

**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH  
SEGITIGA 2 *ARRAY* UNTUK APLIKASI WLAN DENGAN  
MENGUNAKAN PROBE-FEEDING**

**SKRIPSI**



**Disusun Oleh :**

**Nama : DONY RACHMAD HADI**

**Nim : 14.12.903**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2016**

---

## LEMBAR PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGITIGA 2 ARRAY  
UNTUK APLIKASI WLAN DENGAN MENGGUNAKAN PROBE-FEEDING

### SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Persyaratan  
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik Strata Satu (S-1)*

Disusun oleh :  
**DONY RACHMAD HADI**  
NIM. 1412903

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I



**M. Ibrahim Ashari, ST, MT**  
NIP.P. 1030100358

Dosen Pembimbing II



**Sofyohadi, ST,**  
NIP.Y. 1039700300

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



**M. Ibrahim Ashari, ST, MT**  
NIP.P. 1030100358

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2016**

## SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Dony Rachmad Hadi  
NIM : 14.12.903  
Program Studi : T.Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Telekomunikasi

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, Agustus 2016

Yang membuat Pernyataan,



**Dony Rachmad Hadi**

NIM : 1412903

---

# RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGITIGA 2 ARRAY UNTUK APLIKASI WLAN DENGAN MENGUNAKAN PROBE-FEEDING

**Dony Rachmad Hadi**

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro S-1  
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang  
Jl. Raya Karanglo Km.2 Malang  
E-mail : [ryusaint@yahoo.com](mailto:ryusaint@yahoo.com)

## ABSTRAK

*Antena Mikrostrip merupakan antena yang kecil dan memiliki frekuensi yang beragam tergantung dari ukuran dan dimensi antena yang kita gunakan, saat ini telah banyak perkembangan dari antena dari antena yagi, horn, omnidirectional dan antena kecil seperti antena mikrostrip ini, bahan substrat antena mikrostrip ini juga beragam seperti duroid, Epoxy, FR-4. Pada desain yang kami pakai menggunakan substrat yang mudah di dapatkan yaitu FR-4 yang memiliki konstanta dielektrik sebesar 4,4 dengan ketebalan substrat 1,6 mm*

*Pada makalah ini merealisasikan penelitian tentang antena mikrostrip dengan bentuk geometri yang jarang sekali dipakai yaitu triangular(segitiga), pada antena yang memiliki bentuk ini merupakan antena yang memiliki bandwidth yang cukup sempit juga memiliki frekuensi tengah yang beragam.*

*Antena yang kami desain adalah antena pemancar yang bekerja pada frekuensi kerja dari WiFi(wireless fidelity) yang mana frekuensi kerja dari wifi ini bernilai sebesar 2,4 Ghz yang memiliki range frekuensi diantara dari frekuensi 2400 Mhz – 2483,5 Mhz frekuensi range ini merupakan frekuensi standar industri 802.11 dan variasi-variasi yang telah di revisi adalah bagian dari wireless LAN. 802. 11.*

*Sistem pencatuan pada antena mikrostrip juga beragam, sistem pencatuan ini di desain dengan sistem pencatuan probe-feeding atau bisa juga disebut dengan sistem pencatuan coaxial-feeding, dimana patch yang kami gunakan akan terhubung langsung dengan inner dari kabel koaksial yang kami pakai yaitu jenis kabel koaksial RG-58 yang memiliki losses 38,9 dB per 100 meter untuk frekuensi 2,4 Ghz*

**Kata Kunci** : Antena Mikrostrip, Pencatuan probe-feeding, Antena microstrip array, Antena microstrip triangular

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang dengan segala Kasih dan Anugerah-Nya, telah memberikan kekuatan, kesabaran, bimbingan dan perlindungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul:

### **“RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGITIGA 2 ARRAY UNTUK APLIKASI WLAN DENGAN MENGUNAKAN PROBE-FEEDING”**

Pembuatan skripsi ini disusun guna memenuhi syarat akhir kelulusan pendidikan jenjang Strata I di Institut Teknologi Nasional Malang. Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan baik moril maupun materiil, saran dan dorongan semangat dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MTA. selaku rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Anang Subardi, MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. Bapak M. Ibrahim Ashari, ST, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
4. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
5. Bapak M. Ibrahim Ashari, ST, MT. selaku Dosen Pembimbing I.
6. Bapak Sotyohadi, ST. selaku Dosen Pembimbing II.
7. Dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak yang perlu disempurnakan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata, penulis mohon maaf kepada semua pihak bilamana selama penyusunan skripsi ini penulis membuat kesalahan secara tidak sengaja maupun sengaja dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Agustus 2016



Penulis

## DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan .....	i
Abstrak .....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Daftar Isi .....	iv
Daftar Gambar .....	vi
Daftar Tabel .....	viii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metodologi Masalah .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II DASAR TEORI .....	5
2.1 Antena Mikrostrip .....	5
2.1.1 Kelebihan dan kekurangan antena mikrostrip .....	5
2.1.2 Antena Mikrostrip Patch Segitiga .....	6
2.2 Parameter-parameter Antena .....	9
2.2.1 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) .....	9
2.2.2 Bandwidth .....	9
2.2.3 Gain .....	10
2.2.4 Return Loss .....	10
2.2.5 Pola Radiasi .....	10
2.3 Metode Penyambungan/pencatuan .....	10
2.3.1 Penyambungan Mikrostrip line .....	10
2.3.2 Penyambungan Koaksial (Coaxial Feed) .....	13

2.3.3 Penyambungan Celah Bergandeng .....	13
2.3.4 Penyambungan Kopling Medan Dekat .....	14
2.4 Impedance Matching .....	15
2.5 T-Junction.....	16
2.6 Pencatuan Koaksial .....	16
2.7 Coaxial Cable .....	16
2.7.1 Kabel Coaxial Thinnet ( Kabel RG-58 ).....	18
2.7.2 Kabel Coaxial Thicknet ( Kabel RG-8 ).....	18
BAB III PERANCANGAN DAN ANALISA SISTEM.....	21
3.1 Perancangan Sistem.....	21
3.2 Perangkat yang digunakan .....	21
3.3 Diagram alir perancangan antena .....	23
3.4 Langkah-langkah Kerja.....	24
3.4.1 Menentukan karakteristik antena.....	24
3.4.2 Menentukan jenis substrat yang digunakan.....	24
3.4.3 Merancang dimensi antena triangular .....	25
3.4.4 Merancang saluran pencatu mikrostrip .....	27
3.4.5 Merancang jarak antar patch .....	28
3.5 Hasil akhir perancangan .....	29
3.5.1 Hasil akhir perancangan antena mikrostrip patch tunggal .....	29
3.5.2 Hasil akhir perancangan antena mikrostrip patch ganda.....	30
BAB IV ANALISA DAN HASIL .....	32
4.1 Analisa dan Hasil simulasi menggunakan Ansoft HFSS13 .....	32
4.1.1 Hasil simulasi antena patch tunggal.....	32
4.1.2 Hasil simulasi antena mikrostrip patch ganda.....	35
4.2 Hasil pengukuran Antena dengan alat ukur .....	38
4.2.1 Pengukuran Antena triangular patch tunggal.....	38
4.2.2 Pengukuran Antena triangular patch ganda.....	40
4.2.3 Perhitungan Gain Antena real triangular patch ganda.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran.....	45

DAFTAR PUSTAKA.....	46
---------------------	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Microstrip patch antenna .....	5
Gambar 2.2: Antena mikrostrip <i>Patch</i> Segitiga .....	6
Gambar 2.3: Patch segitiga antena mikrostrip .....	8
Gambar 2.4: Bentuk real rancangan antena mikrostrip single patch segitiga .....	8
Gambar 2.5: Desain geometri antena mikrostrip <i>array</i> bidang segitiga sama sisi ..	9
Gambar 2.6: Penyambungan saluran mikrostrip .....	9
Gambar 2.7: Penyambungan koaksial .....	13
Gambar 2.8: Penyambungan celah bergandeng .....	13
Gambar 2.9: Penyambungan kopleng medan dekat .....	14
Gambar 2.10 : Rangkaian Ekuivalen untuk tiap-tiap pencatuan.....	14
Gambar 2.11 : T-junction untuk mikrostrip .....	15
Gambar 2.12 : Thin Coaxial Cable .....	16
Gambar 2.13 : Thick Coaxial Cable.....	18
Gambar 3.1 : Diagram Alir.....	23
Gambar 3.2: Tampilan desain antena mikrostrip triangular patch tunggal.....	29
Gambar 3.3: Tampilan desain patch antena mikrostrip linear triangular patch tunggal .....	30
Gambar 4.1 : Tampilan grafik return loss patch tunggal .....	33
Gambar 4.2: Tampilan Bandwidth patch tunggal .....	33
Gambar 4.3: Tampilan VSWR patch tunggal.....	34
Gambar 4.4: Tampilan pola radiasi patch tunggal.....	35
Gambar 4.5: Tampilan grafik return loss patch ganda .....	35
Gambar 4.6: Tampilan Bandwidth patch ganda .....	36
Gambar 4.7: Tampilan VSWR patch ganda .....	37
Gambar 4.8: Tampilan pola radiasi patch ganda .....	38
Gambar 4.9: Penampang pengukuran antena patch tunggal .....	38
Gambar 4.10 : Pengukuran Return Loss Triangular patch tunggal .....	39



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Antena adalah suatu piranti yang digunakan untuk mengirimkan dan menerima gelombang radio atau gelombang elektromagnetik dari dan ke udara bebas. Karena merupakan perangkat perantara antara saluran transmisi dan udara, maka antena harus mempunyai sifat yang sesuai dengan saluran pencatu. Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal (*patch*) yang menempel diatas ground plane yang diantaranya terdapat bahan dielektrik (Chandra dkk., 2012).

Antena mikrostrip merupakan salah satu antena gelombang mikro yang digunakan sebagai radiator pada sejumlah sistem telekomunikasi modern. Antena mikrostrip merupakan sebuah antena yang tersusun atas tiga elemen, yaitu: elemen peradiasi (*radiator*), elemen *substrate* dan elemen pentanahan (*ground*).<sup>111</sup> Antena memiliki banyak bentuk geometri, terutama bentuk segitiga yang mempunyai kelebihan yaitu mampu menghasilkan performa yang serupa dengan bentuk dasar yang lain, memiliki luas *patch* yang lebih kecil, sehingga masih banyak kemungkinan untuk mengeksplorasi antena ini. (Slamet Purwo Santosa, FT UI., 2008.) Antena mikrostrip juga memiliki banyak jenis pencatuan, terutama jenis pencatuan probe feeding yang memiliki kelebihan lebih mudah dalam menentukan impedansi 50 ohm, tetapi memiliki kesulitan dalam hal mendesain dan merealisasikan (Antenna Theory Analysis and Design, 3rd Edition by Balanis hal 771)

Pemilihan frekuensi kerja WLAN yang digunakan untuk perancangan antena adalah pada frekuensi 2,4 GHz (2400 Mhz – 2483,5 Mhz). Alasan mengapa dipilihnya frekuensi ini karena frekuensi 2,4 Ghz (2400 – 2483,5 Mhz) merupakan standar industri 802.11 dan variasi revisi-revisinya adalah bagian dari

wireless LAN. 802.11<sup>[9]</sup>. Antena array adalah jenis antena yang memiliki pola radiasi dan direktifitas yang baik. Di sini saya ingin melakukan perancangan antena segitiga 2 array dengan teknik pencatuan probe feeding yang harapannya nanti bisa lebih meningkatkan gain.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan Latar belakang di atas, maka rumusan masalah adalah bagaimana cara merancang dan merealisasikan antena mikrostrip patch segitiga 2 array untuk aplikasi wlan dengan menggunakan probe-feeding

## 1.3 Tujuan

Sesuai dengan rumusan masalah tersebut, adapun tujuan yang diharapkan yaitu membuat antena yang dapat digunakan untuk meningkatkan gain dalam aplikasi WLAN.

## 1.4 Batasan Masalah

Dalam Skripsi ini direncanakan untuk merancang dan merealisasikan antena mikrostrip patch segitiga 2 array untuk aplikasi wlan dengan menggunakan probe-feeding, batasan masalah dari alat ini adalah sebagai berikut.

1. Mempertimbangkan Bahan dielektrik yang dipakai substrat FR4
2. VSWR  $> 2$
3. Gain antenna  $> 4$  dB
4. Return loss  $< -10$  dB
5. Bandwidth
6. Pola radiasi antenna
7. Frekuensi WLAN 2,4 – 2,5 Ghz

## 1.5 Metodologi

Untuk mencapai tujuan diatas maka langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Mempelajari literatur yang berkaitan dengan antena.
  2. Merencanakan perangkat keras seperti antena mikrostrip.
  3. Mengadakan pengujian.
-

4. Penulisan laporan tentang perencanaan dan pembuatan alat yang dibuat.

## **1.6 Sistematika Pembahasan**

Sistematika pembahasan laporan skripsi RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGITIGA 2 *ARRAY* UNTUK APLIKASI WLAN DENGAN MENGGUNAKAN PROBE-FEEDING perinciannya sebagai berikut :

### **BAB I : Pendahuluan**

Bab ini merupakan dasar penyusunan laporan skripsi yang di dalamnya berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan skripsi, batasan masalah, metodologi pengembangan sistem dan sistematika pembahasan skripsi.

### **BAB II : Kajian Pustaka**

Bab ini berisi tentang permasalahan yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan pada skripsi ini.

### **BAB III : Desain Sistem**

Berisi perancangan aplikasi sesuai dengan data yang didapatkan.

### **BAB IV : Implementasi dan Pengujian**

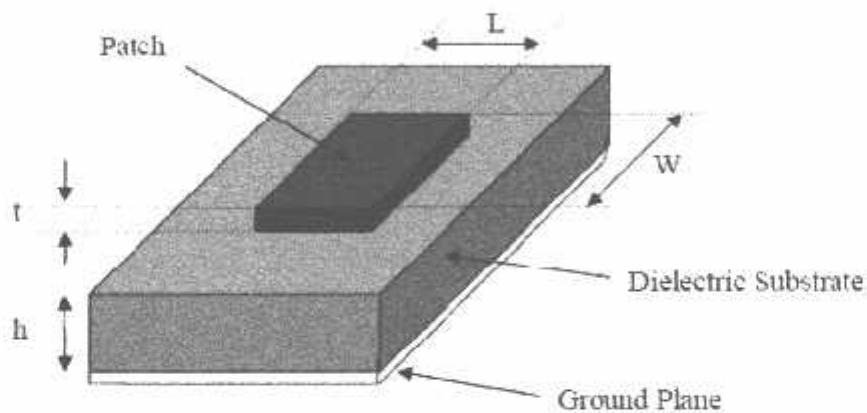
Bab ini berisi tentang tahap implementasi yaitu identifikasi untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi berdasarkan teori pada bab I dan bab III bab ini juga berisi hasil pengujian sistem.

---

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 ANTENA MIKROSTRIP

Format dasar dari sebuah *microstrip patch antenna* (MPA) adalah radiasi *patch* pada satu sisinya dari suatu *substrate* yang dielektrum dan meradiasi *ground plane* pada satu sisi lainnya, seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini *patch* secara umum dibuat dari bahan konduksi seperti tembaga atau emas dan dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2.1 Microstrip patch antenna

*Microstrip Patch Antenna* (MPA) saat ini sedang berkembang dan banyak digunakan dalam berbagai aplikasi komunikasi nirkabel dalam kaitannya dengan struktur yang *low profile*. Oleh karena itu MPA ini dapat diaplikasikan pada alat seperti : ponsel, pager, telemetri dan antena komunikasi pada peluru kendali dan yang lebih menarik MPA ini digunakan pada sistem satelit komunikasi. (Santosa, Slamet Purwo Antena mikrostrip FT Universitas Indonesia, 2008.)

#### 2.1.1 Kelebihan dan kekurangan antena mikrostrip

Kelebihan antena mikrostrip adalah sebagai berikut:

- Mempunyai bobot yang ringan dan ukuran yang kecil
- Konfigurasi yang *low profile* sehingga bentuknya dapat disesuaikan dengan perangkat utamanya.

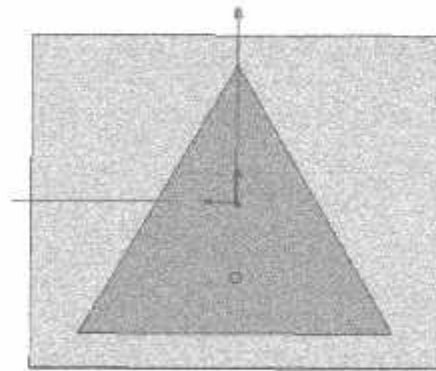
- c) Biaya Fabrikasi yang murah sehingga dapat dibuat dalam jumlah yang besar
- d) Mendukung polaritas linear dan sirkular
- e) Dapat dengan mudah diintegrasikan dengan *microwave integrated circuits* (MICs)
- f) Kemampuan dalam *dual frequency*
- g) Tidak memerlukan catuan tambahan

Kekurangan antenna mikrostrip adalah sebagai berikut:

- a) *Bandwidth* yang sempit
- b) Efisiensi yang rendah
- c) Penguatan yang rendah
- d) Memiliki rugi-rugi hambatan (*ohmic loss*) pada pencatuan antenna array
- e) Memiliki daya (*power*) yang rendah
- f) Timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*)

### 2.1.2 Antena Mikrostrip *Patch* Segitiga

Antena mikrostrip merupakan salahsatu antenna gelombang mikro yang digunakan sebagai radiator pada sejumlah sistem telekomunikasi modern. Antena mikrostrip merupakan sebuah antenna yang tersusun atas tiga elemen, yaitu: elemen peradiasi (*radiator*), elemen *substrate* dan elemen pentanahan (*ground*). Bentuk antenna mikrostrip *patch* segitiga dapat dilihat di bawah ini



Gambar 2.2 Antena mikrostrip *Patch* Segitiga

Hal yang harus dipertimbangkan dalam merancang *patch* segitiga yaitu pertimbangan memilih substrat. Elemen ini memiliki jenis bervariasi yang dapat digolongkan berdasarkan nilai konstanta dielektrik dan ketebalannya. Dalam pemilihan jenis substrat sangat dibutuhkan pengenalan tentang spesifikasi umum dari substrat tersebut yaitu kualitasnya. Berikut adalah spesifikasi substrat yang digunakan:

Tabel 2.1 Spesifikasi Substrat

Jenis substrat	FR-4 epoxy
Konstanta Dielektrik relative ( $\epsilon_r$ )	4,4
Dielektrik Loss Tangent ( $\tan\delta$ )	0,02
Ketebalan substrat ( $h$ )	1,6 mm

Dari bermacam-macam bentuk dasar geometri antena mikrostrip, ternyata *patch* antena segitiga sama sisi ini masih jarang dijadikan objek, padahal antena ini memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan antena bentuk yang lain yaitu mampu menghasilkan performa yang serupa dengan bentuk dasar yang lain, memiliki luas *patch* yang lebih kecil, sehingga masih banyak kemungkinan untuk mengeksplorasi antena ini.

Antena Mikrostrip *Patch* Segitiga Sama Sisi adalah:

Untuk menentukan dimensi antena segitiga dapat digunakan persamaan dibawah ini:

$$fr = \frac{2c}{3a\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Sehingga panjang sisi bidang segitiga sama sisi :

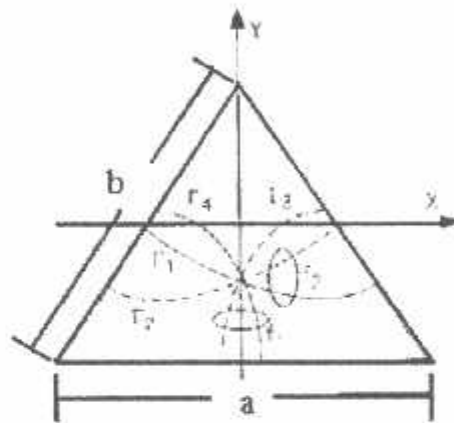
$$a = \frac{2c}{3fr\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots(2.2)$$

panjang sisi efektif dapat diperoleh dengan persamaan :

$$a_{eff} = a + h(\epsilon_r)^{-0.5} \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk menentukan tinggi dari segitiga diperoleh persamaan :

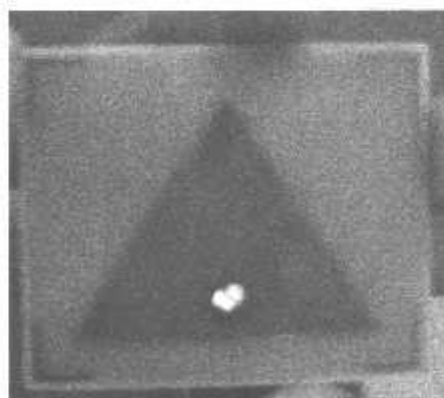
$$t = \sqrt{a^2 - (\frac{1}{2} \cdot a)^2} \dots\dots\dots (2.4)$$



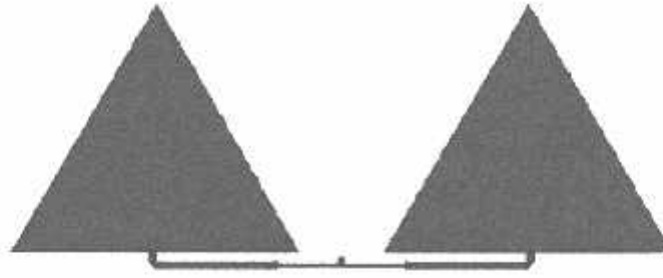
Gambar 2.3 Patch segitiga antenna mikrostrip

Keterangan :

- $f_r$  = Frekuensi resonansi ( GHz )
- $C$  = Kecepatan cahaya (  $3 \times 10^8$  m/det)
- $\mu_0$  = Permeability pada ruang vakum
- $\epsilon_r$  = Konstanta relatif dielektrikumbahan
- $\mu_{eff}$  = Effektif permittivity bahan dielektrikum
- $a$  = Panjang sisi segitiga ( mm )



Gambar 2.4 Bentuk real rancangan antenna mikrostrip single patch segitiga



Gambar 2.5 Desain geometri antenna mikrostrip *array* bidang segitiga sama sisi

## 2.2 Parameter-parameter Antena

### 2.2.1 VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

Gelombang berdiri memiliki tegangan maksimum dan minimum dalam saluran yang besarnya tergantung pada tegangan maupun arus pantul. Koefisien refleksi tegangan memiliki nilai kompleks, untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian *imaginer* dari  $\Gamma$  adalah nol, maka:

$\Gamma = -1$  : refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat

$\Gamma = 0$  : tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna

$\Gamma = +1$  : refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka secara sederhana rumus untuk menentukan VSWR[1].

$$S = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{1+|\tau|}{1-|\tau|} \dots\dots\dots (2.5)$$

### 2.2.2 Bandwidth

*Bandwidth* suatu antena di defenisikan sebagai rentang frekuensi yang berhubungan dengan beberapa karakteristik antena lain seperti, impedansi masukan, *bandwidth*, polarisasi dan *gain*. *Bandwidth* suatu antena ditentukan oleh parameter yang digunakan. Dimana, menentukan *bandwidth* adalah frekuensi atas kurang frekuensi bawah di bagi dengan frekuensi *carier*, dirumuskan sebagai berikut:

$$BW = \frac{f_2-f_1}{f_c} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$



### 2.2.3 Gain

*Gain* adalah karakter antena yang terkait dengan kemampuan antena mengarahkan radiasi sinyalnya atau penerima sinyal dari arah tertentu.

### 2.2.4 Return loss

*Return loss* adalah perbandingan antara *amplitude* dari gelombang yang direfleksikan terhadap *amplitude* gelombang yang dikirim. Besarnya *return loss* bervariasi tergantung pada frekuensi

$$\tau = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} RL = -20 \log \left[ \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \right]$$

$$VSWR = \frac{1 + \tau}{1 - \tau} RL = -20 \log (\tau)$$

$$\tau = 10^{\frac{-RL}{20}} VSWR = \frac{1 + 10^{\frac{-RL}{20}}}{1 - 10^{\frac{-RL}{20}}}$$

### 2.2.5 Pola radiasi

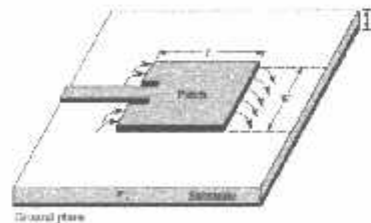
Pola radiasi adalah fungsi matematika dari sifat radiasi antena sebagai fungsi ruang, biasanya terdiri dari [Sihombing, Nevia, Rambe Hanafiah Ali (2014).]:

- Lobe utama (mainlobe)*
- Side lobe (cuping)*
- Back lobe*

## 2.3 Metode Penyambungan/pencatuan

### 2.3.1 Penyambungan *Microstrip line*

Dalam jenis teknik penyambungan, saluran terhubung langsung ke tepi bidang mikrostrip seperti yang ditunjukkan pada Gambar :



Gambar 2.6 Penyambungan saluran mikrostrip

Adapun rumus untuk menghitung lebar saluran mikrostrip diberikan oleh persamaan di bawah ini :

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan  $\epsilon_r$  adalah konstanta dielektrik relatif dan

$$B = \frac{60 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Besarnya konstanta dielektrik relatif untuk  $W/h < 1$ , dinyatakan dengan persamaan dibawah ini

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{w}\right)}} + 0,04 \left(1 - \frac{w}{h}\right)^2 \right] \dots\dots\dots(2.9)$$

Besarnya konstanta dielektrik relatif untuk  $W/h > 1$ , dinyatakan dengan persamaan dibawah ini :

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12 h}{w}\right)^{-0.5} \dots\dots\dots(2.10)$$

dan bila disederhanakan menjadi :

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + 12 h/w}} \right)$$

Dikarenakan bentuk groundplane dan substrate dari antena mikrostrip adalah persegi maka dari itu kita menentukan panjang dan lebarnya terlebih dahulu dengan persamaan:

$$W_p = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

$c$  = kecepatan cahaya di ruang bebas ( $3 \times 10^8$ ) m/det

$f_o$  = Frekuensi kerja

$\epsilon_r$  = konstanta dielektrik

$W_p$  = lebar patch

Kemudian untuk menentukan panjang patch ( $L_p$ ) di perlukan parameter  $\Delta L$  yang merupakan pertambahan panjang dari  $L_p$  akibat adanya fringing effect. Pertambahan panjang dari  $L$  ( $\Delta L$ ) di rumuskan dengan:

$$\Delta L = 0,412 h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{w}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{w}{h} + 0,8\right)} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

$h$  = tinggi substrat

$w$  = lebar patch

$\epsilon_{reff}$  = konstanta dielektrik

Dimana  $L_{eff}$  merupakan panjang patch efektif yang dapat di rumuskan dengan

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_o \sqrt{\epsilon_{reff}}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan demikian panjang patch dapat di peroleh dari persamaan berikut:

$$L_p = L_{eff} - 2\Delta L \dots\dots\dots(2.14)$$

Selanjutnya kita mencari panjang dan lebar dari grounplane dengan persamaan :

$$W_g = 6 X h + W_p \text{ dan } L_g = 6x h + L_p \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

$h$  = tinggi substrate

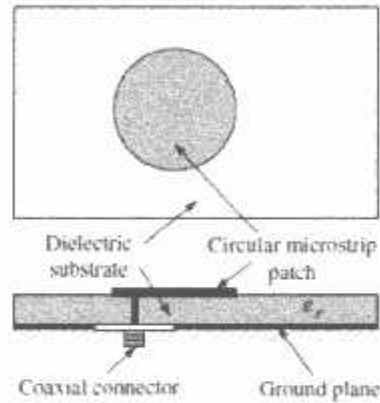
$W_p$  = lebar patch

$L_p$  = panjang substrate

$W_g$  = lebar groundplane dan  $L_g$  = panjang groundplane

### 2.3.2 Penyambungan Koaksial (*Coaxial Feed*)

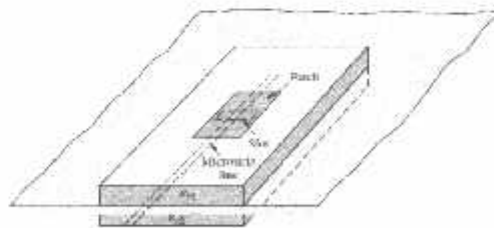
Penyambungan koaksial atau penyambungan konektor adalah teknik yang sangat umum digunakan untuk menyambung bidang antenna mikrostrip. Seperti yang terlihat dari Gambar 2.7



Gambar 2.7 Penyambungan koaksial

### 2.3.3 Penyambungan Celah Bergandeng

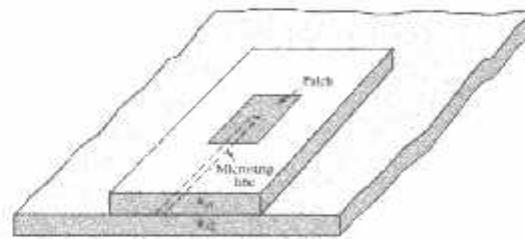
Dalam jenis teknik penyambungan celah bergandeng, bidang memancarkan radiasi dan garis penyambungan mikrostrip dipisahkan oleh bidang dasar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. Penghubung antara bidang dan penyambungan garis dibuat melalui slot atau celah pada bidang dasar



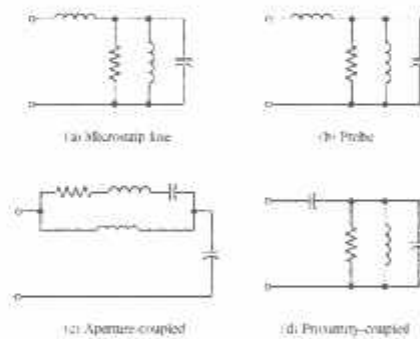
Gambar 2.8 Penyambungan celah bergandeng

### 2.3.4 Penyambungan Kopling Medan Dekat

Jenis teknik penyambungan kopling medan dekat juga disebut sebagai skema kopling elektromagnetik. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9, dua lapisan dielektrik digunakan seperti garis penyambungan di antara dua lapisan dan bidang pemancar di lapisan atas. (Sinulingga, Feriandri, "Perancangan dan Realisasi Susunan Antena Mikrostrip 14.25 Ghz untuk Aplikasi Mobile VSAT pada Frekuensi Uplink Ku-Band")



Gambar 2.9 Penyambungan kopling medan dekat



Gambar 2.10 Rangkaian Ekuivalen untuk tiap-tiap pencatuan

## 2.4 IMPEDANCE MATCHING

*Impedance matching* merupakan cara atau teknik yang dipakai untuk menyesuaikan dua impedansi yang tidak sama, yaitu impedansi karakteristik saluran ( $Z_0$ ) dan impedansi beban ( $Z_L$ ). Transformator  $\lambda/4$  adalah suatu teknik

*impedancematching* dengan cara memberikan saluran transmisi dengan impedansi ZT di antara dua saluran transmisi yang tidak match. Panjang saluran transformator  $\lambda/4$  ini adalah sebesar:

$$l = \frac{1}{4} \lambda_g \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan  $\lambda_g$  merupakan panjang gelombang pada bahan dielektrik yang besarnya dapat dihitung dengan persamaan berikut :

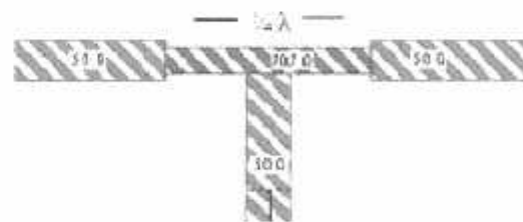
$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan  $\lambda_0$  = panjang gelombang di udara bebas (m)

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} \dots\dots\dots (2.18)$$

## 2.5 T-Junction

T-junction merupakan sebuah teknik *power divider* yang umum digunakan pada konfigurasi antena *array*. *Power divider* adalah salah satu teknik yang dapat mendukung *impedance matching* pada saluran transmisi khususnya untuk antena mikrostrip *array* (Hanafiah, Alilaporan Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Indonesia, 2008.)



