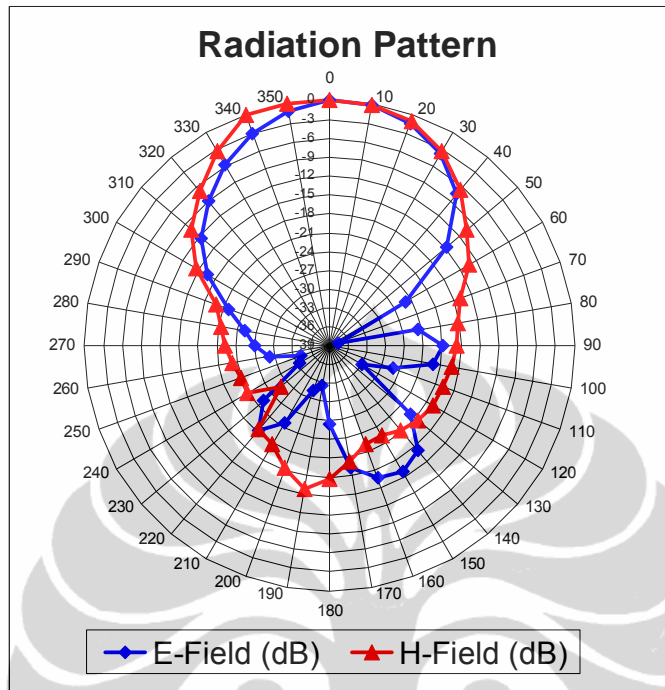
Ket : Normalisasi adalah nilai rata-rata tertinggi dikurang nilai rata-rata

Intensitas Daya Relatif Antena Planar Array 4 Elemen Untuk **Bidang H-Cross**

Sudut (°)	Data 1 (dB)	Data 2 (dB)	Rata-rata (dB)	Normalisasi (dB)
0	-36.275	-36.274	-36.2745	-16.893
10	-36.301	-36.299	-36.3	-16.9185
20	-38.143	-38.141	-38.142	-18.7605
30	-39.808	-39.806	-39.807	-20.4255
40	-42.044	-42.042	-42.043	-22.6615
50	-45.391	-45.401	-45.396	-26.0145
60	-47.986	-48.028	-48.007	-28.6255
70	-51.108	-51.106	-51.107	-31.7255
80	-52.661	-52.659	-52.66	-33.2785
90	-56.071	-56.053	-56.062	-36.6805
100	-67.875	-67.791	-67.833	-48.4515
110	-67.213	-67.229	-67.221	-47.8395
120	-55.454	-55.461	-55.4575	-36.076
130	-47.069	-47.072	-47.0705	-27.689
140	-44.612	-44.615	-44.6135	-25.232
150	-43.132	-43.129	-43.1305	-23.749
160	-41.992	-41.973	-41.9825	-22.601
170	-42.162	-42.161	-42.1615	-22.78
180	-43.641	-43.639	-43.64	-24.2585
190	-46.811	-64.804	-55.8075	-36.426
200	-57.982	-57.818	-57.9	-38.5185
210	-55.851	-55.842	-55.8465	-36.465
220	-48.767	-48.759	-48.763	-29.3815
230	-43.331	-43.329	-43.33	-23.9485
240	-43.095	-43.087	-43.091	-23.7095
250	-43.541	-43.539	-43.54	-24.1585
260	-45.317	-45.313	-45.315	-25.9335
270	-46.773	-46.769	-46.771	-27.3895
280	-48.15	-48.112	-48.131	-28.7495
290	-49.79	-49.769	-49.7795	-30.398
300	-54.803	-54.791	-54.797	-35.4155
310	-60.116	-60.109	-60.1125	-40.731
320	-47.313	-47.311	-47.312	-27.9305
330	-39.679	-39.652	-39.6655	-20.284
340	-36.371	-36.369	-36.37	-16.9885
350	-34.67	-34.65	-34.66	-15.2785

