

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman yang semakin maju saat ini, teknologi semakin memberikan kemudahan bagi masyarakat, khususnya dalam bidang informasi dan komunikasi. Selain dalam hal komunikasi berupa komunikasi seluler dan melalui sebuah paket data, teknologi komunikasi juga memberikan kontribusi penting dalam komunikasi *point to point*. Hal ini didukung dengan antena penerima yang cukup memadai, salah satunya antena mikrostrip.

Antena mikrostrip digunakan karena dapat bekerja pada UHF (*Ultra High Frequency*) dan juga memiliki kelebihan dalam hal fabrikasi, sederhana, biaya yang murah, serta sangat fleksibel dalam hal frekuensi resonansi, polarisasi, pola radiasi, dan impedansi. Hal ini memiliki keterkaitan yang erat dengan panjang gelombang pada frekuensi resonansi. Antena mikrostrip dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang telekomunikasi, salah satunya komunikasi *point to point*. Komunikasi *point to point* membutuhkan sebuah komunikasi yang dinamakan komunikasi data serial. Komunikasi data serial dapat dilakukan dengan melakukan konfigurasi dalam sebuah mikrokontroler. Mikrokontroler saat ini sudah dilengkapi dengan SCI (*Serial Communication Interface*), seperti mikrokontroler arduino yang dapat digunakan untuk komunikasi dengan port serial komputer. Untuk melakukan komunikasi *point to point*, diperlukan antena dengan polarisasi *circular*. Hal ini dikarenakan polarisasi *circular* tidak memerlukan penyelarasan vektor medan listrik antara pemancar dan penerima lokasi. Jadi, antena dengan polarisasi *circular* cocok untuk aplikasi satelit, radar, dan GPS. (Joseph & Fukusako : 2011,233). Namun, antena ini perlu dibuat susunan atau *array* agar dapat menghasilkan parameter yang baik daripada antena dengan satu elemen peradiasi (*patch*) (Balanis : 2005,865).

Pada penelitian ini akan membahas perancangan serta pengujian antena mikrostrip satu elemen peradiasi (*patch*) dengan polarisasi *circular* dan antena mikrostrip *array*. Lalu, analisis juga dilakukan melalui simulasi dengan *software* CST *Microwave Studio* 2014 dan uji transmisi data menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560 beserta perangkat nRF24L01.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penyusunan skripsi ini adalah

- 1) Bagaimana merancang antenna mikrostrip dengan polarisasi *circular* dan antenna mikrostrip *array* ?
- 2) Bagaimana metode pengujian parameter antenna mikrostrip dengan polarisasi *circular* dan antenna mikrostrip *array* yang meliputi *VSWR*, *Return Loss*, *Bandwidth*, *Gain*, dan Polarisasi?
- 3) Bagaimana proses pengukuran parameter antenna mikrostrip dengan polarisasi *circular* dan antenna mikrostrip *array*?
- 4) Bagaimana hasil uji pengiriman pesan terhadap kinerja antenna mikrostrip dengan polarisasi *circular* dan antenna mikrostrip *array*?

1.3 Batasan Masalah

Skripsi ini membahas perancangan dan kinerja antenna mikrostrip *array* dengan untuk uji pengiriman pesan. Dengan batasan sebagai berikut:

- 1) Antena yang dibuat adalah antenna mikrostrip dengan polarisasi *circular* dan antenna mikrostrip *array*.
- 2) Simulasi dan optimasi menggunakan *software CST Microwave Studio 2014*.
- 3) Menggunakan alat ukur antenna tanpa membahas karakteristiknya.
- 4) Mikrokontroler yang dipakai adalah *arduino mega 2560* dan hanya menjelaskan teknis pengujiannya.
- 5) Perangkat *transmitter* dan *receiver* yang digunakan adalah *Nrf24L01* dan tidak dijelaskan secara detail.
- 6) Rumus-rumus yang digunakan merupakan rumus jadi yang dikutip dari referensi.
- 7) Rugi-rugi perambatan elektromagnetik di ruang terbuka tidak diperhitungkan.

1.4 Tujuan

Tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah merancang, merealisasikan, dan membandingkan dua antenna mikrostrip dengan karakteristik yang berbeda untuk uji transmisi data serta menganalisa kinerja dari antenna yang diuji.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi dalam skripsi ini terdiri dari 6 bab, yaitu:

BAB I Pendahuluan

Memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori dasar mengenai antenna dan parameternya, bentuk umum dari antenna mikrostrip dan komunikasi data.

BAB III Metode Penelitian

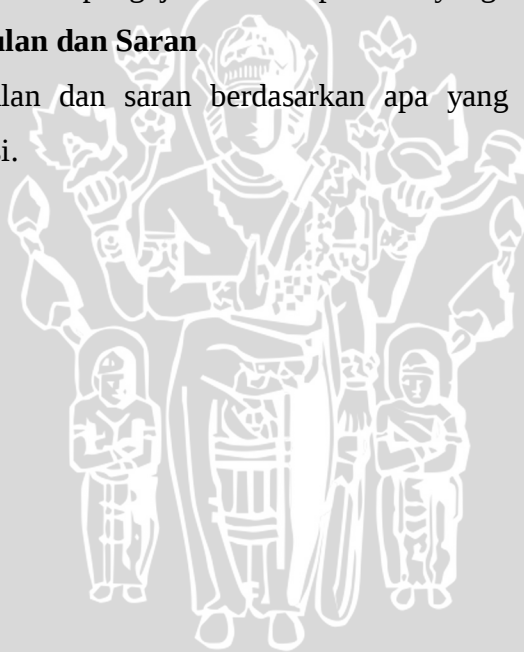
Menjelaskan tentang tahapan penyelesaian skripsi yang meliputi studi literatur, pengumpulan data, perancangan, pembuatan, pengujian, analisis, serta pengambilan kesimpulan dan saran.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Menjelaskan tentang langkah-langkah pengukuran, hasil pengukuran, analisis pengukuran serta analisis pengujian terhadap antenna yang diuji.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Membuat kesimpulan dan saran berdasarkan apa yang telah dicapai dalam penyelesaian skripsi.





BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan teori dasar tentang antena dan parameternya, bentuk umum dari antena mikrostrip dan komunikasi data serial.

2.1 Antena

Antena adalah suatu komponen telekomunikasi yang dapat memancarkan serta menerima gelombang elektromagnetik dimana komponen ini sangat membantu kebutuhan teknologi telekomunikasi saat ini.

Menurut (Syam, 2011), antena itu sendiri dibagi menjadi dua, yaitu antena *directional* dan *omni directional*. Antena *omni directional/non directional* memiliki kemampuan mengirim dan menangkap sinyal dari segala arah. Sedangkan antena *directional* mempunyai pola pemancaran sinyal satu arah tertentu atau konfigurasi *point to point*.

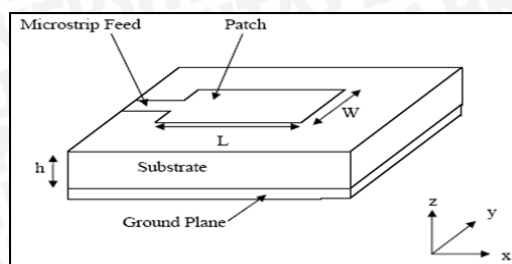
Untuk menggambarkan performa dari suatu antena maka diperlukan pendefinisian berbagai parameter antena. Beberapa diantara parameter tersebut saling berhubungan dan semuanya tidak harus disebutkan untuk menggambarkan performa antena secara keseluruhan (Balanis, 2005:27).

Antena memiliki parameter-parameter penting yang terdiri dari impedansi masukan, VSWR, *Gain*, *Bandwidth*, Polarisasi, pola radiasi, dan *return loss*.

2.2 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan komponen antena yang terdiri dari sebuah *patch* metalik, serta menyatu dengan substrat. Antena ini memiliki kelebihan dalam hal fabrikasi, sederhana, biaya yang murah, serta sangat fleksibel dalam hal frekuensi resonansi, polarisasi, pola radiasi, dan impedansi. Namun antena ini juga memiliki kekurangan dalam hal *bandwidth* yang sempit, sulitnya untuk mendapatkan polarisasi yang murni, efisiensi yang rendah, dan kecilnya daya yang dihasilkan.

Antena mikrostrip sendiri terbangun dari beberapa elemen, yaitu substrat dielektrik, *ground plane*, *feed*, dan *patch*. Struktur antena mikrostrip umumnya digambarkan seperti pada **Gambar 2.1**.

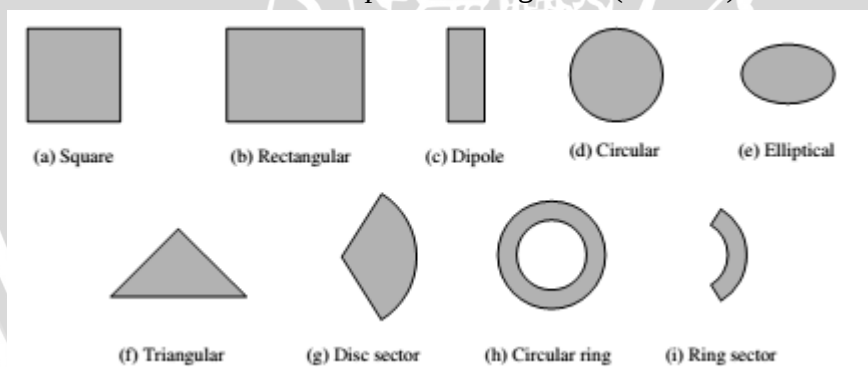


Gambar 2.1 Struktur Antena Mikrostrip

Sumber: Punit, 2004:40

Substrat dielektrik merupakan sebuah elemen yang berada diantara *ground plane* dan *patch*. Nilai konstanta dielektrik dari substrat dielektrik bervariasi pada nilai $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$ dan ketebalan substrat berada pada kisaran $0,003\lambda_0 \leq h \leq 0,05\lambda_0$. Semakin kecil nilai konstanta dielektriknya, maka substrat yang dihasilkan akan semakin tebal dan *bandwidth* yang dihasilkan oleh antena akan semakin besar, namun dimensi antena yang dihasilkan akan semakin besar dan begitu juga sebaliknya (Balanis, 2005:812).

Patch merupakan elemen peradiasi antena mikrostrip yang berada diatas substrat. Setiap *patch* memiliki bentuk-bentuk yang beraneka ragam atau bervariasi. Macam-macam bentuk dari *patch* itu sendiri terlihat pada **Gambar 2.2**. Untuk penelitian ini dipakai patch kombinasi antara bentuk *dipole* dan lingkaran (*circular*).



Gambar 2.2 Macam-Macam Bentuk *Patch*

Sumber: Balanis, 2005: 813

Feed merupakan teknik penyambungan elemen peradiasi (*patch*) yang menyambungkan antena mikrostrip dengan media transmisi lainnya.

Ground plane merupakan elemen dari antena mikrostrip yang berfungsi sebagai *reflector*, yaitu memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.

2.2.1 Dimensi Antena Mikrostrip

Untuk menentukan dimensi elemen peradiasi, maka perlu menentukan dahulu frekuensi kerja (f_r) yang dipakai untuk memperoleh panjang gelombang diruang bebas (λ_0).

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (2-1)$$

Setelah memperoleh nilai λ_0 , maka dapat diperoleh nilai panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (λ_d) dengan persamaan dibawah ini:

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-2)$$

Keterangan :

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

2.2.2 Dimensi Elemen Peradiasi Kotak

Untuk menentukan lebar elemen peradiasi kotak (W), dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$W = \frac{c}{2 \cdot f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (2-3)$$

Sedangkan untuk menentukan panjang elemen peradiasi (L), terlebih dahulu harus menentukan konstanta dielektrik efektif yang dinyatakan dengan persamaan dibawah ini:

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (2-4)$$

Sehingga panjang elemen peradiasi (L) dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$L = \frac{c}{2 \cdot f_r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2 \cdot \Delta L \quad (2-5)$$

dengan:

$$\Delta L = 0,412 \cdot h \cdot \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \quad (2-6)$$

2.2.3 Dimensi Elemen Peradiasi Lingkaran

Untuk menentukan jari-jari elemen peradiasi lingkaran, dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah ini:

$$a = \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (2-7)$$

Keterangan :

a = jari-jari elemen peradiasi

h = ketebalan substrat (m)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

F = fungsi logaritmik (F) dari elemen peradiasi

Sedangkan fungsi logaritmik (F) dari elemen peradiasi lingkaran dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini:

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-8)$$

Keterangan :

f_r = frekuensi kerja pada antena (GHz)

ϵ_r = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

2.2.4 Dimensi Saluran Transmisi

Untuk menghitung lebar saluran transmisi mikrostrip dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$B = \frac{60 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2-9)$$

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2-10)$$

Keterangan :

W = lebar saluran transmisi (mm)

h = ketebalan substrat (mm)

Z_0 = impedansi karakteristik (Ω)

ϵ_r = konstanta dielektrik bahan (F/M)

Untuk menghitung panjang saluran transmisi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$L_o = \frac{1}{4} \lambda_d \quad (2-11)$$

Keterangan :

L_o = panjang saluran transmisi (mm)

λ_o = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)

2.2.5 Dimensi Ground Plane

Untuk menghitung dimensi *ground plane*, diperoleh dengan persamaan berikut:

$$L_g = 6h + 2R \quad (2-12)$$

$$W_g = 6h + \frac{\pi}{2} R \quad (2-13)$$

2.2.6 Jarak Antar Elemen

Jarak antar elemen peradiasi dapat dinyatakan dengan persamaan (Johan L, 2002 : 24):

$$r \geq 0,6\lambda_d \quad (2-14)$$

Keterangan :

r = jarak antar elemen peradiasi (mm)

d^{λ_d} = panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip (mm)

2.2.7 Parameter Dasar Antena

Untuk menjelaskan performansi dari suatu antena, perlunya untuk memahami parameter-parameter antena itu sendiri. Parameter dasar antena memiliki keterkaitan dengan performansi yang dihasilkan antena. Parameter-parameter dasar antena akan dijelaskan berikut ini.

2.2.7.1 Impedansi Terminal Antena

Impedansi terminal antena didefinisikan sebagai impedansi yang disajikan oleh antena pada terminal atau rasio tegangan pada sepasang terminal atau rasio komponen listrik untuk medan magnet pada suatu titik. Perbandingan antara tegangan terhadap arus pada pasangan terminalnya, dapat dituliskan (Balanis, 2005:80):

$$Z_A = R_A + jX_A \quad (2-15)$$

Keterangan:

Z_A = Impedansi terminal antena (Ω)

R_A = Resistansi terminal antena (Ω)

X_A = Reaktansi terminal antena (Ω)

Daya total yang disuplai ke antena adalah (Balanis, 2005);

$$P_{in} = I^2 \cdot R_A \quad (2-16)$$

Dengan daya yang dipancarkan :

$$P_{rad} = I^2 \cdot R_{rad} \quad (2-17)$$

Keterangan:

P_{in} = daya *input* antenna (Watt)

I = arus rms pada terminal antenna (Ampere)

P_{rad} = daya yang diradiasikan antenna (Watt)

Sedangkan impedansi antenna dapat diperoleh dari koefisien pantul dengan persamaan berikut ini (Edgar Hund, 1989: 44) :

$$|\Gamma| = \left| \frac{Z_{ant} - Z_c}{Z_{ant} + Z_c} \right| \quad (2-18)$$

Sehingga diperoleh:

$$Z_{ant} = Z_c \left(\frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \right) \quad (2-19)$$

Keterangan :

Z_{ant} = impedansi antenna (Ω)

Z_c = impedansi karakteristik (Ω)

Γ = koefisien pantul

2.2.7.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR merupakan perbandingan antara tegangan maksimum (V_{max}) dengan tegangan minimum (V_{min}) pada tegangan gelombang berdiri (*standing wave*). *Standing wave ratio* selalu dilihat dari sisi tegangan maksimum dan minimum sepanjang jalur transmisi, sehingga disebut VSWR (Knoot, 2005:374). VSWR juga dinyatakan sebagai perbandingan antara jumlah tegangan datang dan tegangan pantul dengan selisih antara tegangan datang dan tegangan pantul. Nilai VSWR dapat diperoleh dari rumus berikut ini:

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} = \frac{|V_{max}|}{|V_{min}|} \quad (2-20)$$

dengan Γ dapat didapatkan dari persamaan:

$$P_r = \Gamma^2 \cdot P_{out} \quad (2-21)$$

$$\Gamma^2 = \frac{P_r}{P_{out}} \quad (2-22)$$

Keterangan:

Γ = koefisien pantul

P_r = daya terpantul (W)

P_{out} = daya keluaran (W)

2.2.7.3 Gain Antena

Gain didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi antena yang diberikan pada arah tertentu dengan antena yang diradiasikan secara isotropis. Di dalam suatu performansi antena, *gain* memiliki keterkaitan yang tidak bisa lepas dalam hal keterarahan. Disamping keterarahan, pengukuran *gain* memperhitungkan efisiensi antena maupun keterarahannya. *Gain* antena dibagi menjadi dua, yaitu *absolute gain* dan *relative gain*.