Gambar 2.11 T-junction untuk mikrostrip



televisi juga termasuk jenis coaxial dengan impedansi 75 ohm. Namun untuk perangkat jaringan, kabel jenis coaxial yang dipergunakan adalah (**RG-58**) yang telah memenuhi standar IEEE 802.3 – 10BASE2, dimana diameter rata-rata berkisar 5 mm dan biasanya berwarna hitam. Setiap perangkat (*device*) dihubungkan dengan BNC T-connector. Kabel jenis ini juga dikenal sebagai *thin Ethernet* atau *ThinNet*. Kabel coaxial jenis ini, misalnya jenis RG-58 A/U atau C/U, jika di-implementasikan dengan T-connector dan terminator dalam sebuah jaringan, harus mengikuti aturan sebagai berikut:

1. Pada topologi bus, setiap ujung kabel diberi terminator 50-ohm.
2. Panjang maksimal kabel adalah 606.8 feet (185 meter) per segment.
3. Setiap segment maksimum terkoneksi sebanyak 30 perangkat jaringan (*devices*)
4. Kartu jaringan sudah menggunakan *transceiver* yang *onboard*, tidak perlu tambahan *transceiver*, kecuali untuk *repeater*.
5. Maksimum ada 3 segment terhubung satu sama lain (*populated segment*) dengan pengubung repeater  $185 \times 3 = 555$  meter.
6. Setiap segment sebaiknya dilengkapi 1 ground.
7. Panjang minimum antar T-Connector adalah 1,5 feet (0.5 meter).

### 2.7.1 Kabel Coaxial Thinnet ( Kabel RG-58 )

Kabel Coaxial Thinnet atau Kabel RG-58 biasa disebut dengan kabel BNC, singkatan dari British Naval Connector. Sebenarnya BNC adalah nama konektor yang dipakai, bukan nama kabelnya.

Kelebihan menggunakan kabel RG-58 adalah :

1. Fleksibel, mudah dipakai untuk instalasi dalam ruangan.
2. Dapat langsung dihubungkan ke komputer menggunakan konektor BNC.

Spesifikasi teknis dari kabel ini adalah :

1. Mampu menjangkau bentangan maksimum 185 meter.



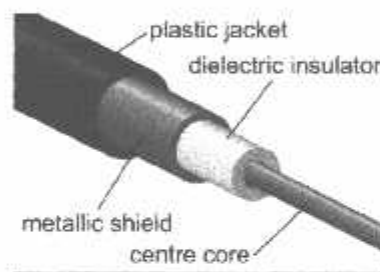
## 2. Impedansi Terminator 50 Ohm.

Fungsi:

Kabel coaxial jenis ini banyak dipergunakan di kalangan radio amatir terutama untuk transceiver yang tidak memerlukan output daya yang besar.

### 2.7.2 Kabel Coaxial Thicknet ( Kabel RG-8 )

Kabel Coaxial Thicknet atau Kabel RG-8 adalah kabel coaxial yang dipakai untuk instalasi antar gedung. Spesifikasi kabel ini sama dengan dengan Kabel Coaxial Thinnet, hanya bentuk fisiknya lebih besar. Karena lebih besar, kabel ini dapat menampung data yang lebih banyak sehingga cocok untuk instalasi sebagai backbone jaringan.



Gambar 2.13 Thick Coaxial Cable

Spesifikasi Teknis dari kabel ini adalah :

1. Mampu menjangkau bentangan maksimum 500 meter.
2. Impedansi terminator 50 Ohm.
3. Membutuhkan Transceiver sebelum dihubungkan dengan komputer.

Jenis Kabel CoaxialSupaya komputer dapat terhubung ke jaringan thicknet, diperlukan transceiver. Koneksi antara Network Adapter Card dengan transceiver dibuat dengan menggunakan drop cable untuk menghubungkan Transceiver dengan Attachment Unit Interface ( AUI ) pada Network Adapter

Card. Interface dari AUI berbentuk DB-15. Bila dibandingkan antara Thicknet dengan thinnet, instalasi kabel thicknet jauh lebih sulit karena sifatnya lebih kaku dan tidak fleksibel. Tetapi melihat kapasitas data dan jarak yang bisa dijangkau, jenis kabel ini masih menjadi favorit sebagai penghubung antar gedung dibawah ini jenis-jenis kabel coaxial:

Konektor :

1. BNC Kabel konektor  
Untuk menghubungkan kabel ke T konektor.
2. BNC T konektor  
Untuk menghubungkan kabel ke komputer.
3. BNC Barrel konektor  
Untuk menyambung 2 kabel BNC.
4. BNC Terminator  
Untuk menandai akhir dari topologi bus.

Sesuai dengan kapasitas maksimal dari kabel coaxial, Ethernet dengan media transmisi coax hanya ada satu kecepatan transfer data (10 Mbps). Terminator yang dapat digunakan adalah terminator dengan nilai resistansi sebesar 50 OHM. Penggunaan kabel lebih dari yang disarankan sangat tidak dianjurkan karena dapat mengurangi performansi dari jaringan komputer tersebut. Kabel ini masih digunakan sebagai segmen tulang belakang (backbone) untuk penyambung di dalam sistem ethernet karena biayanya murah. Kalau sebelumnya saya sudah bahas tentang cara kerja fiber optic, kali ini saya coba paparkan sedikit tentang kabel coaxial. Kabel coaxial terdiri atas dua kabel yang diselubungi oleh dua tingkat isolasi. Tingkat isolasi pertama adalah yang paling dekat dengan kawat konduktor tembaga. Tingkat pertama ini dilindungi oleh serabut konduktor yang menutup bagian atasnya yang melindungi dari pengaruh elektromagnetik. Sedangkan bagian inti yang digunakan untuk transfer data adalah bagian tengahnya yang selanjutnya ditutup atau dilindungi dengan plastik sebagai pelindung akhir untuk menghindari dari goresan kabel. Beberapa jenis kabel Coaxial lebih besar dari pada yang lain. Makin besar kabel, makin besar kapasitas

---

## **BAB III**

### **PERANCANGAN DAN ANALISA SISTEM**

#### **3.1 Perancangan Sistem**

Pada skripsi ini berencana untuk merancang antena mikrostrip triangular array dua patch guna untuk mendapatkan karakteristik antena yang telah di rencanakan dan di tentukan sebelumnya. Jenis antena mikrostrip yang di rancang adalah antena mikrostrip triangular atau berbentuk segitiga dan teknik pencatuan yang di gunakan adalah teknik pencatuan probe feeding atau bisa di sebut dengan teknik pencatuan coaxial feeding.

Tahapan-tahapan yang di lakukan dalam perancangan antena mikrostrip ini, antara lain adalah penentuan spesifikasi substrat yang akan di gunakan, penentuan dimensi antena, penentuan dimensi saluran pencatuan. Sebelum melakukan percobaan perlu kita ketahui untuk pengertian dari patch/elemen sendiri adalah peradiasi antena bisa berbentuk segitiga, kotak atau lingkaran, dan untuk array adalah bentuk susunan peradiasinya bisa 2 array, 4 array dan sebagainya, untuk percobaan disebut dengan patch tunggal dan patch ganda hanya untuk membedakannya. Hasil rancangan tersebut kemudian di simulasikan dengan menggunakan perangkat lunak Ansoft HFSS 13.

#### **3.2 Perangkat yang di gunakan**

Perancangan antena mikrostrip triangular array 2 patch ini menggunakan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Perangkat keras di gunaka nuntuk fabrikasi dan pengukuran antena, sedangkan perangkat lunak di gunakan untuk melakukan simulasi dan untuk mengetahui karakteristik atau kinerja antena yang di rancang.

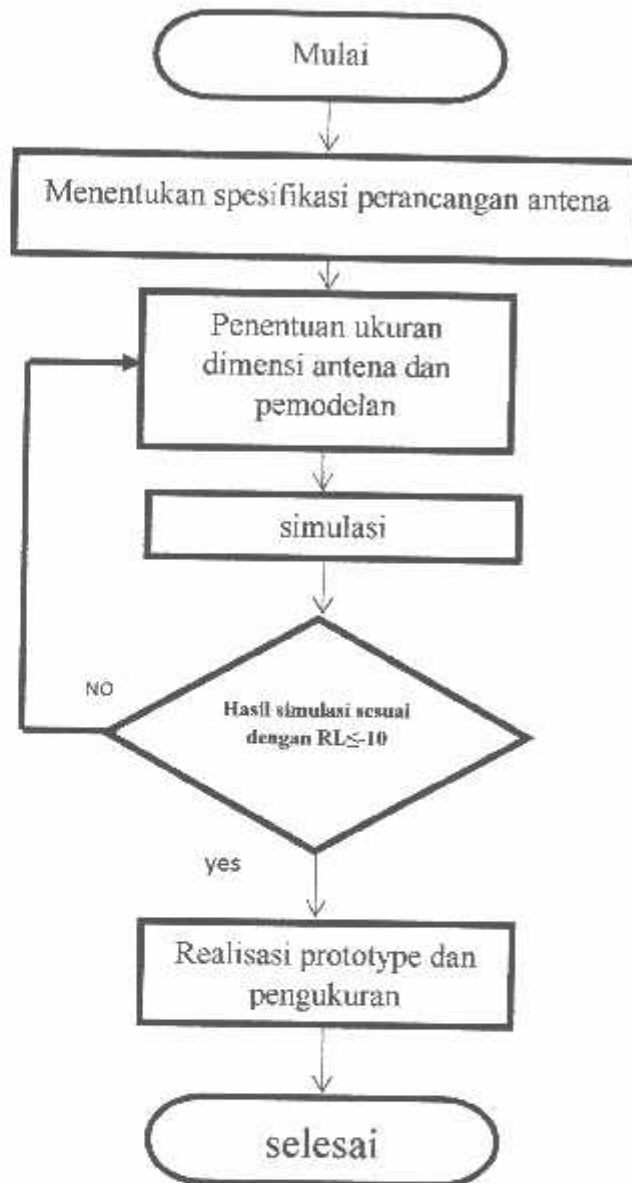
Perangkat keras yang di gunakan dalam perancangan antena mikrostrip antara lain :

1. RF Vector Network Analyzer N9923A 4 GHz: mengukur VSWR, Return Loss, Impedansi
2. Handheld Spectrum Analyzer 3 GHz : mengukur gain antena

3. Rotator Antena Trainer : menentukan posisi antena sesuai sudut putar pola radiasi
  4. Kabel koaksial untuk pengukuran dan konektor SMA 50 ohm.
  5. Perangkat lunak yang di gunakan yaitu :
    1. Ansoft HFSS 13, program ini akan membantu dalam perancangan. Dengan program ini rancangan fisik antenna mikrostrip dapat di modelkan dan di simulasikan serta dapat di lihat parameter hasilnya seperti VSWR, Return Loss, polaradiasi dan frekuensi kerja.
    2. Paint , di gunakan dalam pengeditan gambar
-

### 3.3 Diagram alir perancangan antenna

Dalam merancang antenna diperlukan tahapan-tahapan untuk membantu dalam proses perancangan pada gambar 3.1 merupakan gambar diagram alir dari perancangan antenna pada skripsi ini



Gambar : 3.1 diagram alir

### **3.4 Langkah-Langkah Kerja**

#### **3.4.1 Menentukan karakteristik antena**

Tahapan yang di lakukan pertama adalah menentukan karakteristik antena yang di inginkan, karakteristik antena yang di maksud yaitu frekuensi kerja, bandwidth, return loss/VSWR, dan gain. Harapannya antena yang di rancang memenuhi hasil dengan parameter elektrikal yang meliputi :

1. Frekuensi kerja : 2,4 GHz
2. Impedan di terminal : 50 ohm ( koaksial konektor SMA )
3. VSWR : >2
4. Gain : > 5 dBi
5. Frekuensi WLAN : 2,4 – 2,5 Ghz

#### **3.4.2 Menentukan jenis substrat yang di gunakan.**

Substrat adalah bahan dielektrik yang memiliki nilai konstanta dielektrik , dielectric loss tangent dan ketebalan tertentu. Ketiga nilai tersebut sangat mempengaruhi frekuensi kerja, dalam pemilihan jenis substrat membutuhkan pengetahuan tentang spesifikasi umum dari substrat tersebut, kualitasnya, tersedianya dan harga atau biaya yang harus di keluarkan untuk mendapatkan jenis substrat tersebut. Pada skripsi ini akan di rancang suatu antena mikrostrip rectangular menggunakan substrat FR4 dengan ketebalan 1,6 mm dengan spesifikasi pada table 3.1

Tabel 3.1 Spesifikasi substrat FR4 epoxy

Jenis substrat	FR4
Konstanta dielektrik relative	4,4
Dielectric loss tangent	0,02
Ketebalan substrat	1,6 mm

### 3.4.3 Merancang dimensi antenna triangular

Setelah didapatkan spesifikasi substrat yang digunakan, dilakukan perancangan *patch* antenna mikrostrip. Antena yang dirancang disini bekerja pada frekuensi 2,4 GHz. Perancangan dimensi antenna meliputi *patch*, alas segitiga, tinggi segitiga, dll

#### A. Perancangan patch

*Patch* antenna yang digunakan pada penelitian ini yaitu berbentuk *rectangular*. Untuk mendapatkan hasil antenna yang akurat dengan segala parameternya suatu *patch* harus baik dalam pengukurannya. Perhitungan meliputi lebar ( $w$ ) dan panjang ( $l$ ) pada *patch* antenna

Spesifikasi bahan :

Frekuensi kerja	: 2,4 GHz
$h$	: 1,6 mm
$c$	: $3 \cdot 10^8$ m/s
$\epsilon_r$	: 4,4

#### a) Perhitungan alas patch segitiga ( $a$ ) berdasarkan rumus 2.2

$$a = \frac{2.3 \cdot 10^8}{3.2 \cdot 10^9 \sqrt{4.4}} = 0,0384 \text{ m} = 38,4 \text{ mm}$$

#### b) Perhitungan tinggi patch segitiga ( $t$ ) berdasarkan rumus 2.4

$$\begin{aligned}
 t &= \sqrt{3,8^2 - \left(\frac{1}{2} \cdot 3,8\right)^2} \\
 &= \sqrt{14,44 - (1,9)^2} \\
 &= 3,29 \text{ atau } 32,9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

c) **Perhitungan lebar patch ( $W_p$ ) berdasarkan rumus 2.11**

$$\begin{aligned}
 W_p &= \frac{3 \cdot 10^9}{2 \times 2,4 \cdot 10^9 \sqrt{\frac{4,4+1}{2}}} \\
 &= 0,038040 \text{ mm} = 38,03 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

d) **Perhitungan nilai efektif dielektrik konstanta berdasarkan rumus 2.10**

$$\begin{aligned}
 \epsilon_{\text{reff}} &= \frac{(4,4+1)}{2} + \frac{(4,4-1)}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1+12 \times \frac{1,6}{38,040}}} \right] \\
 &= 4,085
 \end{aligned}$$

e) **Perhitungan lenght extension ( $\Delta L$ ) berdasarkan rumus 2.12**

$$\begin{aligned}
 \Delta L &= 0,412 \times 1,6 \frac{(4,085+0,3) \left(\frac{38,03}{1,6} + 0,264\right)}{(4,085-0,258) \left(\frac{38,03}{1,6} + 0,8\right)} \\
 &= 0,7388 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

f) **Perhitungan panjang patch ( $L_p$ ) berdasarkan 2.14**

$$L = 34 - 2 \times 0,7077 = 29,44 \text{ mm}$$

Dari perhitungan tersebut, maka didapatkan hasil lebar elemen *patch* sebesar 38,03 mm dan panjangnya sebesar 29,44 mm.

Perhitungan lebar groundplane ( $W_g$ ) dan panjang groundplane ( $L_g$ ) dengan persamaan 2.15

Setelah kita mencari panjang dan lebar patch dari persegi baru kita bisa mencari panjang dan lebar dari groundplane dan substrate dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 W_g &= 6 \times h + W_p \\
 &= 6 \times 1,6 \text{ mm} + 38,03 \text{ mm} \\
 &= 47,63 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dan

$$\begin{aligned}
 L_g &= 6 \times h + L_p \\
 &= 6 \times 1,6 \text{ mm} + 29,44 \text{ mm} \\
 &= 39,04 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



## B. Merancang substrat

Untuk mendapatkan hasil antena yang akurat dengan segala parameternya suatu *substrat* harus baik dalam pengukurannya. Perhitungan meliputi lebar ( $w$ ) dan panjang ( $l$ ) pada *substrat* antena.

Untuk mendapatkan suatu lebar dan panjang substrat dapat di peroleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} l_s &= l_p + 2X\Delta L \\ &= 38 + 2X0,7388 = 30,92 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dikarenakan panjang substrate lebih kecil daripada groundplane maka panjang groundplane akan digunakan sebagai patokan yaitu sebesar 39,04 mm.

$$\begin{aligned} w_s &= w_p + 2 X \Delta L \\ &= 28 + 2 X 0,7388 = 39,51 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dikarenakan lebar substrate lebih kecil daripada groundplane maka lebar groundplane akan digunakan sebagai patokan yaitu sebesar 47,63 mm.

### 3.4.4 Merancang saluran pencatu mikrostrip

Pencatuan yang digunakan pada antena yang akan dirancang pada penelitian ini menggunakan teknik pencatuan secara tidak langsung (*microstrip feed line*). Dalam perancangan antena mikrostrip array 4 elemen menggunakan tiga buah impedansi saluran yaitu 50  $\Omega$ , 70,71  $\Omega$  dan 100  $\Omega$ .

#### a. Merancang saluran penatu mikrostrip 50 $\Omega$

Teknik Pencatuan yang di gunakan pada antena yang di racang pada skripsi ini adalah menggunakan teknik penatuan mikrostrip feed line secara tidak langsung. Pada saat pengukuran antena elemen tunggal, pecnatu antena mikrostrip akan dihubungkan dengan konektor SMA 50  $\Omega$ . Dengan demikian dalam perancangan penatu antena mikrostrip perlu impedansi masukan ( $Z_{in}$ ) 50  $\Omega$ . Nilai tersebut bisa di dapatkan dengan mengukur lebar dari saluran penatu dengan menggunakan persamaan :

$$Z_0 = \frac{120 \pi / \sqrt{\epsilon_{eff}}}{\frac{w}{h} + 1,393 + 2/3 \ln (\frac{w}{h} + 1,44)}$$

Lebar saluran mikrostrip ( $w$ ) tergantung dari impedansi karakteristik ( $Z_0$ ) yang diinginkan. Adapun rumus untuk menghitung lebar dan panjang saluran pencatu mikrostrip yaitu berdasarkan persamaan 2.6 dan 2.7

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

$$B = \frac{60 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}}$$

Dan untuk menghitung panjang saluran pencatu adalah

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (3.1)$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} \quad (3.2)$$

$$l = \frac{\lambda_g}{4} \quad (3.3)$$

### 3.4.5 Perancangan jarak antar patch

Jarak antar elemen dalam perancangan antenna mikrostrip array perlu diatur agar sesama elemen yang berdekatan tidak saling tumpang tindih. Apabila jarak antar patch terlalu dekat atau lebih kecil dari dua kali tebal substrat maka dikhawatirkan akan terjadi *electromagnetically coupled*. Sebaliknya jika jarak antar elemen terlalu jauh maka akan banyak rugi-rugi/ loss dan penggunaan dimensi substrat menjadi kurang efisien. Untuk itu jarak antar patch di atur secara optimum agar tidak mengurangi kinerja antenna. Jarak antar patch diukur dari titik pusat patch ke titik pusat elemen yang berdekatan. Adapun persamaan yang di gunakan untuk mencari jarak antar dimensi antenna sebagai berikut :

$$d = \frac{\lambda}{2}$$

$$d = \frac{c}{2f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \times 2,4 \cdot 10^9}$$

$$= 0,062,5 \text{ m}$$

$$= 62,5 \text{ mm}$$

Hasil di atas merupakan jarak antar elemen yang di ukur dari titik pusat elemen ke titik pusat elemen yang berdekatan. Karena panjang horizontal elemen 38 mm maka jarak sisi antar elemen adalah :

$$d' = d - 38 \text{ mm} = 62,5 - 38,040 = 24,46 \text{ mm}$$

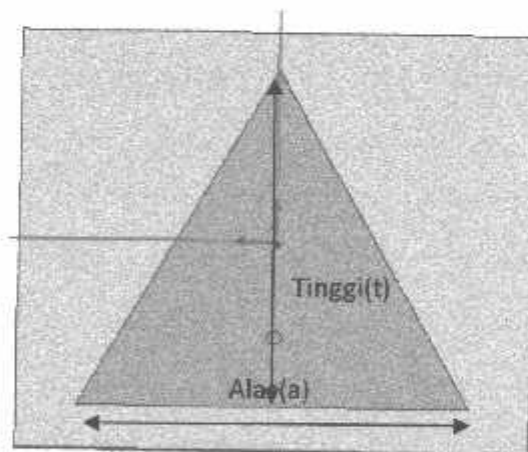
setelah melakukan perhitungan seperti di atas maka , jarak sisi elemen adalah 24,46 mm

### 3.5 Hasil akhir perancangan

Setelah menentukan karakteristik kerja yang di inginkan, jenis dan dimensi substrat, impedansi saluran pencatu mikrostrip, dan jarak antar elemen selanjutnya akan disempurnakan lagi dengan Ansoft HFSS 13. Sehingga hasil simulasi seperti return loss, VSWR, dan pola radiasi yang di inginkan dapat tercapai

#### 3.5.1 Hasil akhir perancangan antenna mikrostrip patch tunggal

Berikut ini adalah bentuk dari rancangan yang telah di desain mengikuti dimensi dari perhitungan dan sumber-sumber yang telah ada, tinggi segitiga bisa kita dapat dari rumus begitu juga dengan alas segitiga. Hingga bisa kita dapatkan bentuk simulasi dari patch segitiga dengan 1 patch.



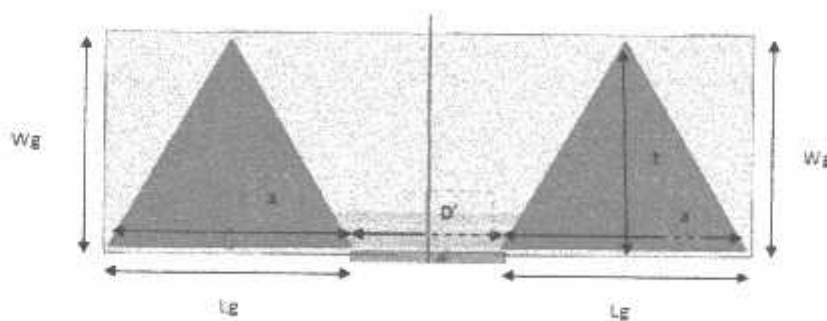
Gambar 3.2 Tampilan desain antenna mikrostrip triangular patch tunggal

Tabel 3.2 Spesifikasi antenna mikrostrip

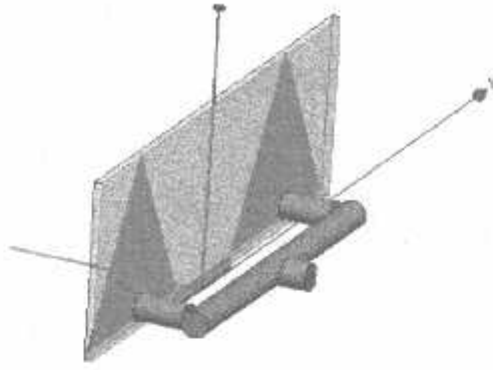
Nama	keterangan	Nilainya
Fr	frekuensi resonansi(Ghz)	2,4 Ghz
C	kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$ m/det)	$3 \times 10^8$ m/s
Mo	permeability pada ruang vakum	2.097618 mm
Er	konstanta relatif dielektrikum bahan	4,4
$\epsilon_{Reff}$	efektif permittivity bahan dielektrikum	4,085837 mm
a	Alas segitiga	38,4 mm
t	Tinggi segitiga	32,8 mm
h	tinggi substrate (1,6)	1,6 mm
Wp	Lebar persegi	38,036289 mm
Lp	Panjang persegi	29,4423612 mm
Ls	panjang substrat	30,29 mm
Ws	lebar substrat	39,51393 mm
Lg	panjang ground plane	39,04236 mm
Wg	lebar ground plane	47,63629 mm
D	jarak antar patch	62,5 mm
d'	Jarak sisi elemen	24,46 mm

### 3.5.2 Hasil akhir antenna mikrostrip patch ganda.

Setelah melakukan simulasi untuk antenna 1 patch selanjutnya menentukan jarak antara 1 patch dengan patch elemen yang lain ( $d'$ ), dengan dimensi dan ukuran antenna segitiga yang sama bisa kita dapatkan ukuran dari antenna 2 array seperti pada gambar 3.3 dan untuk pengkabelan dari antenna array seperti pada gambar 3.4



Gambar 3.3 Tampilan desain patch antenna mikrostrip linear triangular patch ganda



Gambar 3.4 Tampilan desain patch antenna patch ganda tampak dari samping

## BAB IV ANALISA DAN HASIL

### 4.1 Analisa dan Hasil simulasi menggunakan Ansoft HFSS 13

Setelah model antenna selesai di rancang, maka di lakukan proses simulasi dengan menggunakan perangkat lunak Ansoft HFSS 13. Hasil yang di simulasikan terdiri dari return loss, VSWR, dan pola radiasi. Hasil tersebut akan di perhatikan satu persatu untuk dua buah antenna mikrostrip yaitu antenna patch tunggal dan patch ganda.

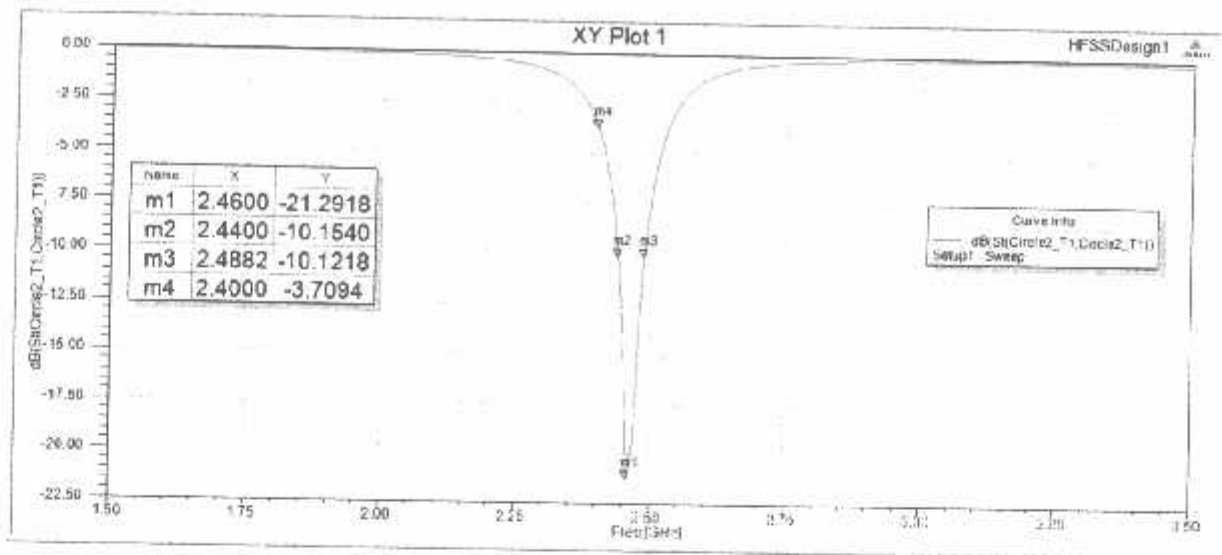
Tabel 4.1 Hasil pengukuran simulasi antenna triangular Probe-feeding

PARAMETER	PATCH TUNGGAL	PATCH GANDA
VSWR	1,1886 (fc=2,46 Ghz)	1,14 (fc=2,46 Ghz)
RETURN LOSS	-21,2918 dB (fc=2,46 Ghz)	-23,2207 dB (fc=2,46 Ghz)
BANDWIDTH	1,7967 % (43,1208 Mhz) (fc=2,46 Ghz)	1,6260 % (39,0243 Mhz) (fc=2,46 Ghz)
GAIN	1,9320	5,4048

#### 4.1.1 Hasil simulasi antenna patch tunggal

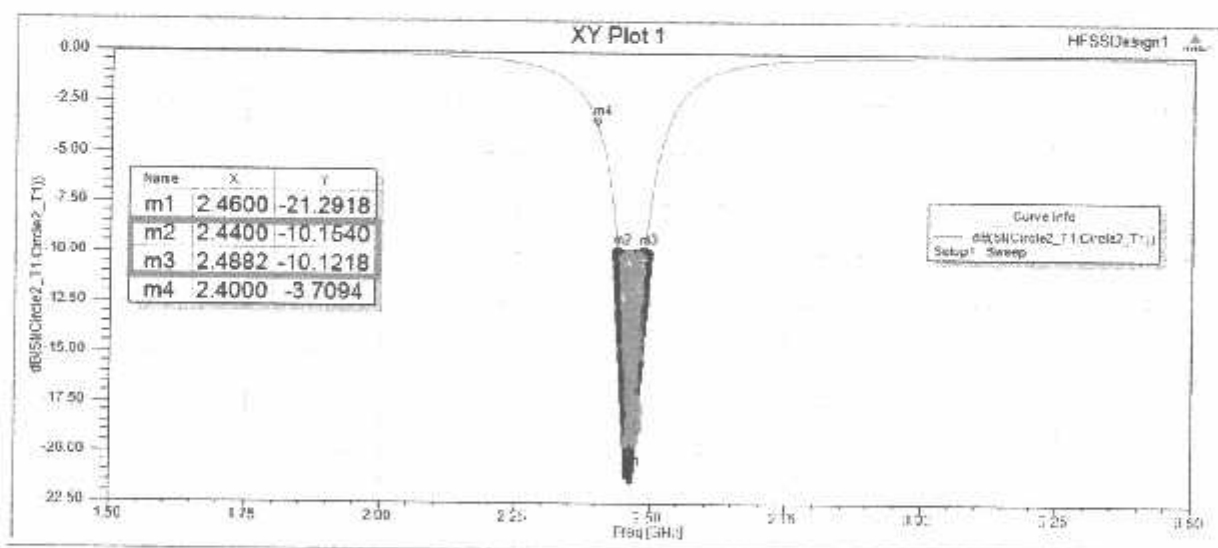
Parameter-parameter yang di simulasikan pada antenna mikrostrip single patch yaitu return loss, VSWR, dan pola radiasi

Grafik return loss antenna mikrostrip single patch di perhatikan pada gambar



Gambar 4.1 Tampilan grafik return loss patch tunggal

Dari grafik simulasi return loss pada gambar 4.1 Dapat di lihat bahwa perancangan antenna dengan 1 patch, bisa kita lihat bahwa return loss antenna terletak di frekuensi tengah pada frekuensi tengah 2,4600 Ghz dengan return loss -21,2918 dan dengan bandwidth diantara 2,4400 Ghz dengan return loss -10,1540 dB dan 2,4882 Ghz dengan return loss -10,1218 dB



Gambar 4.2 Tampilan Bandwidth patch tunggal

Dari gambar diatas bisa kita dapatkan, **frekuensi tengah( $f_c$ )** 2,4600 Ghz dan 2 batas yaitu batas frekuensi atas dan frekuensi bawah, dari frekuensi yang ditandai

ada 2 yaitu  $m_2$  dengan frekuensi sebesar 2,4400 Ghz untuk return loss sebesar -10,1540 dB atau mendekati -10 dB jadi untuk  $f_2 = 2,4400$  Ghz, dan tanda berikutnya yaitu  $m_3$  dengan frekuensi sebesar 2,4882 untuk return loss sebesar -10,1218 dB atau mendekati -10 dB jadi untuk  $f_1 = 2,4882$  Ghz

Selanjutnya bisa kita hitung untuk bandwidth adalah :