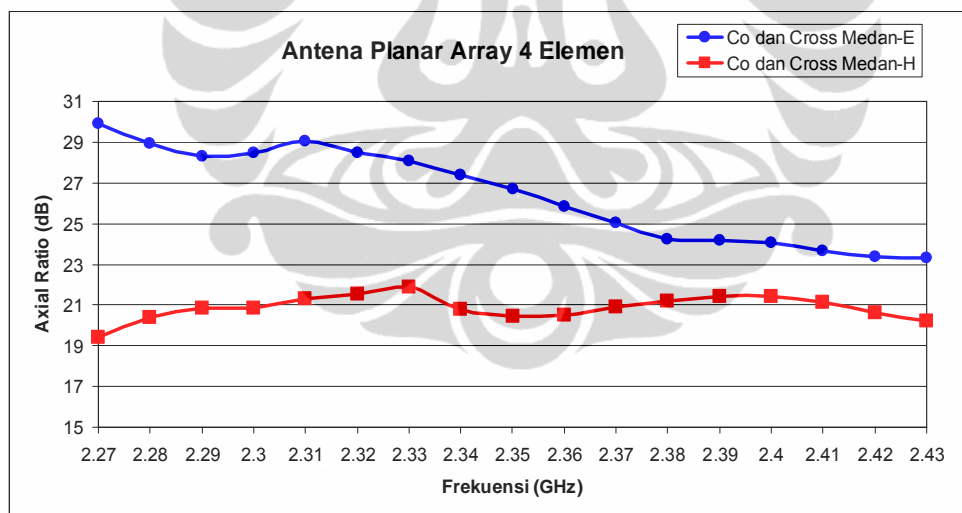
Ket : Normalisasi adalah pengurangan nilai rata-rata tertinggi dari nilai rata-rata

Grafik pola radiasi antena *planar array* 4 elemen :



## C2.4. DATA AXIAL RATIO ANTENA PLANAR ARRAY 4 ELEMEN

Frekuensi (GHz)	Medan-E			Medan-H		
	E-Co (dB)	E-Cross (dB)	Axial Ratio (dB)	H-Co (dB)	H-Cross (dB)	Axial Ratio (dB)
2.27	-20.126	-50.017	29.891	-21.703	-41.098	19.395
2.28	-20.138	-49.049	28.911	-21.218	-41.625	20.407
2.29	-20.058	-48.346	28.288	-20.875	-41.742	20.867
2.3	-20.193	-48.692	28.499	-21.044	-41.894	20.85
2.31	-20.256	-49.283	29.027	-20.895	-42.223	21.328
2.32	-20.233	-48.735	28.502	-20.912	-42.437	21.525
2.33	-20.261	-48.331	28.07	-20.783	-42.685	21.902
2.34	-20.445	-47.827	27.382	-20.761	-41.537	20.776
2.35	-20.638	-47.362	26.724	-20.843	-41.281	20.438
2.36	-20.715	-46.541	25.826	-20.957	-41.463	20.506
2.37	-20.948	-45.979	25.031	-21.142	-42.024	20.882
2.38	-21.265	-45.511	24.246	-21.256	-42.458	21.202
2.39	-21.473	-45.647	24.174	-21.538	-42.961	21.423
2.4	-21.683	-45.724	24.041	-21.787	-43.198	21.411
2.41	-21.984	-45.653	23.669	-21.904	-43.017	21.113
2.42	-22.416	-45.783	23.367	-22.013	-42.635	20.622
2.43	-22.863	-46.164	23.301	-22.344	-42.553	20.209



### C3. DATA HASIL PENGUKURAN GAIN

Metode yang digunakan dalam pengukuran gain pada penelitian ini menggunakan metode kombinasi *gain* 3 antena, dimana :

G1 = Gain antena mikrostrip elemen tunggal

G2 = Gain antena mikrostrip *planar array* 4 elemen

G3 = Gain antena mikrostrip *planar array* 4 elemen model-A

#### Data Pengukuran dengan kombinasi 1 – 2

Frekuensi (GHz)	$\lambda$ (cm)	R (cm)	Daya Pemancar (mW)	Daya Penerima ( $\mu$ W)			G1 + G2 (dB)
				Data-1	Data-2	rata-rata	
2.27	13.216	100	0.756	3.16	3.14	3.15	15.760
2.28	13.158	100	0.756	3.26	3.29	3.275	15.967
2.29	13.100	100	0.759	3.42	3.41	3.415	16.170
2.3	13.043	100	0.739	3.44	3.43	3.435	16.349
2.31	12.987	100	0.739	3.51	3.53	3.52	16.493
2.32	12.931	100	0.749	4.18	4.19	4.185	17.224
2.33	12.876	100	0.758	4.08	4.07	4.075	17.093
2.34	12.821	100	0.746	3.81	3.79	3.8	16.897
2.35	12.766	100	0.726	3.72	3.71	3.715	16.953
2.36	12.712	100	0.719	3.68	3.63	3.655	16.962
2.37	12.658	100	0.734	3.53	3.55	3.54	16.770
2.38	12.605	100	0.756	3.44	3.45	3.445	16.560
2.39	12.552	100	0.759	3.39	3.41	3.4	16.522
2.4	12.500	100	0.741	3.42	3.43	3.425	16.694
2.41	12.448	100	0.739	3.35	3.32	3.335	16.627
2.42	12.397	100	0.743	3.32	3.34	3.33	16.633
2.43	12.346	100	0.735	3.36	3.35	3.355	16.748