Absolute gain suatu antena (pada arah tertentu) didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi antena pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang akan diperoleh jika daya yang diterima antena diradiasikan secara isotropis. Intensitas radiasi dari daya yang diradiasikan secara isotropis sebanding dengan daya yang diterima (pada terminal *input*) antena dibagi dengan 4π , yang dapat dinyatakan oleh rumus sebagai berikut:

$$G = 10 \cdot \log \frac{4\pi \cdot U_m}{P_{in}} \quad (2-23)$$

Keterangan:

G = *gain* antena (dB)

U_m = intensitas radiasi antena (watt)

P_{in} = daya *input* total yang diterima oleh antena (watt)

Relative gain suatu antena didefinisikan sebagai perbandingan penguatan daya pada arah tertentu terhadap penguatan daya antena referensi dalam acuannya (dengan catatan bahwa kedua antena mempunyai daya masukan yang sama). Untuk *gain* relatif, antena referensi yang digunakan berupa antena sumber isotropis tanpa rugi. Sehingga

$$G = \frac{4\pi I(\theta, \phi)}{P_{in}(\text{lossless isotropic source})} \quad (2-24)$$

Penguat daya disini mempunyai pengertian yang tidak sama dengan penguatan daya yang sering dijumpai pada *amplifier*. Penguatan daya mempunyai pengertian perbandingan daya yang dipancarkan oleh suatu antenna dibandingkan dengan daya yang dipancarkan oleh suatu antenna isotropis yang bentuk polanya seperti bola. *Radiator* isotropis sebenarnya adalah konsep teoritis, sedang pada praktisnya *gain* antenna biasanya dibandingkan dengan intensitas radiasi sebuah antenna standar *dipole* $1/2 \lambda$ yang kira-kira 1,64 kali atau 2,15 dB dibandingkan dengan suatu radiator isotropis. Sehingga besar *gain* terhadap sumber isotropis adalah:

$$G = 1,64 \times \frac{P_U}{P_R} \quad (2-25)$$

$$G(\text{dB}) = 10 \log 1,64 \frac{P_U}{P_R} \quad (2-26)$$

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm}) \quad (2-27)$$

Keterangan :

- G = *gain* antenna uji (dB)
 P_U = daya yang diterima antenna uji (W)
 P_R = daya yang diterima antenna referensi (W)

2.2.7.4 Directivity

Keterarahan suatu antenna didefinisikan sebagai kemampuan antenna untuk mengkonsentrasikan energinya pada suatu arah tertentu. Dengan kata lain keterarahan dari suatu antenna dapat ditunjukkan dengan perbandingan antara intensitas radiasi pada arah radiasi tertentu dibandingkan dengan intensitas radiasi rata – rata pada segala arah (Balanis, 2005:44).

$$D_{max} = D_0 = \frac{U_{max}}{U_0} = \frac{4\pi U_{max}}{P_{rad}} \quad (2-28)$$

Keterangan:

D = keterarahan (tanpa satuan)

D_0 = keterarahan maximum (tanpa satuan)

U = intensitas radiasi (W/satuan sudut ruang)

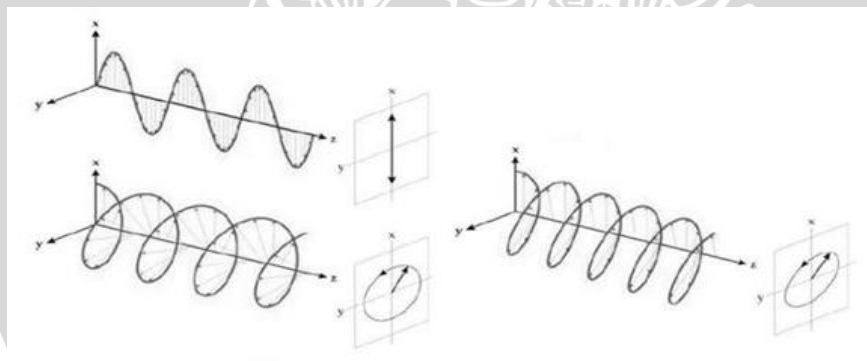
U_0 = intensitas radiasi sumber isotropis (W/ satuan sudut ruang)

U_{max} = intensitas radiasi maksimum (W/satuan sudut ruang)

P_{rad} = daya radiasi total (W)

2.2.7.5 Polarisasi

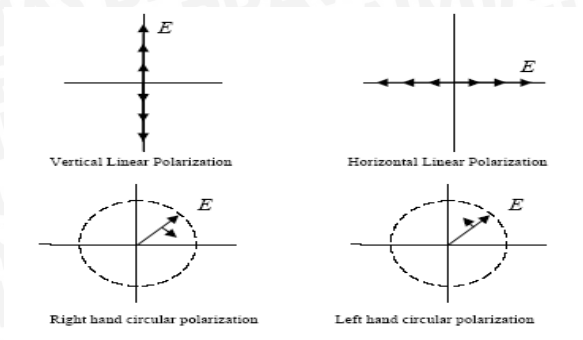
Polarisasi merupakan salah satu parameter antenna yang digambarkan sebagai arah vektor gelombang medan elektrik yang diradiasikan. Polarisasi memiliki keterkaitan dengan *axial ratio*, *axial ratio* merupakan penggambaran arah medan listrik. Polarisasi gelombang dapat didefinisikan pemancaran atau penerimaan gelombang oleh antenna dalam arah tertentu. Polarisasi dibagi menjadi tiga, yaitu *linear*, *circular*, *elliptical*, seperti pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3. Bentuk Umum Polarisasi Antena

Sumber: www.mtiwe.com

Pada umumnya, gambaran medan listrik yang dipancarkan adalah berbentuk elips dan dapat dikatakan terpolarisasi secara elips. Polarisasi linier dan lingkaran merupakan bentuk khusus dari polarisasi elips. Pada **Gambar 2.4**, medan listrik digambarkan secara searah jarum jam atau berlawanan arah jarum jam. Arah putar vektor medan listrik yang searah dengan jarum jam disebut sebagai *right-hand polarization* dan arah putar vektor medan listrik yang berlawanan dengan arah jarum jam disebut sebagai *left hand polarization* (Balanis, 2005: 72).



Gambar 2.4 Bentuk Umum Polarisasi Antena

Sumber: Punit S.Nakar, 2004:21

Sebuah gelombang yang berubah terhadap waktu dapat disebut terpolarisasi secara linier jika vektor yang menggambarkan medan listrik pada suatu titik dalam ruang sebagai fungsi waktu selalu terarah sepanjang garis lurus yang sama pada setiap waktu atau jika nilai axial ratio diatas 10 dB. Kondisi ini dapat terjadi jika vektor medan listrik memenuhi syarat sebagai berikut:

- Memiliki satu komponen, atau
- Memiliki dua komponen tegak lurus secara linier yang sefasa atau berbeda fasa 180° (atau kelipatan 180°).

Gelombang yang berubah terhadap waktu dapat disebut terpolarisasi lingkaran jika vektor medan listrik pada suatu titik digambarkan berupa bentuk lingkaran sebagai fungsi waktu atau jika nilai axial ratio kurang dari 3 dB. Kondisi ini terjadi jika vektor medan listrik memenuhi syarat sebagai berikut:

- Medan harus memiliki dua komponen yang tegak lurus.
- Kedua komponen tersebut harus memiliki besar (*magnitude*) yang sama.
- Kedua komponen tersebut harus memiliki perbedaan fasa sebesar kelipatan ganjil 90° .

Gelombang yang berubah terhadap waktu dapat disebut terpolarisasi elips jika puncak atau ujung vektor medan membentuk pola elips dalam ruang atau jika nilai axial ratio dibawah 10 dB. Kondisi ini terjadi jika vektor medan listrik memenuhi syarat sebagai berikut:

- Medan harus memiliki dua komponen yang tegak lurus.
- Kedua komponen tersebut dapat memiliki besar yang sama atau berbeda.
- Jika kedua komponen tersebut memiliki besar yang berbeda, perbedaan fasa antar kedua komponen tersebut tidak boleh 0° atau kelipatan 180° (karena akan menjadi polarisasi linier).

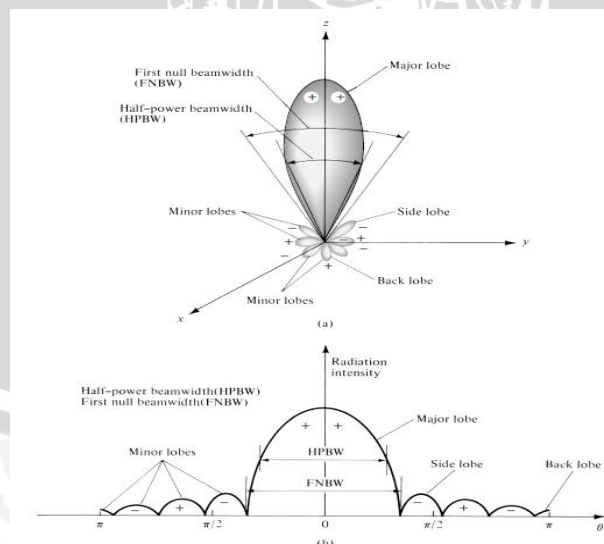
- d. Jika kedua komponen tersebut memiliki besar yang sama, perbedaan fasa antar kedua komponen tersebut tidak boleh kelipatan ganjil 90° (karena akan menjadi polarisasi lingkaran).

2.2.7.6 Pola Radiasi

Pola radiasi didefinisikan sebagai pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antenna pada fungsi koordinat ruang. Sifat-sifat pola radiasi meliputi intensitas radiasi, kuat medan, sudut fasa dan polarisasi. Bagian dari pola radiasi disebut dengan *lobe*, yang dapat diklarifikasikan kembali sebagai *major/main lobe*, *minor lobe*, *side lobe*, dan *back lobe* (Balanis 2005:27).

Bagian-bagian *lobe* digambarkan pada **Gambar 2.5** Berikut ini adalah *lobe* dalam pola radiasi:

- a. *Main lobe* : Bagian dari daerah radiasi dimana arah radiasi antenna maksimum.
- b. *Minor lobe* : Semua bagian *lobe* kecuali *main lobe*. *Minor lobe* menunjukkan arah radiasi yang tidak diinginkan.
- c. *Back lobe* : Bagian dari *minor lobe* yang berlawanan 180° dengan *main lobe*.
- d. *Side lobe* : Bagian dari *minor lobe* yang bersebelahan dengan *main lobe*.



Gambar 2.5 (a) Pola Radiasi Antena, (b) Pola Radiasi Antena Dalam Koordinat *Square*.

Sumber : Balanis, 2005: 30

Beamwidth merupakan sudut pancaran yang memisahkan antara dua titik identik pada sisi yang berlawanan pada pola maksimum. Dalam pola radiasi antenna, yang perlu

diperhatikan adalah *Half Power Beamwidth* (HPBW) dengan definisi menurut IEEE adalah suatu bidang yang terdapat pada arah maksimum dari *beam*, sebuah sudut antara dua arah dimana intensitas radiasi adalah setengah dari nilai *beam*. Selain itu, *beamwidth* yang harus diperhatikan adalah *First Null Beamwidth* (FNBW), yaitu sudut yang dilengkapi *main lobe* (Balanis, 2005:42)

Pola radiasi antenna dibagi menjadi tiga, yaitu isotropis, *directional*, dan *omnidirectional*. Pola radiasi isotropis merupakan arah pancaran antenna ke berbagai arah dengan energi yang sama besar pada seluruh bidang. Sedangkan *directional* adalah arah pancaran antenna ke satu arah dan sebaliknya pola radiasi *omnidirectional* memiliki arah pancaran antenna ke berbagai arah dengan energi yang sama besar pada satu bidang.

2.2.7.7 Return Loss

Return loss merupakan salah satu parameter antenna yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. Koefisien pantul adalah perbandingan antara tegangan gelombang yang dipantulkan dengan tegangan gelombang maju, yang ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (2-29)$$

$$RL = -20 \log r \quad (2-30)$$

Antena dianggap memiliki performansi yang baik jika memiliki nilai *return loss* dibawah -10 dB, yang berarti bahwa 90% sinyal dapat diserap dan 10% sinyal dipantulkan kembali (Punit, 2004:19). Untuk *matching* sempurna antara *transmitter* dan antenna, maka nilai $\Gamma = 0$ dan $RL = \infty$ yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan, sebaliknya jika $\Gamma = 1$ dan $RL = 0$ dB, maka semua daya telah dipantulkan.

2.2.7.8 Bandwidth

Bandwidth merupakan rentang frekuensi dimana kinerja antenna dengan mengacu pada beberapa karakteristik untuk memenuhi standar yang telah ditentukan. Untuk *Broadband* antenna, lebar bidang dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi operasi atas (*upper*) dengan frekuensi bawah (*lower*). Sedangkan untuk *Narrowband* antenna, maka lebar bidang antenna dinyatakan sebagai presentase dari selisih frekuensi di atas frekuensi tengah dari lebar bidang

(Balanis, 2005: 47). Lalu dinyatakan *bandwidth* dalam persen (B_p) atau sebagai *bandwidth* rasio (B_r) dinyatakan sebagai berikut (Punit, 2004: 22):

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2-31)$$

$$f_c = \frac{f_u + f_l}{2} \quad (2-32)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2-33)$$

Keterangan :

B_p = *bandwidth* dalam %

B_r = *bandwidth* rasio

f_u = jangkauan frekuensi atas (Hz)

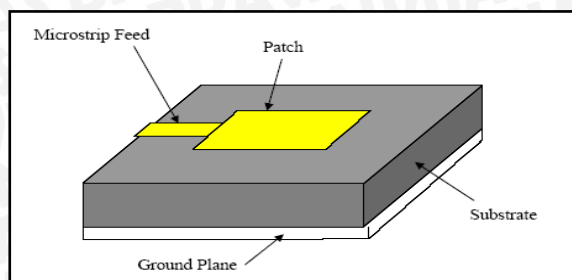
f_l = jangkauan frekuensi bawah (Hz)

2.2.8 Teknik Pencatuan Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip memiliki beberapa metode dalam pencatuanannya. Metode ini dibagi menjadi dua, yaitu terhubung (*contacting*) dan tidak terhubung (*non-contacting*). Melalui metode terhubung (*contacting*), daya RF dicatukan secara langsung ke *patch* radiator dengan menggunakan elemen penghubung. Sedangkan metode tidak terhubung (*non-contacting method*), daya RF dicatu secara langsung ke *patch* peradiasi, namun pencatuanannya menggunakan kopling medan elektromagnet sebagai elemen penghubung. Beberapa teknik pencatuan yang umum digunakan adalah teknik *microstrip line*, *coaxial probe*, *aperture coupling*, dan *proximity coupling*.

2.2.8.1 Mikrostrip Line

Pada teknik pencatuan ini, bagian konduktor dihubungkan dengan bagian tepi *patch* antena mikrostrip secara langsung. Lebar *strip* konduktor lebih kecil dibandingkan dengan elemen peradiasi antena mikrostrip, seperti pada **Gambar 2.6**.



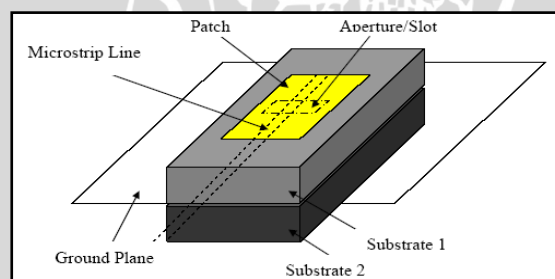
Gambar 2.6 *Microstrip Line Feed*

Sumber : Punit S. Nakar, 2004:34

Teknik pencatutan ini dapat dikembangkan dengan cara memberikan potongan menjorok (*inset*) ke dalam *patch*. Tujuannya adalah untuk menyesuaikan impedansi saluran dengan *patch* tanpa memerlukan elemen penyesuai tambahan. Hal ini dapat diperoleh melalui pengaturan posisi *inset* yang benar. Oleh karena itu metode *Microstrip Line Feed* secara umum menawarkan skema pencatutan yang mudah disamping kemudahan dalam proses pembuatan dan pemodelan untuk mendapatkan kesesuaian impedansi.

2.2.8.2 Aperture Coupling

Teknik pencatutan ini terdiri dari elemen peradiasi dan bagian pencatu yang terpisah dengan bidang pentanahan (*ground plane*), seperti pada **Gambar 2.7** kopling antara elemen peradiasi antenna (*patch*) dan saluran pencatu (*line feed*) dibuat melalui *slot* atau *aperture*.



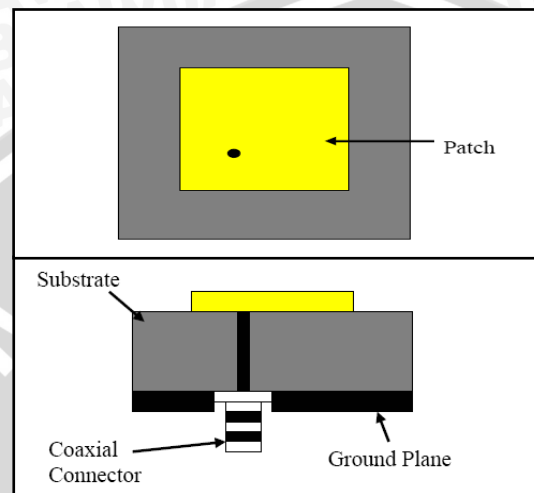
Gambar 2.7 *Aperture Coupling*

Sumber : Punit S. Nakar, 2004:36

Celah kopling biasanya diposisikan ditengah pada bagian bawah *patch*, sehingga mengurangi *cross-polarization* yang disebabkan struktur yang simetris. Untuk mengoptimalkan radiasi dari *patch*, biasanya digunakan bahan dengan konstanta dielektrik yang berbeda untuk lapisan/substrat bagian atas dan bawah. Kekurangan dari metode ini terletak pada teknik pencatutan yang sulit untuk difabrikasi dikarenakan lapisan ganda (*multiple layer*) yang tentunya juga menambah ketebalan antenna.

2.2.8.3 Coaxial Probe

Coaxial probe adalah teknik pencatutan yang paling umum dilakukan. Seperti yang terlihat pada **Gambar 2.8**, konduktor bagian dalam dari kabel koaksial dihubungkan dengan elemen peradiasi dan konduktor bagian luar dari kabel koaksial dihubungkan dengan bidang pentanahan (*Groud Plane*).



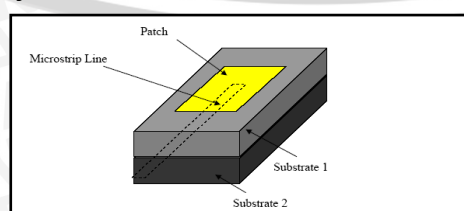
Gambar 2.8. *Coaxial Probe*

Sumber : Punit S. Nakar, 2004:35

Kelebihan dari metode pencatutan seperti ini adalah pencatutan dapat diletakkan pada setiap lokasi didalam *patch* yang diinginkan untuk mendapatkan *matching* impedansi dari antenna. Akan tetapi metode ini mempunyai kekurangan yaitu kesulitan dalam pemodelan.