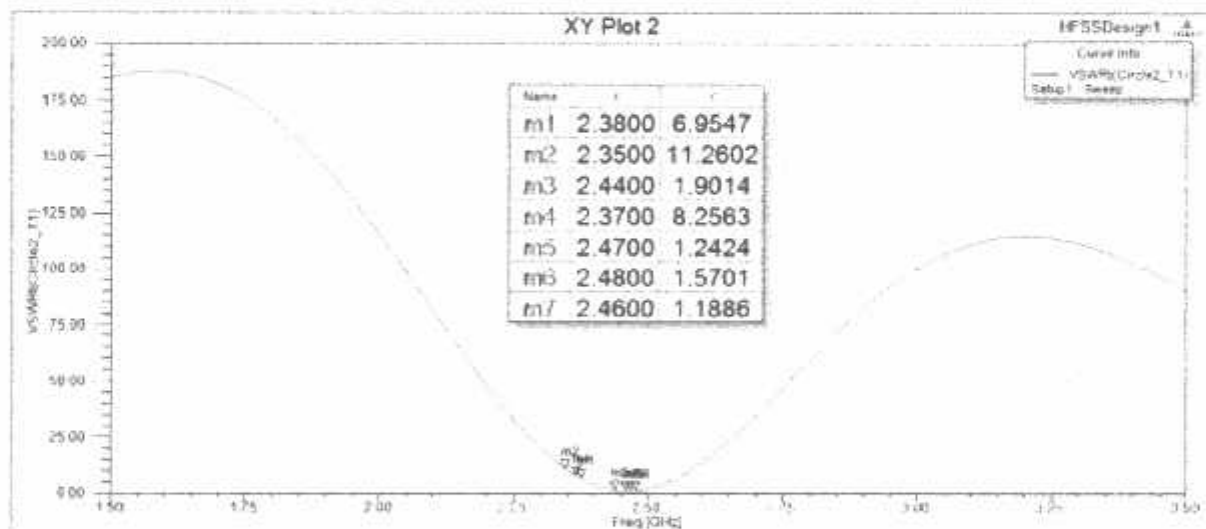
$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \dots\dots\dots \text{dari persamaan 2.6}$$

$$BW = \frac{2,4882 - 2,4400}{2,4600} \times 100\%$$

$$= 1,7967 \%$$

$$BW = \frac{1,7967}{100} \times 2400\%$$

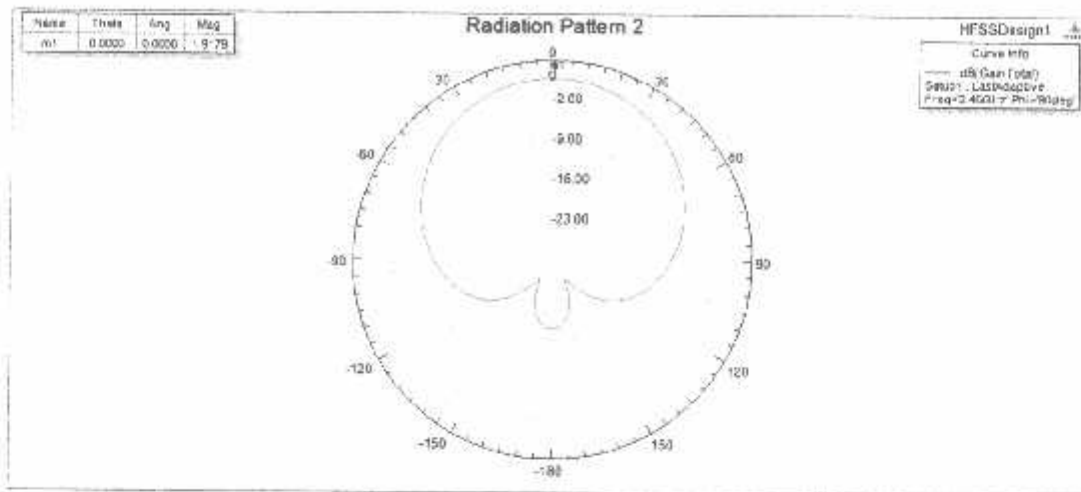
$$= 43,1208 \text{ Mhz}$$



Gambar 4.3 Tampilan VSWR patch tunggal

Dari grafik simulasi VSWR pada gambar 4.3 Dapat di lihat bahwa perancangan antenna dengan 1 patch segitiga dengan frekuensi tengah 2,4600 Ghz terlihat bahwa VSWR adalah 1,1886 atau mendekati angka 1 , yaitu angka VSWR sempurna





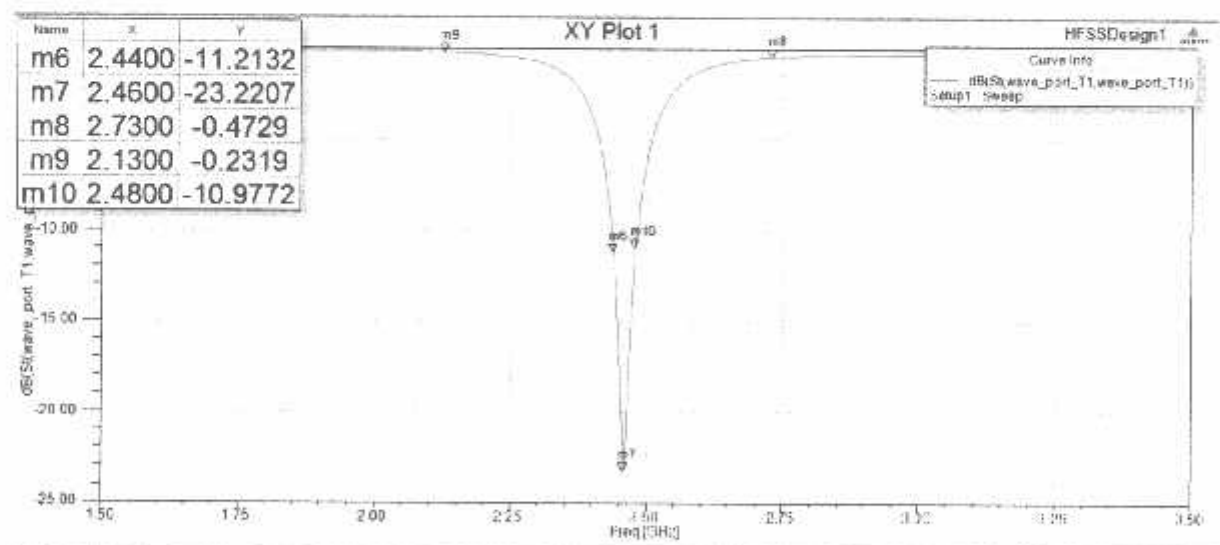
Gambar 4.4 Tampilan pola radiasi patch tunggal

Dari gambar polaradiasi di atas bisa kita lihat pada sudut 0 derajat untuk gain antenna segitiga 1 patch memiliki gain sebesar 1,9179 dB atau mendekati 2 dB

#### 4.1.2 Hasil simulasi antenna mikrostrip patch ganda

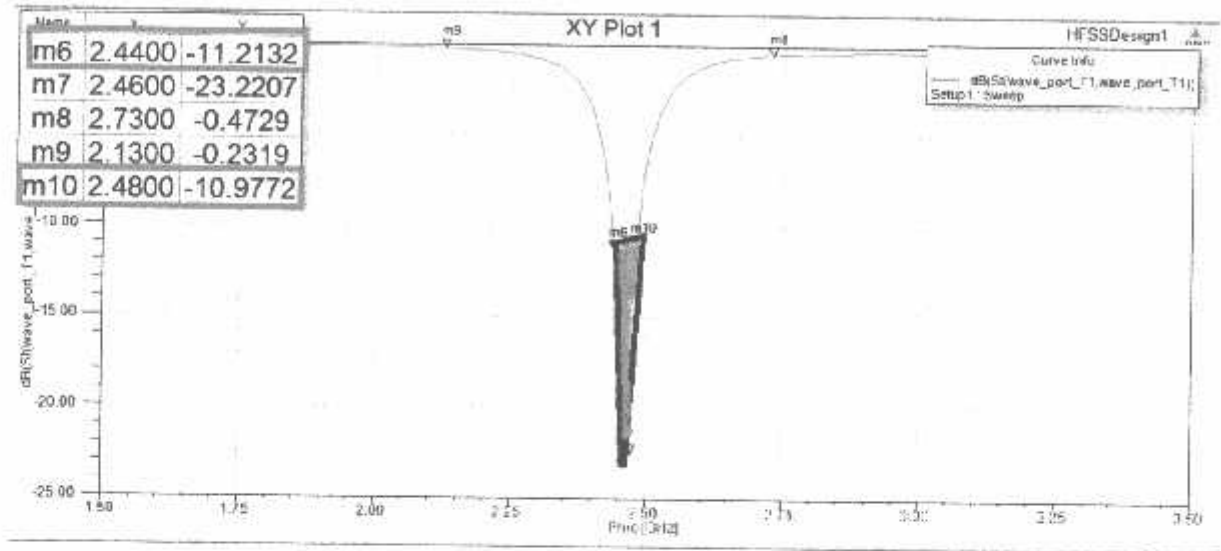
Parameter-parameter yang di simulasikan pada antenna mikrostrip dua patch yaitu return loss, VSWR, dan pola radiasi

Grafik return loss antenna mikrostrip dua elemen di perhatikan pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Tampilan grafik return loss patch ganda

Dari grafik simulasi return loss pada gambar 4.5 sama halnya dengan array dapat di lihat bahwa perancangan antenna segitiga 2 array terletak pada frekuensi tengah 2,46 Ghz dengan return loss sebesar -23,2207 dB dan dengan bandwidth berkisar diantara frekuensi 2,44 Ghz dengan return loss sebesar -11,2 dB s/d 2,48 Ghz dengan return loss sebesar -10,9772 dB



Gambar 4.6 Tampilan Bandwidth patch ganda

Dari gambar diatas bisa kita dapatkan, **frekuensi tengah( $f_c$ )** 2,4600 Ghz dan 2 batas yaitu batas frekuensi atas dan frekuensi bawah, dari frekuensi yang ditandai ada 2 yaitu  $m10$  dengan frekuensi sebesar 2,4400 Ghz untuk return loss sebesar -10,1540 dB atau mendekati -10 dB jadi untuk  $f_2 = 2,4400$  Ghz, dan tanda berikutnya yaitu  $m6$  dengan frekuensi sebesar 2,4800 untuk return loss sebesar -10,9772 dB atau mendekati -10 dB jadi untuk  $f_1 = 2,4800$  Ghz.

Selanjutnya bisa kita hitung untuk bandwidth adalah :

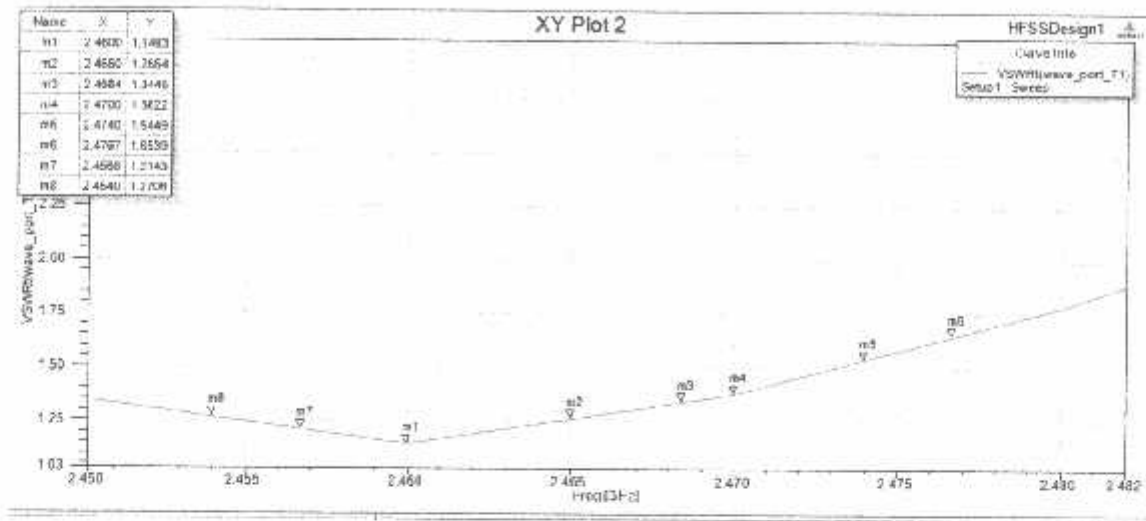
$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \dots\dots\dots \text{dari persamaan 2.6}$$

$$BW = \frac{2,4800 - 2,4400}{2,4600} \times 100\%$$

$$= 1,6260 \%$$

$$BW = \frac{1,6260}{100} \times 2400 \text{ Mhz}$$

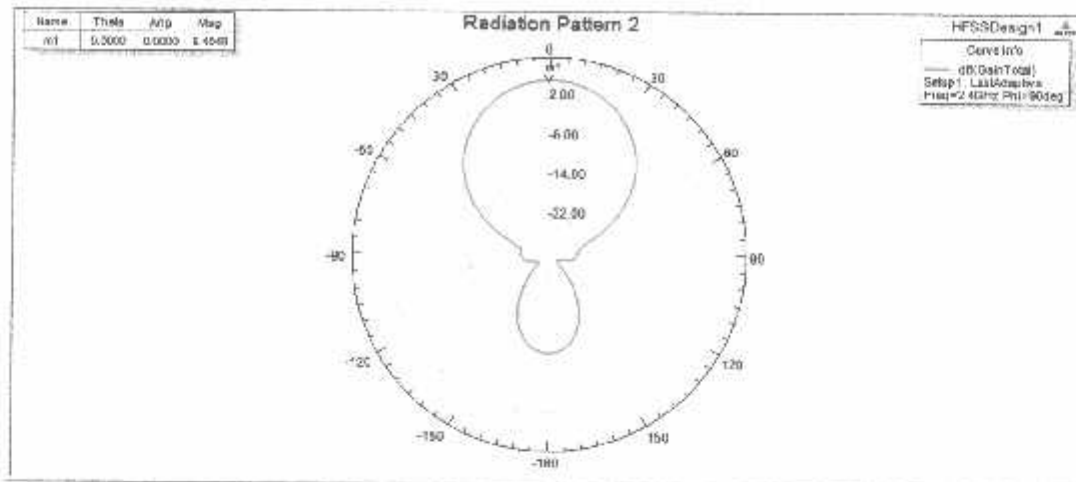
$$= 39,0243 \text{ Mhz}$$



Gambar 4.7 Tampilan VSWR patch ganda

Sama halnya dengan VSWR dari antenna triangular 2 array bisa kita lihat pada gambar 4.7 antenna dapat bekerja di frekuensi yang sesuai dengan return loss diatas yaitu 2,44 Ghz s/d 2,48 Ghz dengan VSWR 1,14 di frekuensi tengah sebesar 2,46 Ghz sudah hampir mendekati VSWR 1.

Grafik pola radiasi antenna mikrostrip dua elemen di perhatikan pada gambar 4.8 Untuk frekuensi kerja 2,4 GHz terlihat disini bahwa terdapat perbedaan pada direktifitas antenna ketika antenna di set secara 2 array maka direktifitas terlihat menyebarkan dan lebih jauh.



Gambar 4.8 Tampilan pola radiasi patch ganda

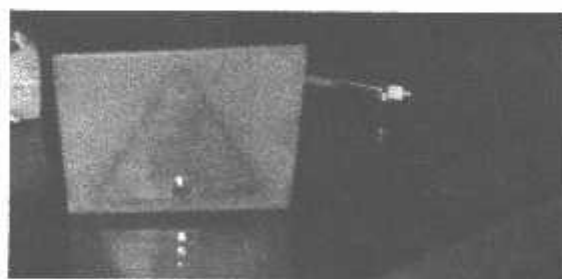
Dari gambar polaradiasi di atas bisa kita lihat pada sudut 0 derajat untuk gain antenna segitiga 2 patch memiliki gain sebesar 5,4048 dB

#### 4.2 Hasil pengukuran Antena dengan alat ukur

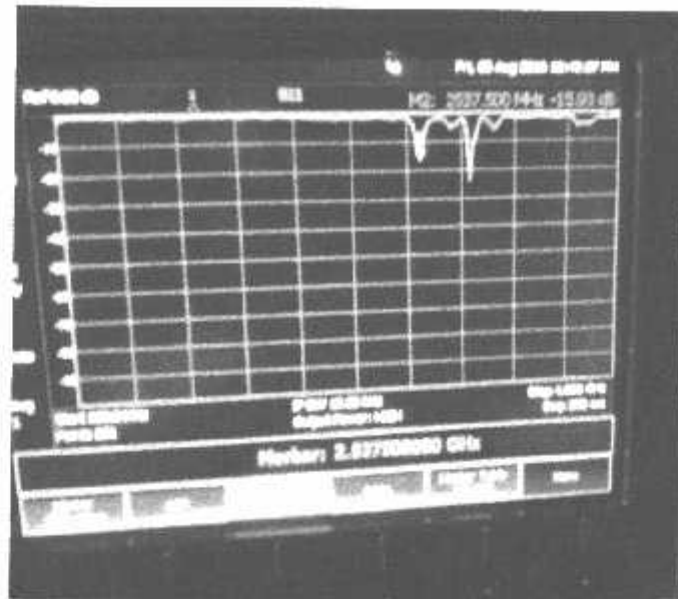
Setelah melakukan serangkaian simulasi dengan software HFSS13 maka selanjutnya kita lakukan pengukuran dan percobaan dengan alat ukur VNA untuk mengetahui Return Loss, VSWR dan Bandwidth dan Spectrum Analyzer untuk mengetahui Gain dan Polaradiasi Antena.

##### 4.2.1 Pengukuran Antena triangular patch tunggal

Pengukuran Antena saya yang pertama adalah antenna dengan 1 patch meliputi pengukuran : Return Loss, VSWR, Bandwidth

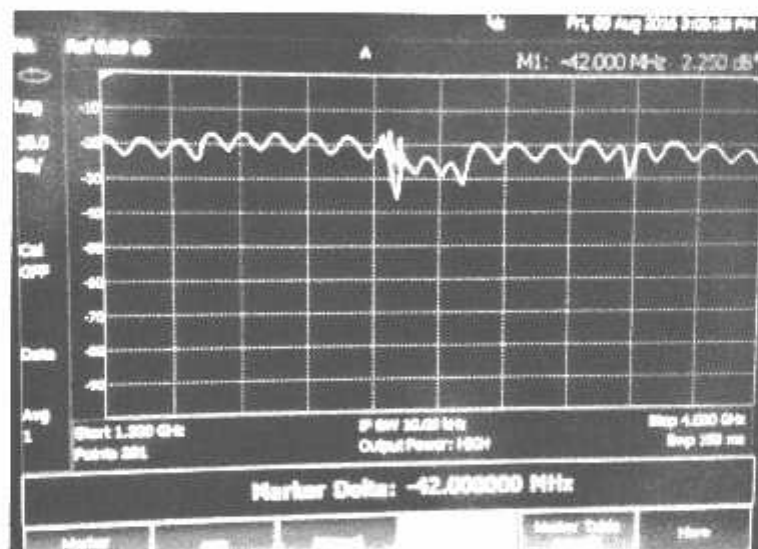


Gambar 4.9 Penampang pengukuran antenna patch tunggal



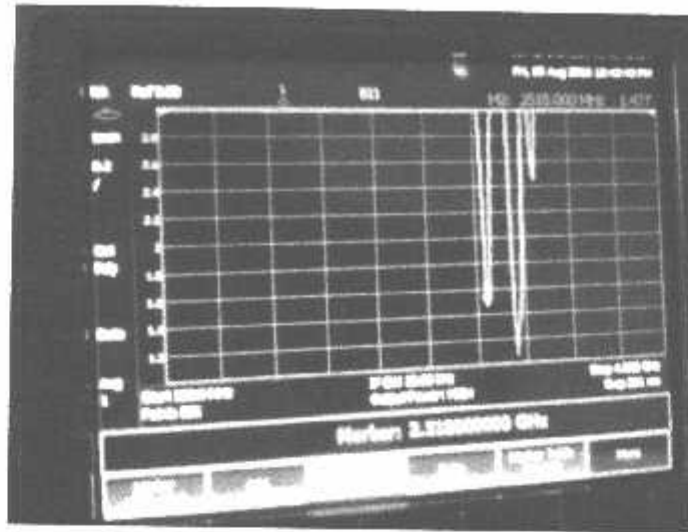
Gambar 4.10 Pengukuran Return Loss Triangular patch tunggal

Pada gambar diatas bisa kita lihat untuk return loss antenna jatuh pada frekuensi 2537,500 Mhz atau 2,53 Ghz dengan return loss -15,93 dB.



Gambar 4.11 Pengukuran Bandwidth Triangular patch tunggal

Pada gambar diatas bisa kita lihat untuk bandwidth antenna mikrostrip segitiga 1 patch memiliki bandwidth sebesar 42,000 Mhz dengan batasan minimal adalah -10 dB untuk batas atas dan bawah.

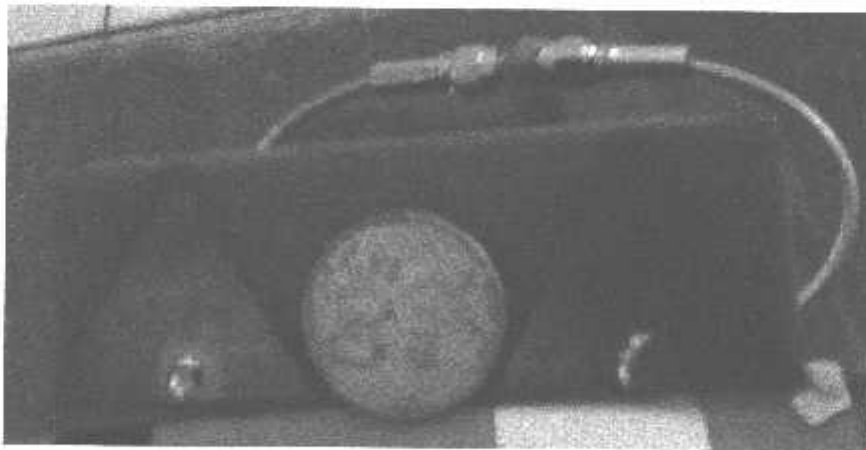


Gambar 4.12 Pengukuran VSWR Tringular patch tunggal

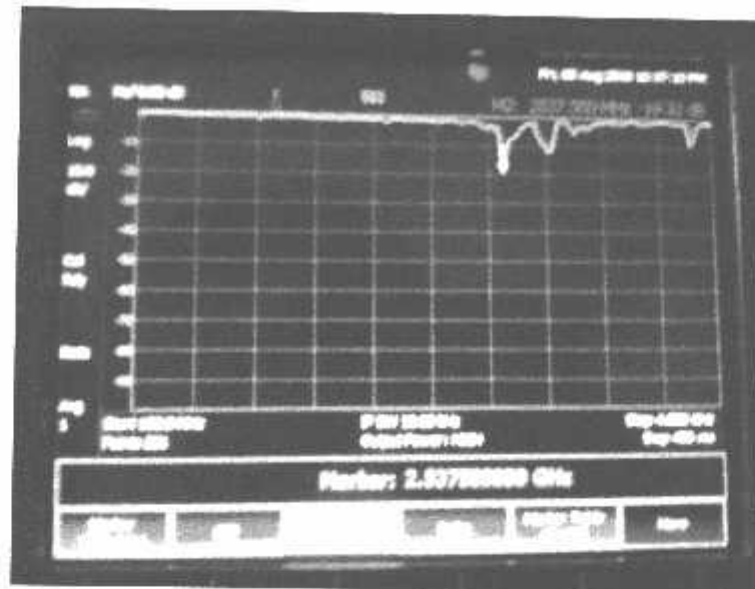
Pada gambar diatas bisa kita lihat bahwa untuk VSWR antenna jatuh pada frekuensi 2518,000 Mhz atau 2,51 Ghz dengan return loss sebesar 1,477 atau sudah mendekati angka 1

#### 4.2.2 Pengukuran Antena triangular patch ganda

Pengukuran Antena saya yang pertama adalah antenna dengan patch ganda atau 2 array meliputi pengukuran : Return Loss, VSWR, Polaradiasi, Bandwitdh



Gambar 4.13 Penampang pengukuran antenna patch ganda



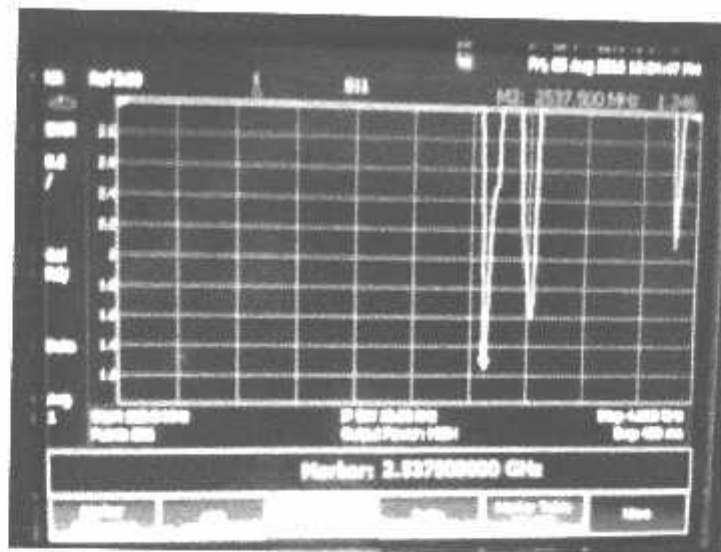
Gambar 4.14 Pengukuran Return Loss Triangular patch ganda

Bisa kita lihat pada gambar diatas untuk return loss jatuh pada frekuensi di 2537,500 Mhz atau di 2,53 Ghz dengan return loss -19,32 dB.



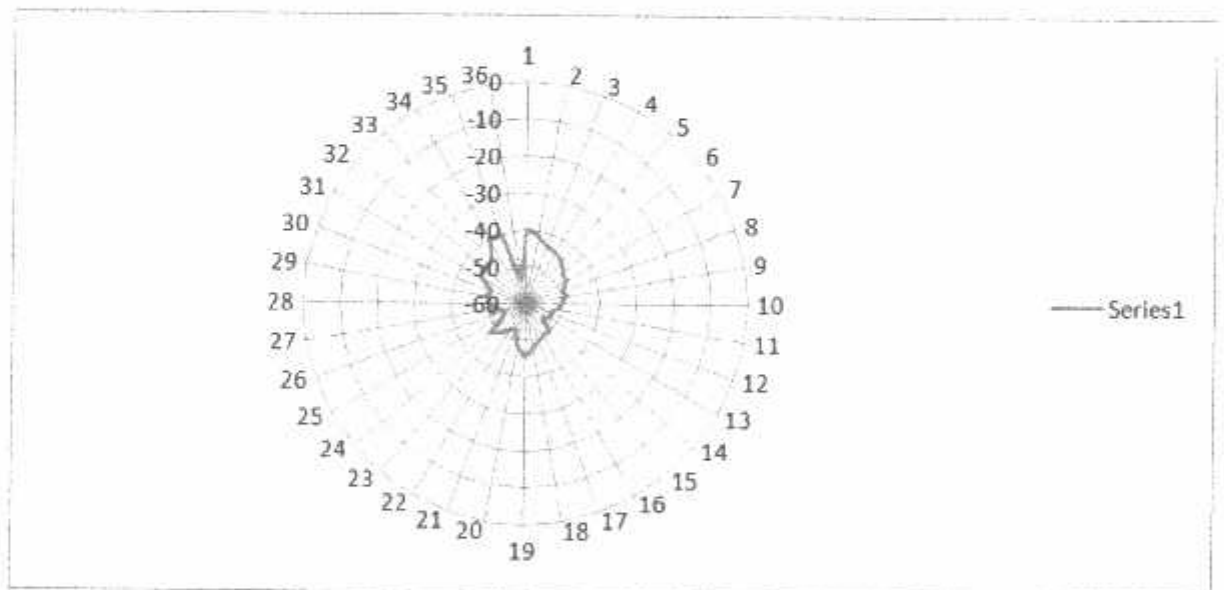
Gambar 4.15 Pengukuran Bandwidth Triangular 2 patch

Seperti pada gambar diatas untuk bandwidth antenna mikrostrip segitiga 2 array memiliki bandwidth sebesar 28,000 Mhz dengan batasan minimal adalah -10 dB untuk batas atas dan bawah.



Gambar 4.16 Pengukuran VSWR Tringular patch ganda

Pada gambar diatas bisa kita lihat bahwa untuk VSWR antenna jatuh pada frekuensi 2537,500 Mhz atau 2,537 Ghz dengan return loss sebesar 1,246 atau sudah mendekati angka 1.



Gambar 4.17 Pengukuran Polaradiasi Antena segitiga patch ganda

Pada gambar diatas bisa kita lihat polaradiasi antenna 2 array hampir sama dengan hasil dari simulasi yang di dapat di HFSS13



Tabel 4.2 Hasil pengukuran lengkap antena triangular Probe-feeding

Jenis Patch	Hasil Simulasi			Hasil Pengukuran		
	VSWR	RL(S11)	BW	VSWR	RL(S11)	BW
1 PATCH	1,1886	2,46 Ghz (-21,2918)	43,1208 Mhz	1,294	2,537 Ghz (-15,93)	42,000 Mhz
2 PATCH	1,1483	2,46 Ghz (-23,2207)	39,0243 Mhz	1,246	2,537 Ghz (-19,32)	28,000 Mhz

#### 4.2.3 Perhitungan Gain Antena real triangular patch ganda

$$\begin{aligned}
 G_{AUT} - G_{REF} + 10 \text{ LOG } \frac{W_{rx}}{W_{ref}} &= \frac{-40 \text{ dBm}}{-18 \text{ dBm}} \\
 &= 2 + 10 \log 2,2 \\
 &= 2 + 3,46 \\
 &= 5,467 \text{ dBi}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$G_{AUT}$  = Gain yang diukur (dBi)

$G_{ref}$  = Gain antena referensi yang sudah diketahui (dBi)

$W_{rx}$  = Daya yang diterima antena yang diukur (dBm)

$W_{ref}$  = Daya yang diterima antena referensi (dBm)

Pada perhitungan diatas dapat kita simpulkan untuk gain antena dari hasil simulasi dibandingkan dengan antena real tidak jauh berbeda.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari percobaan dan penelitian untuk antena mikrostrip triangular 2 array dengan pencatuan probe feeding, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Return Loss terjadi pergeseran frekuensi pada saat simulasi frekuensi terletak pada frekuensi 2,46 Ghz pada S11 -23,2207 dB menjadi 2,537 Ghz pada S11 -19,32 dB dikarenakan banyak faktor.
2. Bandwidth dari hasil pengukuran 28 Mhz mendekati dari hasil simulasi yaitu dengan bandwidth 39 Mhz.
3. VSWR dari simulasi terletak di frekuensi 2,46 Ghz sebesar 1,1483 sedangkan hasil pengukuran frekuensi terletak di 2,537 Ghz dengan VSWR 1,246 mendekati dari hasil simulasi dan VSWR sempurna yaitu 1.
4. Polaradiasi dari simulasi dan pengukuran memiliki bentuk yang hampir sama.
5. Gain Antena dari hasil simulasi 5,408 dB dengan gain antena pengukuran sebesar 5,467 dB mendekati dari hasil simulasi

## 5.2 SARAN

Saran untuk percobaan atau penelitian ini adalah untuk meningkatkan akurasi dan bandwidth disarankan menggunakan substrat yang berbeda misalkan menggunakan substrat duroid dengan  $\epsilon_r$ (konstanta dielektrik) = 2,33.

Mencoba untuk menggunakan sistem pencatuan probe-feeding dengan akurasi feed point yang lebih presisi, kemudian untuk array di coba untuk lebih banyak kombinasi array bisa 3,4 atau 8 array, juga untuk bentuk geometri bisa kita coba dengan bentuk yang beragam seperti lingkaran, bintang, persegi atau jajar genjang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sihombing, Nevia, Rambe Hanafiah Ali (2014). Studi Perancangan Antena Mikrostrip Array Patch Segitiga Dual-Band untuk aplikasi WLAN (2,45 Ghz) dan WiMAX (3,35 GHZ) Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
- [2] Ramadhan, M Faizal. Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Array Patch Segitiga Sama sisi untuk s-band transmitter satelit mikro Jurusan Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro – Universitas Telkom
- [3] Fabrazal, Muhammad (2008) Rancang Bangun Antena Mikrostrip Array Universitas Indonesia
- [4] Constantine A. Balanis. (1997). *Antenna Theory Analysis and Design*. USA: John Willeyand Sons.
- [5] Darsono, M (2008) Perancangan Antena Mikrostrip Patch Segitiga Polarisasi lingkaran untuk aplikasi Global Positioning Service (GPS) Pada Satelit Mikro Lapan – Tubsat, *Jurnal Sains dan Teknologi EMAS*, Vol. 18, No. 2, Mei 2008
- [6] Dwi Cahyo, Rahmat perancangan dan analisis antena mikrostrip *array* dengan frekuensi 850 mhz untuk aplikasi praktikum antena
- [7] Yasdinul Huda. 29 april 2009. ANTENNA <https://yasdinulhuda.wordpress.com/2009/04/29/antenna/> diakses pada tanggal 10 maret 2016
- [8] M. Mizhfar. 2010 Perancangan dan Realisasi Antena Printed Monopole Persegi dengan Bidang Parasitik untuk Wlan dual-band 2400-2483,5 Mhz dan 5725-5825 Mhz
- [9] Santosa, Slamet Purwo Antena mikrostrip FT Universitas Indonesia, 2008.
- [10] Hanafiah, Ali, "*Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Segiempat Planar Array 4 Elemen dengan Pencatuan Aperture-Coupled untuk Aplikasi CPE pada Wimax*", Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Indonesia, 2008.