**Data Pengukuran dengan kombinasi 2 – 3**

Frekuensi (GHz)	$\lambda$ (cm)	R (cm)	Daya Pemancar (mW)	Daya Penerima ( $\mu$ W)			G2 + G3 (dB)
				Data-1	Data-2	rata-rata	
2.27	13.216	100	0.753	5.21	5.19	5.2	17.954
2.28	13.158	100	0.756	5.24	5.22	5.23	18.000
2.29	13.100	100	0.759	5.81	5.82	5.815	18.482
2.3	13.043	100	0.739	5.94	5.94	5.94	18.728
2.31	12.987	100	0.739	6.02	6.01	6.015	18.820
2.32	12.931	100	0.749	6.65	6.64	6.645	19.232
2.33	12.876	100	0.758	6.81	6.83	6.82	19.330
2.34	12.821	100	0.746	6.59	6.61	6.6	19.294
2.35	12.766	100	0.726	6.94	6.93	6.935	19.664
2.36	12.712	100	0.719	6.55	6.56	6.555	19.498
2.37	12.658	100	0.734	6.51	6.49	6.5	19.409
2.38	12.605	100	0.756	6.64	6.65	6.645	19.413
2.39	12.552	100	0.759	6.41	6.42	6.415	19.279
2.4	12.500	100	0.741	6.39	6.37	6.38	19.396
2.41	12.448	100	0.739	6.33	6.32	6.325	19.406
2.42	12.397	100	0.745	6.29	6.28	6.285	19.380
2.43	12.346	100	0.757	6.36	6.37	6.365	19.401

**Data Pengukuran dengan kombinasi 1– 3**

Frekuensi (GHz)	$\lambda$ (cm)	R (cm)	Daya Pemancar (mW)	Daya Penerima ( $\mu$ W)			G1 + G3 (dB)
				Data-1	Data2	rata-rata	
2.27	13.216	100	0.751	2.41	2.43	2.42	14.644
2.28	13.158	100	0.756	2.43	2.47	2.45	14.707
2.29	13.100	100	0.759	2.48	2.49	2.485	14.789
2.3	13.043	100	0.739	2.55	2.54	2.545	15.047
2.31	12.987	100	0.739	2.57	2.56	2.565	15.118
2.32	12.931	100	0.749	2.61	2.62	2.615	15.181
2.33	12.876	100	0.758	2.86	2.87	2.865	15.563
2.34	12.821	100	0.746	2.72	2.71	2.715	15.436
2.35	12.766	100	0.726	2.69	2.71	2.7	15.567
2.36	12.712	100	0.719	2.64	2.63	2.635	15.541
2.37	12.658	100	0.734	2.68	2.67	2.675	15.553
2.38	12.605	100	0.756	2.59	2.58	2.585	15.313
2.39	12.552	100	0.759	2.56	2.55	2.555	15.281
2.4	12.500	100	0.741	2.53	2.54	2.535	15.388
2.41	12.448	100	0.739	2.47	2.48	2.475	15.331
2.42	12.397	100	0.745	2.45	2.44	2.445	15.279
2.43	12.346	100	0.757	2.52	2.51	2.515	15.368



## Perolehan Gain dari data pengukuran dengan kombinasi 1-2, 2-3, dan 1-3

Frekuensi (GHz)	G1 (dBi)	G2 (dBi)	G3 (dBi)
2.27	6.225	9.535	8.419
2.28	6.337	9.630	8.370
2.29	6.239	9.931	8.550
2.3	6.334	10.015	8.713
2.31	6.396	10.097	8.723
2.32	6.587	10.637	8.595
2.33	6.663	10.430	8.900
2.34	6.519	10.377	8.917
2.35	6.428	10.525	9.139
2.36	6.502	10.460	9.039
2.37	6.457	10.313	9.096
2.38	6.230	10.330	9.083
2.39	6.262	10.260	9.019
2.4	6.343	10.351	9.045
2.41	6.276	10.351	9.056
2.42	6.266	10.366	9.013
2.43	6.358	10.390	9.011

Grafik gain untuk antenna elemen tunggal dan *planar array* 4 elemen :