2.2.8.4 Proximity Coupling

Teknik pencatutan ini menggunakan dua bahan elektrik sehingga saluran pencatu berada diantara kedua substrat dan bagian elemen peradiasi berada dibagian atas seperti yang terlihat pada **Gambar 2.9**. Kelebihan metode ini adalah *bandwidth* yang lebar dibandingkan dengan teknik pencatutan lain. Namun, kekurangan metode ini adalah kesulitan dalam hal fabrikasi, dikarenakan penggunaan dua lapisan dielektrik yang benar-benar memerlukan ketelitian dalam penyusunannya.



Gambar 2.9 *Proximity Coupling Feed*

Sumber : Punit S. Nakar, 2004:37

2.3 Antena Mikrostrip Array

Antena *array* merupakan suatu antena yang memiliki lebih dari satu elemen peradiasi dan setiap elemen peradiasi saling terhubung. Antena mikrostrip *array* digunakan untuk meningkatkan *directivity* antena, *gain* antena, dan lain sebagainya yang tidak bisa dilakukan oleh antena mikrostrip dengan satu elemen peradiasi (Balanis, 2005:865).

Untuk metode penyambungan antar elemen peradiasi, dibagi menjadi dua yaitu *series feed* dan *corporate feed* yang terlihat pada **Gambar 2.10**.

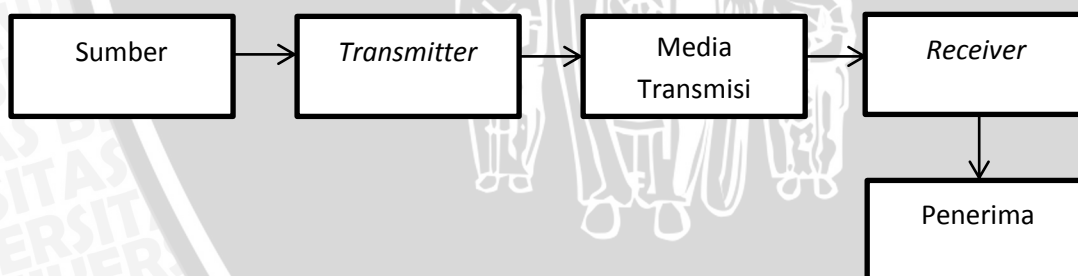


Gambar 2.10. Macam-Macam Metode Penyambungan

Sumber: Balanis, 2005:865

2.4 Komunikasi Data Sederhana

Komunikasi data ini memiliki fungsi dalam hal pertukaran data. Ilustrasi dari komunikasi data sederhana digambarkan pada blok diagram **Gambar 2.11**.



Gambar 2.11. Blok Diagram Komunikasi Data Serial Sederhana

Sumber: Staling, 2000,1

Sumber pada komunikasi data ini sebagai pembangkit data untuk ditransmisikan. Sumber adalah pihak yang mengirim informasi. Sumber pada umumnya dilengkapi dengan alat lain (antarmuka atau *transducer*) yang dapat mengubah informasi yang akan dikirimkan menjadi bentuk yang sesuai dengan media transmisi yang digunakan.

Transmitter berfungsi sebagai pengirim data yang diterima dari sumber untuk diteruskan menuju sistem transmisi.

Media transmisi berfungsi sebagai penghubung antara sistem sumber dengan sistem tujuan yang berupa jalur tunggal atau jaringan kompleks. Beberapa media transmisi dapat digunakan jalur transmisi atau *carrier* dari data yang dikirimkan.

Receiver berfungsi untuk menangkap sinyal yang datang dari media transmisi menuju ke tujuan yang ingin dituju.

Sedangkan penerima merupakan perangkat yang menerima data atau informasi. Penerima ini menerima informasi yang dikirimkan oleh *receiver*.

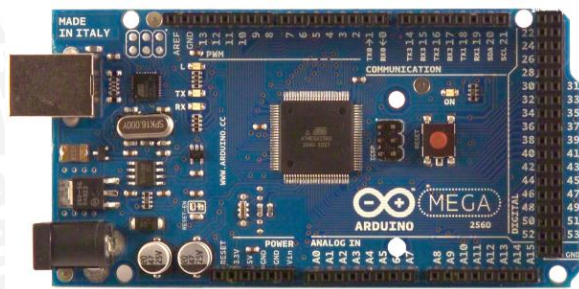
2.4.1 Komunikasi Data Serial

Komunikasi data serial merupakan komunikasi yang dikirimkan hanya 1 bit pada waktu tertentu. Komunikasi data serial dibagi menjadi dua, yaitu sinkron dan asinkron. Pada komunikasi data secara sinkron, clock dikirimkan bersama-sama dengan data serial. Sedangkan komunikasi data secara asinkron, clock tidak dikirimkan bersama data serial, tetapi dibangkitkan secara sendiri-sendiri baik pada sisi pengirim (*transmitter*) maupun pada sisi penerima (*receiver*). Saat ini komunikasi data serial dapat dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler. Hal ini dikarenakan mikrokontroler saat ini sudah dilengkapi dengan SCI (*Serial Communication Interface*), seperti mikrokontroler arduino yang dapat digunakan untuk komunikasi dengan *port* serial komputer.

2.4.1.1 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan sebuah *board* mikrokontroler berdasarkan ATmega2560 (*Data sheet*). Mikrokontroler ini dapat dihidupkan melalui koneksi USB atau sumber tegangan eksternal. Mikrokontroler berfungsi sebagai media penghubung antar perangkat transmitter dan receiver serta kendali berupa komputer atau PC. Sumber tegangan eksternal dapat berupa adaptor AC-DC atau baterai. Arduino Mega2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega2560 menyediakan empat UART hardware untuk TTL (5V) komunikasi serial. ATmega8U2 pada saluran salah satu *board* USB dan menyediakan port com virtual untuk perangkat lunak pada komputer. Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial memungkinkan data tekstual yang sederhana yang akan dikirim ke dan dari *board*. Sebuah *library* SoftwareSerial memungkinkan untuk komunikasi serial pada salah satu mega pin digital. ATmega2560 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI (*Serial Pheripheral*

Interface). Penelitian kali ini akan dirancang komunikasi SPI (*Serial Pheripheral Interface*). Arduino Mega 2560 ditunjukkan seperti pada **Gambar 2.12**



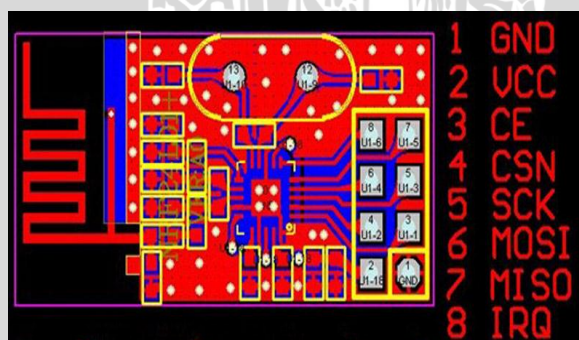
Gambar 2.12. Arduino Mega 2560

Sumber: Datasheet

2.4.1.2 Nrf24L01

Nrf24L01 adalah *chip transceiver* tunggal 2,4 GHz dengan *embedded baseband protocol engine* atau bisa disebut sebagai *Enhanced Shockburst*. *Enhanced Shockburst* adalah sebuah protokol dasar yang mendukung komunikasi paket data dua arah termasuk *buffering*, paket *acknowledgement*, dan transmisi data paket yang hilang. Nrf24L01 dapat diaplikasikan sebagai *ultra low power wireless applications* (Data sheet).

Nrf24L01 dapat dioperasikan dan dikonfigurasi melalui SPI (*Serial Pheripheral Interface*). Schematic perangkat Nrf24L01 ditunjukkan pada **Gambar 2.13**.



Gambar 2.13. Schematic Nrf24L01

Sumber: <https://arduino-info.wikispaces.com/Nrf24L01-2.4GHz-HowTo>

2.4.1.3 Serial Pheripheral Interface

Serial Pheripheral Interface adalah protokol data serial sinkron yang digunakan oleh mikrokontroler untuk berkomunikasi dengan satu atau lebih perangkat perifer. SPI dapat digunakan untuk komunikasi antar dua mikrokontroler. Dengan koneksi SPI, selalu ada satu

perangkat utama yang mengontrol perangkat perifer. Terdapat tiga jalur umum yang terdapat pada semua perangkat, yaitu:

- MISO (*Master In Slave Out*) : Jalur *slave* untuk mengirim data ke master.
- MOSI (*Master Out Slave In*) : Jalur *master* untuk mengirimkan data ke perangkat perifer.
- SCK (*Serial Clock*) : Jam pulsa yang menyinkronkan transmisi data yang dihasilkan oleh *master* dan satu baris khusus untuk setiap perangkat.

Untuk melakukan komunikasi data serial, perlu diperhatikan alamat penyambungan antara mikrokontroler dengan perangkat Nrf24L01. Setiap tipe arduino memiliki alamat yang berbeda terhadap alamat pada Nrf24L01. Hal ini ditunjukkan pada **Tabel 2.1**

Tabel 2.1 Pengalamatan Mikrokontroler Arduino yang berbeda

Sumber: www.arduino.cc/en/Reference/SPI

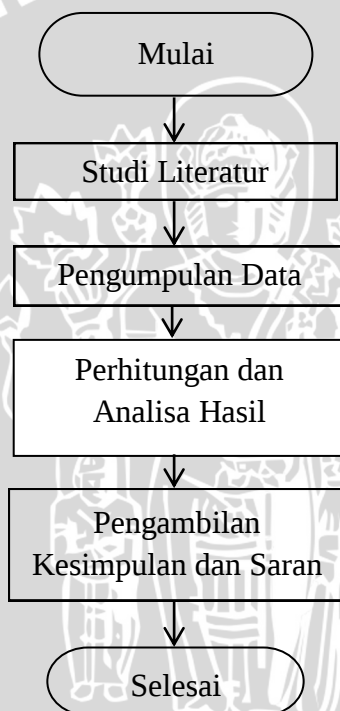
Arduino/ Genuino Board	MOSI	MISO	SCK	SS (Slave)	SS (Master)	Level
Uno atau Duemilanove	11 atau ICSP-4	12 atau ICSP-1	13 atau ICSP-3	10	-	5V
Mega 1280 atau Mega 2560	51 atau ICSP-4	50 atau ICSP-1	52 atau ICSP-3	53	-	5V
Leonardo	ICSP-4	ICSP-1	ICSP-3	-	-	5V
Due	ICSP-4	ICSP-1	ICSP-3	-	4,10,52	3,3V
Zero	ICSP-4	ICSP-1	ICSP-3	-	-	3,3V
101	11 or ICSP-4	12 atau ICSP-1	13 atau ICSP-3	10	10	3,3V
MKR1000	8	10	9	-	-	3,3V

BAB III

METODE PENELITIAN

Kajian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah kajian yang bersifat analisis dan didasarkan pada studi literatur. Metode analisis yang digunakan adalah metode analisis, yaitu dengan mengumpulkan nilai-nilai parameter berupa data primer dan sekunder, lalu dilakukan perhitungan berdasarkan dasar teori pada Bab II.

Dalam penyusunan skripsi ini, diperlukan tahapan-tahapan metode penelitian yang berurutan dan saling berhubungan. Tahap-tahap metode penelitian dijelaskan sesuai dengan **Gambar 3.14**.



Gambar 3.14 Diagram Alir Metode Penelitian

3.1 Studi Literatur

Melakukan kajian pustaka untuk memahami dan menganalisis dua antenna mikrostrip, yaitu *single patch* dan *array*.

3.2 Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam skripsi ini adalah berupa data primer dan sekunder.

- a. Data primer adalah data yang didapatkan dari hasil simulasi *CST Microwave Studio* 2014.
- b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari studi literature seperti buku, jurnal-jurnal, dan internet. Data sekunder lain yang diperlukan dalam kajian ini adalah:

1. Spesifikasi dari dimensi substrat, yang meliputi:
 - Bahan substrat yang digunakan adalah Epoxy Fiberglass – FR4.
 - Konstanta dielektrik relative substrat Epoxy Fiberglass – FR4.
 - Ketebalan lapisan dielektrik substrat Epoxy Fiberglass – FR4.
2. Spesifikasi dari bahan pelapis substrat (konduktor), yang meliputi:
 - Konduktor yang digunakan adalah tembaga.
 - Konduktivitas tembaga.

3.3 Perancangan Antena Mikrostrip

Perancangan ini dibuat secara matematis berdasarkan studi literatur yang ada. Hasil rancangan kemudian disimulasikan dengan menggunakan *software CST Microwave Studio* 2014 untuk mengetahui besar parameter yang dihasilkan oleh antena. Tahap perancangan dan simulasi ini dilakukan untuk menguji kelayakan sebuah antena sebelum masuk ke tahap fabrikasi. Bahan substrat yang digunakan ada dua jenis, yaitu:

- Bahan dibawah ini adalah bahan untuk merancang antena mikrostrip *single patch* dan antena mikrostrip *array* 5x1 dengan ketentuan berikut ini.

Bahan *Epoxy fiberglass* – FR 4

Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 3,9

Ketebalan dielektrik (h) = 0,0016 m = 1,6 mm

Loss tangen ($\tan \delta$) = 0,018

- Untuk bahan pelapis substrat, kedua antena yang berbeda menggunakan bahan dan ketentuan yang sama seperti di bawah ini.

Bahan pelapis substrat (konduktor tembaga) :

Ketebalan bahan konduktor (t) = 0,0001 m

Konduktivitas tembaga (σ) = $5,80 \times 10^7$ mho m⁻¹

Impedansi karakteristik masukan = 50 Ω

- Inti dari kabel koaksial atau tembaga kabel koaksial dengan impedansi = 50 Ω

3.4 Perancangan Dimensi Antena

Antena yang akan dirancang pada skripsi kali ini adalah antena mikrostrip dengan patch yang menyerupai *cross dipole* atau *dipole* yang disilangkan. Hal ini dikarenakan dapat membentuk polarisasi circular. Lalu dipilih juga bentuk setengah lingkaran agar dapat beroperasi pada frekuensi tinggi.

Untuk melakukan perancangan dimensi antena, dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan-persamaan berikut:

- a. Menentukan frekuensi resonansi

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} = \frac{3 \times 10^8}{2,5 \times 10^9} = 0,12 \text{ m} = 1,2 \text{ mm}$$

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{1,2}{\sqrt{3,9}} = 0,0607 \text{ m}$$

- b. Perencanaan dimensi lebar patch

Hasil perhitungan dimensi lebar patch didapat dari persamaan berikut:

$$F = \frac{8,791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$= \frac{8,791 \times 10^9}{2,5 \text{ GHz} \times \sqrt{3,9}} = 1,78$$

$$a = \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right] \right\}^{1/2}}$$

$$= \frac{1,78}{\left\{ 1 + \frac{2,1,6 \left[\ln \left(\frac{3,14 \cdot 1,78}{2,1,6} \right) + 1,7726 \right] }{3,14 \cdot 3,9 \cdot 1,78} \right\}^{1/2}} = 15,39 \text{ mm}$$

- c. Perencanaan perancangan ground plane

$$L_g = 6h + 2R = (6 \times 1,6 \times 10^{-3} + 2 \times 15,39 \times 10^{-3}) = 40,38 \text{ mm}$$

$$W_g = 6h + \frac{\pi}{2} R = (6 \times 1,6 \times 10^{-3} + \frac{3,14}{2} \times 15,39 \times 10^{-3}) = 33,76 \text{ mm}$$

- d. Saluran transmisi

$$B = \frac{60 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{60 \times 3,14^2}{50 \sqrt{3,9}} = \frac{591,576}{98,75} = 5,990$$

Untuk menentukan lebar saluran menggunakan persamaan:

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

$$\begin{aligned}
&= \frac{2 \times 1,6}{3,14} \left\{ 5,990 - 1 - 2,396 + \frac{3,9-1}{2 \times 3,9} [1,607 + 0,39 - 0,156] \right\} \\
&= 1,019 \{3,28\} \\
&= 3,342 \text{ mm}
\end{aligned}$$

e. Panjang saluran transmisi mikstrostrip

$$\begin{aligned}
L &= \frac{1}{4} \lambda_d \\
&= \frac{1}{4} \cdot 0,0607 = 0,015
\end{aligned}$$

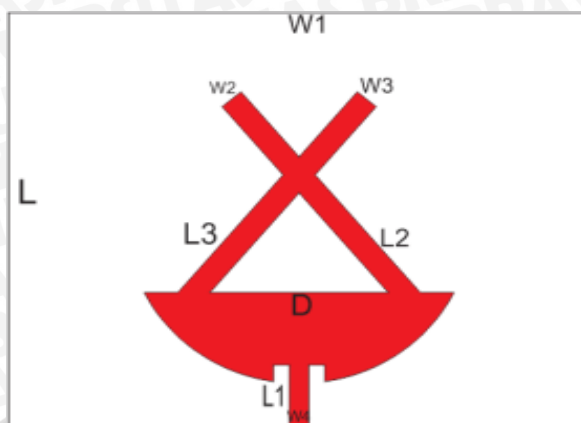
Setelah didapatkan perhitungan dimensi antenna, hal ini masih belum dapat memuaskan hasil simulasi yang dibutuhkan. Perlu dilakukan optimasi guna memperoleh nilai parameter yang dapat bekerja dengan baik. Setelah melakukan optimasi, didapatkan perhitungan seperti pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Ukuran Antena *Single Patch*

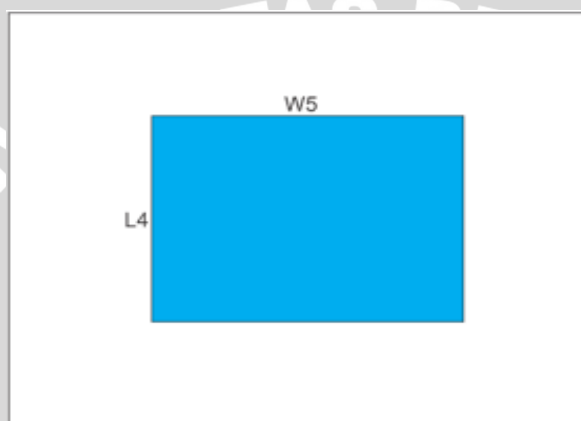
Lambang	Nama Dimensi	Ukuran (mm)
L	Panjang Substrat	70
L1	Panjang Saluran transmisi	11
D	Diameter <i>Patch</i>	48
L2	Panjang kotak	43
L3	Panjang Kotak	43
W1	Lebar Substrat	91
W2	Lebar Kotak	4
W3	Lebar Kotak	4
W4	Lebar Saluran Transmisi	3
W5	Lebar <i>Ground Plane</i>	4,9
L4	Panjang <i>Ground Plane</i>	3,9

Hasil desain antenna dengan *single patch* beserta *ground plane* digambarkan seperti pada **Gambar 3.14** dan **Gambar 3.15**.