- [11] Sinulingga, Feriandri, "*Perancangan dan Realisasi Susunan Antena Mikrostrip 14.25 Ghz untuk Aplikasi Mobile VSAT pada Frekuensi Uplink Ku-Band*", Laporan Tugas Akhir Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Bandung, 2009.
- [12] Muhammad Iqbal. 4 februari 2014. Antenna Mikrostrip <http://casdoper.blogspot.co.id/2014/02/antena-mikrostrip.html> diakses pada tanggal 11 maret 2016
- [13] <http://belajarbloggerhsela.blogspot.co.id/2012/03/spesifikasi-atau-aturan-mengenai-kebel.html> diakses pada tanggal 10 mei 2016
- [14] <http://erwin-heldy.blogspot.co.id/2010/08/coaxial-cable-loss-kabel-koaksial-atau.html> diakses pada tanggal 10 mei 2016
- [15] Rusli, "Desain Antena Mikrostrip untuk Aplikasi Ground Penetrating Radar (GPR)" universitas hasanuddin teknik elektro, fakultas teknik
-

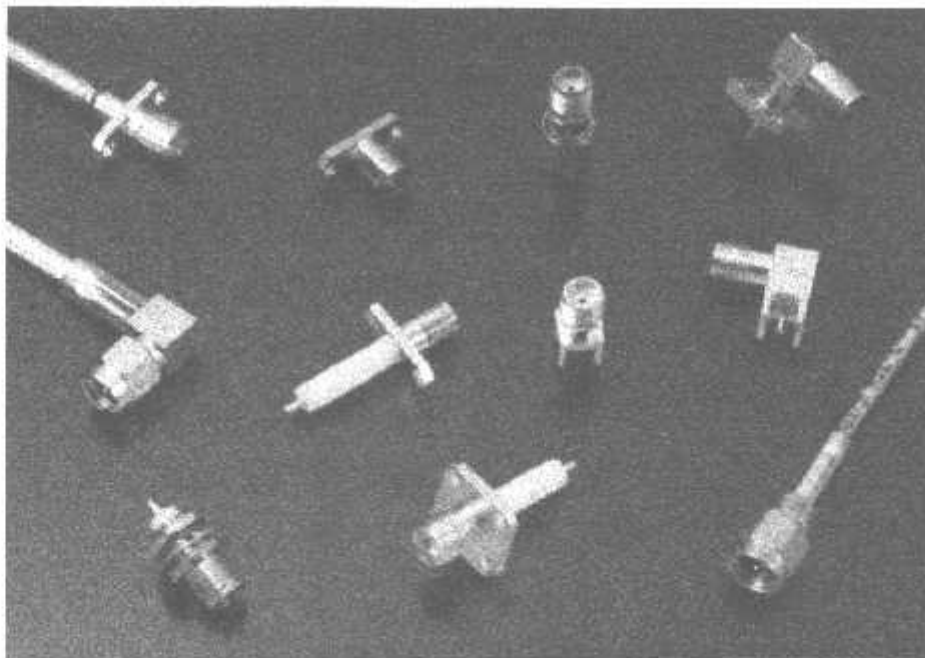
## LAMPIRAN

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100

**SMA Connectors**

**Product Facts**

- Performance to 12.4 GHz and beyond
- Available in various base metal options, including stainless steel, brass and zinc diecast
- Uses industry standard crimp tools and processes
- Available with corrosion resistant, non-magnetic White Bronze plating
- Meets all performance requirements for MIL-C-39012.



Tyco Electronics offers a complete line of SMA connectors designed for performance to 18 GHz to satisfy the growing demand for SMA connectors in the wireless communications industry. The SMA product line offers stainless steel bodies, as well as non-ferrous metals. Various plating options are available, including Gold and White Bronze. The SMA interface is fully compatible with MIL-C-39012.

While still offering various options on military (QPL) approved connectors, Tyco Electronics has developed a complete offering tailored to the commercial Communications industry. This includes 3 piece flexible cable products for popular RG 316, 142 and RD

316 cable utilizing industry standard HEX crimps.

The SMA series meets the performance, quality and application requirements of the commercial marketplace. This includes White Bronze plating, a unique finish developed by Tyco Electronics to address the performance needs of the telecommunications market. This plating is highly resistant to wear, and contains no ferrous metals, thus displaying excellent intermodulation characteristics.

To satisfy the broad range of commercial applications, SMA connectors are available in a broad range of standard configurations including: straight and right-angle applied plugs, bulkhead cable jacks, two and four hole

flange mount panel jacks, straight and right-angle pcb mount jacks and various between and in series adapters. Numerous packaging and testing options are also available to meet specific system criteria as well.

Additionally, standard military approved (QPL) interfaces are offered as well, including connectors for semi-rigid cable and micro strip applications.

The 3 Piece SMA offering is designed especially for applications in cellular infrastructure where InterModulation Products (IMP) must be minimized. By limiting non-linearities within the connectors, IMP is reduced and increased channel capacity can be offered.

**Between Series Adapters**

For SMA Between Series Adapters, see pages 251-260.

0

Catalog 13C7191  
Revised 3-07

www.tycoelectronics.com

Dimensions are in millimeters and inches unless otherwise specified. Values in brackets are standard equivalents.

Dimensions are shown for reference purposes only. Specifications subject to change.

USA: 1-800-522-6752  
Canada: 1-905-470-4425  
Mexico: 01-800-738-8926  
C. America: 52-55-1106-0803

South America: 55-11-2103-6000  
Hong Kong: 852-2735-1628  
Japan: 81-44-844-8013  
UK: 44-8706-080-208

**SMA Connectors (Continued)**
**Specifications**

MIL-C-39012 Applicable Paragraph		
<b>General</b>		
Material	3.3	Steel corrosion resistant per ASTM-A-582 and ASTM-A-484, Type 305. Beryllium copper per ASTM-B-196, PTFE Fluorocarbon per ASTM-D-1710.
Finish	3.3.1	Center contacts shall be gold plated to a min. thickness of .00127 [.00005] in accordance with MIL-G-45204, ASTM-B-488. All other metal parts shall be finished as to provide a connector which meets the corrosion requirements.
Design	3.4	The design shall be such that the outline shown in this catalog and the interface dimensions of MIL-STD-348A are met.
<b>Electrical</b>		
Insulation Resistance	3.11	The insulation resistance shall not be less than 10,000 megohms.
Corona Level	3.22	Refer to applicable military slash sheet, product drawing or spec.
Dielectric Withstanding Voltage	3.17	Refer to applicable military slash sheet, product drawing or spec.
RF High Potential	3.23	Refer to applicable military slash sheet, product drawing or spec.
Contact Resistance	3.16	Refer to applicable military slash sheet, product drawing or spec.
VSWR	3.14	Refer to applicable military slash sheet, product drawing or spec. Frequency range dependent on cable used.
RF Leakage	3.26	Refer to applicable military slash sheet, product drawing or spec.
Insertion Loss	3.27	Refer to applicable military slash sheet, product drawing or spec. Frequency range dependent on cable used.
<b>Mechanical</b>		
Force to Engage	3.5.1	The torque required to engage and disengage shall not exceed 2 in.-lbs. The longitudinal force is not applicable.
Coupling Nut Retention	3.25	60 lbs. min. Applicable for plug connectors only.
Coupling Proof Torque	3.6	15 in.-lbs. min. Applicable for plug connectors only.
Cable Retention	3.24	Refer to applicable military slash sheet or consult factory.
Mating Characteristics	3.7	Applicable to jack connectors only. Reference MIL-STD-348A for dimensions; oversize test pin .953 [.0375] min. dia., .76 - .78 [.030-.045] deep; insertion force 3 lbs. max. with .940 [.0370] min. dia. pin; withdrawal force 1 oz. min. with .902 [.0355] max. dia. pin.
Connector Durability	3.15	The connector to be tested and its mating connector shall be subjected to 500 insertion and withdrawal cycles at 12 cycles per minute max. The connector shall show no evidence of mechanical failure and shall meet the mating characteristic requirements.
Recommended Mating Torque	—	7 to 10 in.-lbs.
<b>Environmental</b>		
Vibration	3.18	Specification MIL-STD-202, method 204, test condition D
Shock	3.19	Specification MIL-STD-202, method 213, test condition I
Thermal Shock	3.20	Refer to applicable military slash sheet or consult factory.
Corrosion (Salt Spray)	3.13	Specification MIL-STD-202, method 101, test condition B.
Moisture Resistance	3.21	Specification MIL-STD-202, method 106. No measurements at high humidity. Insulation resistance shall be at least 200 megohms within 5 minutes of removal from humidity.



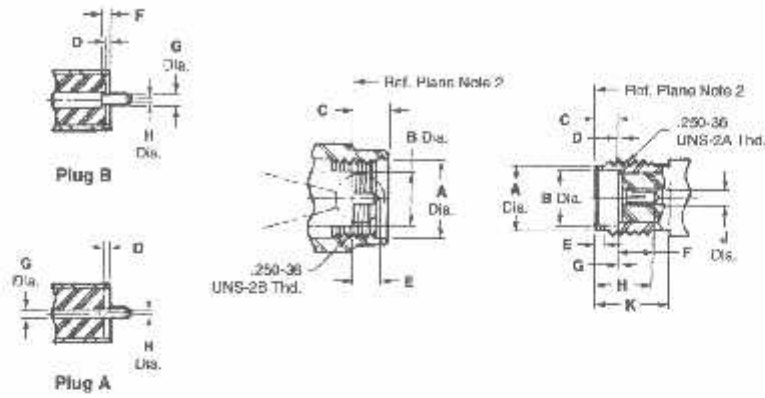
**SMA Connectors (Continued)**
**Electrical**

Connector Type	Cable	Frequency Max. (GHz)	VSWR x (GHz)	Contact Resistance (milliohms max.)		Insulation Resistance (megohms min.)	Dielectric Withstanding Voltage (Volts RMS)	Corona Exinction Voltage at 70,000 Ft. (V RMS min.)	RF Transmission Loss	RF High Potential at 5 MHz (V RMS)	RF Leakage (dB min.)
				Center Contact	Outer Contact						
Straight Cable Plug without Contact	RG 402 (3.58 [.141])	Note 1	1.02 + .005	N/A	2.0	10,000	N/A	250	N/A	670	-90-dBHz
	RG 405 (2.16 [.085])	16.0	1.05 + .005	2.0	2.0	10,000	1000	250	.03 √f (GHz)	670	-90-dBHz
	RG 402 (3.58 [.141])	18.0	1.05 + .005	2.0	2.0	10,000	1500	375	.03 √f (GHz)	1000	-90-dBHz
Straight Cable Plugs & Jacks Solder Attachment	3.58 [.141] Microporous	18.0	1.05 + .005	2.0	2.0	10,000	1500	375	.03 √f (GHz)	1000	-90-dBHz
	RG 401 (6.35 [.250])	18.0	1.07 + .007	2.0	2.0	10,000	1500	375	.03 √f (GHz)	1000	-90-dBHz
	RG 174, 188, 316	Note 1	1.15 + .01	2.0	2.0	10,000	750	90	.06 √f (GHz)	500	-60-dBHz
	RG 55, 58, 141, 142, 223, 303, 400	Note 1	1.10 + .005	2.0	2.0	10,000	1000	250	.06 √f (GHz)	670	-60-dBHz
Straight Cable Plugs & Jacks Solder Clamp Attachment	RG 405 (2.16 [.085])	12.4	1.10 + .015	2.0	2.0	10,000	1000	250	.03 √f (GHz)	670	-90-dBHz
	RG 402 (3.58 [.141])	12.4	1.07 + .01	2.0	2.0	10,000	1500	375	.03 √f (GHz)	1000	-90-dBHz
Straight Cable Plugs & Jacks Clamp Attachment	RG 55, 58, 141, 142, 223, 400	Note 1	1.10 + .005	2.0	2.0	10,000	1000	250	.06 √f (GHz)	670	-60-dBHz
	RG 174, 188, 316	Note 1	1.15 + .01	2.0	2.0	10,000	750	190	.06 √f (GHz)	500	-60-dBHz
	RG 180, 195	Note 1	—	2.0	2.0	10,000	750	190	—	500	-60-dBHz
Straight Cable Plugs & Jacks Crimp Attachment	RG 55, 142, 223, 400	Note 1	1.10 + .005	2.0	2.0	10,000	1000	250	.06 √f (GHz)	670	-60-dBHz
	RG 58, 141, 303	Note 1	1.10 + .005	2.0	2.0	10,000	1000	250	.06 √f (GHz)	670	-60-dBHz
	RG 174, 188, 316	Note 1	1.15 + .01	2.0	2.0	10,000	750	190	.06 √f (GHz)	500	-60-dBHz
	RG 180, 195	Note 1	—	2.0	2.0	10,000	750	190	—	500	-60-dBHz
	RG 178, 196	Note 1	1.2 + .02	2.0	2.0	10,000	500	125	.06 √f (GHz)	335	-60-dBHz
	RG 401 (6.35 [.250])	18.0	1.07 + .01	2.0	2.0	10,000	1500	375	.05 √f (GHz)	1000	-70 dB min.
Straight Cable Plugs & Jacks Compression Clamp Attachment	6.35 [.250] Microporous	18.0	1.07 + .01	2.0	2.0	10,000	1500	375	.05 √f (GHz)	1000	-70 dB min.
	6.35 [.250] 3-Spline	18.0	1.07 + .01	2.0	2.0	10,000	1500	375	.05 √f (GHz)	1000	-70 dB min.
	6.35 [.250] 5-Spline	18.0	1.07 + .01	2.0	2.0	10,000	1500	375	.05 √f (GHz)	1000	-70 dB min.
Right-Angle Cable Plugs Solder Attachment	RG 405 (2.16 [.085])	12.4	1.18 + .015	2.0	2.0	10,000	1000	250	.04 √f (GHz)	670	-90-dBHz
	RG 405 (2.16 [.085])	18.0	1.18 + .015	2.0	2.0	10,000	1000	250	.04 √f (GHz)	670	-90-dBHz
	RG 402 (3.58 [.141])	12.4	1.15 + .015	2.0	2.0	10,000	1500	375	.04 √f (GHz)	1000	-90-dBHz
	RG 402 (3.58 [.141])	18.0	1.10 + .010	2.0	2.0	10,000	1500	250	.05 √f (GHz)	1000	-90-dBHz
	RG 55, 58, 141, 142, 223, 303, 400	Note 1	1.15 + .01	2.0	2.0	10,000	1000	250	.07 √f (GHz)	670	-60-dBHz
	RG 174, 188, 316	Note 1	1.15 + .02	2.0	2.0	10,000	750	190	.07 √f (GHz)	500	-60-dBHz
Right-Angle Cable Plugs Crimp Attachment	RG 55, 142, 223, 400	Note 1	1.15 + .02	2.0	2.0	10,000	1000	250	.07 √f (GHz)	670	-60-dBHz
	RG 58, 141, 303	Note 1	1.15 + .02	2.0	2.0	10,000	1000	250	.07 √f (GHz)	670	-60-dBHz
	RG 174, 188, 316	Note 1	1.18 + .02	2.0	2.0	10,000	750	190	.07 √f (GHz)	500	-60-dBHz
	RG 180, 195	Note 1	—	2.0	2.0	10,000	750	190	—	500	-60-dBHz
	RG 178, 196	Note 1	1.25 + .025	2.0	2.0	10,000	500	125	.07 √f (GHz)	335	-60-dBHz
Right-Angle Cable Plugs Clamp Attachment	RG 55, 58, 141, 142, 223, 303	Note 1	1.10 + .005	2.0	2.0	10,000	1000	250	.06 √f (GHz)	670	-60-dBHz
	RG 174, 188, 316	Note 1	1.15 + .01	2.0	2.0	10,000	750	190	.06 √f (GHz)	500	-60-dBHz
	RG 180, 195	Note 1	—	2.0	2.0	10,000	750	190	—	500	-60-dBHz
Flange Mount Plugs & Jacks Panel or Bulkhead Mount	Non-Captured	18.0	1.03 + .004	2.0	2.0	10,000	1000	250	.03 √f (GHz)	670	-100-dBHz
	Epoxy Captured	18.0	1.05 + .005	2.0	2.0	10,000	1000	250	.03 √f (GHz)	670	-100-dBHz
	Mechanical Capture	18.0	1.04 + .004	2.0	2.0	10,000	1000	250	.03 √f (GHz)	670	-100-dBHz
	Field Replaceable Hermetic Launchers	18.0	1.04 + .006	2.0	2.0	10,000	1000	250	.04 √f (GHz)	670	-100-dBHz
Bulkhead Feedthrough Jacks	Epoxy Captured	18.0	1.07 + .010	2.0	2.0	10,000	1000	250	.04 √f (GHz)	670	-60-dBHz
	Mechanical Capture	18.0	1.07 + .010	2.0	2.0	10,000	1000	250	.04 √f (GHz)	670	-100-dBHz
Right-Angle Flange Mount Jacks	N/A	18.0	1.07 + .015	2.0	2.0	10,000	1000	250	.08 √f (GHz)	670	-90-dBHz
	N/A	12.4	1.15 + .015	2.0	2.0	10,000	1000	250	.06 √f (GHz)	670	-90-dBHz
Printed Circuit Board Mount Straight Terminal	N/A	18.0	N/A	2.0	2.0	10,000	1000	250	N/A	670	N/A
Right-Angle Printed Circuit	N/A	12.4	N/A	2.0	2.0	10,000	1000	250	N/A	670	N/A
End Launch Stripline Circuit	N/A	18.0	1.05 + .005	2.0	2.0	10,000	1000	250	.03 √f (GHz)	670	-60-dBHz
Surface Launch Stripline Circuit	N/A	18.0	1.05 + .005	2.0	2.0	10,000	1000	250	.03 √f (GHz)	670	-60-dBHz
Right-Angle Surface Launch Stripline Circuit	N/A	12.4	1.15 + .015	2.0	2.0	10,000	1000	250	.08 √f (GHz)	670	-60-dBHz
	N/A	18.0	1.07 + .015	2.0	2.0	10,000	1000	250	.08 √f (GHz)	670	-60-dBHz

1. Maximum operating frequency of cable per MIL-C-17.
2. Specifications do not apply to hermetic or compression crimp connectors.
3. For Brass SMA: Frequency Range DC-6GHz, Impedance 50 Ohms, Insulation Resistance.

**SMA Connectors** (Continued)

**Interface Mating Dimensions**



Plug		
Dimension	Minimum	Maximum
A	6.35 .250	—
B	—	4.59 .1808
C	—	3.43 .135
D	0.00 .000	0.25 .010
E	—	2.54 .100
F	0.00 .000	0.25 .010
G	0.90 .0356	0.94 .037
H	0.00 .000	0.38 .015

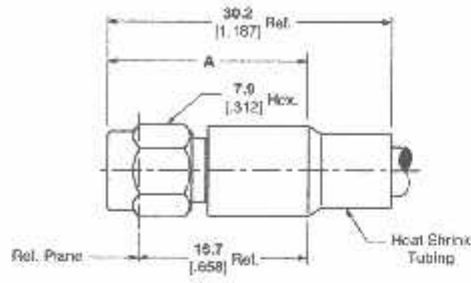
Jack		
Dimension	Minimum	Maximum
A	5.28 .208	5.49 .216
B	4.60 .181	—
C	1.91 .075	1.98 .078
D	0.00 .000	0.25 .010
E	0.38 .015	1.43 .045
F	2.92 .115	—
G	0.00 .000	0.25 .010
H	4.32 .170	—
J	.124 .049	1.30 .051
K	5.54 .218	—

**Notes:**

1. ID to meet VSWR and contact resistance when mated with  $0.51 + .025/-0.013$  (.036 + .0010/-0.0005) Dia. Pin.
2. When fully engaged, the two reference planes must coincide with metal to metal contact.
3. Metric equivalents (to the nearest 0.01mm) are given for general information only.

**SMA Connectors (Continued)**  
**Flexible Cable**

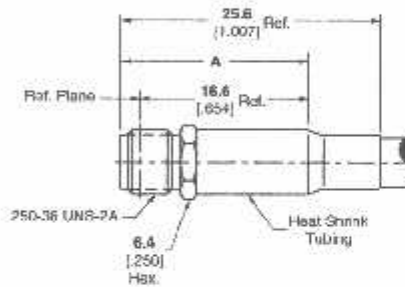
**Straight Cable Plug, Solder**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Dimension A	Instruction Sheet	Part No.
55, 58, 141, 142, 223, 303, 400	Stainless, Gold <sup>1</sup>	No	Solder	19.7 .775	408-4621	1051638-1
174, 188, 316	Stainless, Gold <sup>1</sup>	No	Solder	17.5 .690	408-4756	1051644-1

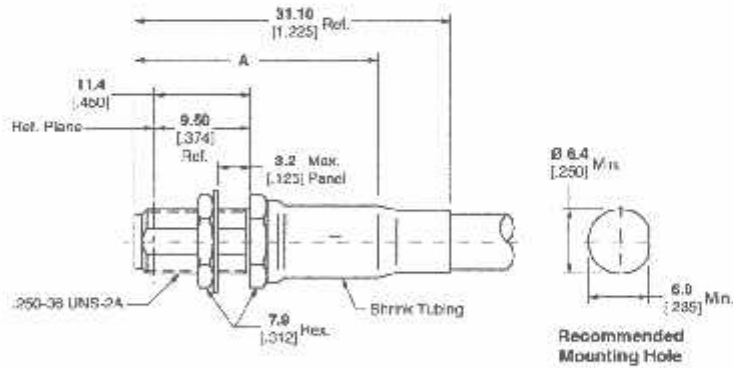
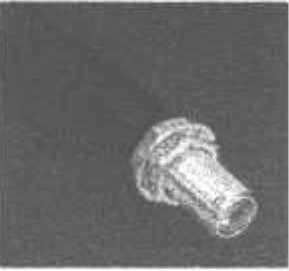
<sup>1</sup>Coupling nut is passivated stainless steel.

**Straight Cable Jack, Solder**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Dimension A	Instruction Sheet	Part No.
55, 58, 141, 142, 223, 303, 400	Stainless, Gold	No	Solder	18.5 .730	408-4820	1051652-1

**Bulkhead Cable Jack, Solder**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Dimension A	Instruction Sheet	Part No.
RG 55, 58, 141, 142, 300	Stainless, Gold	No	Solder	24.0 .945	408-4817	1051861-1
174, 188, 316	Stainless, Gold	No	Solder	21.0 .825	408-4817	1051942-1

Note: Part Numbers are RoHS  
compliant except: † Indicates  
non-RoHS compliant.

4

Catalog 13C7191  
Revised 3-C7

www.tycoelectronics.com

Dimensions are in millimeters  
and inches unless otherwise  
specified. Values in brackets  
are standard equivalents.

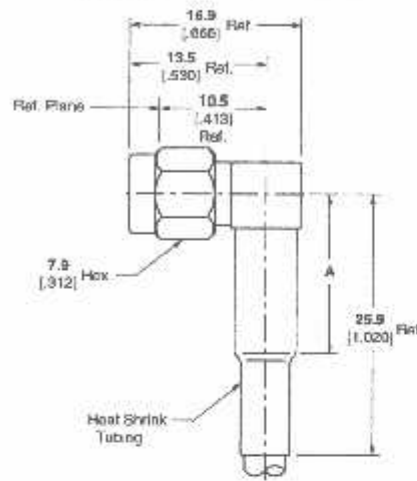
Dimensions are shown for  
reference purposes only.  
Specifications subject  
to change.

USA: 1-800-522-6752  
Canada: 1-905-470-4425  
Mexico: 01-800-733-8926  
C. America: 52-55-1106-0803

South America: 55-11-2103-6009  
Hong Kong: 852-2735-1628  
Japan: 81-44-844-8013  
U.K. 44-8706-080-208

**SMA Connectors (Continued)**  
**Flexible Cable (Continued)**

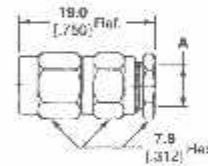
**Right-Angle Cable Plug, Solder**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Dimension A	Instruction Sheet	Part No.
55, 58, 141, 142, 223, 303, 400	Stainless, Gold <sup>1</sup>	Yes	Solder	16.0 .630	408-4815	1052063-1
174, 188, 316	Stainless, Gold <sup>1</sup>	Yes	Solder	11.2 .440	408-4815	1052067-1

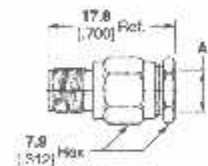
<sup>1</sup>Coupling nut is passivated stainless steel.

**Straight Cable Plug, Clamp**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Dimension A	Instruction Sheet	Part No.
174, 188, 316	Stainless, Pass.	Yes	Solder	2.9 .116	408-4906	1050721-1

**Straight Cable Jack, Clamp**

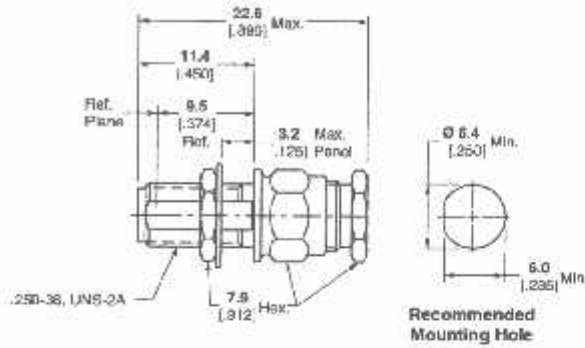


Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Dimension A	Instruction Sheet	Part No.
174, 188, 316	Stainless, Pass.	Yes	Solder	2.9 .116	408-4906	1050903-1

Note: Part Numbers are RoHS compliant except: ♦ indicates non-RoHS compliant.

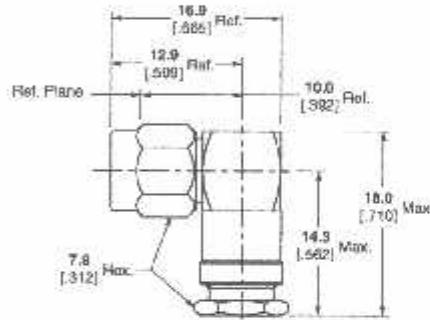
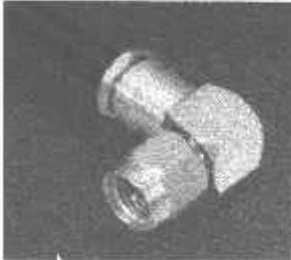
**SMA Connectors (Continued)**  
**Flexible Cable (Continued)**

**Bulkhead Feedthrough  
Cable Jack, Clamp**



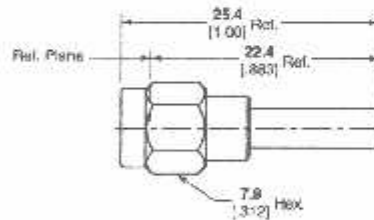
Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Instruction Sheet	Part No.
174, 186, 316	Stainless, Pass.	Yes	Solder	408-4704	1050996-1

**Right-Angle Cable Plug,  
Clamp**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Instruction Sheet	Part No.
174, 186, 316	Stainless, Pass.	Mechanical	Solder	408-4865	1051140-1

**Straight Cable Plug, Crimp**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Crimp Tooling Part No.	Instruction Sheet	Part No.
174, 179, 187, 186, 316	Stainless, Pass.	Mechanical	Solder/Crimp <sup>1</sup>	1055236-1	408-466 <sup>1</sup>	1056443-1
RD316	Stainless, Pass.	Mechanical	Solder/Crimp <sup>2</sup>	1055236-1 <sup>1</sup>	408-466 <sup>1</sup>	1056436-1
55, 142, 223, 400	Stainless, Pass.	Mechanical	Solder/Crimp <sup>2</sup>	1055236-1	408-466 <sup>1</sup>	1056438-1
174, 179, 187, 186, 316	Brass, White Bronze	Mechanical	Solder/Crimp <sup>2</sup>	1055236-1	408-466 <sup>1</sup>	1082034-1

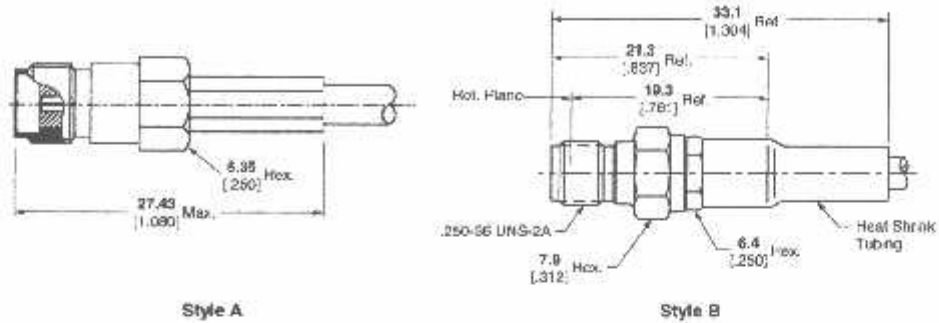
<sup>1</sup>Use die 1055270-1 to crimp RD316 ferrule.

<sup>2</sup>Use die 1055880-1 to crimp center contact.

**Note:** Part Numbers are RoHS compliant except: ♦ Indicates non-RoHS compliant.

**SMA Connectors (Continued)**  
**Flexible Cable (Continued)**

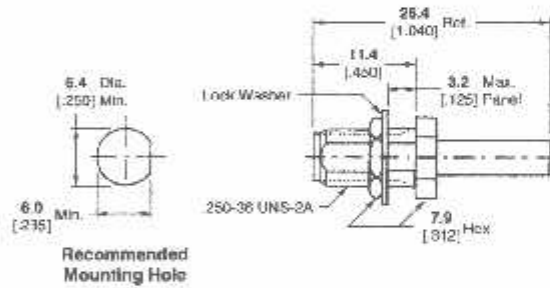
**Straight Cable Jack, Crimp**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Crimp Tooling Part No.	Instruction Sheet	Style	Part No.
174, 316	Brass, Nickel	Mechanical	Solder	1	408-4032	A	5447648-3
55, 141, 303	Stainless, Pass.	Mechanical	Solder	1055236-1	408-4704	B	1051867-1
174, 188, 316	Stainless, Pass.	Mechanical	Solder	1055236-1	408-4708	B	1051855-1
176, 196	Stainless, Pass.	Mechanical	Solder	1055236-1	408-4808	B	1051889-1

<sup>1</sup>Refer to Tyco Electronics Customer Print for tooling requirement. DANIELS Mill Tooling used for contact and ferrule crimp.

**Bulkhead Feedthrough Cable Jack, Crimp**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Crimp Tooling Part No.	Instruction Sheet	Part No.
174, 176, 187, 188, 316	Stainless, Pass.	Mechanical	Solder/Crimp <sup>2</sup>	1055236-1	408-4661	1056452-1
RD316	Stainless, Pass.	Mechanical	Solder/Crimp <sup>2</sup>	1055236-1 <sup>3</sup>	408-4661	1056445-1
55, 141, 303	Stainless, Pass.	Mechanical	Solder/Crimp <sup>2</sup>	1055236-1	408-4661	1056450-1
55, 142, 223, 400	Stainless, Pass.	Mechanical	Solder/Crimp <sup>2</sup>	1055236-1	408-4661	1056447-1
174, 188, 316	Brass, Nickel	Mechanical	Crimp	1	408-4032	5448103-2

<sup>1</sup>Refer to Tyco Electronics Customer Print for tooling requirement. DANIELS Mill Tooling used for contact and ferrule crimp.

<sup>2</sup>Use die 1055880-1 to crimp center contact.

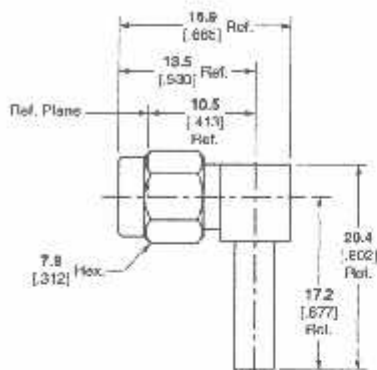
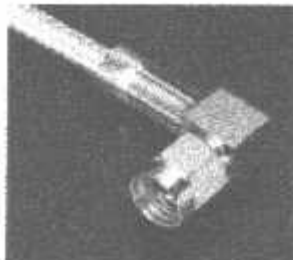
<sup>3</sup>Use die 1055270-1 to crimp RD316 ferrule.

DANIELS is a trademark of Daniels Manufacturing Corporation.

**Note:** Part Numbers are RoHS compliant except: ♦ Indicates non-RoHS compliant.

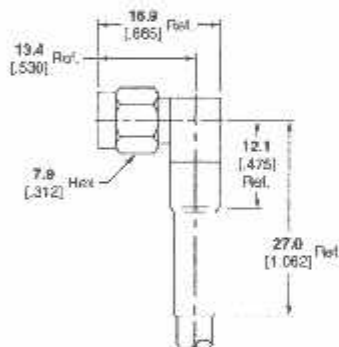
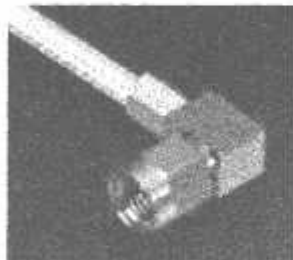
**SMA Connectors (Continued)**  
**Flexible Cable (Continued)**

**Right-Angle Cable Plug,  
Crimp**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Crimp Tooling Part No.	Instruction Sheet	Part No.
174, 179, 187, 188, 316	Stainless, Pass.	Mechanical	Solder	1055236-1	408-165B	1056462-1
58, 141, 303	Stainless, Pass.	Mechanical	Solder	1055236-1	408-465B	1056456-1

**Right-Angle Cable Plug,  
Crimp**



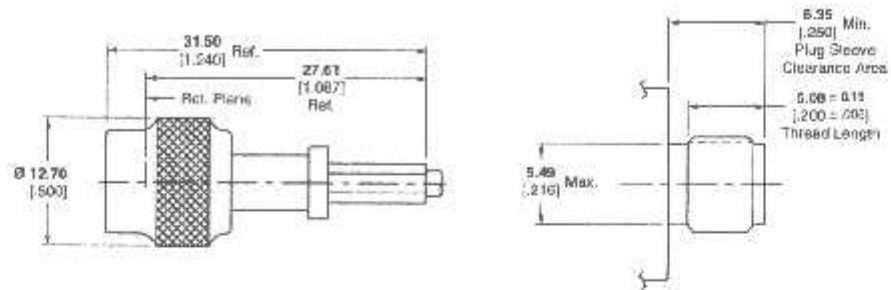
Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Crimp Tooling Part No.	Instruction Sheet	Part No.
55, 142, 223, 400	Stainless, Pass.	Epoxy	Solder	1055236-1	408-4681	1052072-1
174, 188, 316	Stainless, Pass.	Epoxy	Solder	1055236-1	408-4683	1052076-1
178, 196	Stainless, Pass.	Epoxy	Solder	1055236-1	408-4801	1052098-1

Note: Part Numbers are RoHS compliant except: ♦ Indicates non-RoHS compliant.



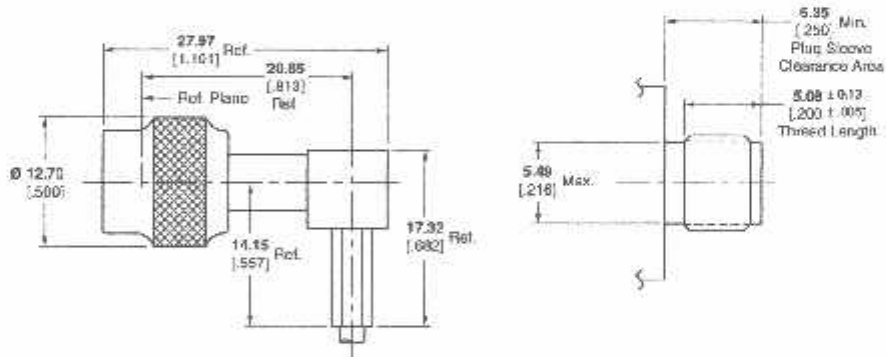
**SMA Connectors (Continued)**  
**Flexible Cable (Continued)**

**Straight Push-On**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Part No.
316	Beryllium Copper, Gold	Mechanical	Crimp	1408541-1

**Right-Angle Push-On**



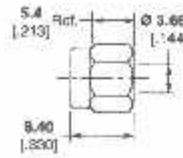
Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Part No.
316	Beryllium Copper, Gold	Mechanical	Solder/Crimp	1274694-1

Note: Part Numbers are RoHS compliant except: ♦ Indicates non-RoHS compliant.



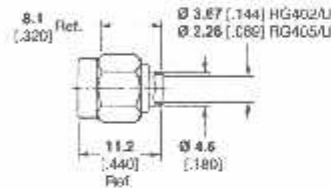
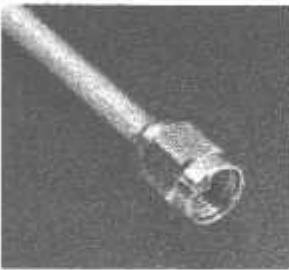
**SMA Connectors (Continued)**  
**Direct Solder Attachment, Semi-Rigid Cable**

**Straight Cable Plug**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Capitivation	Contact Attachment	Solder Assembly Kit Part No.	Instruction Sheet	Part No.
402 (3.58 [.141])	Stainless, Pass.	No Center Contact	No Center Contact	1055420-1	408-4764	1050757-1

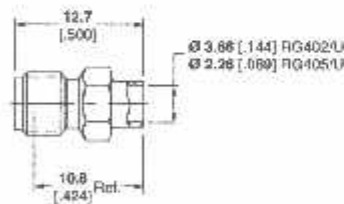
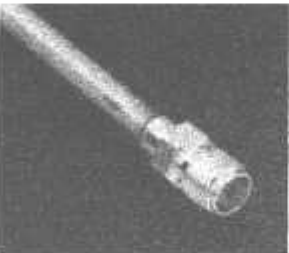
**Straight Cable Plug**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Capitivation	Contact Attachment	Solder Assembly Kit Part No.	Instruction Sheet	Part No.
402 (3.58 [.141])	Stainless, Gold <sup>1</sup>	No	Solder	1055420-1	408-4764	1050525-1
405 (2.16 [.085])	Stainless, Gold <sup>1</sup>	No	Solder	1055420-1	408-4765	1050770-1
402 (3.58 [.141])	Stainless, Gold <sup>1</sup>	No Center Contact	No Center Contact	N/A	—	1050542-1
405 (2.16 [.085])	Stainless, Gold <sup>1</sup>	No	Solder	1055420-1	—	1050548-1

<sup>1</sup>Coupling nut is passivated stainless steel.

**Straight Cable Jack**

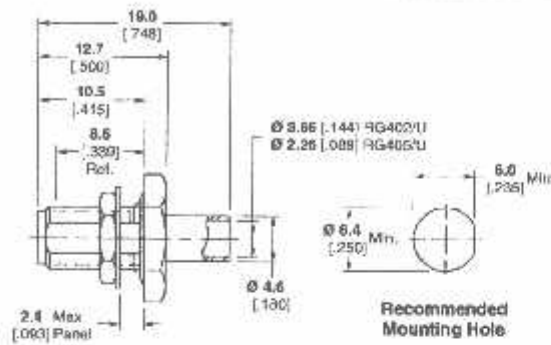
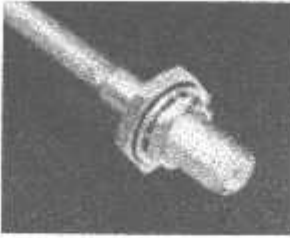


Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Capitivation	Contact Attachment	Solder Assembly Kit Part No.	Instruction Sheet	Part No.
402 (3.58 [.141])	Stainless, Gold	No	Solder	1055420-1	408-4837	1050854-1
405 (2.16 [.085])	Stainless, Gold	No	Solder	1055420-1	408-4833	1050859-1

**Note:** Part Numbers are RoHS compliant except: ♦ Indicates non-RoHS compliant.

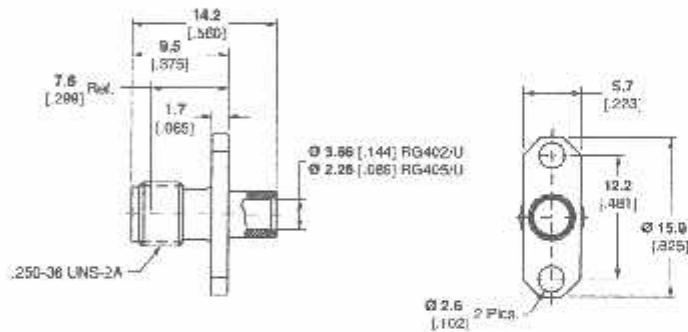
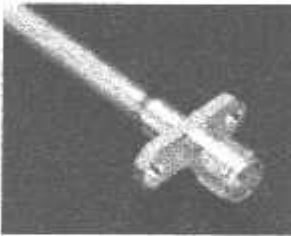
**SMA Connectors (Continued)**  
**Direct Solder Attachment, Semi-Rigid Cable (Continued)**

**Bulkhead Cable Jack**



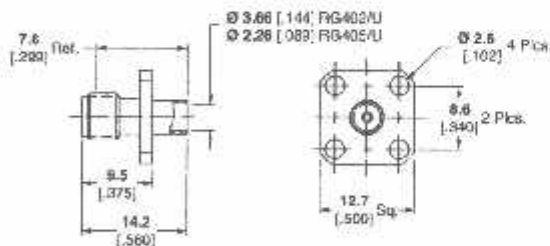
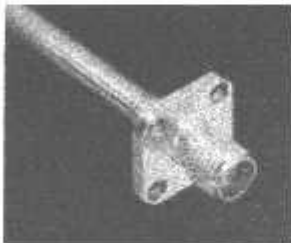
Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Solder Assembly Kit Part No.	Instruction Sheet	Part No.
402 (3.58 [.141])	Brass, Gold	No	Solder	1055420-1	408-4768	1082029-1

**2 Hole Flange Mount  
Cable Jack**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Solder Assembly Kit Part No.	Instruction Sheet	Part No.
402 (3.58 [.141])	Stainless, Gold	No	Solder	1055420-1	408-4767	1051052-1
405 (2.16 [.085])	Stainless, Gold	No	Solder	1055420-1	408-4883	1051048-1

**4 Hole Flange Mount  
Cable Jack**

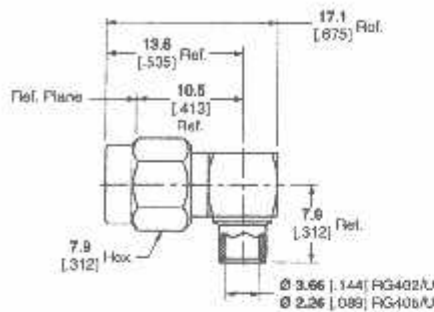
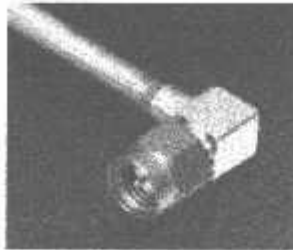


Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Solder Assembly Kit Part No.	Instruction Sheet	Part No.
402 (3.58 [.141])	Stainless, Gold	No	Solder	1055420-1	408-4767	1051081-1
405 (2.16 [.085])	Stainless, Gold	No	Solder	1055420-1	408-4883	1051085-1

Note: Part Numbers are RoHS compliant except: ♦ Indicates non-RoHS compliant.

**SMA Connectors (Continued)**  
**Semi-Rigid Cable**

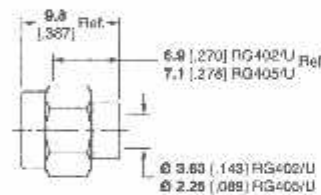
**Right-Angle Cable Plug, Direct Solder Attachment**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Solder Assembly Kit Part No.	Instruction Sheet	Part No.
402 (3.58 [0.141])	Stainless, Gold <sup>1</sup>	Epoxy	Solder	1055420-1	408-4831	1051151-1
405 (2.16 [0.085])	Stainless, Gold <sup>1</sup>	Epoxy	Solder	1055420-1	408-4831	1051157-1
405 (2.16 [0.085])	Brass, Gold	Mechanical	Solder	1055420-1	408-4831	1088312-1

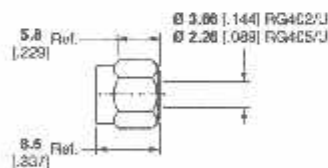
<sup>1</sup>Coupling nut is passivated stainless steel.

**Straight Cable Plug, Crimp**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Crimp Tooling Part No.	Instruction Sheet	Part No.
405 (2.16 [0.085])	Stainless, Pass.	Mechanical	Solderless	1055835-1	408-4695	1050598-1
402 (3.58 [0.141])	Stainless, Pass.	No Center Contact	Solderless	1055835-1	408-4690	1050740-1

**Straight Cable Plug — Low Profile, Crimp**

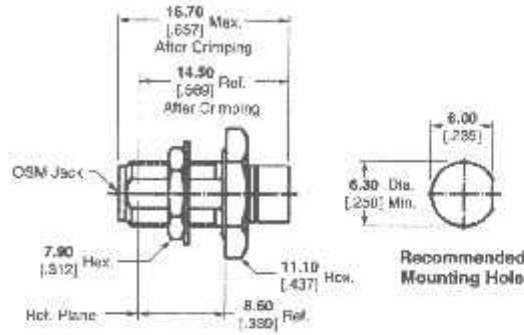
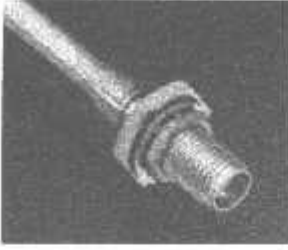


Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Contact Attachment	Crimp Tooling Part No.	Instruction Sheet	Part No.
402 (3.58 [0.141])	Stainless, Pass.	Mechanical	Solderless	1055835-1	408-4696	1050602-1
405 (2.16 [0.085])	Stainless, Pass.	Mechanical	Solderless	1055835-1	408-4697	1050611-1

Note: Part Numbers are RoHS compliant except: ♦ Indicates non-RoHS compliant.

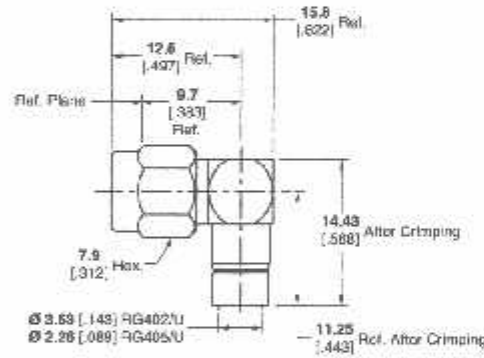
**SMA Connectors (Continued)**  
**Semi-Rigid Cable (Continued)**

**2 Hole Flange, Crimp**



Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Capitivation	Contact Attachment	Crimp Tooling Part No.	Instruction Sheet	Part No.
402 (3.58 [141])	Stainless, Pass.	Mechanical	Solderless	1055835-1	408-4954	1051005-1
405 (2.16 [085])	Stainless, Pass.	Mechanical	Solderless	1055835-1	408-4689	1051007-1

**Right-Angle Cable Plug,  
Crimp**

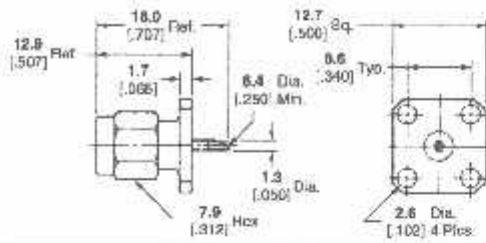
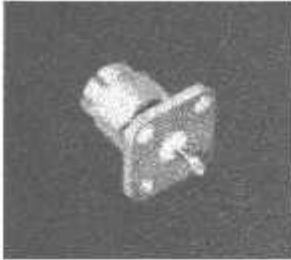


Cable Type RG/U	Body Material & Finish	Contact Capitivation	Contact Attachment	Crimp Tooling Part No.	Instruction Sheet	Part No.
402 (3.58 [141])	Stainless, Pass.	Mechanical	Solderless	1055835-1	408-4691	1051145-1
405 (2.16 [085])	Stainless, Pass.	Mechanical	Solderless	1055835-1	408-4692	1051147-1

Note: Part Numbers are RoHS compliant except: ♦ Indicates non-RoHS compliant.

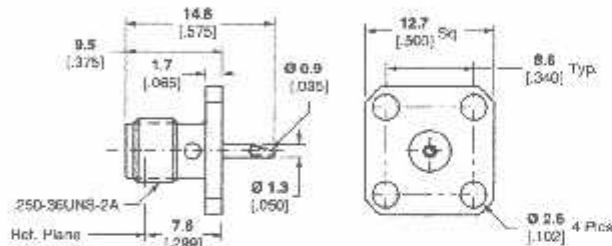
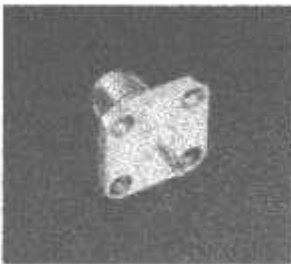
**SMA Connectors (Continued)**  
**Panel Mount, Solder Pot Terminal**

**4 Hole Flange Mount Plug Receptacle**



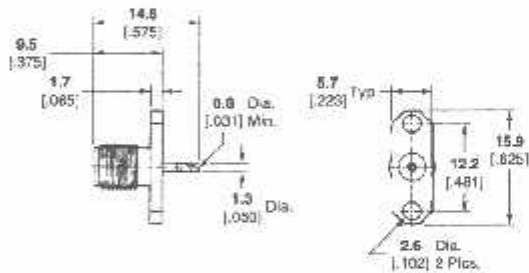
Body Material & Finish	Contact Captivation	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Epoxy	N/A	-65 to 125° C	1052324-1

**4 Hole Flange Mount Jack Receptacle**



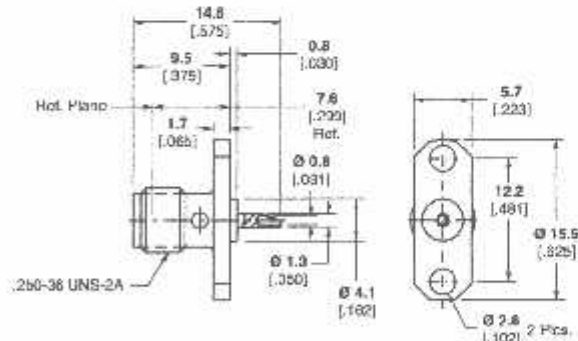
Body Material & Finish	Contact Captivation	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Epoxy	-60-10GHz	-65 to 125° C	1052422-1

**2 Hole Flange Mount Jack Receptacle**



Body Material & Finish	Contact Captivation	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Epoxy	-60-10GHz	-65 to 125° C	1052544-1

**2 Hole Flange Mount Jack Receptacle**

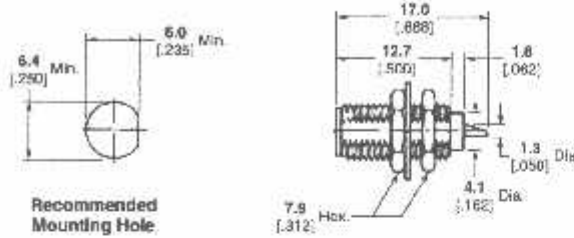


Body Material & Finish	Contact Captivation	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Epoxy	-60-10GHz	-65 to 125° C	1062634-1

Note: Part Numbers are RoHS compliant except. † Indicates non-RoHS compliant.

**SMA Connectors (Continued)**  
**Panel Mount**

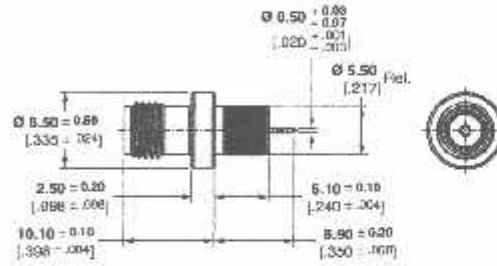
**Bulkhead Feedthrough Jack Receptacle, Solder Pot Terminal**



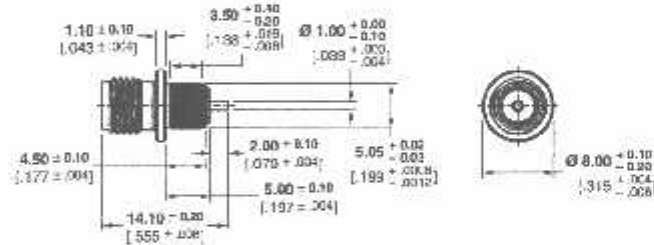
Recommended Mounting Hole.

Body Material & Finish	Contact Captivation	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Epoxy	N/A	-65 to 125° C	1053092-1

**Press-in Jacks, Straight Terminal**



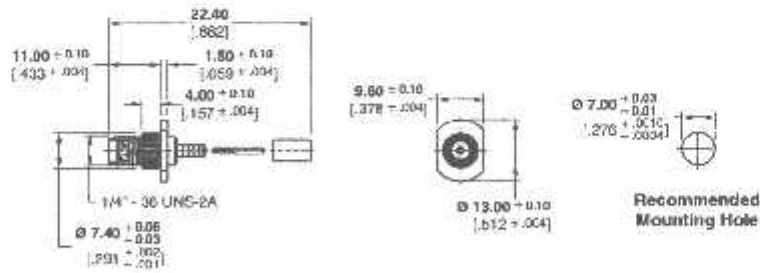
Part Number 1460468



Part Number 1460469

Body Material & Finish	Contact Captivation	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Brass, White Bronze	Mechanical	N/A	-65 to 125° C	1460468-1
Brass, Gold	Mechanical	N/A	-65 to 125° C	1460469-1

**Press-In Cable, Jack Panel**



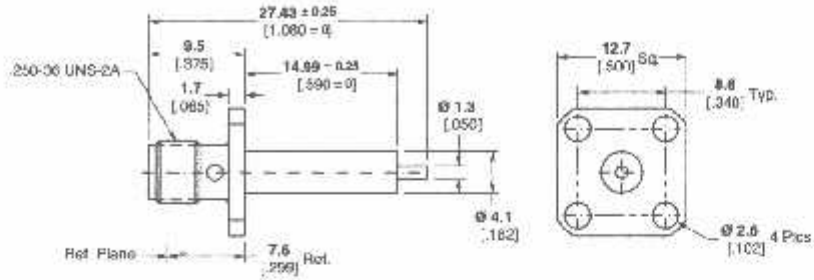
Recommended Mounting Hole

Note: Part Numbers are RoHS compliant except; ♦ Indicates non-RoHS compliant.

Cable Type RQ/U	Body Material & Finish	Contact Captivation	Temperature Range	Part No.
316 D	Brass, Gold	Mechanical	-65 to 125° C	819115-1

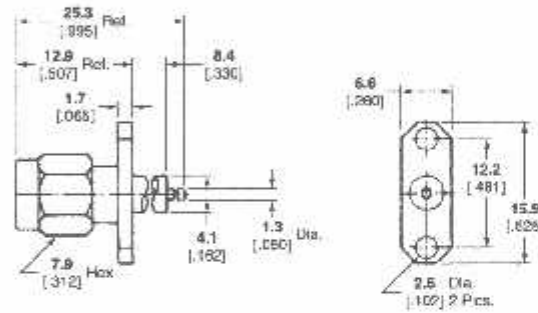
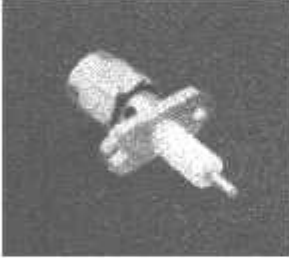
**SMA Connectors (Continued)**  
**Panel Mount, Straight Terminal**

**4 Hole Flange Mount Jack Receptacle**



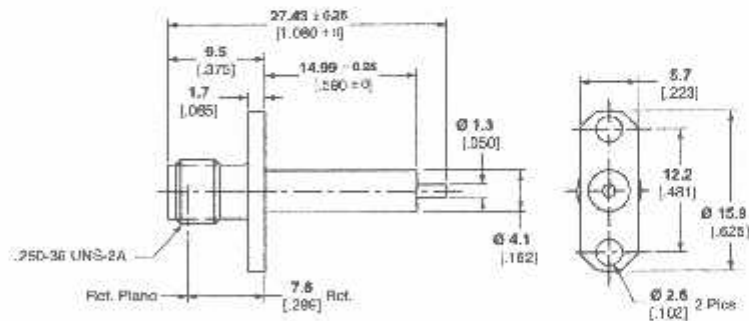
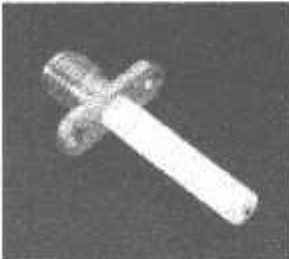
Body Material & Finish	Contact Captivation	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	None	-100-10GHz	-65 to 165° C	1052518-1
Stainless, Passivated	Epoxy	-60-10GHz	65 to 125° C	1052523-1
Stainless, Gold	Epoxy	-60-10GHz	-65 to 125° C	1052522-1

**2 Hole Flange Mount Plug Receptacle**



Body Material & Finish	Contact Captivation	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Epoxy	-60-10GHz	-65 to 125° C	1052349-1

**2 Hole Flange Mount Jack Receptacle**

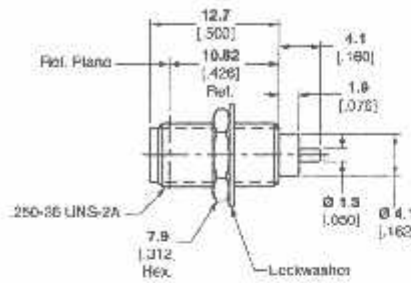


Body Material & Finish	Contact Captivation	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Epoxy	-60-10GHz	-65 to 125° C	1052552-1

Note: Part Numbers are RoHS compliant except: ♦ Indicates non-RoHS compliant.

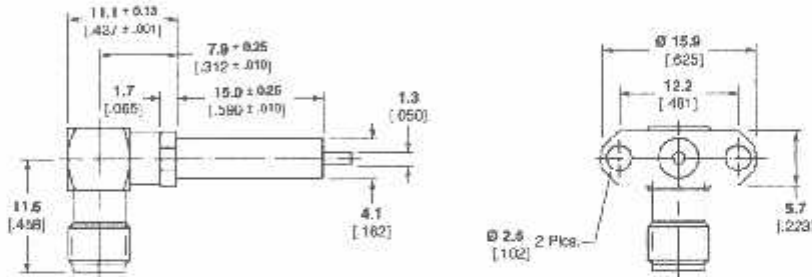
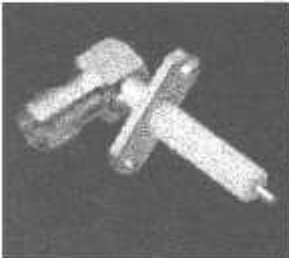
**SMA Connectors (Continued)**  
**Panel Mount, Straight Terminal (Continued)**

**Bulkhead Feedthrough Jack Receptacle**



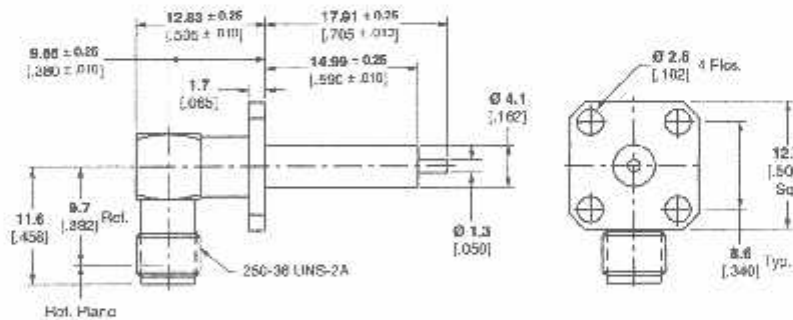
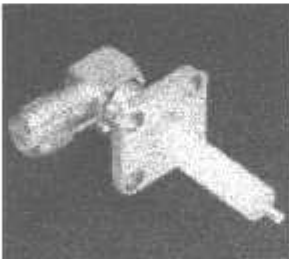
Body Material & Finish	Contact Captivation	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Epoxy	-(-90-13Hz)	-65 to 125° C	1053222-1

**2 Hole Flange Mount Right-Angle Jack Receptacle**



Body Material & Finish	Contact Captivation	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Mechanical	-(-90-13Hz)	-65 to 165° C	1052986-1

**4 Hole Flange Mount Right-Angle Jack Receptacle**



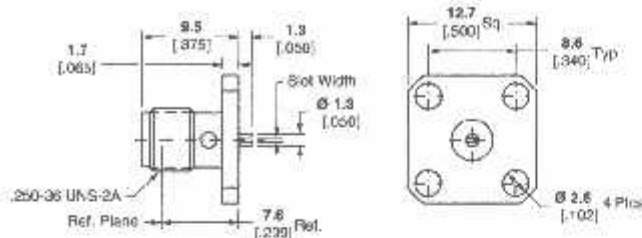
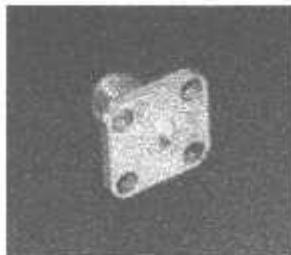
Body Material & Finish	Contact Captivation	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Mechanical	-(-90-13Hz)	-65 to 165° C	1052978-1
Stainless, Passivated	Mechanical	-(-90-13Hz)	-65 to 165° C	1052982-1

Note: Part Numbers are RoHS compliant except: ♦ Indicates non-RoHS compliant.



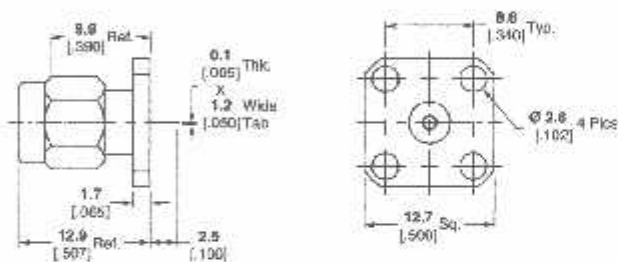
**SMA Connectors (Continued)**  
**Panel Mount**

**4 Hole Flange Mount Jack Receptacle, Straight Terminal**



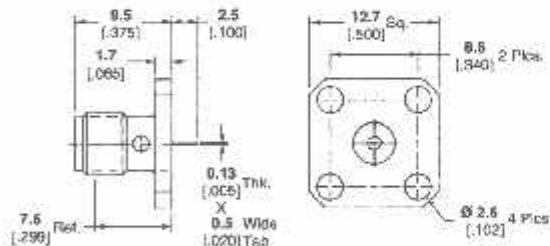
Body Material & Finish	Contact Captivation	Slot Width +.075/-0.026 [+.003/-0.001]	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Epoxy	0.5 [0.018]	-(60-1GHz)	-65 to 125° C	1052563-1

**4 Hole Flange Mount Plug Receptacle, Tab Terminal**



Body Material & Finish	Contact Captivation	Tab Width	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Epoxy	1.3 [.050]	-(60-1GHz)	-65 to 125° C	1052360-1

**4 Hole Flange Mount Jack Receptacle, Tab Terminal**

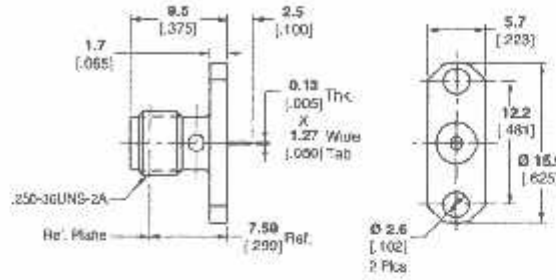
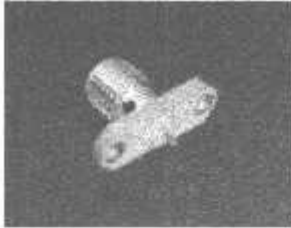


Body Material & Finish	Contact Captivation	Tab Width	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Epoxy	.51 [.020]	-(60-1GHz)	-65 to 125° C	1052886-1

Note: Part Numbers are RoHS compliant except: ♦ Indicates non-RoHS compliant.