Pada proses fabrikasi, penulis tidak memantau secara langsung proses fabrikasi antenanya baik *single patch* dan *array*. Jadi, sangat memungkinkan terjadinya perbedaan hasil pengukuran antara simulasi dengan pengukuran sebenarnya.



Gambar 3.14. Dimensi antenna dengan *Single Patch*



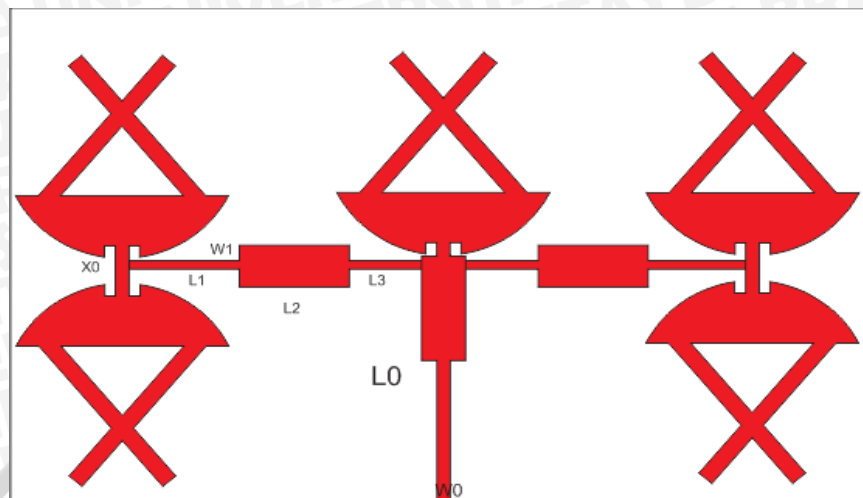
Gambar 3.15. Dimensi *Ground Plane*

Setelah melakukan perancangan antenna dengan *single patch*, selanjutnya adalah merancang antenna *array* 5x1. Perancangan ini bertujuan agar dapat memperoleh *gain* yang lebih besar. Antena mikrostrip ini akan memiliki 5 *patch* yang berukuran sama, lalu disambung kelima *patch* tersebut. Lalu, ditambahkan kotak-kotak diantara panjang saluran transmisi agar dapat menaikkan *gain*. Ukuran dimensi antenna *array* ditunjukkan pada **Tabel 3.3**.

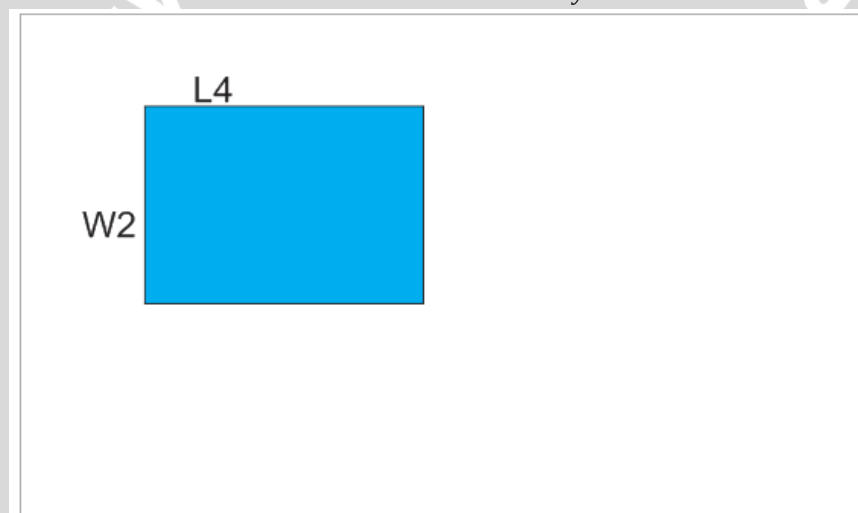
Tabel 3.3 Ukuran Antena *Array*

Lambang	Nama Dimensi	Ukuran (mm)
W0	Lebar saluran transmisi	3
L0	Panjang saluran transmisi	61
X0	Jarak antar <i>patch</i>	11
L1	Panjang saluran transmisi horizontal 1	22
L2	Panjang kotak	25
L3	Panjang saluran transmisi	16
W1	Lebar kotak	10

Hasil desain antenna *array* beserta *ground plane* digambarkan pada **Gambar 3.16** dan **Gambar 3.17**.



Gambar 3.16. Antena Array



Gambar 3.17. Ground Plane Antena Array

3.5 Pengukuran Parameter Antena

Pengukuran parameter antena dilakukan supaya dapat mengetahui performansi antena setelah di fabrikasi. Untuk melakukan pengukuran parameter antenna, perlu diketahui bahwa parameter-parameter yang akan diamati adalah *Return Loss*, *VSWR*, *Gain*, Pola Radiasi, dan Polarisasi. Pengukuran dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Politeknik Negeri Malang.

3.5.1 Pengukuran *Return Loss*, Perhitungan Koefisien Pantul dan *VSWR*.

Pengukuran *return loss* dilakukan agar dapat diketahui nilai *VSWR* dan koefisien pantul antena. Pengukuran ini menggunakan alat-alat pengukuran beserta kelengkapannya seperti berikut:

1. GW Instek *Spectrum Analyzer* GSP-827 2,7 GHz
2. *Directional Coupler*
3. Antena uji (antena mikrostrip single patch dan array)
4. Kabel koaksial RG-58A/U
5. Kabel *adapter* N to BNC

3.5.2 Pengukuran *Gain* Antena

Dari pengukuran *gain* antena, akan didapatkan nilai parameter-parameter seperti daya antena referensi (Pref), daya antena yang diukur (PRx), dan *gain* antena yang diukur melalui perhitungan rumus yang telah ditentukan. Pengukuran ini menggunakan alat-alat pengukuran beserta kelengkapannya seperti berikut:

1. Aeroflex IFR 3413 *Signal Generator* 250 kHz – 3 GHz
2. GW Instek *Spectrum Analyzer* GSP-827 2,7 GHz
3. Dua buah antena standar *dipole* $\lambda/2$
4. Antena mikrostrip (*Single Patch* dan *Array*)
5. Kabel *adapter* N to BNC
6. Dua Buah Tiang Penyangga

3.5.3 Pengukuran Polarisasi

Setelah melakukan pengukuran *Gain*, selanjutnya adalah melakukan pengukuran polarisasi. Hasil pengukuran polarisasi didapatkan dari hasil daya yang diterima oleh antena yang diukur, yaitu antena mikrostrip (*single patch* dan *array*). Setelah didapatkan hasil daya terima, lalu berikutnya adalah melakukan normalisasi sehingga dapat diketahui polarisasinya dari diagram polar. Pengukuran ini menggunakan alat-alat pengukuran beserta kelengkapannya seperti berikut:

1. Aeroflex IFR 3413 *Signal Generator* 250 kHz – 3 GHz
2. GW Instek *Spectrum Analyzer* GSP-827 2,7 GHz
3. Dua buah antena standar *dipole* $\lambda/2$

4. Antena mikrostrip (*Single Patch* dan *Array*)

5. Kabel *adapter* N to BNC

6. Dua Buah Tiang Penyangga

3.5.4 Pengukuran Pola Radiasi

Setelah dilakukan pengukuran polarisasi, berikutnya adalah melakukan pengukuran pola radiasi. Pengukuran ini menggunakan alat-alat pengukuran beserta kelengkapannya seperti berikut:

1. Aeroflex *Signal Generator* FR M13 200 kHz – 3 GHz Aeroflex

2. GW INstek *Spectrum Analyzer* GSP-927 2,7 GHz

3. Satu buah antena standar *dipole* $\lambda/2$

4. Antena mikrostrip (*Single Patch* dan *Array*)

5. Kabel *adapter* N to BNC

6. Konektor tipe N *Female*

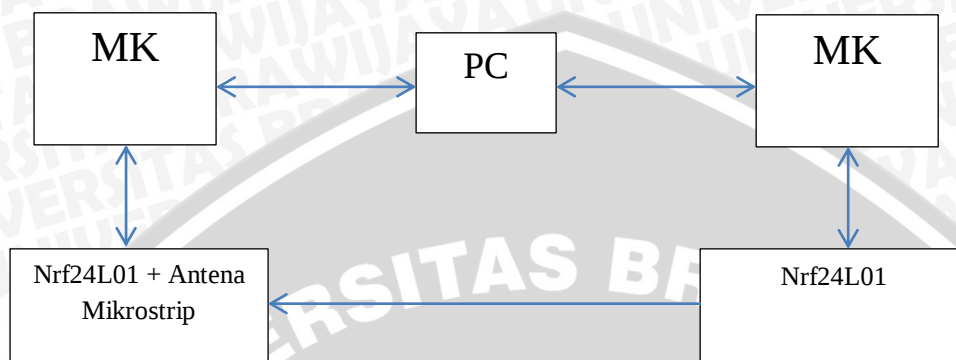
7. Dua buah tiang penyangga yang salah satunya memiliki penanda sudut putar tiap kelipatan 10°

3.6 Perancangan Transmisi Data

3.6.1 Perancangan Sistem Komunikasi Data Serial

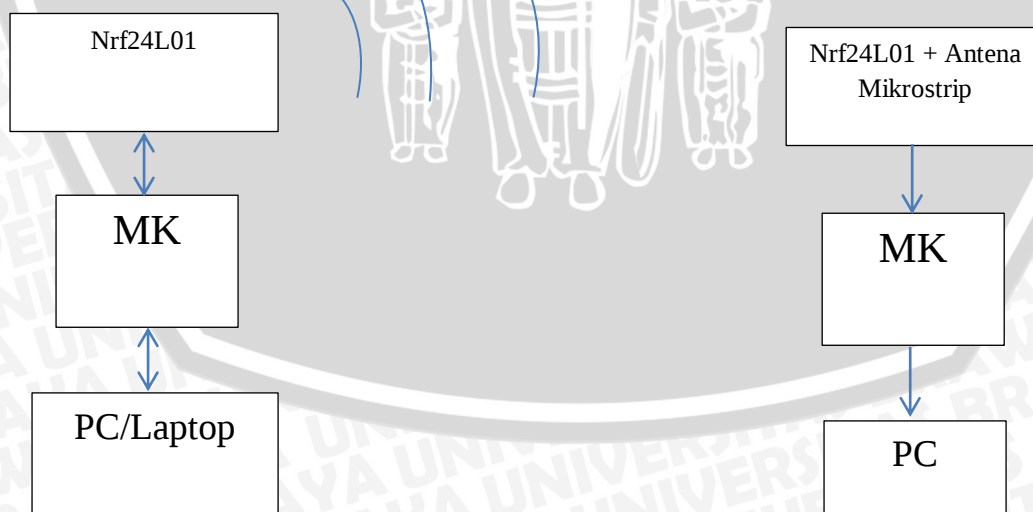
Untuk melakukan pengujian transmisi data, dirancang sebuah sistem komunikasi data serial. Sistem komunikasi ini dirancang dengan menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560, perangkat Nrf24L01, dan PC atau laptop sebagai monitoring dan memberikan perintah. Blok Nrf24L01 dengan antena mikrostrip akan dijadikan sebagai *receiver*, sedangkan blok nRF24L01 akan dijadikan sebagai *transmitter*. Blok diagram komunikasi data serial atau bisa juga disebut SPI (*Serial Pheriperal Interface*) digambarkan pada **Gambar 3.18**. Proses pengujiannya adalah laptop atau PC yang terhubung dengan mikrokontroler beserta perangkat nRF24L01 akan mengirimkan sebuah pesan berupa kata melalui sebuah program bernama *Arduino*. Lalu pesan diteruskan melalui mikrokontroler, kemudian dipancarkan melalui perangkat Nrr24L01. Setelah dipancarkan oleh perangkat Nrf24L01, perangkat nRF24L01 lainnya yang telah terhubung dengan antena mikrostrip menerima pesan yang dipancarkan

oleh perangkat Nrf24L01. Setelah diterima oleh perangkat Nrf24L01 yang terhubung dengan antenna mikrostrip, pesan akan diteruskan melalui mikrokontroler dan pesan yang diterima ditampilkan di laptop atau PC.



Gambar 3.18. Blok Diagram Komunikasi Data Serial

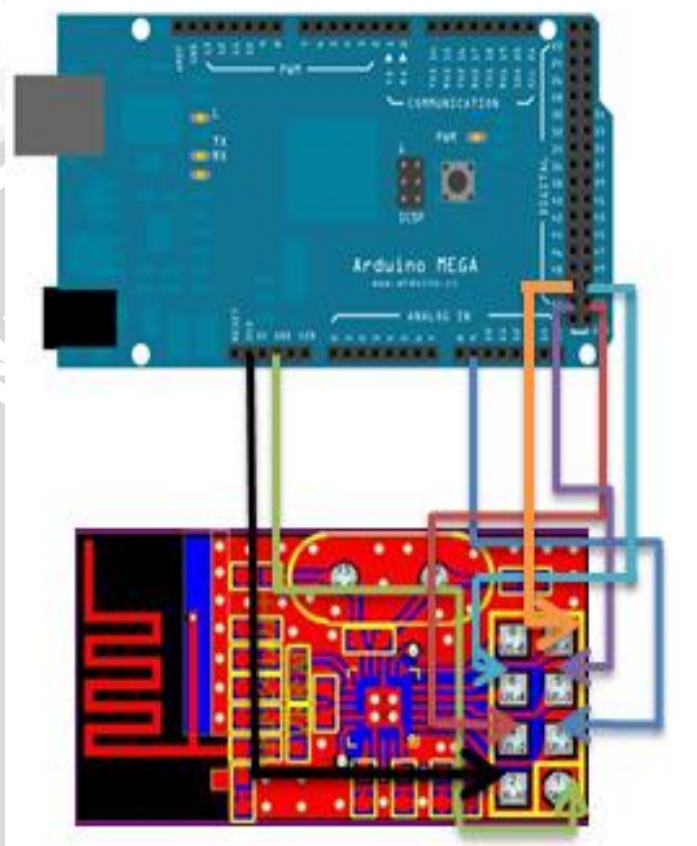
Atau sebagai alternatif juga bisa digunakan dua buah laptop atau PC. Jadi, sepasang perangkat yang terhubung dengan laptop, mikrokontroler, dan Nrf24L01 dapat berperan sebagai transmitter maupun *receiver*. Untuk penelitian kali ini, Blok Nrf24L01 dengan antenna mikrostrip tetap dijadikan sebagai *receiver*. Blok diagram alternatif komunikasi data serial ditunjukkan pada **Gambar 3.19**.



Gambar 3.19. Blok Diagram Alternatif Komunikasi Data Serial

3.6.2 Konfigurasi Penyambungan Mikrokontroler dengan Perangkat Nrf24L01

Dalam penyambungan mikrokontroler dengan Nrf24L01, perlu diketahui bahwa setiap lubang pada arduino mega memiliki alamat penyambungan yang berbeda-beda. Untuk mengetahui alamat-alamat mana saja yang harus dialamatkan antara mikrokontroler Arduino Mega 2560 dengan perangkat Nrf24L01, dapat diketahui dari **Gambar 3.20** dan **Tabel 3.4**.