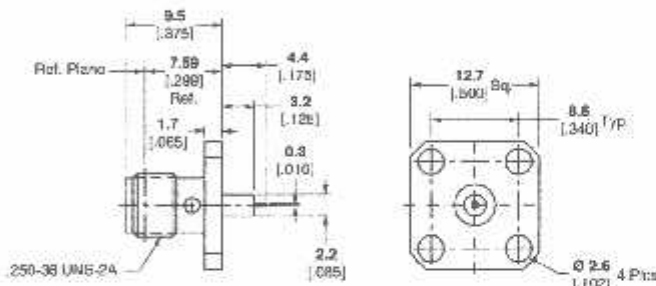
**SMA Connectors (Continued)**

**2 Hole Flange Mount Jack Receptacle, Panel Mount, Tab Terminal**



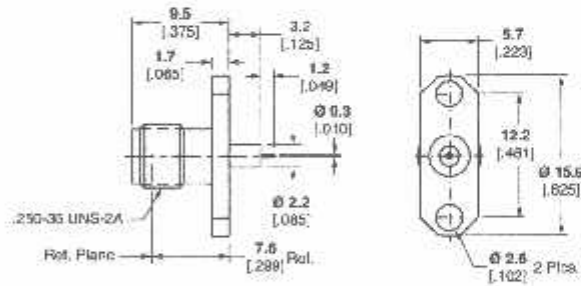
Body Material & Finish	Contact Capivation	Horizontal Tab	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Epoxy	✓	-60-1GHz	-65 to 125° C	1052577-1

**4 Hole Flange Mount Jack Receptacle, for Microstrip Transmission Line Circuits**



Body Material & Finish	Contact Capivation	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Epoxy	-60-1GHz	-65 to 125° C	1052528-1

**2 Hole Flange Mount Jack Receptacle, for Microstrip Transmission Line Circuits**

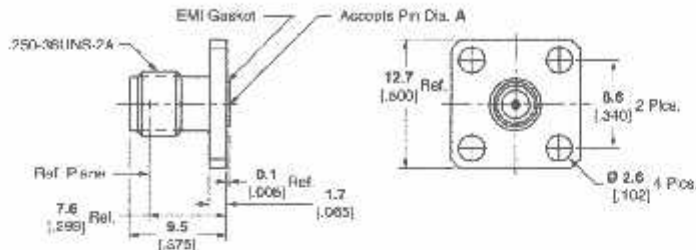
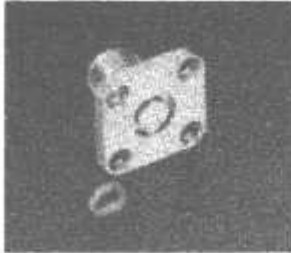


Body Material & Finish	Contact Capivation	RF Leakage db min.	Temperature Range	Part No.
Stainless, Passivated	Epoxy	-60-1GHz	-65 to 125° C	1052902-1

Note: Part Numbers are RoHS compliant except: ♦ Indicates non-RoHS compliant.

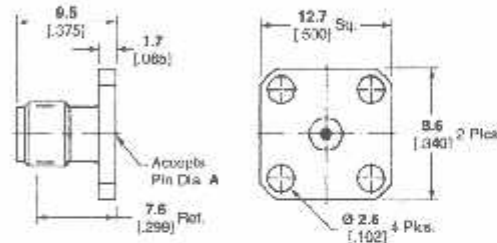
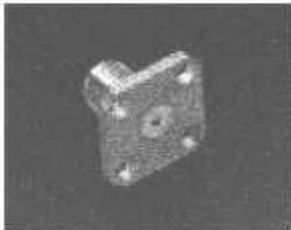
**SMA Connectors (Continued)**  
**Field Replaceable Hermetic Launchers (Continued)**

**4 Hole Flange Mount Jack Receptacle with EMI/RFI Gasket**



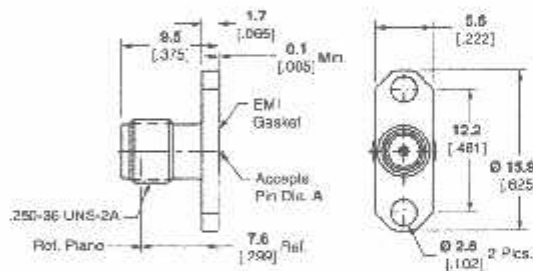
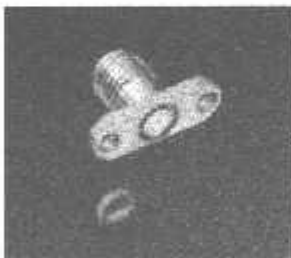
Material & Finish	Capitivation	Pin Diameter A	Part No.
Stainless, Passivated	Mechanical	.38 [.015]	1052894-1

**4 Hole Flange Mount Jack Receptacle without EMI/RFI Gasket**



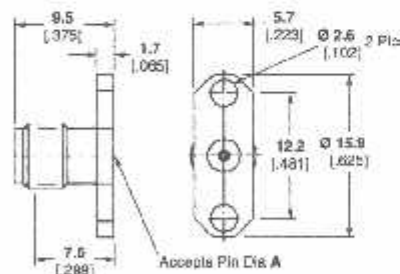
Material & Finish	Capitivation	Pin Diameter A	Part No.
Stainless, Passivated	Mechanical	.91 [.036]	1052643-1

**2 Hole Flange Mount Jack Receptacle with EMI/RFI Gasket**



Material & Finish	Capitivation	Pin Diameter A	Part No.
Stainless, Passivated	Mechanical	.30 [.012]	1052628-1
Stainless, Passivated	Mechanical	.38 [.015]	1052899-1
Stainless, Passivated	Mechanical	.46 [.018]	1052634-1

**2 Hole Flange Mount Jack Receptacle without EMI/RFI Gasket, Field Replaceable Hermetic Launchers**



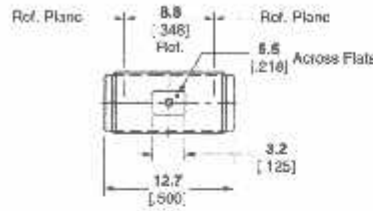
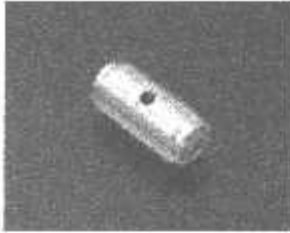
Material & Finish	Capitivation	Pin Diameter A	Part No.
Stainless, Passivated	Mechanical	.51 [.020]	1052652-1
Stainless, Passivated	Mechanical	.91 [.036]	1052646-1

Note: Part Numbers are RoHS compliant except: † Indicates non-RoHS compliant.



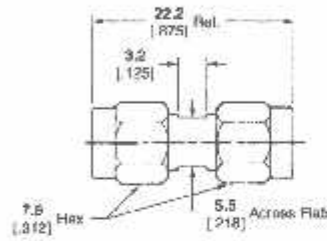
**SMA Connectors (Continued)**

**In-Series Adapter, Jack to Jack**



Frequency	Material & Finish	Captivation	Part No.
DC-18.0GHz	Stainless, Gold	Epoxy*	1053488-1

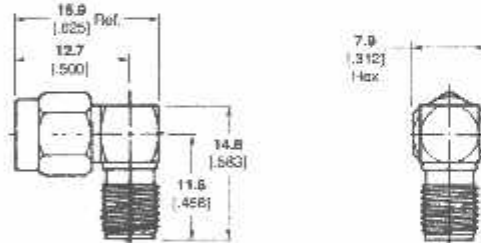
**In-Series Adapter, Plug to Plug**



Frequency	Material & Finish	Captivation	Part No.
DC-18.0GHz	Stainless, Passivated	Epoxy*	1053635-1

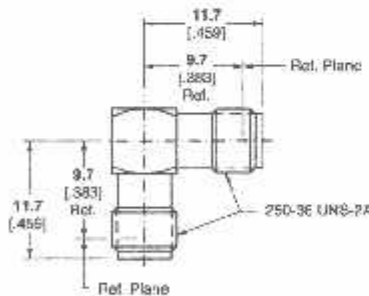
\*All adapters listed above employ epoxy captivation. Mechanically captivated versions are also available. Please consult Tyco Electronics.

**In-Series Adapter, Jack to Plug, Right-Angle**



Frequency	Material & Finish	Captivation	Part No.
DC-2.4GHz	Stainless, Passivated	Mechanical	1055065-1

**In-Series Adapter, Jack to Jack, Right-Angle**

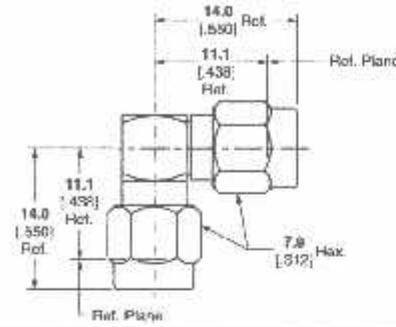
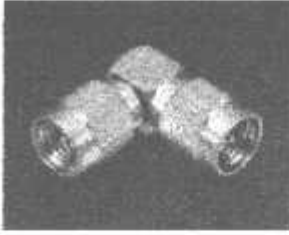


Frequency	Material & Finish	Captivation	Part No.
DC-12.4GHz	Stainless, Passivated	Mechanical	1055018-1

Note: Part Numbers are RoHS compliant except. ♦ Indicates non-RoHS compliant.

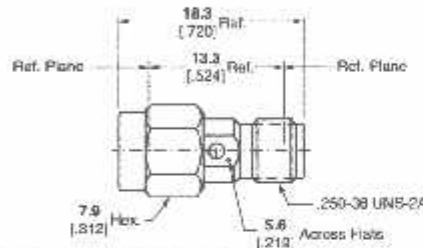
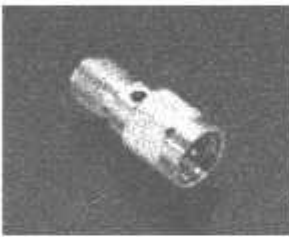
**SMA Connectors (Continued)**

**In-Series Adapter,  
Plug to Plug, Right-Angle**



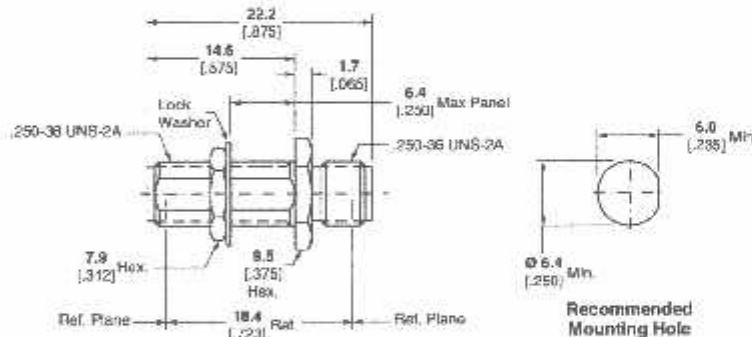
Frequency	Material & Finish	Captivation	Part No.
DC-18.0GHz	Stainless, Passivated	Mechanical	1055047-1

**In-Series Adapter,  
Jack to Plug, Connector Saver**



Frequency	Material & Finish	Captivation	Part No.
DC-18.0GHz	Stainless, Passivated	Epoxy	1054426-1

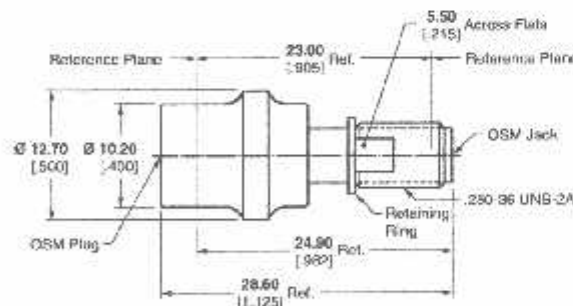
**In-Series Adapter,  
Jack to Jack,  
Bulkhead Feedthrough**



Frequency	Material & Finish	Captivation	Part No.
DC-18.0GHz	Stainless, Passivated	Epoxy*	1054869-1

\*Mechanically captivated version available. Please consult Tyco Electronics.

**Test Adapter,  
Plug to Jack,  
Quick Release**



Frequency	Material & Finish	Captivation	Part No.
DC-18.0GHz	Stainless, Passivated	Epoxy	1053790-1

Note: Part Numbers are RoHS compliant except: ♦ Indicates non-RoHS compliant.



MANUFACTURERS OF  
ELECTRICAL INSULATION MATERIALS

INSULATING COMPONENTS FOR  
POWER SYSTEMS EQUIPMENT

**The Gund Company, Inc**  
St. Louis, Missouri – USA

TEL - 314.423.5200  
FAX - 314.423.9009

## MATERIAL DATA SHEET

Item:	NEMA Grade FR4 Glass Epoxy Laminate		
Description:	NEMA Grade FR4 materials are continuous filament woven fiberglass sheets bonded with flame resistant epoxy resin. The material has the ability to maintain excellent mechanical, electrical, and physical properties at elevated temperature to 130°C. TGC FR4 is UL, RoHS, and REACH certified to ensure reliability, safety, and consistency. (UL File No. E339275)		
Standards:	NEMA LI-1 Grade FR4 IEC 60893 EP GC 202		
Availability:	Laminate Sheets:	Thickness:	English Units 0.010" to 5.0" SI Units 0.125 mm to 127 mm
		Standard Sheet Sizes:	48" x 120" 122cm x 305cm
	Convolute Tubing:	Available in nearly any custom size of inside and outside diameter per customer requirements.	
	Fabricated Parts:	The Gund Company custom fabricates insulation materials to the exact specifications and drawings of our customers	

Key Characteristics	Units - English (SI)	Typical Values
Standard Color		Green <sup>1</sup>
Specific Gravity	lb/in <sup>3</sup> (g/cc)	1.9

<sup>1</sup>Custom colors available upon request

### NEMA LI-1 FR4 Required Properties

Key Characteristics	Test Method	Units	NEMA Required	Typical Values
Breakdown Voltage Condition A (0.062")	ASTM D-229	kV	45 min	66
			Condition D-48/50	40 min
Permittivity @ 1MHz Condition A (0.062")	ASTM D-229	unitless	5.2 max	4.4
			Condition D-48/50	5.4 max
Dissipation Factor @ 1MHz Condition A (0.062")	ASTM D-229	unitless	0.025 max	0.014
			Condition D-48/50	0.035 max
IZOD Impact Strength LW	ASTM D-229	ft.-lb/in Notched	7.0 min	13
			CW	5.5 min
Flexural Strength (0.062") LW	ASTM D-790	ksi (MPa)	60.0 (414) min	80 (552)
			CW	50.0 (345) min
Bonding Strength (0.500") LW	ASTM D-229	Lb (kg)	2000 (907)	2,500 (1,133)
			CW	1,600 (725) min
Moisture Absorption (0.125")	ASTM D-570	%	0.15 max	0.10
Flammability Rating	UL94	Class	V-1	V-0

All of the information, suggestions, and recommendations pertaining to the properties and uses of the products herein are based upon tests and data believed to be accurate. However, the final determination regarding the suitability of any material described herein for the use contemplated, the manner of such use, and whether the use infringes any patents is the sole responsibility of the user. There is no warranty, expressed or implied, including without limitation, warranty of merchantability or fitness for a particular purpose. Under no circumstances shall we be liable for incidental or consequential loss or damage.



## IEC 60893-3-2 EPGC 202 Required Properties

Key Characteristics	Test Method	Units	IEC Required	Typical Values
Flexural Strength	ISO 179	MPa	340 min	560
Charpy Impact Strength	--	kJ/m <sup>2</sup>	33 min	49
Perpendicular Electric Strength (90°C in Oil, 1.5mm)	--	kV/mm	13 min	25
Parallel Breakdown Voltage (Stepped, 90°C in Oil, 3mm)	--	kV	35 min	>45
Insulation Resistance (after Water Immersion)	--	MΩ	5(10) <sup>4</sup>	>10 <sup>7</sup>
Flammability Rating	UL94	Class	V-0	V-0
Moisture Absorption (1.5mm)	--	mg	19 max	13

## Additional Engineering Properties

Key Characteristics	Test Method	Units - English (SI)	Typical Values
Tensile Strength (0.125") LW	ASTM D638	ksi (MPa)	62 (430)
Compressive Strength, Flatwise (0.500")	ASTM D695	ksi (MPa)	66 (455)
Flexural Modulus (0.062") LW CW	--	ksi (GPa)	2,900 (20) 2,600 (18)
Shear Strength (punch type, 0.062")	ASTM D732	psi (MPa)	21,500 (148)
Coefficient of Thermal Expansion	--	"/°Cx10 <sup>6</sup>	15
Temperature Index	--	°C	130
Glow Wire Flame Index & Ignition Temperature	IEC 60695-2-12	°C	960
Hot Wire Ignition	UL 746A	Sec	120
High Current Arc Ignition (3mm)	UL 746A	Arcs	120
Arc Resistance (0.125")	ASTM D495	Sec	140
Comparative Tracking Index (.125")	ASTM D3638*	V	230
Dielectric Strength Condition A	ASTM D149	V/mil	635
Volume Resistivity (0.062")	ASTM D257	Ω-cm	3(10) <sup>15</sup>
High Voltage Arc Resistance	UL 746A	Sec	300
High Voltage Arc Tracking Rate	UL 746A	mm/min	0

\*ASTM D3638 & IEC 112 are the same test method - IEC 60112 is slightly different but the result is similar

All of the information, suggestions, and recommendations pertaining to the properties and uses of the product herein are based upon tests and data believed to be accurate; however, the final determination regarding the suitability of any material described herein for the use contemplated, the manner of such use, and whether the use infringes any patents is the sole responsibility of the user. There is no warranty, expressed or implied, including, without limitation, warranty of merchantability or fitness for a particular purpose. Under no circumstances shall we be liable for incidental or consequential loss or damage.



## Coaxial Cable Attenuation Charts

A compilation of some of the most common coaxial cable attenuations.

Nominal attenuation of 30.5 metres (100ft)

Cable Type	70-85 MHz	148-174 MHz	400-520 MHz	806-960 MHz	2.4-2.45 GHz	5.8-5.85 GHz
RG178B/U	12.4 dB	17.0 dB	30.4 dB	40.8 dB	-	-
RG179	9.2 dB	11.5 dB	17.0 dB	22.3 dB	-	-
RG174/U	7.0 dB	10.0 dB	19.2 dB	26.9 dB	-	-
RG58C/U	4.6 dB	7.1 dB	13.5 dB	18.2 dB	-	-
CELLFOAM™	4.1 dB	5.6 dB	9.8 dB	13.2 dB	-	-
CELLFOIL™	2.8 dB	4.2 dB	6.9 dB	9.0 dB	-	-
RG142B/U	3.3 dB	4.0 dB	8.9 dB	12.0 dB	-	-
RG223/U	4.2 dB	5.7 dB	10.0 dB	13.7 dB	-	-
RG59B/U	3.1 dB	4.9 dB	9.0 dB	13.2 dB	-	-
RG62A/U	2.3 dB	3.4 dB	5.8 dB	8.8 dB	-	-
RG11/U	1.8 dB	2.5 dB	4.8 dB	8.8 dB	-	-
RG213/U	2.0 dB	2.6 dB	5.8 dB	7.4 dB	-	-
RG214/U	1.8 dB	2.6 dB	5.8 dB	7.4 dB	-	-
100-FB Type	0.8 dB	1.2 dB	2.4 dB	3.1 dB	-	-
RG8 Type	1.2 dB	1.7 dB	3.1 dB	4.5 dB	7.0 dB	10.6dB
1/4" Superflex	1.3 dB	2.2 dB	4.2 dB	5.8 dB	9.9 dB	15.8dB
3/8" Superflex	1.1 dB	1.5 dB	2.8 dB	3.8 dB	6.9 dB	10.9dB
1/2" Superflex	0.8 dB	1.3 dB	2.4 dB	3.4 dB	5.9 dB	10.2dB
1/4" HELIAX™	1.1 dB	1.5 dB	2.7 dB	3.5 dB	5.9 dB	11.2dB
3/8" HELIAX™	0.9 dB	1.3 dB	2.3 dB	3.3 dB	5.7 dB	8.5dB
1/2" HELIAX™	0.6 dB	0.8 dB	1.6 dB	2.2 dB	3.7 dB	5.9dB
7/8" HELIAX™	0.3 dB	0.5 dB	0.9 dB	1.3 dB	2.3 dB	-
7/8" HELIAX™	0.3 dB	0.4 dB	0.8 dB	1.1 dB	2.0 dB	-
7/8" HELIAX™	0.3 dB	0.4 dB	0.9 dB	1.2 dB	2.1 dB	-
13" HELIAX™	0.2 dB	0.3 dB	0.6 dB	0.9 dB	1.6 dB	-
1e" HELIAX™	0.2 dB	0.3 dB	0.5 dB	0.7 dB	1.4 dB	-

RF Elektronik

<http://rfelektronik.se>

[info@rfelektronik.se](mailto:info@rfelektronik.se)

**Attenuation of Coaxial Transmission Lines in the VHF/UHF/Microwave Amateur and ISM Bands**

Cable Type	144 MHz	220 MHz	450 MHz	915 MHz	1.2 GHz	2.4 GHz	5.8 GHz
RG-58	6.2 (20.3)	7.4 (24.3)	10.6 (34.8)	16.5 (54.1)	21.1 (69.2)	32.2 (105.6)	51.6 (169.2)
RG-8X	4.7 (15.4)	6.0 (19.7)	8.6 (28.2)	12.8 (42.0)	15.9 (52.8)	23.1 (75.8)	40.9 (134.2)
LMR-240	3.0 (9.8)	3.7 (12.1)	5.3 (17.4)	7.6 (24.9)	9.2 (30.2)	12.9 (42.3)	20.4 (66.9)
RG-213/214	2.8 (9.2)	3.5 (11.5)	5.2 (17.1)	8.0 (26.2)	10.1 (33.1)	15.2 (49.9)	28.6 (93.8)
9913	1.6 (5.2)	1.9 (6.2)	2.8 (9.2)	4.2 (13.8)	5.2 (17.1)	7.7 (25.3)	13.8 (45.3)
LMR-400	1.5 (4.9)	1.8 (5.9)	2.7 (8.9)	3.9 (12.8)	4.8 (15.7)	6.8 (22.3)	10.8 (35.4)
3/8" LDF	1.3 (4.3)	1.6 (5.2)	2.3 (7.5)	3.4 (11.2)	4.2 (13.8)	5.9 (19.4)	8.1 (26.6)
LMR-600	0.96 (3.1)	1.2 (3.9)	1.7 (5.6)	2.5 (8.2)	3.1 (10.2)	4.4 (14.4)	7.3 (23.9)
1/2" LDF	0.85 (2.8)	1.1 (3.6)	1.5 (4.9)	2.2 (7.2)	2.7 (8.9)	3.9 (12.8)	6.6 (21.6)
7/8" LDF	0.46 (1.5)	0.56 (2.1)	0.83 (2.7)	1.2 (3.9)	1.5 (4.9)	2.3 (7.5)	3.8 (12.5)
1 1/4" LDF	0.34 (1.1)	0.42 (1.4)	0.62 (2.0)	0.91 (3.0)	1.1 (3.6)	1.7 (5.6)	2.8 (9.2)
1 5/8" LDF	0.28 (0.92)	0.35 (1.1)	0.52 (1.7)	0.77 (2.5)	0.96 (3.1)	1.4 (4.6)	2.5 (8.2)

**Attenuation of Various Transmission Lines in Amateur and ISM Bands in dB/ 100 ft (dB/ 100 m)**

**Cable Attenuation (measured in db per 100 feet)**

Cable	1MHz	10MHz	50MHz	100MHz	200MHz	400MHz	700MHz	900MHz	1GHz
RG-58	0.44	1.4	4.1	4.8	7.5	11.8			
RG-8X	0.2	0.78	2.0	3.0	4.5	6.0	7.9	8.8	
RG-213	0.17	0.55	1.3	1.9	2.5	4.1	7.5	8.0	8.2
RG-6	0.16	0.57	1.4	2.0	2.8	4.3	5.6	6.0	6.1
RG-11	0.14	0.42	1.0	1.5	2.2	3.5	4.1	5.2	6.6
RF9913**	0.15	0.4	0.9	1.4	1.8	2.6	3.6	4.2	4.5
BURY-FLEX**	0.26	0.52	1.1	1.5	2.0	2.9	3.8	4.9	5.3
RG-59	0.6	1.1	2.4	3.4	4.9	7.0	9.7	11.1	12.0
RG-214	0.17	0.55	1.3	1.9	2.7	4.1	6.5	7.6	9.0

**Coaxial Cable Attenuation Charts**

**Coaxial Cable Attenuation Ratings**  
Nominal attenuation db/100 feet at (MHz)

RG/U CABLE	1.0	10	50	100	200	400	900	1000	3000	5000
6A,212	.26	.83	1.9	2.7	4.1	5.9	6.5	9.8	23.0	32.0
8 MINI,8X		1.1	2.5	3.8	5.4	7.9	8.8	13.0	26.0	
LMR -240	.24	.76	1.7	2.4	3.4	4.9	7.5	7.9	14.2	18.7
8,8A,10A,213	.15	.55	1.3	1.9	2.7	4.1	7.5	8.0	16.0	27.0
9913,9086,9096			0.9	1.4	1.8	2.6	4.2	4.5		13.0
4XL8IIA,FLEXI 4XL			0.9	1.4	1.8	2.6	4.2	4.5		13.0
LMR-400			.9	1.2		2.5	4.1	4.3		
LMR-500			.7	1.0		2.0	3.2	3.4		
LMR-600			.6	.8		1.4	2.5	2.7		
8214		.60	1.2	1.7	2.7	4.2		7.8	14.2	22.0
9095			1.0	1.8	2.6	3.8	6.0	7.5		
9,9A,9B,214	.21	.66	1.5	2.3	3.3	5.0	7.8	8.8	18.0	27.0
11,11A,12,12A, 13,13A,216	.19	.66	1.6	2.3	3.3	4.8		7.8	16.5	26.5
RG/U CABLE	1.0	10	50	100	200	400	900	1000	3000	5000
14,14A,217	.12	.41	1.0	1.4	2.0	3.1		5.5	12.4	19.0
17,17A,18,18A, 218,219	.06	.24	.62	.95	1.5	2.4		4.4	9.5	15.3
55B,223	.30	1.2	3.2	4.8	7.0	10.0	14.3	16.5	30.5	46.0
58	.33	1.2	3.1	4.6	6.9	10.5	14.5	17.5	37.5	60.0
58A,58C	.44	1.4	3.3	4.9	7.4	12.0	20.0	24.0	54.0	83.0
59,59B	.33	1.1	2.4	3.4	4.9	7.0	11.0	12.0	26.5	42.0
62,62A,71A,71B	.25	.85	1.9	2.7	3.8	5.3	8.3	8.7	18.5	30.0
62B	.31	.90	2.0	2.9	4.2	6.2		11.0	24.0	38.0
141,141A,400 142,142A	.30	.90	2.1	3.3	4.7	6.9		13.0	26.0	40.0
174	2.3	3.9	6.6	8.9	12.0	17.5	28.2	30.0	64.0	99.0
178B,196A	2.6	5.6	10.5	14.0	19.0	28.0		46.0	85.0	100
188A,316	3.1	6.0	9.6	11.4	14.2	16.7		31.0	60.0	82.0
179B	3.0	5.3	8.5	10.0	12.5	16.0		24.0	44.0	64.0
393,235		.6	1.4	2.1	3.1	4.5		7.5	14.0	21.0
402		1.2	2.7	3.9	5.5	8.0		13.0	26.0	26.0
405								22.0		
LDF4-50A	.06	.21	.47	.68	.98	1.4	2.2	2.3	4.3	5.9
LDFS-50A	.03	.11	.25	.36	.53	.78	1.2	1.4	2.5	3.5
RG/U CABLE	1.0	10	50	100	200	400	900	1000	3000	5000

## Coaxial Cable Attenuation Charts

Coax Cable Signal Loss (Attenuation) in dB per 100ft*								
Loss*	RG-174	RG-58	RG-8X	RG-213	RG-6	RG-11	RF-9914	RF-9913
1MHz	1.9dB	0.4dB	0.5dB	0.2dB	0.2dB	0.2dB	0.3dB	0.2dB
10MHz	3.3dB	1.4dB	1.0dB	0.6dB	0.6dB	0.4dB	0.5dB	0.4dB
50MHz	6.6dB	3.3dB	2.5dB	1.6dB	1.4dB	1.0dB	1.1dB	0.9dB
100MHz	8.9dB	4.9dB	3.6dB	2.2dB	2.0dB	1.6dB	1.5dB	1.4dB
200MHz	11.9dB	7.3dB	5.4dB	3.3dB	2.8dB	2.3dB	2.0dB	1.8dB
400MHz	17.3 dB	11.2dB	7.9dB	4.8dB	4.3dB	3.5dB	2.9dB	2.6dB
700MHz	26.0dB	16.9dB	11.0dB	6.6dB	5.6dB	4.7dB	3.8dB	3.6dB
900MHz	27.9 dB	20.1dB	12.6dB	7.7dB	6.0dB	5.4dB	4.9dB	4.2dB
1GHz	32.0dB	21.5dB	13.5dB	8.3dB	6.1dB	5.6dB	5.3dB	4.5dB
Imped	50ohm	50ohm	50ohm	50ohm	75ohm	75ohm	50ohm	50ohm

frequency/Size	LMR-1200 1.200"	LMR-900 0.870"	LMR-600 0.590"	1/2" Superflex 0.520"	LMR-400 0.405"	Belden 9913F7 0.405"	9914 0.400"	RG214 RG213 0.405"	LMR-240 0.240"	Belden RG8X 0.242"	LMR-200 0.195"	LMR-195 0.195"	RG-58/U 0.195"
30 MHz	0.209	0.288	0.421	0.561	0.7	0.8	0.8	1.2	1.3	2.0	1.8	1.8	2.5
50 MHz	0.272	0.374	0.547	0.730	0.9	1.1	1.1	1.6	1.7	2.5	2.3	2.3	3.1
150 MHz	0.481	0.658	0.964	1.29	1.5	1.7	1.7	2.8	3.0	4.7	3.9	4.0	6.2
220 MHz	0.589	0.803	1.18	1.58	1.8	2.1	2.1	3.5	3.7	6.0	4.8	4.8	7.4
450 MHz	0.864	1.17	1.72	2.32	2.7	3.1	3.1	5.2	5.3	8.6	6.9	7.0	10.6
900 MHz	1.27	1.70	2.50	3.41	3.9	4.4	4.5	8.0	7.6	12.8	9.9	9.9	16.5
1,500 MHz	1.69	2.24	3.31	4.57	5.1	6.0			9.9		12.7	12.9	

### CABLE ATTENUATION (dB per 100 ft)

	1.8	3.5	7.0	14.0	21.0	28.0	50.0	144	440	1296
LDF7-50A	.03	.04	.06	.08	.10	.12	.16	.27	0.5	0.9
FHJ-7	.03	.05	.07	.10	.12	.15	.20	.37	0.8	1.7
LDF5-50A	.04	.06	.09	.14	.17	.19	.26	.45	0.9	1.5
FXA78-50J	.06	.08	.13	.17	.23	.27	.39	.77	1.4	2.8
3/4" CATV	.06	.08	.13	.17	.23	.26	.38	.62	1.7	3.0
LDF4-50A	.09	.13	.17	.25	.31	.36	.48	.84	1.4	2.5
RG-17	.10	.13	.18	.27	.34	.40	.50	1.3	2.5	5.0
SLA12-50J	.11	.14	.20	.28	.35	.42	.56	1.0	1.9	3.0
FXA12-50J	.12	.16	.22	.33	.40	.47	.65	1.2	2.1	4.0
FXA38-50J	.16	.23	.31	.45	.53	.64	.85	1.5	2.7	4.9
9913	.16	.23	.31	.45	.53	.64	.92	1.6	2.7	5.0
RG-213	.25	.37	.55	.75	1.0	1.2	1.6	2.8	5.1	10.0
RG-8X	.49	.68	1.0	1.4	1.7	1.9	2.5	4.5	8.4	

Properties for popular coaxial cables are listed below.  $c$  = speed of light in vacuum

**RF Elektronik**  
<http://rfelektronik.se>  
[info@rfelektronik.se](mailto:info@rfelektronik.se)

### Coaxial Cable Attenuation Charts

nc (1/1)	MIL-W-17	Z <sub>0</sub> (Ω)	Dielectric Type	Capacitance (pF/ft)	O.D. (in.)	dB/100 ft @400 MHz	V <sub>max</sub> (rms)	Shield
1-4		50.0	PE	30.8	0.226	11.7	1,900	Braid
1-5		52.5	PE	28.5	0.332	7.0	3,000	Braid
1-5A/B		50.0	PE	30.8	0.328	6.5	3,000	Braid
1-6	/2-RG6	76.0	PE	20.0	0.332	7.4	2,700	Braid
1-6A	/2-RG6	75.0	PE	20.6	0.332	6.5	2,700	Braid
1-8		52.0	PE	29.6	0.405	6.0	4,000	Braid
1-8A		52.0	PE	29.6	0.405	6.0	5,000	Braid
1-9		51.0	PE	30.2	0.420	5.9	4,000	Braid
1-9A		51.0	PE	30.2	0.420	6.1	4,000	Braid
1-9B		50.0	PE	30.8	0.420	6.1	5,000	Braid
1-10		52.0	PE	29.6	0.463	6.0	4,000	Braid
1-10A		52.0	PE	29.6	0.463	6.0	5,000	Braid
1-11	/6-RG11	75.0	PE	20.6	0.405	5.7	4,000	Braid
1-11A	/6-RG11	75.0	PE	20.6	0.405	5.2	5,000	Braid
1-12	/6-RG12	75.0	PE	20.6	0.463	5.7	4,000	Braid
1-12A	/6-RG12	75.0	PE	20.6	0.463	5.2	5,000	Braid
1-17A		52.0	PE	29.6	0.870	2.8	11,000	Braid
1-22	/15-RG22	95.0	PE	16.3	0.405	10.5	1,000	Braid
-22A/B	/15-RG22	95.0	PE	16.3	0.420	10.5	1,000	Braid
-23/A	/16-RG23	125.0	PE	12.0	0.650	5.2	3,000	Braid
-24/A	/16-RG24	125.0	PE	12.0	0.708	5.2	3,000	Braid
-34	/24-RG34	71.0	PE	21.7	0.625	5.3	5,200	Braid
-34A	/24-RG34	75.0	PE	20.6	0.630	5.3	6,500	Braid
-35	/64-RG35	71.0	PE	21.7	0.928	2.8	10,000	Braid
-35A/B	/64-RG35	75.0	PE	20.6	0.928	2.8	10,000	Braid
-55B		53.5	PE	28.8	0.200	11.7	1,900	Braid
58	/28-RG58	53.5	PE	28.8	0.195	11.7	1,900	Braid
-58A	/28-RG58	52.0	PE	29.6	0.195	13.2	1,900	Braid
-58B		53.5	PE	28.8	0.195	14.0	1,900	Braid
-58C	/28-RG58	50.0	PE	30.8	0.195	14.0	1,900	Braid
-59/A	/29-RG59	73.0	PE	21.1	0.242	10.5	2,300	Braid
-59B	/29-RG59	75.0	PE	20.6	0.242	9.0	2,300	Braid
-62/A/B	/30-RG62	93.0	ASP	13.5	0.242	8.0	750	Braid
-63/A/B	/31-RG63	125.0	ASP	10.0	0.405	5.5	1,000	Braid
-65/A	/34-RG65	95.0	ASP	44.0	0.405	16 @5MHz	1,000	Braid
-71/A/B	/X1-RG71	93.0	ASP	13.5	0.245	8.0	750	Braid
-79/A/B	/31-RG79	125.0	ASP	10.0	0.436	5.5	1,000	Braid
-83		35.0	PE	44.0	0.405	9.0	2,000	Braid
-88		48.0		50.0	0.515	0.7 @1MHz	10,000	Braid
-108/A	/45-RG108	78.0	PE	19.7	0.235	2.8 @10MHz	1,000	Braid
-111/A	/15-RG111	95.0	PE	16.3	0.478	10.5	1,000	Braid
114/A	/47-RG114	185.0	ASP	6.5	0.405	8.5	1,000	Braid
-119	/52-RG119	50.0	ST	29.4	0.465	3.8	6,000	Braid
-120	/52-RG120	50.0	ST	29.4	0.523	3.8	6,000	Braid
-122	/54-RG122	50.0	PE	30.8	0.160	18.0	1,900	Braid
-130	/56-RG130	95.0	PE	17.0	0.625	8.8	3,000	Braid
-131	/56-RG131	95.0	PE	17.0	0.683	8.8	3,000	Braid
-133/A	/100-RG133	95.0	PE	16.3	0.405	5.7	4,000	Braid
141/A		50.0	ST	29.4	0.190	9.0	1,900	Braid
142/A/B	/60-RG142	50.0	ST	29.4	0.195	9.0	1,900	Braid
144	/62-RG144	75.0	ST	19.5	0.410	4.5	5,000	Braid
164	/64-RG164	75.0	PE	20.6	0.870	2.8	10,000	Braid
	/65-RG165	50.0	ST	29.4	0.410	5.0	5,000	Braid
165								
166	/65-RG166	50.0	ST	29.4	0.460	5.0	5,000	Braid
174		50.0		30.5	0.110	14.7		Braid



### Coaxial Cable Attenuation Charts

-177	/67-RG177	50.0	PE	30.8	0.895	2.8	11,000	Braid
-178/A/B	/93-RG178	50.0	ST	29.4	0.072	29.0	1,000	Braid
-179	/94-RG179	70.0	ST	20.9	0.100	21.0	1,200	Braid
-179A/B	/94-RG179	75.0	ST	19.5	0.100	21.0	1,200	Braid
-180	/95-RG180	93.0	ST	15.4	0.140	17.0	1,500	Braid
-180A/B	/95-RG180	95.0	ST	15.4	0.140	17.0	1,500	Braid
-210	/97-RG210	93.0	ASP	13.5	0.242	8.0	750	Braid
-211/A	/72-RG211	50.0	ST	29.4	0.730	2.3	7,000	Braid
-212	/73-RG212	50.0	PE	29.4	0.332	6.5	3,000	Braid
-213	/74-RG213	50.0	PE	30.8	0.405	5.5	5,000	Braid
-214	/75-RG214	50.0	PE	30.8	0.425	5.5	5,000	Dbf Braid
-215	/74-RG215	50.0	PE	30.8	0.463	5.5	5,000	Braid
-216	/77-RG216	75.0	PE	20.6	0.425	5.2	5,000	Braid
-217	/78-RG217	50.0	PE	30.8	0.545	4.3	7,000	Braid
-218	/79-RG218	50.0	PE	30.8	0.870	2.5	11,000	Braid
-219	/79-RG219	50.0	PE	30.8	0.928	2.5	11,000	Braid
-223	/84-RG223	50.0	PE	19.8	0.211	8.8	1,900	Dbf Braid
-302	/110-RG302	75.0	ST	19.5	0.201	8.0	2,300	Braid
-303	/111-RG303	50.0	ST	29.4	0.170	9.0	1,900	Braid
-304	/112-RG304	50.0	ST	29.4	0.280	6.0	3,000	Braid
-307/A	/116-RG307	75.0	80	16.9	0.270	7.5	1,000	Braid
-316	/113-RG316	50.0	ST	29.4	0.102	20.0	1,200	Braid
-391	/126-RG391	72.0		23.0	0.405	15.0	5,000	Braid
-392	/126-RG392	72.0		23.0	0.475	15.0	5,000	Braid
-393	/127-RG393	50.0	ST	29.4	0.390	5.0	5,000	Braid
-400	/128-RG400	50.0	ST	29.4	0.195	9.6	1,900	Braid
-401	/129-RG401	50.0	ST	29.4	0.250	4.6	3,000	Cu, S-R
-402	/130-RG402	50.0	ST	29.4	0.141	7.2	2,500	Cu, S-R
-403	/131-RG403	50.0	ST	29.4	0.116	29.0	2,500	Braid
-405	/133-RG405	50.0	ST	29.4	0.086	13.0	1,500	Cu, S-R
4 (Belden)		50.0		26.0	0.405	10.0	-----	

I simply made this coax loss compilation for my own personal use, just to have it all in one place. I take no credit what so ever, all credits go to the companies/persons posting their part of the list on the net.



### FR-4 Glass/Epoxy Phenolic

FR-4 is a woven glass fabric with epoxy resin system. It is primarily used in the printed circuit board industry. It is flame retardant, meeting UL 94 flammability classification of V-0. It is designated by MIL-I-24768/27 Type GEE-F and the NEMA grade is FR-4.

Property	Units	FR-4 Glass/Epoxy Phenolic
<b>Physical</b>		
Specific Gravity	-	1.80
Moisture Absorption (.062")	%	0.15
<b>Mechanical</b>		
Rockwell Hardness (.062")	M Scale	110
Flexural Strength (.062") LW	psi	70,000
CW	psi	60,000
Flexural Modulus (.062") LW	psi	2,700,000
CW	psi	2,400,000
Tensile Strength (.125") LW	psi	45,000
CW	psi	38,000
Izod Impact Strength E-48/50 (.500") LW	ft-lb/in	14.0
CW	ft-lb/in	12.0
Compressive Strength flatwise (.500")	psi	55,000
Bond Strength (.500")	lbs	2,200
Shear Strength (perpendicular) (.062")	psi	22,000
<b>Thermal</b>		
Maximum Operating Temperature	°F	284
Coefficient of Thermal Expansion (.062") X-axis	in/in/°F	$5.5 \times 10^{-6}$
Y-axis	in/in/°F	$6.6 \times 10^{-6}$
Flammability Rating - U. L. 94		V-0
<b>Electrical</b>		
Permittivity (.062") Condition D-24/23	-	4.80
Dissipation Factor (.062") Condition D-24/23	-	.025
Breakdown Voltage Condition - A (.062") D-48/50	V	65,000 54,000
Electric Strength Condition - A (.062") D-48/50	V/mil	800 750
Arc Resistance (.125") D-495	sec	100
Comparative Tracking Index (.125") D3638	-	150
Tg	°F	261

- Length Wise of the sheet, direction of manufacturing
- Cross Wise, perpendicular to Length Wise

TE: The information contained herein are typical values intended for reference and comparison purposes only. They should NOT be used as a basis for design specifications or quality control. Contact us for manufacturers' complete material property datasheets. All values are in °F (23°C) unless otherwise noted.



## Return Loss to VSWR Conversion Table

Return Loss (dB)	VSWR	Reflection Coefficient, $\Gamma$	Mismatch Loss (dB)	Reflected Power (%)	Through Power (%)
1	17.39	0.891	6.868	79.43	20.57
2	8.72	0.794	4.329	63.10	36.90
3	5.85	0.708	3.021	50.12	49.88
4	4.42	0.631	2.205	39.81	60.19
5	3.57	0.562	1.651	31.62	68.38
6	3.01	0.501	1.256	25.12	74.88
7	2.61	0.447	0.967	19.95	80.05
8	2.32	0.398	0.749	15.85	84.15
9	2.10	0.355	0.584	12.59	87.41
10	1.92	0.316	0.458	10.00	90.00
11	1.78	0.282	0.359	7.94	92.06
12	1.67	0.251	0.283	6.31	93.69
13	1.58	0.224	0.223	5.01	94.99
14	1.50	0.200	0.176	3.98	96.02
15	1.43	0.178	0.140	3.16	96.84
16	1.38	0.158	0.110	2.51	97.49
17	1.33	0.141	0.088	2.00	98.00
18	1.29	0.126	0.069	1.58	98.42
19	1.25	0.112	0.055	1.26	98.74
20	1.22	0.100	0.044	1.00	99.00
21	1.20	0.089	0.035	0.79	99.21
22	1.17	0.079	0.027	0.63	99.37
23	1.15	0.071	0.022	0.50	99.50
24	1.13	0.063	0.017	0.40	99.60
25	1.12	0.056	0.014	0.32	99.68
26	1.11	0.050	0.011	0.25	99.75
27	1.09	0.045	0.009	0.20	99.80
28	1.08	0.040	0.007	0.16	99.84
29	1.07	0.035	0.005	0.13	99.87
30	1.07	0.032	0.004	0.10	99.90
31	1.06	0.028	0.003	0.08	99.92
32	1.05	0.025	0.003	0.06	99.94
33	1.05	0.022	0.002	0.05	99.95
34	1.04	0.020	0.002	0.04	99.96
35	1.04	0.018	0.001	0.03	99.97
36	1.03	0.016	0.001	0.03	99.97
37	1.03	0.014	0.001	0.02	99.98
38	1.03	0.013	0.001	0.02	99.98
39	1.02	0.011	0.001	0.01	99.99
40	1.02	0.010	0.000	0.01	99.99

$$\Gamma = 10^{(-\text{Return Loss}/20)}$$

$$\text{VSWR} = [1 + 10^{(-\text{Return Loss}/20)}] / [1 - 10^{(-\text{Return Loss}/20)}]$$

$$\text{VSWR} = (1 + |\Gamma|) / (1 - |\Gamma|)$$

$$\text{Mismatch Loss (dB)} = 10 \log(1 - \Gamma^2)$$

$$\text{Reflected Power (\%)} = 100 * \Gamma^2$$

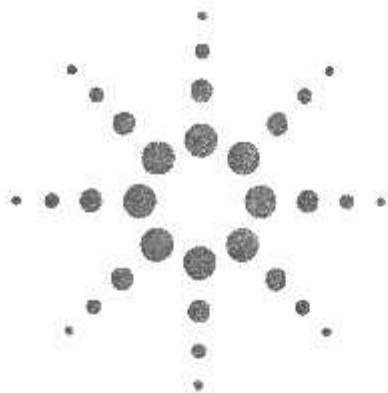
$$\text{Return Loss (dB)} = -20 \log |\Gamma|$$

$$\text{Return Loss (dB)} = -20 \log [(VSWR-1)/(VSWR+1)]$$

$$\Gamma = (VSWR-1)/(VSWR+1)$$

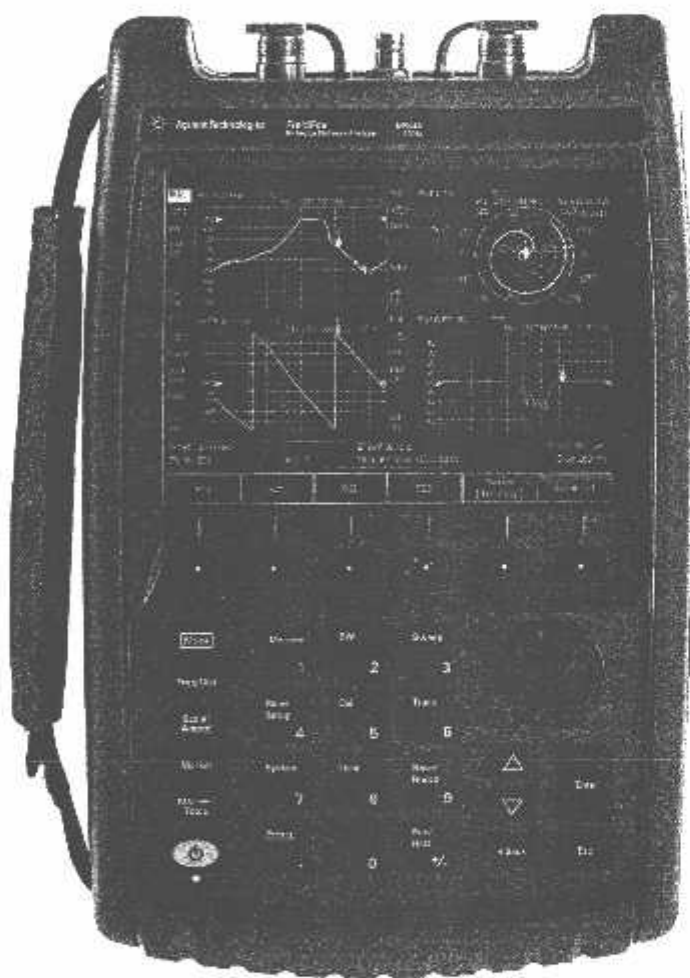
$$\text{Through Power (\%)} = 100 (1 - \Gamma^2)$$





**Agilent**  
**N9923A FieldFox**  
**RF Vector Network Analyzer**  
2 MHz to 4/6 GHz

Data Sheet



*Anticipate — Accelerate — Achieve*



**Agilent Technologies**

# Table of Contents

Definitions.....	2
FieldFox RF Vector Network Analyzer.....	3
Cable and Antenna Analyzer (Option 305).....	10
External USB Power Sensor Support (Option 302).....	10
Vector Voltmeter (Option 308).....	11
Block Diagram.....	11
General Information.....	12
Remote control capability (Option 030).....	12
N9923A FieldFox RF VNA Options.....	14
N9923A Upgrade Options.....	15
Calibration Kits.....	15
FieldFox Data Link Software.....	18

## Definitions

### **Specification (spec.)**

Warranted performance. Specifications include guardbands to account for the expected statistical performance distribution, measurement uncertainties, and changes in performance due to environmental conditions. The following conditions must be met:

- FieldFox has been turned on for 10 minutes.
- FieldFox is within its calibration cycle.
- FieldFox remains at a stable surrounding environment temperature (between -10 to 55 °C) for 90 minutes prior to turn-on and during operation.

### **Typical (typ.)**

Expected performance of an average unit at a stable temperature between 20 °C to 30 °C for 90 minutes prior to turn-on and during operation; does not include guardbands. It is not covered by the product warranty. The FieldFox must be within its calibration cycle.

### **Nominal (nom.)**

A general, descriptive term or design parameter. It is not tested, and not covered by the product warranty.

### **Calibration**

The process of measuring known standards to characterize an instrument's systematic (repeatable) errors.

### **Corrected (residual)**

Indicates performance after error correction (calibration). It is determined by the quality of calibration standards and how well "known" they are, plus system repeatability, stability, and noise.

## FieldFox RF Vector Network Analyzer

Description	Specification	Supplemental Information
<b>Frequency range</b>	2 MHz to 4 GHz 2 MHz to 6 GHz	Option 104 Option 108
<b>Frequency reference</b>		
Accuracy	±2 ppm	
Aging rate	±1 ppm/yr	
Temperature stability	±1 ppm over -10 to 55 °C	
Frequency resolution	1 Hz < 3.2 GHz 1.2 Hz > 3.2 GHz	
<b>Data points</b>	101, 201, 401, 601, 801, 1001, 1601, 4001, 10,001 (custom number of points can be set using SCPI)	
<b>Measurements</b>		S11, S21 magnitude and phase S22, S12 magnitude and phase (option 122)
<b>Formats</b>		Log magnitude, linear magnitude, VSWR, phase, Smith chart, polar, group delay, unwrapped phase, real, imaginary
<b>Directivity</b>		
Corrected, with full two-port calibration, N9910X-800 calibration kit (option 122)	42 dB	
Corrected with QuickCal (option 112)		38 dB (typical)
<b>System impedance</b>	50Ω (nominal)	75Ω with appropriate adapter and calibration kit
<b>System dynamic range<sup>1</sup></b> (IF bandwidth = 300 Hz, 32 averages)		
2 MHz to 6 GHz	90 dB	100 dB (typical)
<b>Receiver dynamic range<sup>2</sup></b> (IF bandwidth = 300 Hz)		
2 MHz to 6 GHz		104 dB (typical)
<b>Receiver compression level at 0.1 dB compression</b>		+10 dBm (typical)
<b>Test port output power</b>		
High		+5 dBm (nominal)
Low		-40 dBm (nominal)
Manual		Power settable in 1 dB steps
<b>Test port 1 or 2 damage level</b>		
2 MHz to 6 GHz	+23 dBm	
<b>Trace noise</b> (high output power, IF bandwidth = 300 Hz)		
Magnitude		< 3 GHz, 0.008 dB rms (typical) > 3 GHz, 0.01 dB rms (typical)
<b>Temperature stability</b>		
Stability magnitude		0.31 dB/°C at 23 °C ±5 °C (typical)
<b>IF bandwidths</b>		300 Hz, 1 kHz, 3 kHz, 10 kHz, 30 kHz

1. System dynamic range = source maximum output power - receiver noise floor

2. Receiver dynamic range = receiver maximum input level - receiver noise floor

## FieldFox RF Vector Network Analyzer (continued)

Description	Information
<b>Display range</b>	
Log magnitude S11 or S22	-1000 to 1000 dB
Log magnitude S21 or S12	-1000 to 1000 dB
Log magnitude resolution	0.01 dB
Phase	-180 to +180 degrees
Phase resolution	0.01 degrees
VSWR	1.01 to 1000
VSWR resolution	0.01
<b>Averaging</b>	2 to 999 Two methods: sweep and point averaging
<b>Number of traces</b>	Four traces available. Tr1, Tr2, Tr3, Tr4
<b>Data markers</b>	Each trace has six independent markers that can be displayed simultaneously. Delta markers are available for each marker.
<b>Marker formats</b>	Default marker format is the trace format. In Smith chart or polar format, [Real +Imag] or [Mag and Phase] formats are also available.
<b>Marker functions</b>	Peak, Next Peak, Peak Left, Peak Right, Mkr→ Center, Min Search, Peak Excursion, Peak Threshold, Target, Bandwidth, Tracking
<b>Sweep type</b>	Linear
<b>Sweep time</b>	Set sweep time in seconds
<b>Sweep trigger</b>	Continuous, single
<b>Display formats</b>	Single-trace Dual-trace overlay (both traces on one graticule) Dual-trace split (each trace on separate graticules) Three-trace overlay (all three traces on one graticule) Three-trace split (each trace on separate graticules) Quad-trace split (each trace on separate graticules)
<b>Display data</b>	Display data, memory, data and memory, or data math
<b>Trace math</b>	Vector division or subtraction of current linear measurement values and memory data.
<b>Scale</b>	Autoscale, scale, reference level, reference position Autoscale: Automatically selects scale resolution and reference value to center the trace. Autoscale all scales all visible traces.
<b>Title</b>	Add custom titles to the display.
<b>Limit lines</b>	Define test limit lines that appear on the display for go/no go testing. Lines may be any combination of horizontal, sloping lines, or discrete data points. Each trace can have its own limit line. Limit lines can be fixed or relative, and can be built from existing traces.
<b>Calibration Types</b>	
CalReady	Each FieldFox is calibrated at the test port.
Frequency response	Simultaneous magnitude and phase correction of frequency response errors for either reflection or transmission measurements.
Enhanced response	Corrects for frequency response and source match for transmission measurements, and corrects for reflection frequency response, directivity and source match errors for reflection measurements.
1-port calibration	Corrects for directivity, frequency response, and source match errors.

## FieldFox RF Vector Network Analyzer (continued)

Description	Information
2-port calibration (with option 122)	Full 12-term error correction. Corrects for directivity, source match, reflection frequency response, load match, and transmission frequency response for an N9923A with option 122, full two-port S-parameters. Unknown thru and OSOLT are both available.
1-port QuickCal (with option 112)	Corrects for directivity, frequency response, and source match errors, using internal and external standards. QuickCal is most accurate for DUTs with 7/16 and Type-N connectors and measurement uncertainties are provided for frequencies $\leq 6$ GHz. Reduced accuracy for DUTs with 3.5 mm (m), SMA (m), or other male coaxial connectors; performance is unspecified. QuickCal is not recommended for DUTs with 3.5 mm (f), SMA (f), or other similar female connectors. QuickCal is not applicable to waveguide.
2-port QuickCal (with option 112 and 122)	Full 12-term error correction. Corrects for directivity, source match, reflection frequency response, load match, and transmission frequency response. QuickCal is most accurate for DUTs with 7/16 and Type-N connectors and measurement uncertainties are provided for frequencies $\leq 6$ GHz. Reduced accuracy for DUTs with 3.5 mm (m), SMA (m), or other male coaxial connectors; performance is unspecified. QuickCal is not recommended for DUTs with 3.5 mm (f), SMA (f), or other similar female connectors. QuickCal is not applicable to waveguide.
Guided calibration wizard	FieldFox's calibration wizard recommends a calibration type and calibration kit based on selected parameters and connector types. Alternatively, users can select their own calibration type and calibration kit.
Interpolated error correction	With any type of accuracy enhancement applied, interpolated mode recalculates the error coefficients when the test frequencies are changed. The number of points can be increased or decreased and the start/stop frequencies can be changed, but the resulting frequency span must be a subset of the original calibration frequency span.

## Corrected measurement uncertainty, 2-port or enhanced response cal, high port power (default power)

Applies to N9923A, N9910X-800 Type-N (m) calibration kit, full 2-port or enhanced response calibration, IF bandwidth = 300 Hz, no averaging, data based on high port power of +5 dBm, 2-port cal available only with option 122.

	Corrected performance 2 MHz to 4 GHz	Corrected performance >4 GHz to 6 GHz
Directivity	42 dB	42 dB
Source match	36 dB	36 dB
Load match	40 dB	38 dB
Transmission tracking	$\pm 0.02$ dB	$\pm 0.06$ dB
Reflection tracking	$\pm 0.06$ dB	$\pm 0.06$ dB

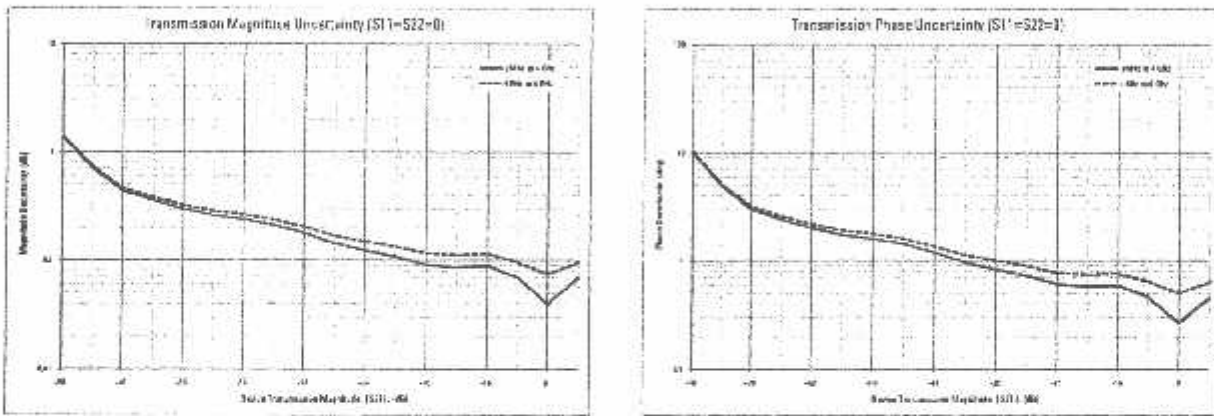


Figure 1: Transmission uncertainty (specification)

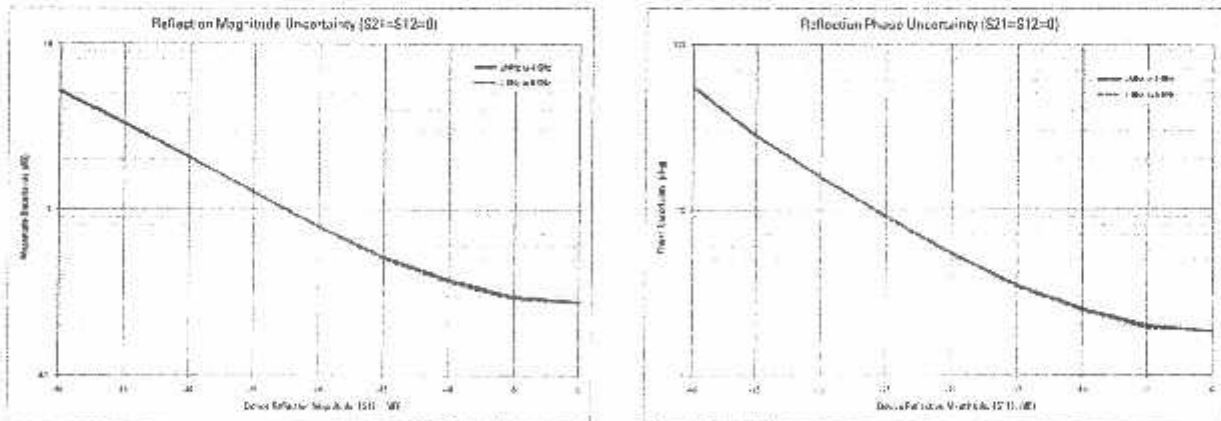


Figure 2: Reflection uncertainty (specification)

## Corrected measurement uncertainty, 2-port or enhanced response cal, low port power

Applies to N9923A, N9910X-800 Type-N (m) calibration kit, full 2-port or enhanced response calibration, IF bandwidth = 300 Hz, no averaging, data based on low port power of -40 dBm. 2-port cal available only with option 122.

	Corrected performance 2 MHz to 4 GHz	Corrected performance >4 GHz to 6 GHz
Directivity	42 dB	42 dB
Source match	36 dB	36 dB
Load match	40 dB	38 dB
Transmission tracking	$\pm 0.02$ dB	$\pm 0.05$ dB
Reflection tracking	$\pm 0.08$ dB	$\pm 0.06$ dB

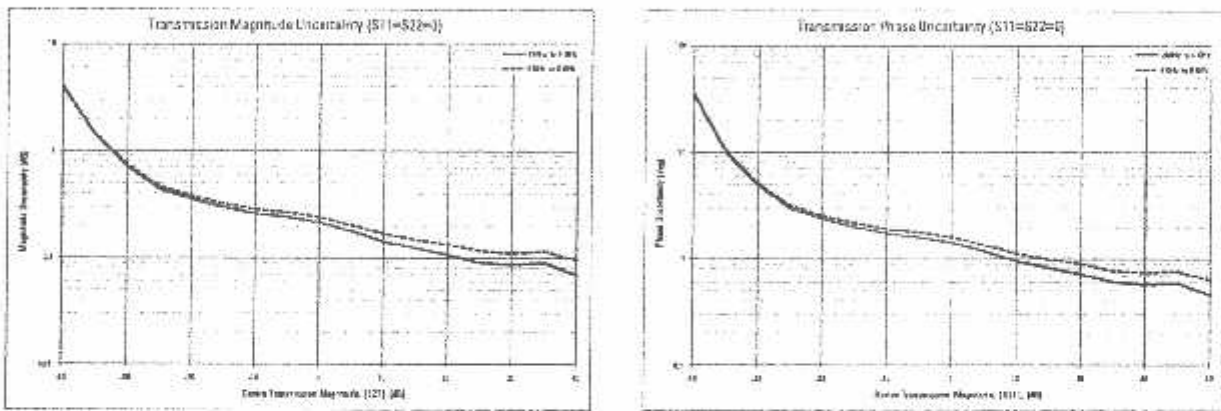


Figure 3: Transmission uncertainty (specification)

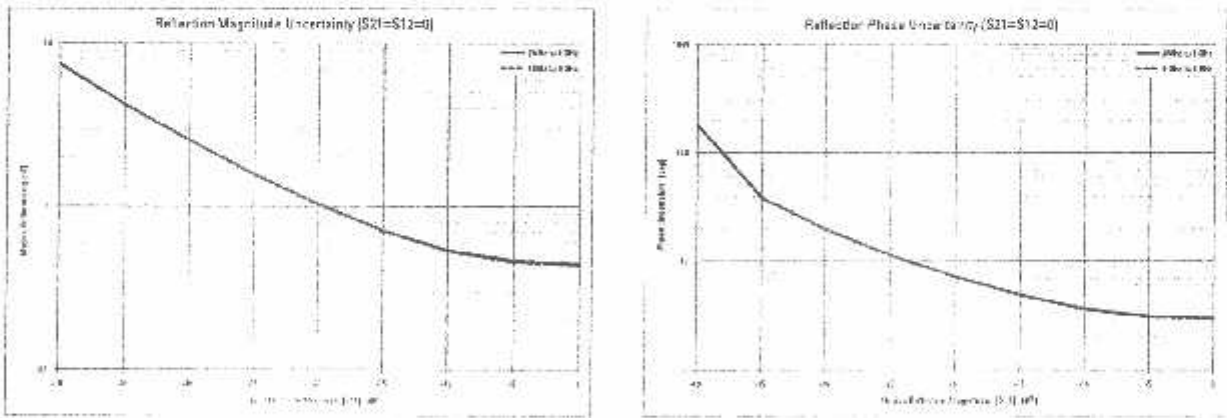


Figure 4: Reflection uncertainty (specification)

## Corrected measurement uncertainty, 1- or 2-port QuickCal, high port power (default power)

Applies to N9923A with option 112, QuickCal with load, IF bandwidth = 300 Hz, no averaging, 1-port female DUT, or 2-port female-female DUT, data based on high port power of +5 dBm. 2-port QuickCal requires option 122, typical performance.