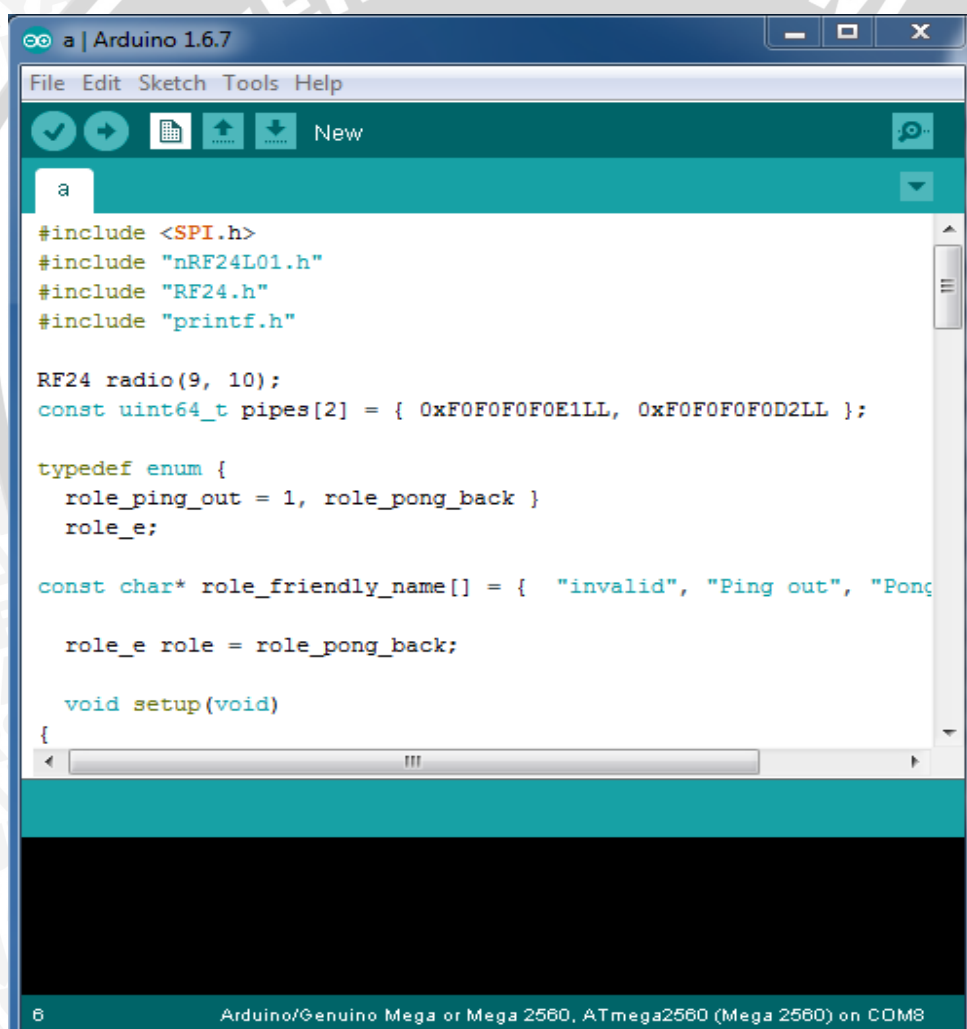
Gambar 3.20. Penyambungan Mikrokontroler dengan Nrf24L01

Tabel 3.4 Alamat Konfigurasi Komunikasi Data Serial

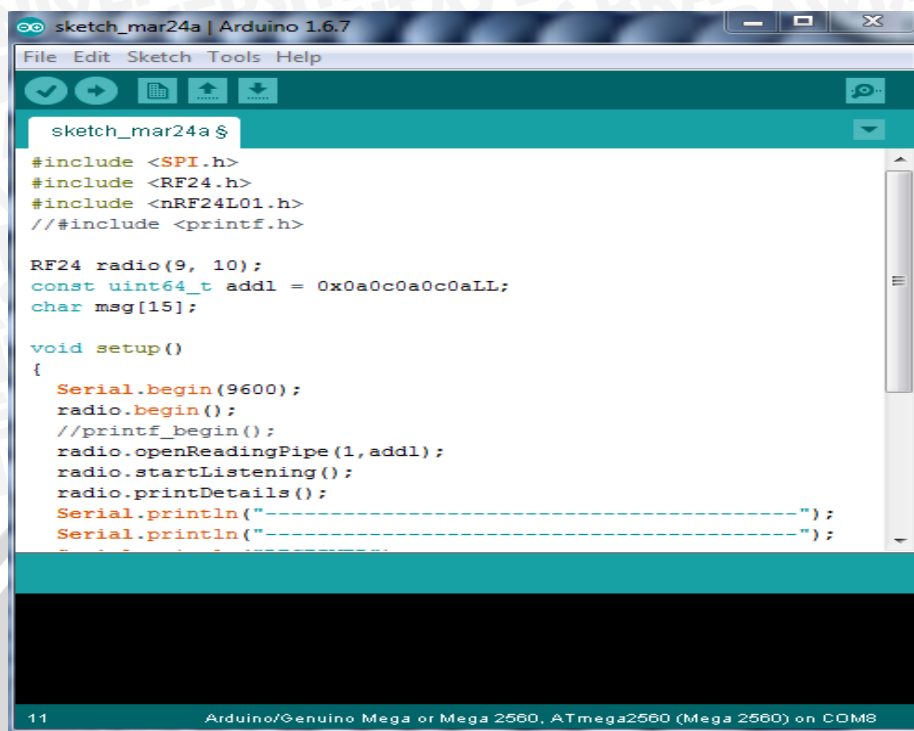
No	Alamat pada Mikrokontroler	Alamat yang dituju ke Nrr24L01
1	GND	GND
2	3,3V	VCC
3	9	CE
4	53	CSH
5	52	SCK
6	51	MOSI
7	50	MISO

3.6.3 Uji Simulasi Pengiriman Pesan

Setelah melakukan konfigurasi komunikasi data serial atau SPI (*Serial Pheriperal Interface*), selanjutnya adalah melakukan uji simulasi pengiriman pesan. Simulasi ini menggunakan perangkat lunak *Arduino* yang sudah terprogram dengan *list* program yang ada untuk melakukan pengiriman karakter suatu kata. Mode *transmitter* dan *mode receiver* dapat diubah melalui *software* ini. Meskipun sudah terdapat *list* program untuk melakukan pengujian ini, perlu diteliti kembali *script* pada *list* program supaya ketika di *compile* tidak menunjukkan adanya kesalahan pada program ini. Tampilan menu *software Arduino* sebagai *transmitter* ditunjukkan pada **Gambar 3.20**, sedangkan tampilan menu *software Arduino* sebagai *receiver* ditunjukkan pada **Gambar 3.21**.



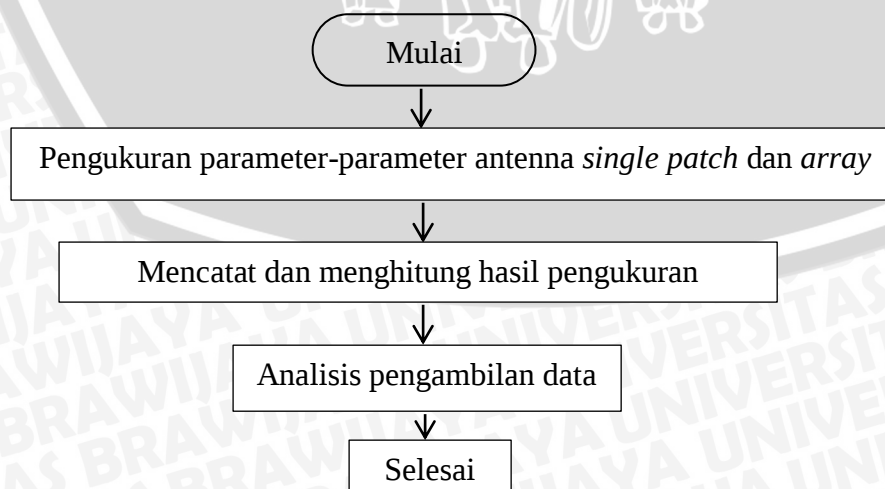
Gambar 3.20 Tampilan *Software Arduino* sebagai *Transmitter*



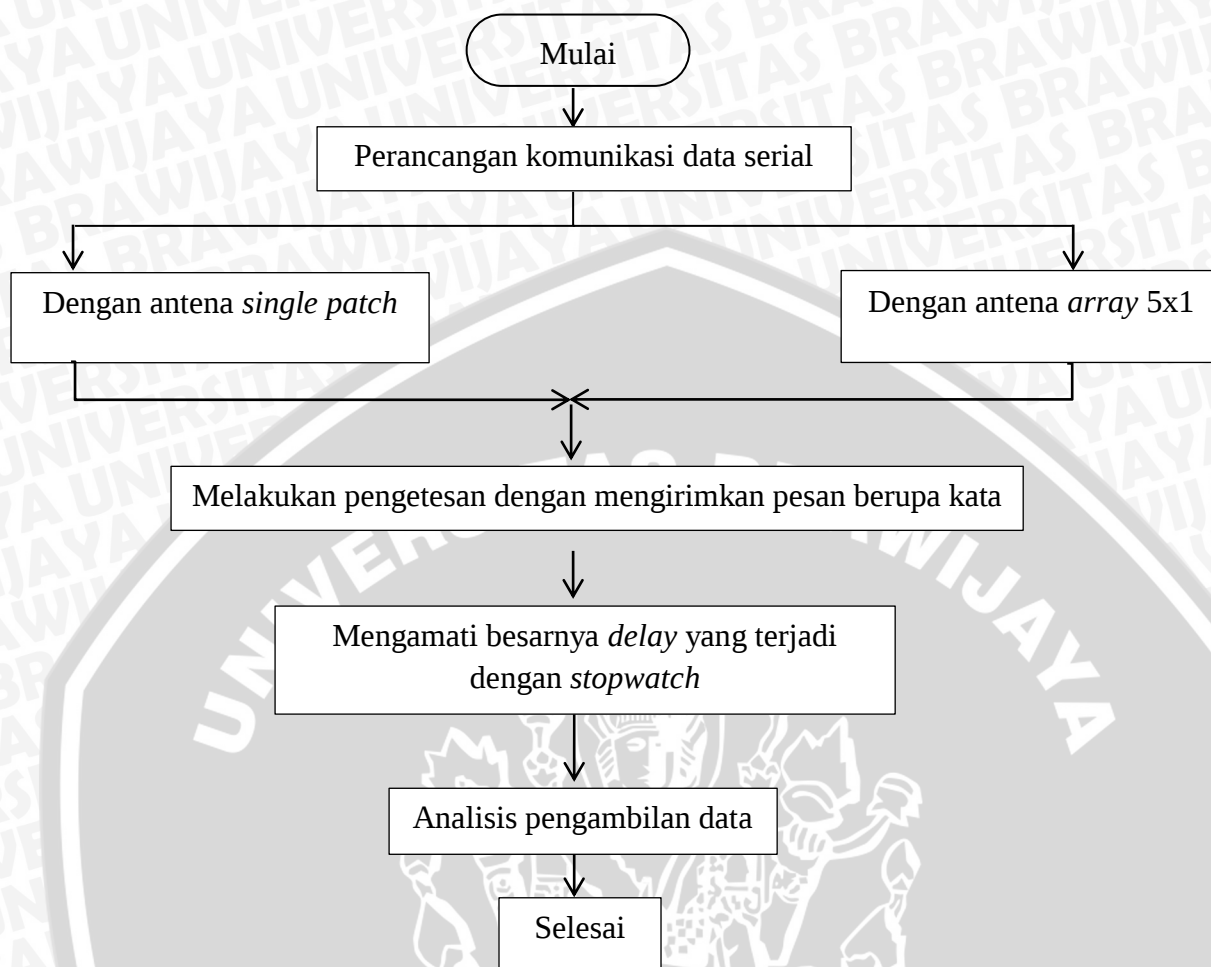
Gambar 3.21 Tampilan Software Arduino sebagai Receiver

3.7 Analisis

Analisis dilihat untuk mengetahui perbandingan nilai parameter-parameter antenna mikrostrip *single patch* dan *array*, serta mengetahui dalam menguji transmisi data pada komunikasi data serial melalui perantara *receiver* antenna mikrostrip dengan polarisasi *circular* dan antenna mikrostrip *array* 5x1 untuk menguji kelayakan dalam penerimaan data informasi. Proses analisis ini digambarkan sesuai dengan **Gambar 3.22** dan Gambar 3.33.



Gambar 3.22 Diagram Alir Analisis Perbandingan Simulasi dan Pengukuran



Gambar 3.23 Diagram Alir Analisis Pengambilan Data

3.8 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pengambilan kesimpulan ditulis berdasarkan hasil analisis dan pengujian antena yang dilakukan. Pada bagian ini dijelaskan secara singkat tentang hasil yang telah dicapai beserta saran untuk pengembangan selanjutnya.



BAB IV

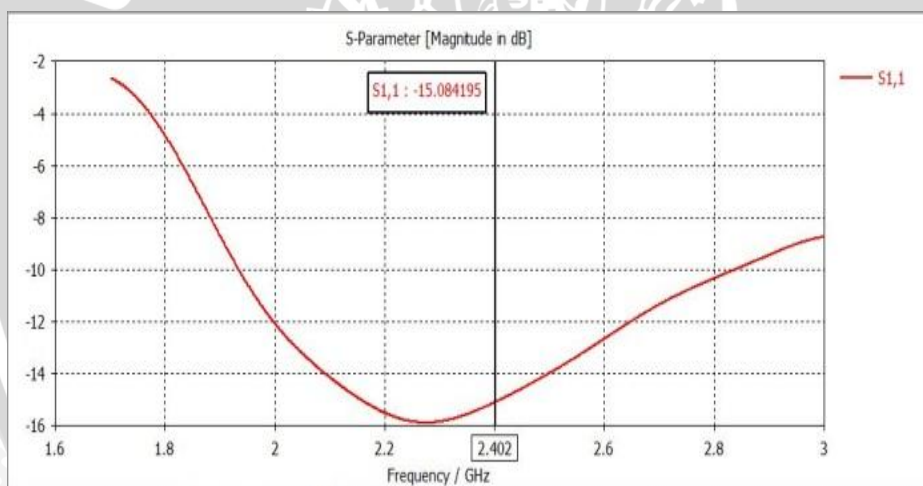
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum

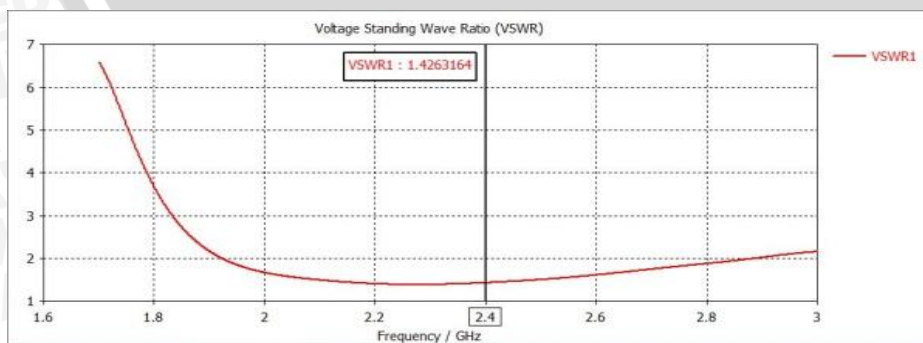
Pada bab ini akan membahas hasil simulasi antenna mikrostrip dengan *single patch* dan antenna mikrostrip *array* serta mengetahui hasil pengujian komunikasi data serial. Pengukuran parameter antenna dilakukan dengan menggunakan program *CST Studio Suite 2014*. Sedangkan pengujian dilakukan dengan program *Arduino*. Pengukuran parameter antenna terdiri dari pengukuran *Return Loss*, *VSWR*, *Axial Ratio*, dan *Polarisasi*. Sedangkan pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah pesan yang dikirim dapat tersampaikan atau tidak.

4.2 Hasil Simulasi Antena Mikrostrip dengan *Single Patch*

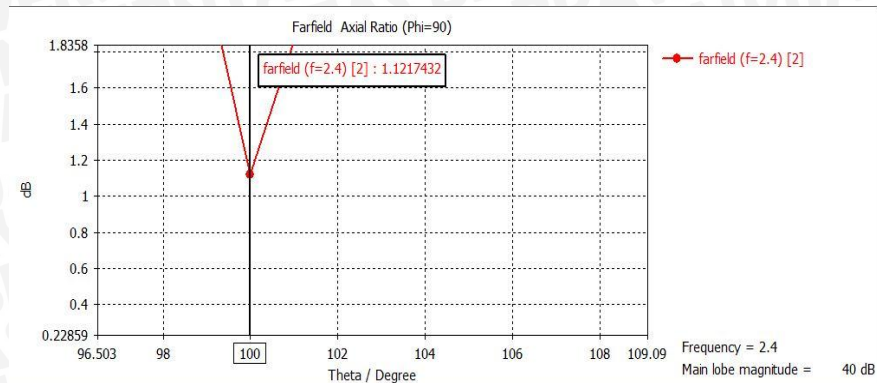
Hasil simulasi antenna mikrostrip dengan *single patch* dapat dilihat pada **Gambar 4.23**, **Gambar 4.24**, **Gambar 4.25**, dan **Gambar 4.26**.



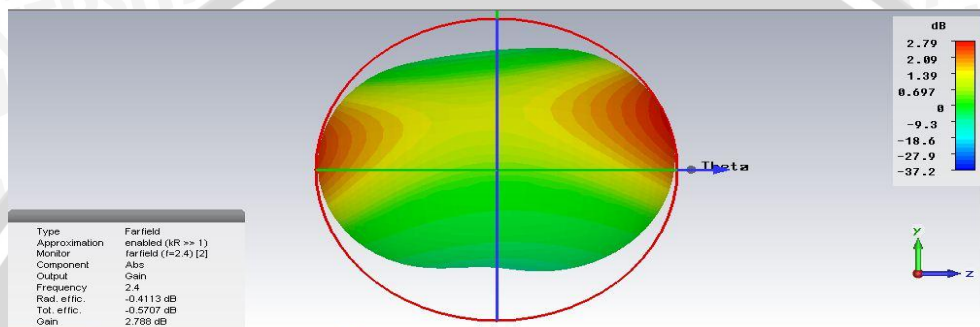
Gambar 4.24 Grafik Hasil Simulasi *Return Loss* Antena *Single Patch*



Gambar 4.25 Grafik Hasil Simulasi *VSWR* Antena *Single Patch*



Gambar 4.26 Grafik Hasil Simulasi Axial Ratio Antena Single Patch

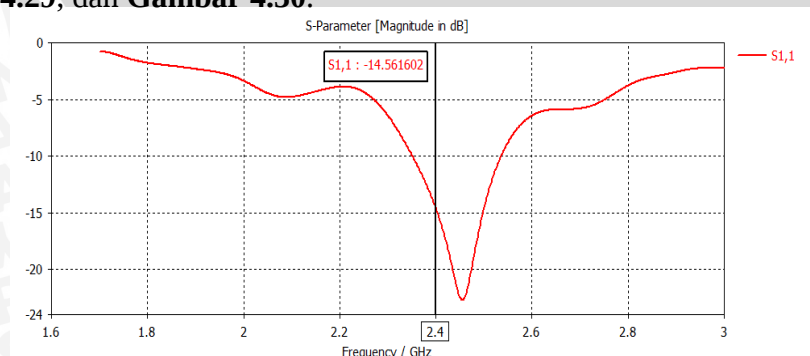


Gambar 4.27 Pola Radiasi Antena Single Patch

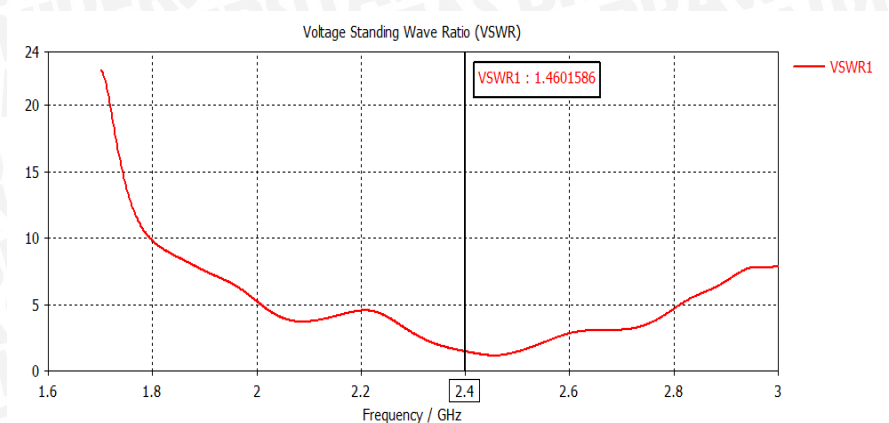
Antena ini memiliki besar S_{11} (return loss) ≤ -10 dB, yaitu -15,08 dB dan nilai VSWR yang terlihat di grafik adalah 1,4. Sedangkan *axial ratio* bernilai 1,12 dB sesuai dengan dan hal ini menandakan bahwa antena ini memiliki polarisasi *circular* karena nilai *axial ratio* di bawah 3 dB. Pola radiasi ini merupakan *directional* karena setiap bidang atau titik memiliki nilai daya pancar yang berbeda dengan nilai 2,79 dB . Besar *bandwidth* antena ini sebesar 904 MHz.