	Corrected performance 2 MHz to 4 GHz	Corrected performance >4 GHz to 6 GHz
Directivity	38 dB	38 dB
Source match	33 dB	23 dB
Load match	37 dB	35 dB
Transmission tracking	$\pm 0.04$ dB	$\pm 0.09$ dB
Reflection tracking	$\pm 0.06$ dB	$\pm 0.06$ dB

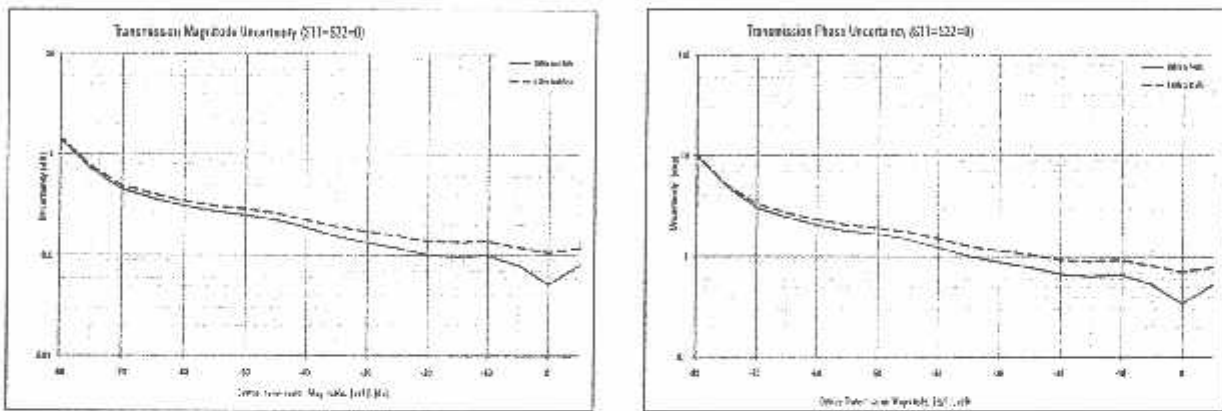


Figure 5: Transmission uncertainty

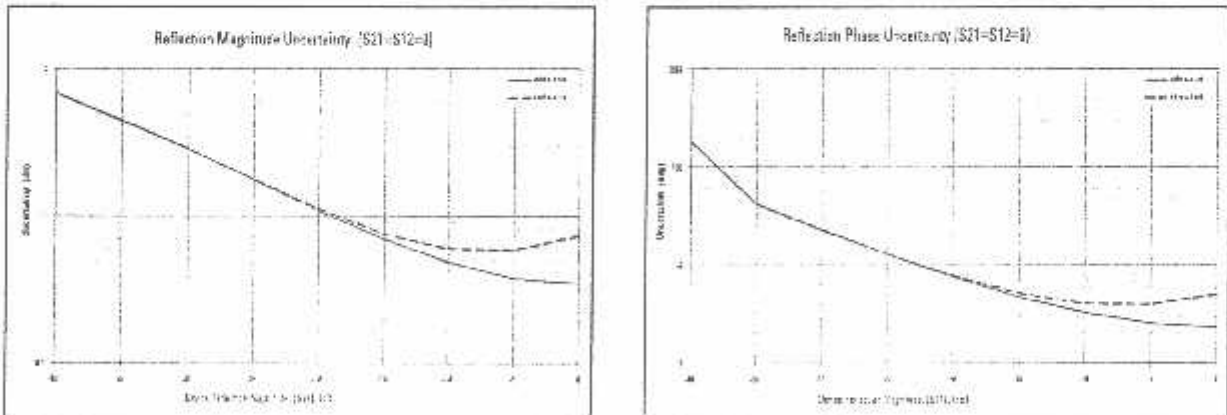


Figure 6: Reflection uncertainty



## Corrected measurement uncertainty, 1- or 2-port QuickCal, low port power

Applies to N9923A with option 112, QuickCal with load, IF bandwidth = 300 Hz, no averaging, 1-port female DUT, or 2-port female-female DUT, data based on low port power of -40 dBm, 2-port QuickCal requires option 122, typical performance.

	Corrected performance 2 MHz to 4 GHz	Corrected performance >4 GHz to 6 GHz
Directivity	38 dB	38 dB
Source match	33 dB	23 dB
Load match	37 dB	35 dB
Transmission tracking	$\pm 0.04$ dB	$\pm 0.09$ dB
Reflection tracking	$\pm 0.06$ dB	$\pm 0.08$ dB

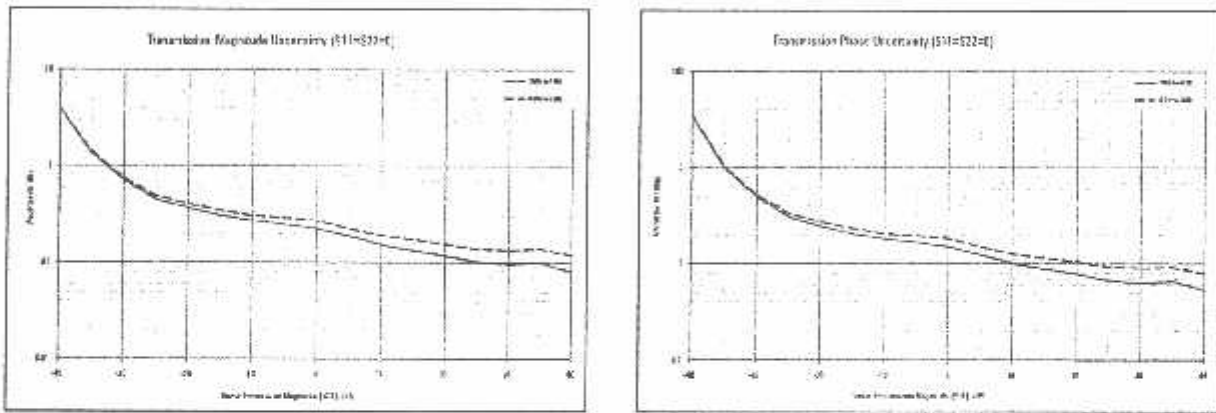


Figure 7: Transmission uncertainty

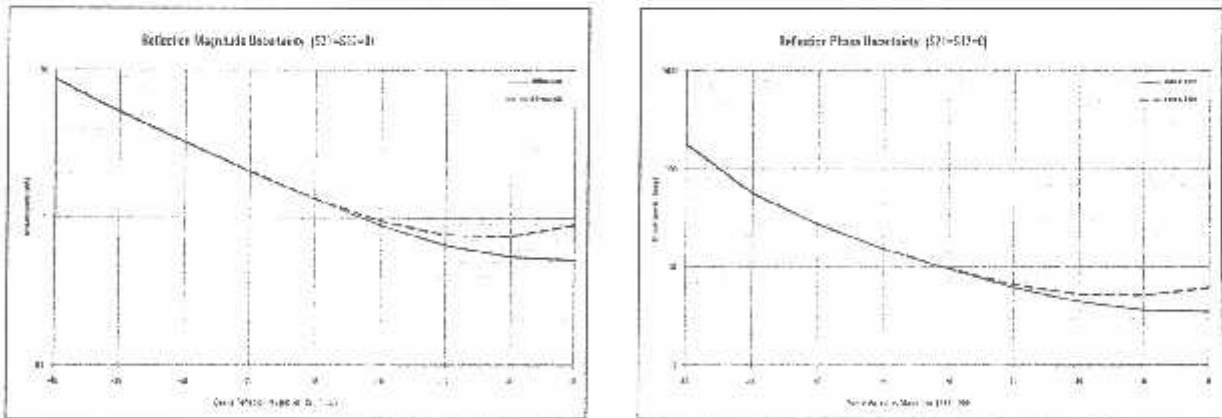


Figure 8: Reflection uncertainty

## Dynamic Accuracy

Accuracy of the test port input power, relative to the specified port power.

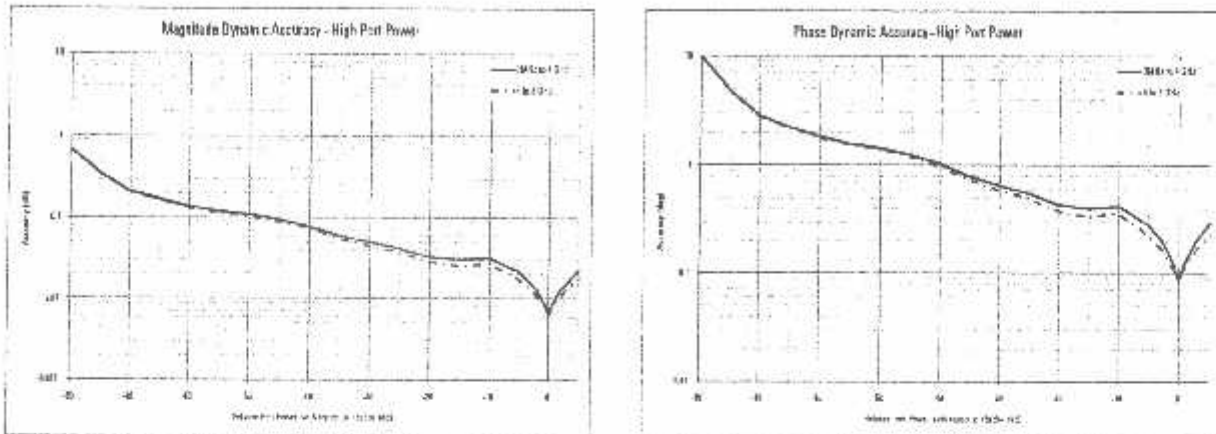


Figure 8: Dynamic accuracy (specification)

## Cable and Antenna Analyzer (option 305)

The following CAT mode performance parameters are in addition to the VNA mode performance parameters specified above.

Table 1: Cable and antenna analyzer specifications

Description	Specification	Supplemental Information
<b>Cable loss</b>		
Display range	0 to 100 dB	
Resolution	0.01 dB	
<b>Distance-to-Fault</b>		
Horizontal range	Range = [(number of points - 1) / frequency span * 2] * velocity factor * speed of light	Number of points auto coupled according to start and stop distance entered
Horizontal Resolution	Resolution = Range / (number of points - 1)	Number of points settable by user
Bandpass mode Window types		Maximum, medium, and minimum windows

## External USB Power Sensor Support (option 302)

The external USB power sensor option supports the Agilent Technologies USB Power Sensors. List of supported sensors available from: <http://www.agilent.com/find/usbsensorsforieeefdx>.

## Vector Voltmeter (option 308)

With vector voltmeter mode, you can characterize the difference between two measurements easily. The zeroing function allows you to create a reference signal, and characterize the difference between two device measurements.

- 1-port cable trimming - reflection or S11 measurement, magnitude and phase
- 2-port transmission - transmission or S21 measurement, magnitude and phase
- A/B and B/A - ratio of two receivers or channels, magnitude and phase –  
Need an external signal generator for the A/B or B/A measurement (must order option 122).

The results are shown on a large display in digital format. Refer to the network analyzer section for magnitude and phase accuracy information.

## Time domain (Option 010)

Using time domain, data from transmission or reflection measurements in the frequency domain are converted to the time domain. The time-domain response shows the measured parameter value versus time.

### Time stimulus modes

- *Low-pass step*  
This stimulus, similar to a traditional time domain reflectometer (TDR) stimulus waveform, is used to measure low-pass devices. The frequency-domain data should extend from DC (extrapolated value) to a higher value.
- *Low-pass impulse*  
This stimulus is also used to measure low-pass devices.
- *Bandpass impulse*  
The bandpass impulse stimulates a pulsed RF signal and is used to measure the time-domain response of band-limited devices.

### Windows

The windowing function can be used to filter the frequency-domain data and thereby reduce overshoot and ringing in the time domain response.

### Gating

The gating function can be used to selectively remove reflection or transmission time-domain responses. In converting back to the frequency domain the effects of the responses outside the gate are removed.

## Remote control capability, Option 030

Option 030 adds remote control capability to the FieldFox analyzers that allows FieldFox to be controlled via an iOS device. The FieldFox app, running on the iOS device, combined with Option 030 on the FieldFox analyzer provides full control of the instrument from a remote location. The app emulates the front panel of the unit, so users can press any FieldFox key right from their iOS device, including hardkeys or softkeys.

### *iOS device requirements*

- iPad, iPhone, or iPod Touch
- iOS of 5.1 or higher
- A Wifi or 3G/4G connection

The FieldFox app communicates with FieldFox via a network connection, both the iOS device and FieldFox need to be on a network where both devices can reach the other. For example, a company intranet or a site installation using a wireless router. FieldFox can be directly connected to a LAN cable, or if wired LAN is not available, a user supplied wireless router can be configured to work with FieldFox. A wireless router is not included with FieldFox.

### *FieldFox app without Option 030*

The FieldFox app can be installed on an iOS device independent of the presence of Option 030 on the analyzer. Without Option 030, users can view the live display screen of their FieldFox remotely, but cannot control the instrument. FieldFox with Option 030 installed allows users to both view and control their FieldFox. Control refers to the ability to press hardkeys, softkeys, make or change measurements, etc.

Option 030 does not include an iOS device, users must supply their own. Option 030 is a license on the FieldFox analyzer.

Option 030 and the FieldFox app are not applicable to Android, BlackBerry, or Windows phone/tablet devices.

## Block Diagram

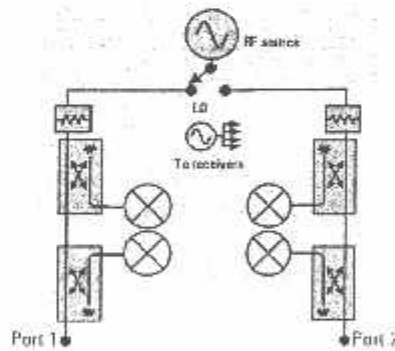


Figure 10: N9923A with option 122

## Measurement throughput

Cycle time data, 1001 points, CalRdy, typical information.

### *Measurement speed*

S11:1.75-3.85 GHz	1.4 ms/point
S21:1.78-2.06 GHz	1.4 ms/point

## General Information

Description	Specification	Supplemental Information
<b>Calibration cycle</b>		
	1 year	
<b>Environmental</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agilent Technologies outdoor equipment class<sup>1</sup></li> <li>MIL PRF 28803F class 2</li> </ul>	
Altitude – operating	9,144 m (30,000 ft)	Under battery operation [AC to DC adapter rated at 3,000 m (9,840 ft)]
Altitude – non-operating	15,240 m (50,000 ft)	
Intrusion protection	IP 30 IEC/EN 60529	
<b>Temperature range</b>		
Operating		
AC power	-10 to 55 °C	
Battery	-10 to 50 °C	-10 to 55 °C (typical)
Storage	-51 to 71 °C	With the battery pack removed. The battery packs should be stored in an environment with low humidity. Extended exposure to temperature above 45 °C could degrade battery performance and life.
<b>EMC</b>		
Complies with European EMC Directive 2004/108/EC	<ul style="list-style-type: none"> <li>EC/EN 61326-1</li> <li>CISPR Pub 11 Group 1, class A</li> <li>AS/NZS CISPR 11</li> <li>ICES/NMB-001</li> </ul>	
<b>ESD</b>		
	- IEC/EN 61000-4-2	
<b>Safety</b>		
Complies with European Low Voltage Directive 2006/95/EC	<ul style="list-style-type: none"> <li>EC/EN 61010 1 2<sup>nd</sup> Edition</li> <li>Canada: CSA C22.2 No. 61010-1-04</li> <li>USA: UL 61010-1 2<sup>nd</sup> Edition</li> </ul>	
<b>Power</b>		
Power supply		
External DC input	15 to 19 VDC	40 W maximum when battery charging
External AC power adapter		Efficiency Level IV, 115 VAC
Input	100 to 250 VAC, 50 to 60 Hz 1.25 – 0.66 A	
Output	15 VDC, 4 A	
Power consumption		On: 14 W (typical)

1. Samples of this product have been type tested in accordance with the Agilent Environmental Test Manual (ETM) for outdoor equipment (OE) and verified to be robust against the environmental stresses of storage, transportation and end use; these stresses include but are not limited to temperature, humidity, shock, vibration, altitude and power line conditions.

## General Information (continued)

Description	Specification	Supplemental Information
<b>Battery</b>		
	10.8 V, 4.8 A-h	Lithium ion
Operating time		3.5 hours (typical)
Charge time	A fully discharged battery takes about 1.5 hours to recharge to 80%, 4 hours to 100%	
Discharge temperature limits <sup>1</sup>	-10 to 60 °C, ≤ 85% RH	
Charge temperature limits <sup>1</sup>	0 to 45 °C, ≤ 85% RH	
Storage temperature limits	-20 to 50 °C1, ≤ 85% RH	The battery packs should be stored in an environment with low humidity. Extended exposure to temperature above 45 °C could degrade battery performance and life
<b>Data storage</b>		
Internal	Minimum 16 MB	Up to 1000 instrument states and trace
External		Supports USB 2.0 compatible memory devices; Supports microSD and microSDHC memory cards
<b>Display</b>	6.5" transfective color VGA LED-backlit 640 x 480 with anti-glare coating	
<b>Weight</b>	2.7 kg (6.0 lbs) including battery	
<b>Dimensions (H x W x D)</b>	292 x 188 x 72 mm (11.5" x 7.4" x 2.8")	
<b>Test ports</b>		
RF Port 1 or Port 2		
Connector	Type-N, female	
Impedance	50 Ω (nominal)	
Damage level	> +23 dBm, > ±50 VDC	

<sup>1</sup> Charge and discharge temperatures are internal temperatures of the battery as measured by a sensor embedded in the battery. The Battery screen displays temperature information. To access the screen, select **System**, **Service Diagnostics**, and **Battery**.

## General Information (continued)

Description	Specification	Supplemental Information
<b>Headphone Jack Connector</b>	3.5 mm (1/8 inch) miniature audio jack	
<b>USB</b>		
USB-A (2 ports)	Hi-speed USB 2.0	
Mini USB (1 port)	Hi-speed USB 2.0	Provided for future use.
<b>LAN</b>		
External	RJ-45 connector	10Base-T is NOT supported
<b>Programming</b>	The built-in LAN interface and firmware, support data transfer and control via direct connection to a LAN network.	
<b>External Reference</b>		
Connector	BNC female	
Input frequency	10 MHz	
Input amplitude range		-5 dBm to +10 dBm (nominal)
Impedance		50 $\Omega$ (nominal)
Lock Range		$\pm 10$ ppm of external reference frequency (nominal)

## N9923A FieldFox RF VNA Options

Must select 104 or 106 as a minimum. 104 and 106 are mutually exclusive.

N9923A-104	4 GHz RF vector network analyzer, transmission/reflection: Includes S11 and S21, mag and phase, one-port and enhanced response calibration, 2 MHz to 4 GHz.
N9923A-106	6 GHz RF vector network analyzer, transmission/reflection: Includes S11 and S21, mag and phase, one-port and enhanced response calibration, 2 MHz to 6 GHz.
N9923A-112	QuickCal: Adds one-port QuickCal and two-port QuickCal (two-port QuickCal only if option 122 is ordered).
N9923A-122	Full two-port S-parameters: Adds S12, S22, and full two-port calibration.
N9923A-302	External USB power sensor support: Enables USB port to be used for power measurements. Power sensor not included.
N9923A-305	Cable and antenna analyzer: Adds Cable and Antenna Test (CAT) mode, which allows for DTF measurements. Measurements include DTF (dB), RL & DTF, RL (dB), VSWR, DTF (VSWR), Cable loss (1-port), Insertion loss (2-port), and DTF (linear).
N9923A-308	Vector voltmeter: Provides 1-port cable trimming and 2-port transmission measurements.
N9923A-010	Time domain analysis and gating
N9923A-030	Remote control capability for iOS device, such as iPad, iPhone, or iPod Touch.

## N9923A Upgrade Options

Agilent FieldFox Customer Support <http://www.agilent.com/find/fieldfoxsupport>

N9923AU-122	Add full two-port S-parameter capability to an N9923A.
N9923AU-112	Add QuickCal capability to an N9923A.
N9923AU-305	Add cable and antenna analysis to an N9923A.
N9923AU-302	Add external USB power sensor support to an N9923A. Power sensor not included.
N9923AU-308	Add vector voltmeter capability to an N9923A.
N9923AU-010	Add time domain analysis and gating
N9923AU-030	Add remote control capability

## Calibration Kits

The following is a list of the calibration kits that are loaded in a standard FieldFox. Users can add additional calibration kits to their unit using FieldFox Data Link Software. Note regarding QuickCal: The basic QuickCal, either 1 or 2-port does not require any standards. For higher accuracy, users can perform QuickCal with a load.

N9910X-800	T-calibration kit, DC-6 GHz, Type-N(m)
N9910X-801	T-calibration kit, DC-6 GHz, Type-N(f)
N9910X-802	T-calibration kit, DC-6 GHz, 7/16 DIN(m)
N9910X-803	T-calibration kit, DC-6 GHz, 7/16 DIN(f)
85031B	Economy calibration kit, DC to 6 GHz, 7 mm
85032E	Economy calibration kit, DC to 6 GHz, Type-N, 50-ohm
85032F	Standard calibration kit, DC to 9 GHz, Type-N, 50-ohm
85033E	Standard calibration kit, DC to 9 GHz, 3.5 mm
85036B	Standard calibration kit, DC to 3 GHz, Type-N 75-ohm
85036E	Economy calibration kit, DC to 3 GHz, Type-N 75-ohm
85038A	Standard calibration kit, DC to 7.5 GHz, 7-16
85039B	Economy calibration kit, DC to 3 GHz, Type-F, 75-ohm
85052D	Economy calibration kit, DC to 26.5 GHz, 3.5 mm
85054B	Standard calibration kit, DC to 18 GHz, Type-N, 50-ohm
85054D	Economy calibration kit, DC to 18 GHz, Type-N, 50-ohm



## FieldFox Data Link Software

FieldFox Data Link software, installed on a PC, provides the following capabilities:

- Capture of current trace and setting
- Opening of data files (.s1p, .s2p, .csv, .sta, and .png) residing on the instrument
- Editing cal kit and cable files on the instrument, or creating new cal kits and cables
- Transferring files to/from the instrument
- Annotating plots for documentation purposes
- Marker, limit line, and format changes on the PC
- Report generation
- Printing function

FieldFox Data Link Software is available from Agilent FieldFox Customer Support <http://www.agilent.com/find/fieldfoxsupport>

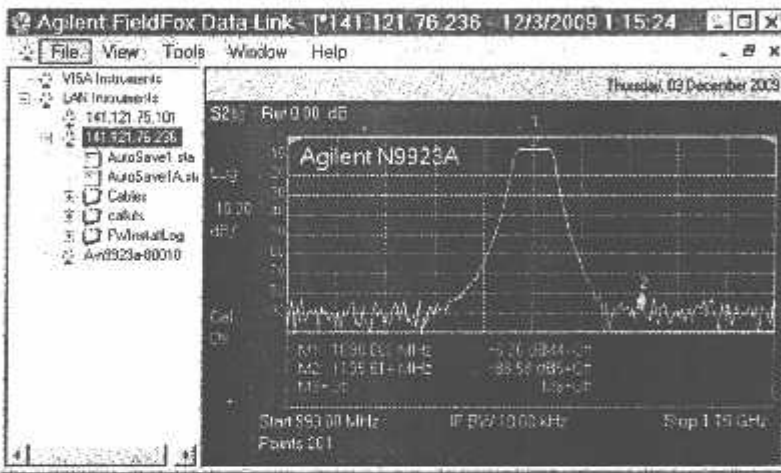


Figure 11: FieldFox Data Link Software

[www.agilent.com](http://www.agilent.com)  
[www.agilent.com/find/fieldfox](http://www.agilent.com/find/fieldfox)

For more information on Agilent Technologies' products, applications or services, please contact your local Agilent office. The complete list is available at:

[www.agilent.com/find/contactus](http://www.agilent.com/find/contactus)

### Americas

Canada	(877) 894 4414
Brazil	(11) 4197 3600
Mexico	01800 5064 800
United States	(800) 829 4444

### Asia Pacific

Australia	1 800 629 485
China	800 810 0189
Hong Kong	800 938 693
India	1 800 112 929
Japan	0120 (421) 345
Korea	080 769 0800
Malaysia	1 800 888 848
Singapore	1 800 375 8100
Taiwan	0800 047 866
Other AP Countries	(65) 375 8100

### Europe & Middle East

Belgium	32 (0) 2 404 93 40
Denmark	45 45 80 12 15
Finland	358 (0) 10 855 2100
France	0825 010 700*
	*0.125 €/minute
Germany	49 (0) 7031 464 6333
Ireland	1890 924 204
Israel	972-3-9288-504/544
Italy	39 02 92 60 8484
Netherlands	31 (0) 20 547 2111
Spain	34 (91) 631 3300
Sweden	0200-88 22 55
United Kingdom	44 (0) 118 927 6201

For other unlisted countries:  
[www.agilent.com/find/contactus](http://www.agilent.com/find/contactus)  
 (RFS-1-13)

Product specifications and descriptions in this document subject to change without notice.

© Agilent Technologies, Inc. 2009-2013  
 Published in USA, May 30, 2013  
 5990-5363EN



[www.agilent.com/find/myagilent](http://www.agilent.com/find/myagilent)

A personalized view into the information most relevant to you.

### Agilent Channel Partners

[www.agilent.com/find/channelpartners](http://www.agilent.com/find/channelpartners)

Get the best of both worlds: Agilent's measurement expertise and product breadth, combined with channel partner convenience.



[www.agilent.com/find/ThreeYearWarranty](http://www.agilent.com/find/ThreeYearWarranty)

Agilent's combination of product reliability and three-year warranty coverage is another way we help you achieve your business goals: increased confidence in uptime, reduced cost of ownership and greater convenience.



[www.agilent.com/quality](http://www.agilent.com/quality)




Agilent Technologies

BERITA ACARA RAPAT PERSETUJUAN JUDUL/PROPOSAL SKRIPSI

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi :


Tanggal :

1.	NIM	14.12.903
2.	Nama	Dony Rachmad Hadi
3.	Judul yang diajukan	Rancang Bangun Antena mikrostrip Array Patch Segitiga Dual-Band utli Aplikasi WLAN (2,4 GHz)
4.	Disetujui/ <del>Ditolak</del> *	
5.	Catatan:	Sejera dikonsultasikan dgn dosen pemb.
6.	Pembimbing yang diusulkan:	1. Sotyo Hadi, ST 2. M. Ibrahim Askeri, STM
Menyetujui		
1. Koordinator Dosen Kelompok Keahlian		
		
SOTYOHADI, ST		

\* : Coret yang tidak perlu



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI  
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO SI**

<b>KONSENTRASI</b>		Telekomunikasi				
1.	Nama Mahasiswa	Dony Rachmad Hadi		NIM	1412904	
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang		
	Pelaksanaan					
3.	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang *)					
	a.	Sistem Tenaga Elektrik	e.	Embbded System	i.	Sistem Informasi
	b.	Konversi Energi	f.	Antar Muka	j.	Jaringan Komputer
	c.	Sistem Kendali	g.	Elektronika Telekomunikasi	k.	Web
	d.	Tegangan Tinggi	h.	Elektronika Instrumentasi	l.	Algoritma Cerdas
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	Rancang Bangun Antena Mikrostip Array Patch Segitiga 2-ARRAY Untuk Aplikasi WLAN Dengan Menggunakan Probe-Feeding.				
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	..... ..... .....				
6.	Catatan :	Bertukar front cover.				
7.	Catatan :					
	Persetujuan Judul Skripsi					
	Disetujui, Dosen Keahlian I		Disetujui, Dosen Keahlian II			
						
		Disetujui				



### PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Program Studi Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Kamis  
Tanggal : 11 Agustus 2016

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Dony Rachmad Hadi  
NIM : 1412903  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Telekomunikasi  
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGITIGA 2 ARRAY UNTUK APLIKASI WLAN DENGAN MENGGUNAKAN PROBE-FEEDING

No	Materi Perbaikan	Keterangan
1.	Istilah 2 Array dan 2 patch (mana yang benar-benar)	
2.	Latar Belakang di perjelas dan lebih spesifik	
3.	Kesimpulan : Jelas dan singkat	

Dosen Penguji I

Dr. Eng. Aryanto Soetedjo, ST, MT  
NIP.Y. 1030800417

Dosen Pembimbing I

M. Ibrahim Ashari, ST, MT  
NIP.P. 1030100358

Dosen Pembimbing II

Sofyohadi, ST,  
NIP.Y. 1039700300

**PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI**

Dari hasil ujian skripsi Program Studi Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Kamis  
Tanggal : 11 Agustus 2016

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Dony Rachmad Hadi  
NIM : 1412903  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Telekomunikasi  
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGITIGA 2 ARRAY UNTUK APLIKASI WLAN DENGAN MENGGUNAKAN PROBE-FEEDING

No	Materi Perbaikan	Keterangan
2.	Latar Belakang di pertajam	

Dosen Penguji II

**Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT**

**NIP.P. 1030100361**

Dosen Pembimbing I

**M. Ibrahim Ashari, ST, MT**

**NIP.P. 1030100358**

Dosen Pembimbing II

**Sotvohadi, ST,**

**NIP.Y. 1039700300**



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Dony Rachmad Hadi  
NIM : 1412903  
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1  
Konsentrasi : TEKNIK TELEKOMUNIKASI  
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP  
PATCH SEGITIGA 2 *ARRAY* UNTUK APLIKASI  
WLAN DENGAN MENGGUNAKAN PROBE-  
FEEDING

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Kamis  
Tanggal : 11 Agustus 2016  
Dengan Nilai : 84,5 (A)

**Panitia Ujian Skripsi**

**Ketua Majelis Penguji**

M. Ibrahim Ashari, ST, MT  
NIP.P. 1030100358

**Sekretaris Majelis Penguji**

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT  
NIP.P. 1030100361

**Anggota Penguji**

**Penguji I**

Dr. Eng. Aryananto Soetedjo, ST, MT  
NIP.Y. 1030800417

**Penguji II**

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT  
NIP.P. 1030100361



- 1) patch tunggal
- 2) patch ganda



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA  
NIM  
Perbaikan melalui

1312903  
Dony Rachmat H.

= Titled 2 Array & 2 Patch  
(Nama yg benar?)

- Kata belakang di perjelas &  
lebih spesifik

- Kesimpulan: jelas & singkat!

Malang, 11/8/16

Aryuanto





MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI  
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama Mahasiswa : Dony Rachmad Hadi  
NIM : 1412903  
Nama Pembimbing : M. IbrahimAshari, ST, MT  
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP  
PACTH SEGITIGA 2 ARRAY UNTUK APLIKASI  
WLAN DENGAN MENGGUNAKAN PROBE-  
FEEDING

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	7 April 2016	11.30 11.45	Buat Bab I dan Bab II	A.
2	13 April 2016	12.10. 12.15.	Revisi Bab I dan Bab II	A.
3	13 Mei 2016	13.10 13.15	Revisi makalah progres	A.
4	26 Mei 2016	12.00 12.10	Revisi Bab I, Bab II dan Bab III	A.
5	18 Juli 2016	12.20. 12.30.	Revisi Bab II, <del>Bab III</del> dan Bab I dan Bab II	A.
6	20 Juli 2016	12.20 12.25	Revisi Bab III	A.
7	25 Juli 2016	11.00 11.05	Revisi Bab IV	A.

Malang, ~~12~~<sup>2</sup> Agustus 2016

Pembimbing

M. IbrahimAshari, ST, MT  
NIP. Y. 1018800189



MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI  
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama Mahasiswa : Dony Rachmad Hadi  
NIM : 1412903  
Nama Pembimbing : M. IbrahimAshari, ST, MT  
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP  
PACTH SEGITIGA 2 ARRAY UNTUK APLIKASI  
WLAN DENGAN MENGGUNAKAN PROBE-  
FEEDING

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
8	30 Juli 2016	09-10 09-15	Acc Bab W.	
9	2 Agustus 2016	10-11 10-15	Revisi Bab V.	
10	5 Agustus 2016	11-00 11-45	Acc Bab V.	
11				
12				
13				
14				

Malang, ..... 2 Agustus 2016

Pembimbing

M. IbrahimAshari, ST, MT  
NIP. Y. 1018800189

---



**MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI  
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016**

Nama Mahasiswa : Dony Rachmad Hadi  
NIM : 1412903  
Nama Pembimbing : Sotyohadi, ST  
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP  
PACTH SEGITIGA 2 *ARRAY* UNTUK APLIKASI  
WLAN DENGAN MENGGUNAKAN PROBE-  
FEEDING

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	6/4 2016 Rabu	12.00	Teori dasar dilengkapi lagi	
2	12/4 2016 Selasa	09.00	Teori dasar	
3	19/4 2016 Selasa	10.00	Simulasi Antena	
4	21/4 2016 Kamis	10.00	Optimasi Antena.	
5	26/4 2016 Selasa	10.00	Perbandingan single patch antena dengan array	
6	28/4 2016 Kamis	10.00	— II —	
7	3/5 2016 Selasa	10.00	Pemahaman coaxial feeding	

Malang, .....

Pembimbing

Sotyohadi, ST

NIP. Y. 1039700300



MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI  
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama Mahasiswa : Dony Rachmad Hadi  
NIM : 1412903  
Nama Pembimbing : Sotyo Hadi, ST  
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP  
PACTH SEGITIGA 2 ARRAY UNTUK APLIKASI  
WLAN DENGAN MENGGUNAKAN PROBE-  
FEEDING

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
8	10/5 2016 Selasa	09.00	Penjelasan tentang losses kabel koaksial	
9	12/5 2016 Kamis	10.00	Perbedaan substrat dari FR4 (Epoxy) dengan FR2	
10	23/5 2016 Senin	10.30	Pengertian S <sub>11</sub> dan S <sub>21</sub>	
11	9/6 2016 Kamis	09.00	cara mengukur Return loss, VSWR, polarisasi, Bandwidth dan gain.	
12	21/6 2016 Selasa	10.00	Pengenalan Alat ukur VNA dan Spektrum Analyzer	
13	2/8 2016 Selasa	09.00	Pengertian dari dual band.	
14	4/8 2016 Kamis	00.00	Perbedaan Array dengan elemen/patch	

Malang, .....

Pembimbing

Sotyo Hadi, ST

NIP. Y. 1039700300