4.3 Antena Mikrostrip Array

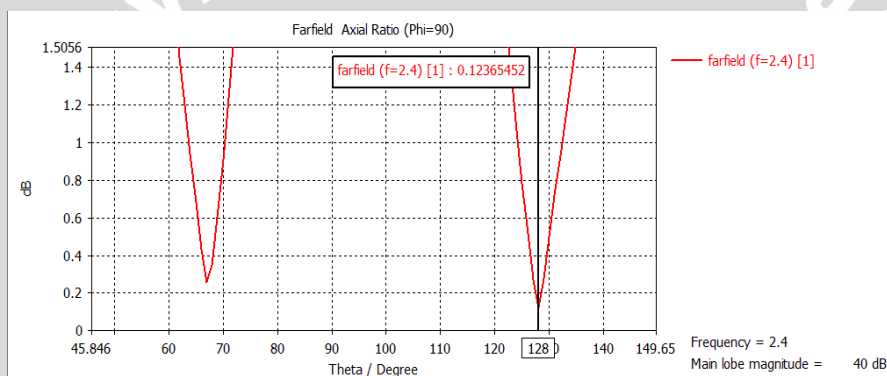
Hasil simulasi antena mikrostrip *array* dapat dilihat pada **Gambar 4.27**, **Gambar 4.28**, **Gambar 4.29**, dan **Gambar 4.30**.



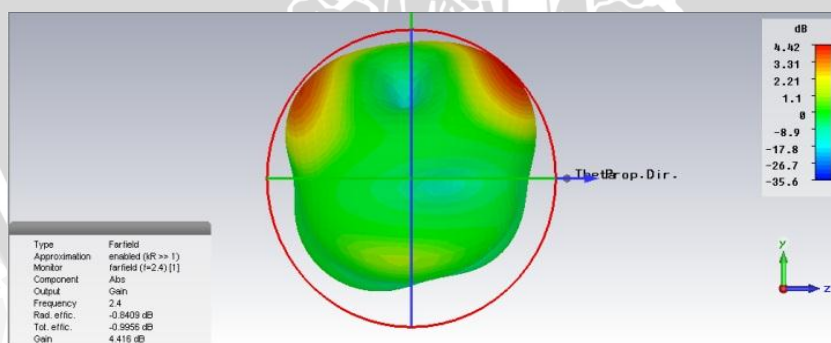
Gambar 4.28 Grafik Hasil Simulasi Return Loss Antena Array



Gambar 4.29 Grafik Hasil Simulasi VSWR Antena Array



Gambar 4.30 Grafik Hasil Simulasi Axial Ratio Antena Array



Gambar 4.31 Grafik Pola Radiasi

Antena ini memiliki besar S_{11} (return loss) ≤ -10 dB, yaitu -14,56 dB dan nilai VSWR yang terlihat di grafik adalah 1,4. Sedangkan *axial ratio* bernilai 0.1 dB dan hal ini menandakan bahwa antena ini memiliki polarisasi *circular*. Pola radiasi antena ini merupakan *directional* karena setiap bidang atau titik memiliki nilai pancar yang berbeda dengan nilai 4,42 dB. Besar *bandwidth* sebesar 180 MHz.

4.4 Pengukuran Parameter Antena Mikrostrip Beserta Perbandingannya dengan Hasil Simulasi

Setelah merancang antena mikrostrip beserta melakukan simulasi di software CST *Microwave Studio* 2014, perlu dilakukan pengukuran langsung agar dapat diketahui kondisi antena yang sebenarnya setelah difabrikasi. Parameter yang diukur meliputi *return loss*, *VSWR*, *gain*, polarisasi, dan pola radiasi.

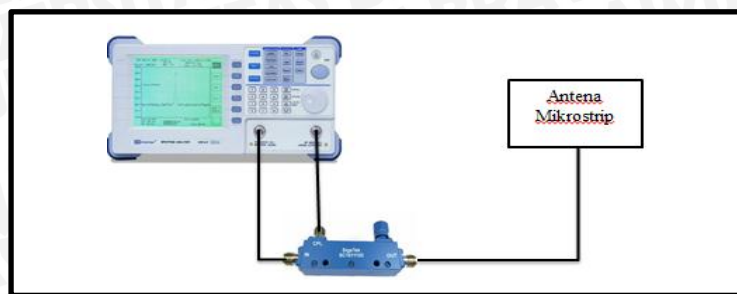
4.4.1 Pengukuran *Return Loss*

4.4.1.1 Alat-alat yang digunakan

1. GW Instek *Spectrum Analyzer* GSP-827 2,7 GHz
2. *Directional Coupler*
3. Antena uji (antena mikrostrip single patch dan array)
4. Kabel koaksial RG-58A/U
5. Kabel *adapter* N to BNC

4.4.1.2 Prosedur Pengukuran

1. Lakukan penyambungan seperti pada **Gambar 4.31**.
2. Hidupkan alat ukur *Spectrum Analyzer* GSP-827.
3. Hubungkan RF *input* pada *Spectrum Analyzer* GSP-827 dengan *directional coupler*, ujung lain dari *directional coupler* dihubungkan dengan TG *output* pada *Spectrum Analyzer* GSP-827.
4. Hubungkan RF *input* pada *Spectrum Analyzer* GSP-827 dengan *directional coupler*, ujung lain dari *directional coupler* dihubungkan dengan TG *output* pada *Spectrum Analyzer* GSP-827. Sedangkan antena uji dihubungkan dengan TG *output* ujung *directional coupler* yang lainnya.
5. Lakukan pengaturan alat ukur *Spectrum Analyzer* GSP-827 pada frekuensi 1700-2700 MHz.
6. Catat nilai level daya yang ditunjukkan oleh alat ukur pada frekuensi 1700-2700 MHz.



Gambar 4.32 Pengukuran Return Loss

4.4.1.3 Hasil Pengukuran

Besar koefisien pantul dan VSWR antenna dapat diperoleh dari persamaan (29) dan (19), yang didapatkan dari hasil pengukuran *Return Loss*.

- Perhitungan Koefisien Pantul dan VSWR Antena *Single Patch*

Setelah mendapatkan hasil pengukuran *Return Loss*, didapatkan nilai koefisien pantul dan VSWR dengan menggunakan persamaan (2-30) dan (2-20) berikut ini.

$$RL = -20 \log r$$

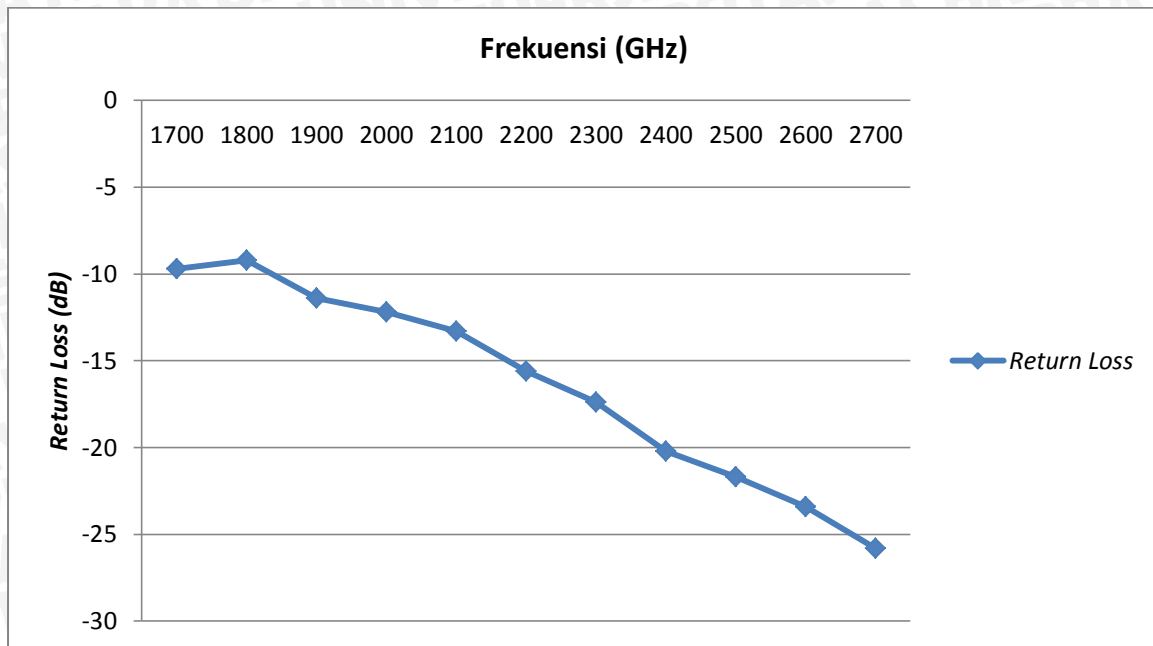
$$r = 10^{\left(\frac{RL}{20}\right)}$$

$$VSWR = \frac{1+|r|}{1-|r|} = \frac{|V_{max}|}{|V_{min}|}$$

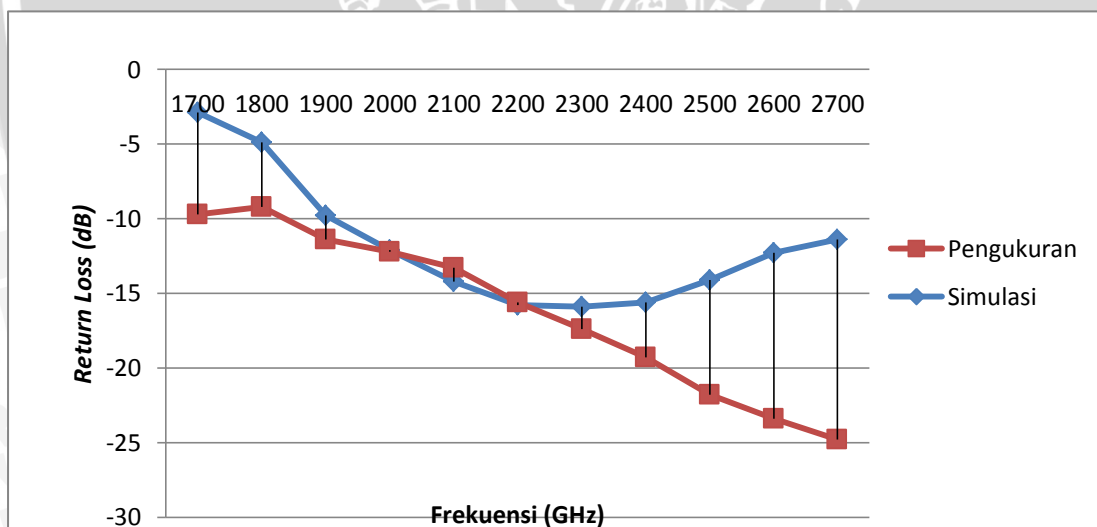
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran *Return Loss*, Perhitungan Koefisien Pantul, dan VSWR

No	Frekuensi	<i>Return Loss</i>	Koefisien Pantul	VSWR
1	1700	-9.7	0.3273	1.97
2	1800	-9.2	0.3467	2.06
3	1900	-11.4	0.2691	1.73
4	2000	-12.2	0.2454	1.65
5	2100	-13.3	0.2162	1.55
6	2200	-15.6	0.1659	1.39
7	2300	-17.4	0.1348	1.31
8	2400	-19.3	0.1083	1.24
9	2500	-21.7	0.0822	1.17
10	2600	-23.4	0.0676	1.14
11	2700	-24.8	0.0575	1.12

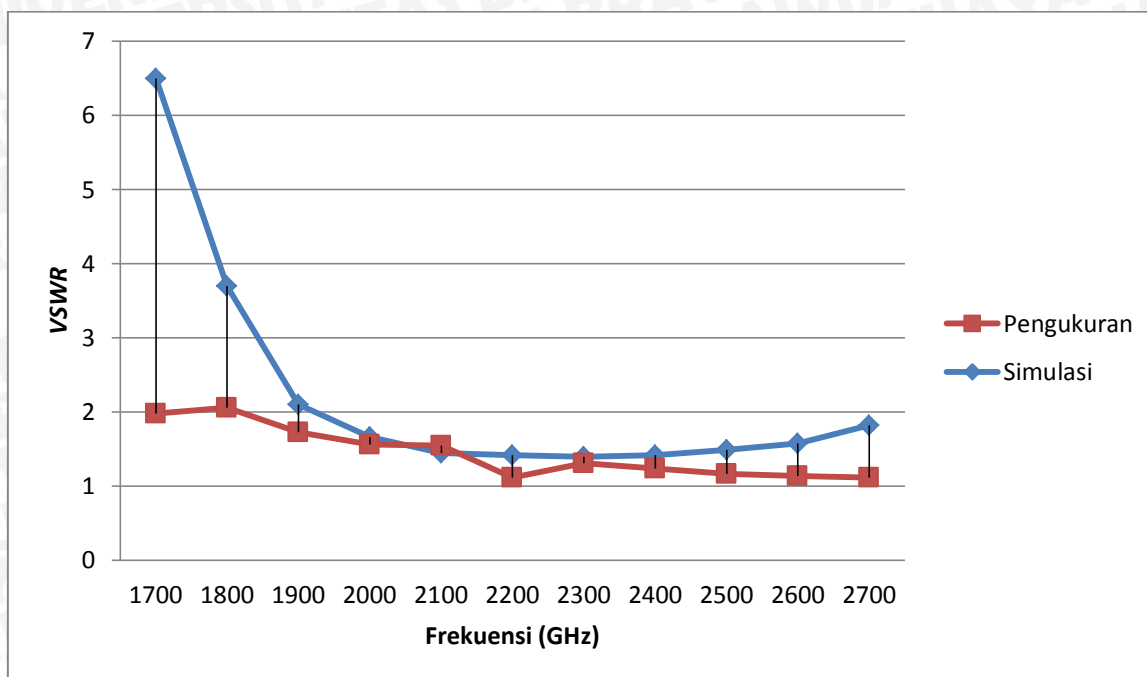
Hasil pengukuran Return Loss, Koefisien pantul, dan VSWR dinyatakan dalam Tabel 4.5 dan **Gambar 4.32** serta perbandingannya pada **Gambar 4.33** dan **Gambar 4.34**.



Gambar 4.33 Grafik Hasil Pengukuran Return Loss Antena Single Patch



Gambar 4.34 Grafik Perbandingan Return Loss Antena Single Patch



Gambar 4.35 Grafik Perbandingan VSWR Antena *Single Patch*

- Perhitungan Koefisien Pantul dan VSWR Antena *Array*

Setelah mendapatkan hasil pengukuran *Return Loss*, didapatkan nilai koefisien pantul dan VSWR dengan menggunakan persamaan (2-30) dan (2-20) berikut ini.

$$RL = -20 \log r$$

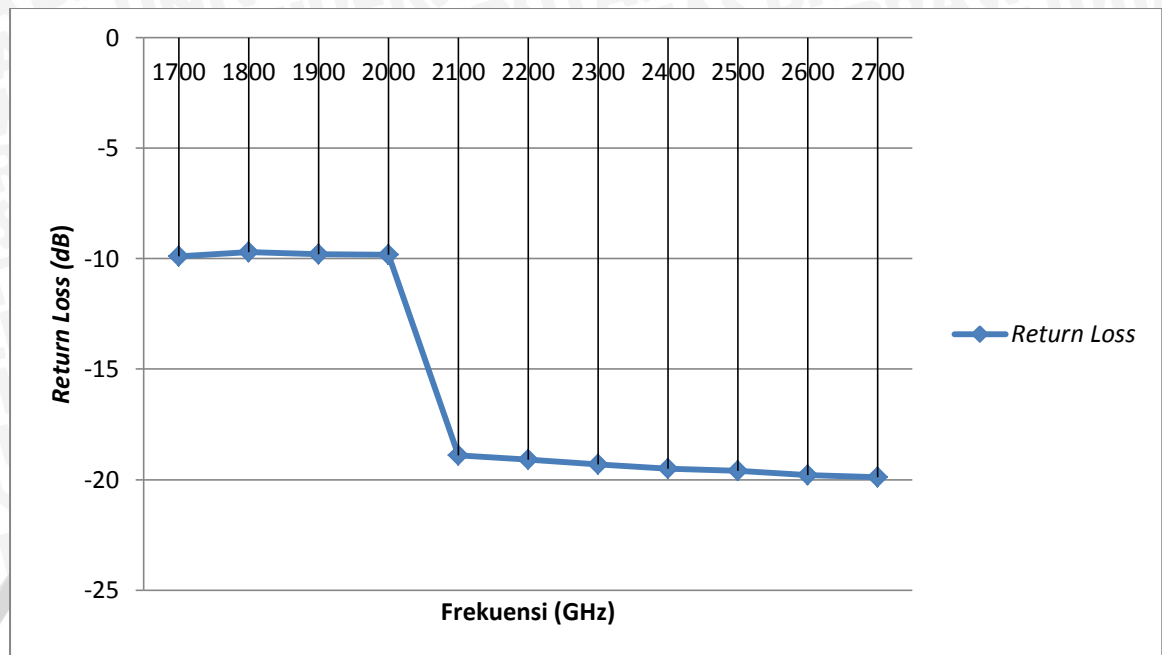
$$r = 10^{\left(\frac{RL}{20}\right)}$$

$$VSWR = \frac{1+|r|}{1-|r|} = \frac{|V_{max}|}{|V_{min}|}$$

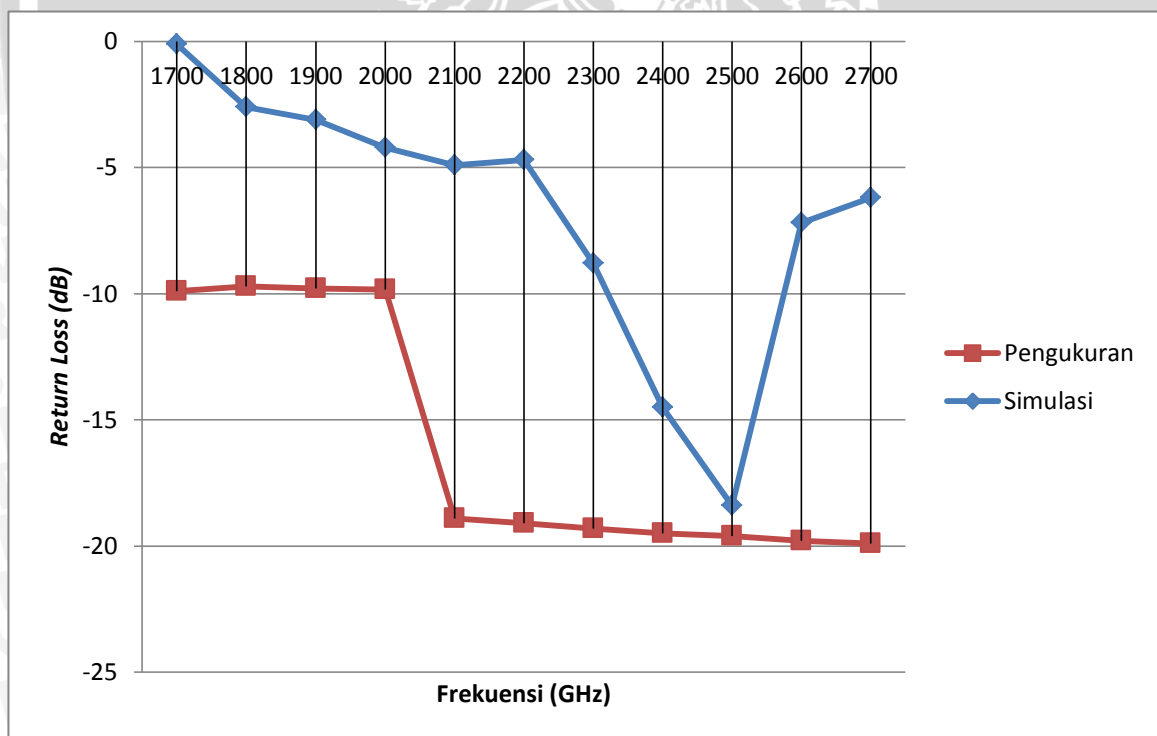
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran *Return Loss*, Perhitungan Koefisien Pantul, dan VSWR

No	Frekuensi	<i>Return Loss</i>	Koefisien Pantul	VSWR
1	1700	-9.9	0.3198	1.94
2	1800	-9.7	0.3273	1.97
3	1900	-9.8	0.3235	1.95
4	2000	-9.83	0.3224	1.95
5	2100	-18.9	0.1135	1.95
6	2200	-19.1	0.1109	1.25
7	2300	-19.3	0.1083	1.24
8	2400	-19.5	0.1059	1.23
9	2500	-19.6	0.1047	1.23
10	2600	-19.8	0.1023	1.22
11	2700	-19.9	0.1011	1.22

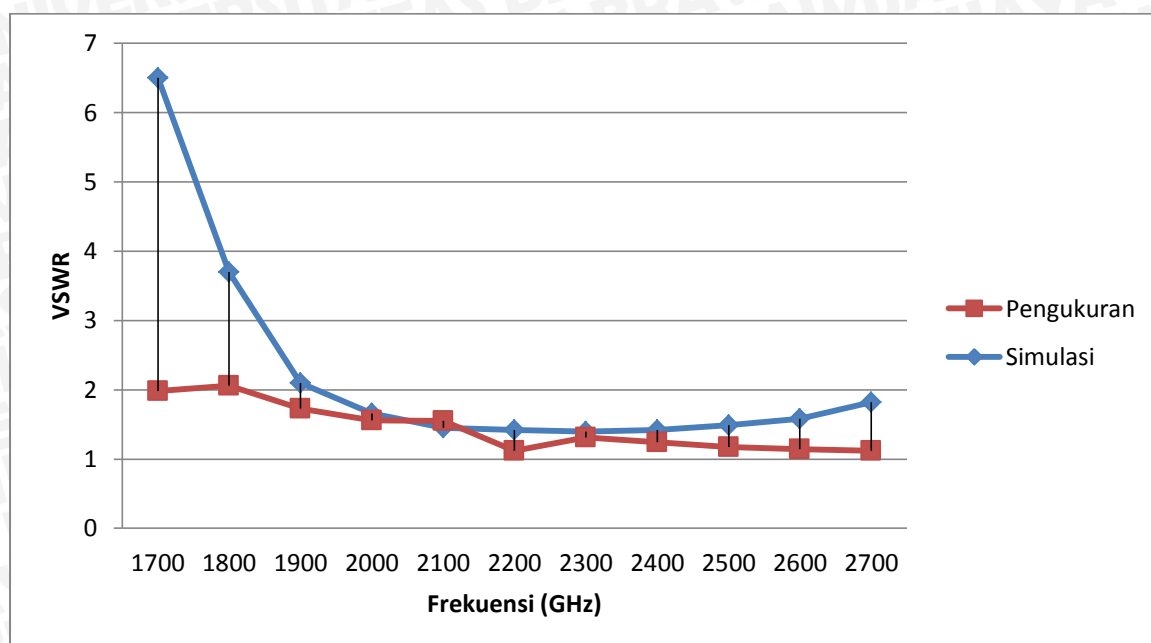
Hasil pengukuran Return Loss, Koefisien pantul, dan VSWR dinyatakan dalam Tabel 4.6 dan **Gambar 4.35** serta perbandingannya pada **Gambar 4.36** dan **Gambar 4.37**.



Gambar 4.36 Grafik Hasil Pengukuran Return Loss Antena Array



Gambar 4.37 Grafik Perbandingan Return Loss Antena Array



Gambar 4.38 Grafik Perbandingan VSWR Antena Array

4.4.1.4 Analisis Hasil Pengukuran beserta Perbandingannya

Berdasarkan hasil pengukuran *Return Loss* dan VSWR, antena mikrostrip *single patch* dan *array* memiliki nilai *return loss* ≤ -10 dB dan nilai VSWR dibawah 2 meskipun terdapat perbedaan hasil simulasi dengan hasil pengukuran. Hal ini dikarenakan hasil fabrikasi antena yang berbeda dengan spesifikasi, yaitu dengan ketebalan antena yang berbeda dengan antena perancangan di simulasi.. Namun, kedua antena tersebut dapat bekerja pada frekuensi 2,4 GHz.

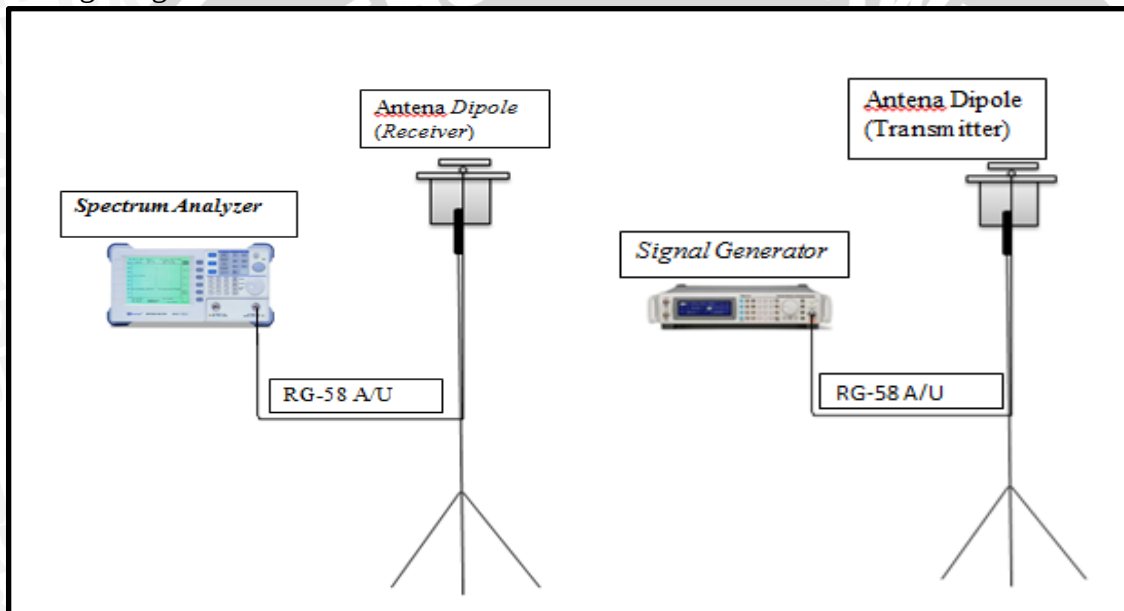
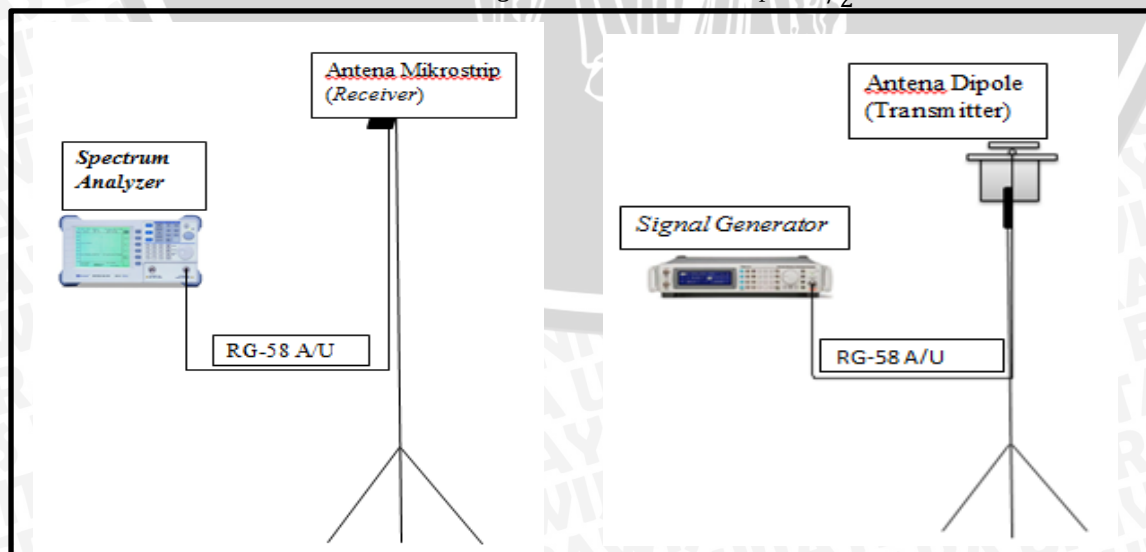
4.4.2 Pengukuran *Gain* Antena

4.4.2.1 Alat-alat yang digunakan

1. Aeroflex IFR 3413 *Signal Generator* 250 kHz – 3 GHz
2. GW Instek *Spectrum Analyzer* GSP-827 2,7 GHz
3. Dua buah antena standar *dipole* $\lambda/2$
4. Antena mikrostrip (*Single Patch* dan *Array*)
5. Kabel *adapter* N to BNC
6. Dua Buah Tiang Penyangga

4.4.2.2 Prosedur Pengukuran

1. Lakukan seperti pada **Gambar 4.38** dan **Gambar 4.39** setelah melakukan pengukuran *gain* antenna dipole $\frac{1}{2} \lambda$.
2. Mengatur signal generator pada frekuensi 2,39-2,44 GHz dan catat daya antenna dipole $\frac{1}{2} \lambda$ yang diukur pada *Spectrum Analyzer*.
3. Mengubah frekuensi *Sweep Oscillator* pada *Signal Generator* setiap 10 kHz dan catat daya antenna dipole $\frac{1}{2} \lambda$ yang terukur pada *Spectrum Analyzer*.
4. Antena dipole $\frac{1}{2} \lambda$ pada penerima (referensi) diganti dengan antena uji yang berupa dua antena mikrostrip.
5. Ulangi langkah 2 dan 3

Gambar 4.39 Pengukuran *Gain* Antena Dipole $\frac{1}{2} \lambda$ Gambar 4.40 Pengukuran *Gain* Antena Mikrostrip

4.4.2.3 Hasil Pengukuran Antena *Single Patch* dan *Array*

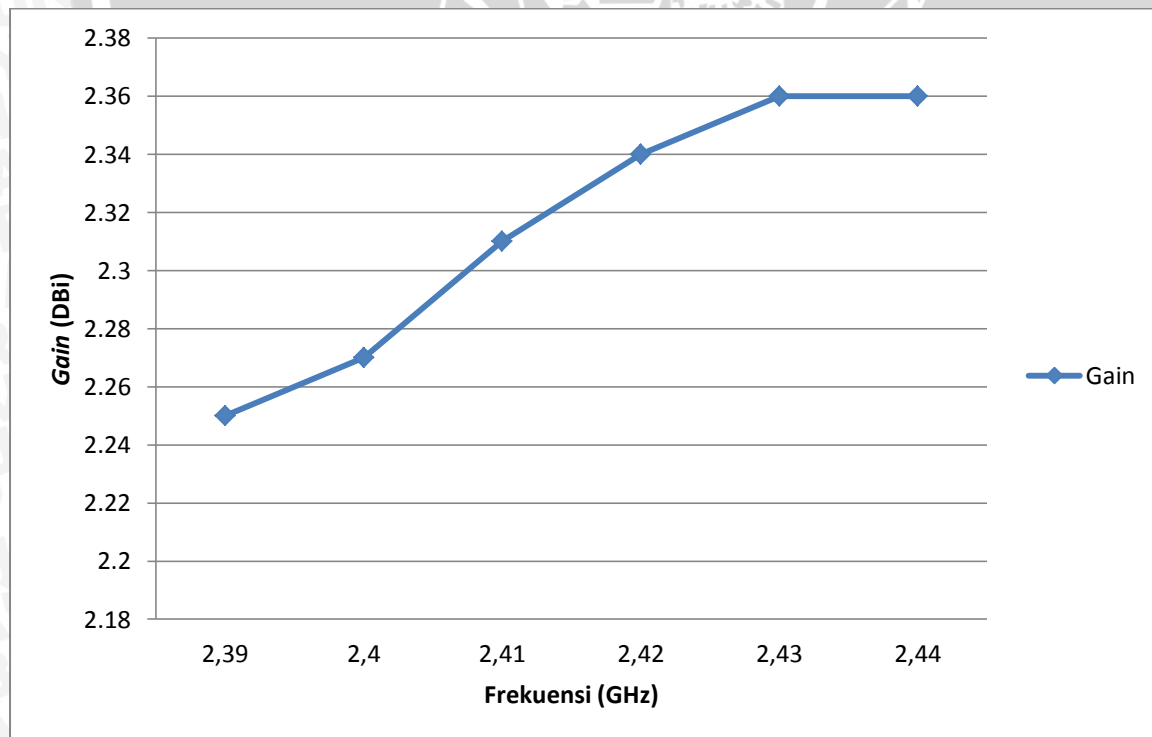
Besar *Gain* Antena dapat diperoleh dari persamaan (2-27), yang didapatkan dari daya antena referensi (P_{ref}) dan daya antena yang diuji (P_U). Persamaan tersebut dinyatakan seperti berikut.

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm})$$

Berdasarkan persamaan tersebut, hasil perhitungan *gain* antena *single patch* dinyatakan dalam **Tabel 4.7** dan **Gambar 4.40**. Hasil perhitungan *gain* antena *array* dinyatakan dalam **Tabel 4.8** dan **Gambar 4.41**.

Tabel 4.7 Tabel Hasil Pengukuran *Gain* Antena *Single Patch*

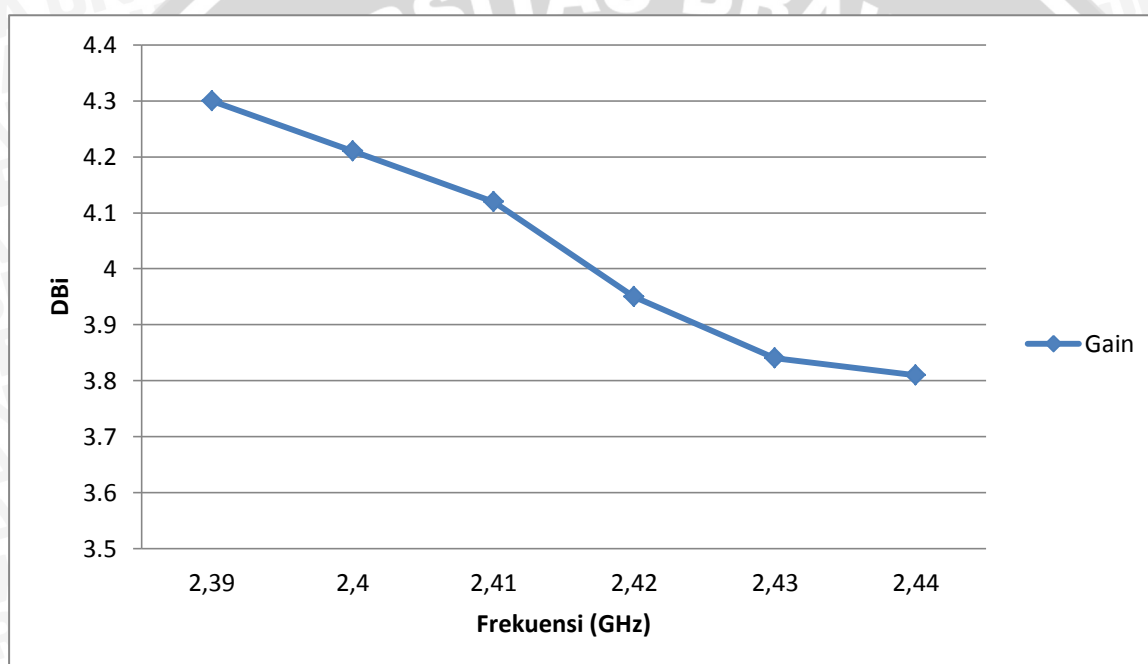
Frekuensi (GHz)	Preff	Pu	Gu (dbi)
2,39	-67,3	-67,4	2,25
2,4	-65,1	-65,22	2,27
2,41	-66,3	-66,46	2,31
2,42	-65,2	-65,39	2,34
2,43	-63,2	-63,41	2,36
2,44	-63,6	-63,81	2,36



Gambar 4.41 Grafik Hasil Pengukuran *Gain* Antena Mikrostrip *Single Patch*

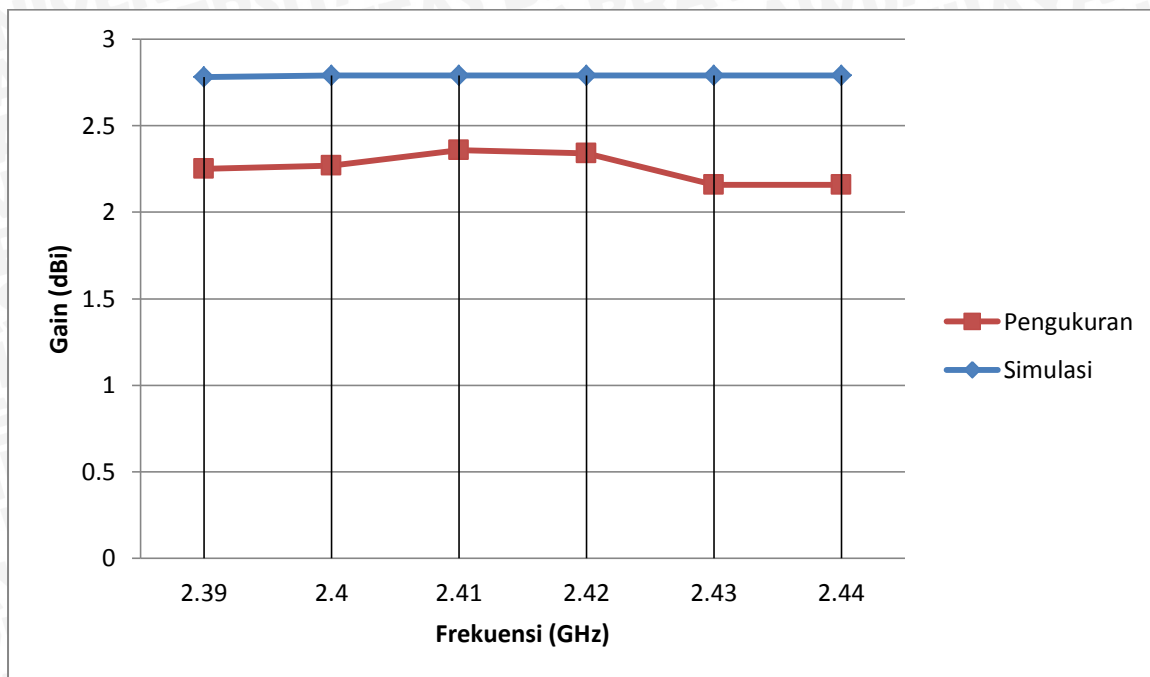
Tabel 4.8 Tabel Hasil Pengukuran *Gain* Antena Array

Frekuensi (GHz)	Preff	Pu	Gu (dbi)
2,39	-67,3	-63,04	4.3
2,4	-65,1	-61,32	4.21
2,41	-66,3	-63,27	4.12
2,4	-65,2	-62,18	3.95
2,43	-63,2	-60,32	3.84
2,44	-63,6	-60,84	3.81

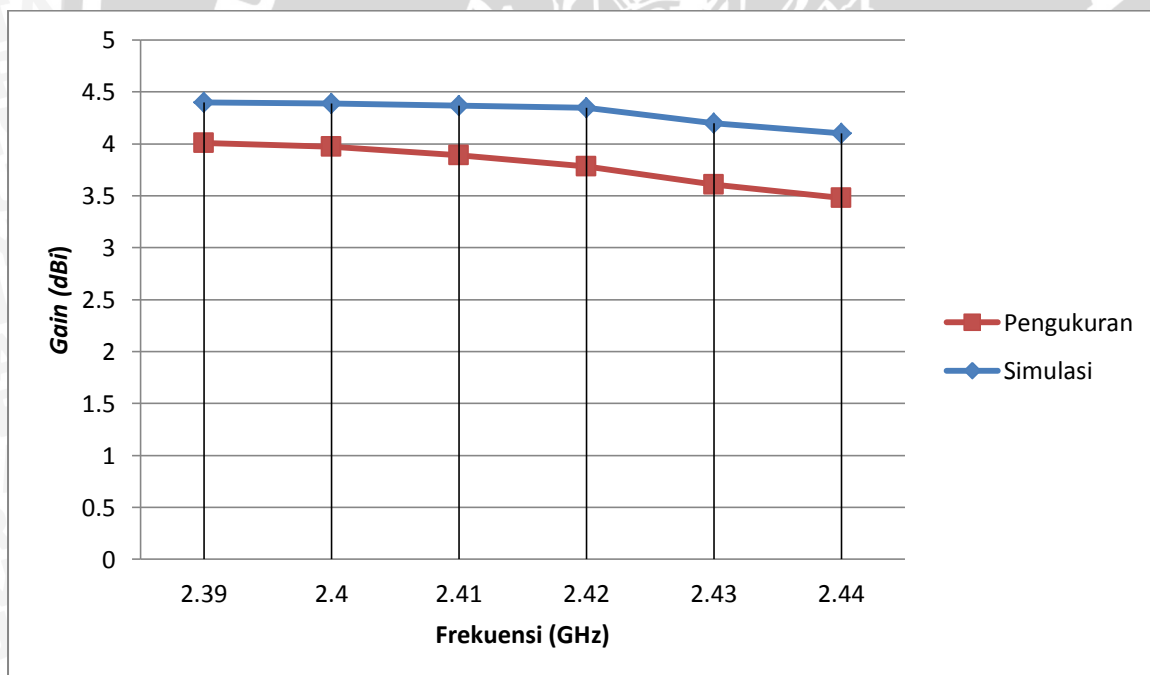
**Gambar 4.42** Grafik Hasil Pengukuran *Gain* Antena Array

4.4.2.4 Analisis Hasil Simulasi dan Perbandingan Gain Antena Mikrostrip *Single Patch* dan Array

Hasil perbandingan simulasi dan pengukuran antena mikrostrip *single patch* dan array ditunjukkan pada **Gambar 4.42** dan **Gambar 4.43**. Dari hasil pengukuran gain terlihat bahwa hasil dari simulasi dan pengukuran tidak sama persis. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh antena setelah difabrikasi sehingga kekuatan untuk menerima daya kurang maksimal. Selain itu, faktor penyambungan antara *port* dan antena mikrostrip dengan solder yang menyebabkan pendistribusian gelombang elektromagnetik menjadi kurang maksimal.



Gambar 4.43 Grafik Perbandingan *Gain* Antena Mikrostrip Single Patch



Gambar 4.44 Grafik Perbandingan *Gain* Antena Mikrostrip Array

4.4.3 Pengukuran Polarisasi

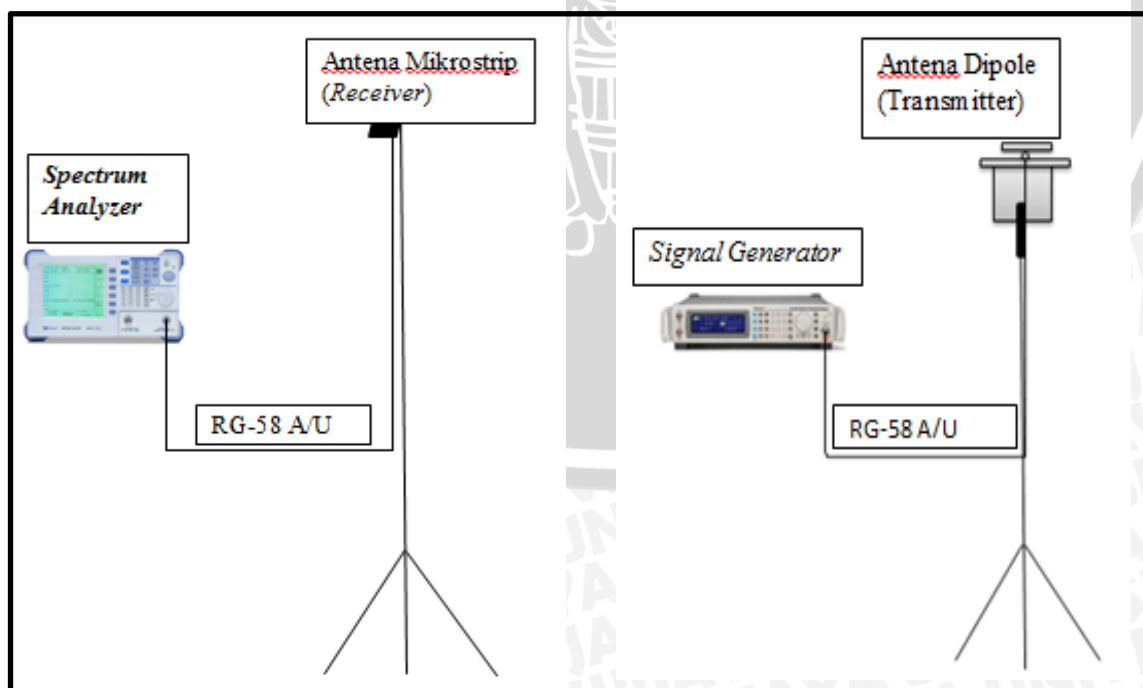
4.4.3.1 Alat-alat yang digunakan

1. Acroflex *Signal Generator* FR M13 200 kHz – 3 GHz
2. GW Instek *Spectrum Analyzer* GSP-827 2,7 GHz

3. Satu buah antenna standar *dipole* $\lambda/2$
4. Antena mikrostrip (*Single Patch* dan *Array*)
5. Kabel *adapter* N to BNC
6. Dua buah tiang penyangga yang salah satunya memiliki penanda sudut putar tiap kelipatan 10°

4.4.3.2 Prosedur pengukuran polarisasi

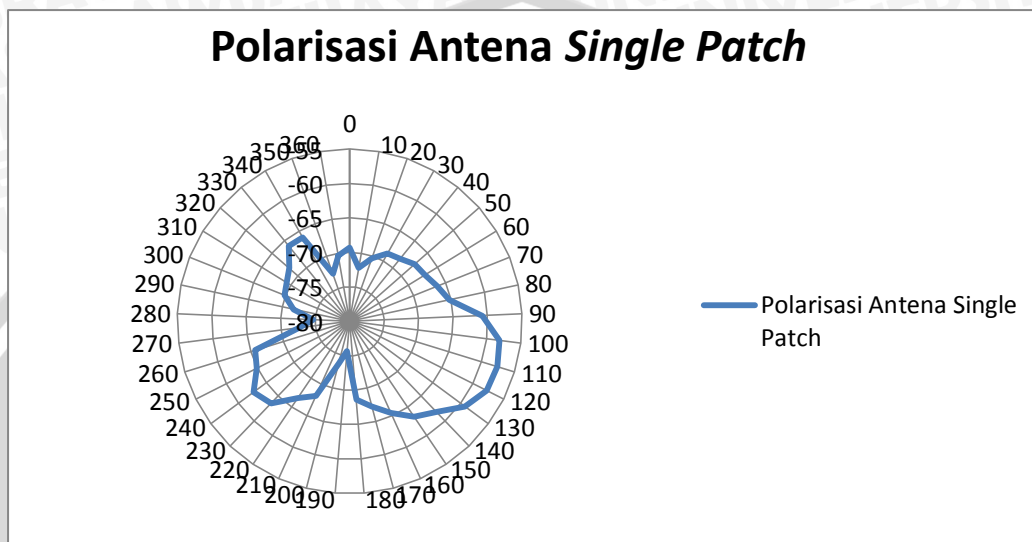
1. Lakukan seperti **Gambar 4.44**.
2. Melakukan pemasangan antena *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ sebagai antena pemancar dengan menghubungkannya ke *signal generator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U.
3. Memasang antena uji sebagai antena penerima dengan menghubungkannya ke *Spectrum Analyzer* menggunakan koaksial RG-58A/U.
4. Melakukan perpindahan posisi antena pemancar sejajar dengan antena uji, kemudian mengatur *signal generator* pada frekuensi 2,4 GHz.
5. Mengatur antena uji pada sumbu horizontal antena dari 0° sampai 360° dengan interval 10° dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *spectrum analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran.
6. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudutnya



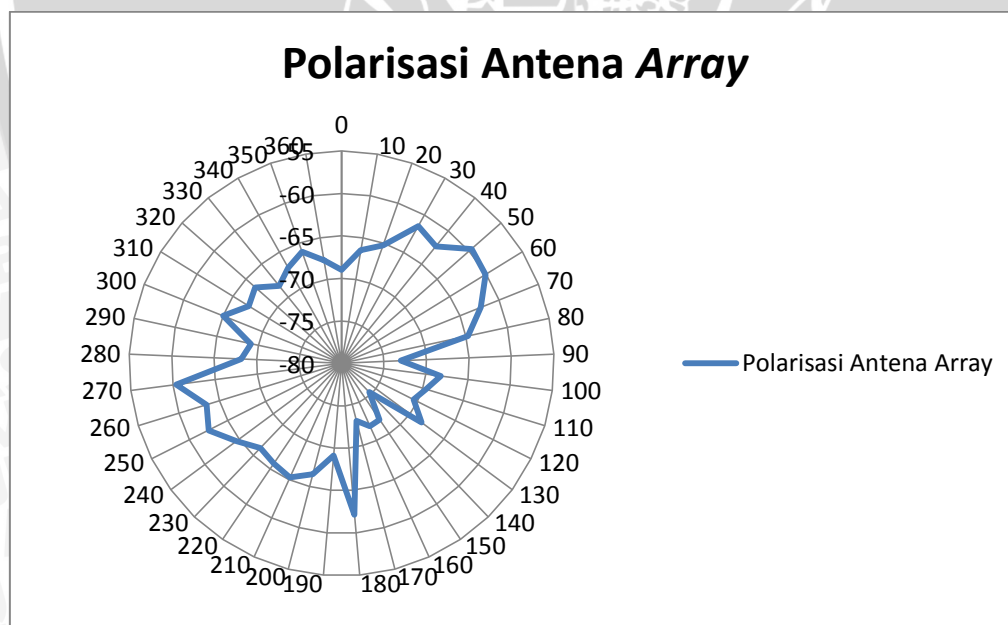
Gambar 4.45 Pengukuran Polarisasi

4.4.3.3 Hasil Pengukuran Polarisasi

Hasil pengukuran polarisasi antenna mikrostrip *single patch* ditunjukkan pada **Gambar 4.45**. Sedangkan hasil pengukuran polarisasi antenna mikrostrip array ditunjukkan pada **Gambar 4.46**. Kedua antenna sama-sama memiliki polarisasi circular karena salah satu sudutnya berada pada level daya yang paling rendah.



Gambar 4.46 Hasil Pengukuran Polarisasi Antena *Single Patch*

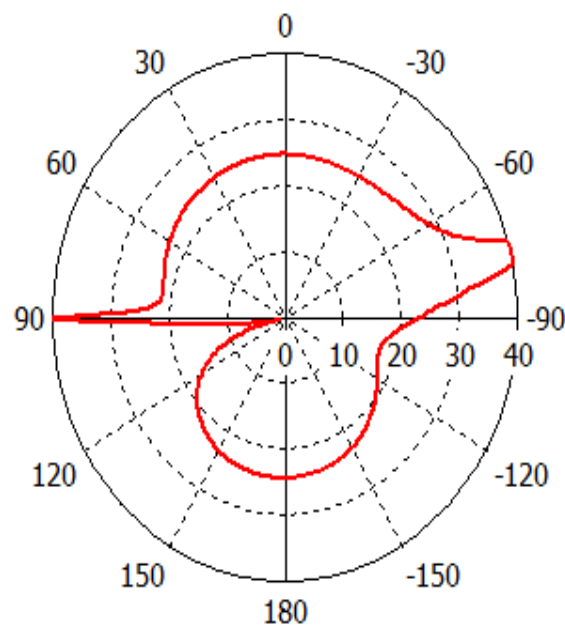


Gambar 4.47 Hasil Pengukuran Polarisasi Antena *Array*

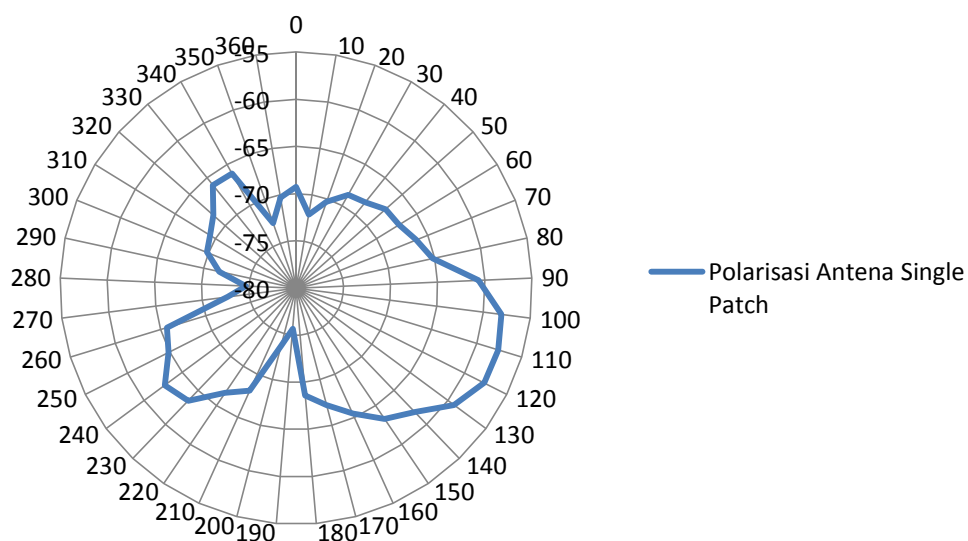
4.4.3.4 Analisis Hasil Simulasi dan Pengukuran Polarisasi

Hasil simulasi dan pengukuran polarisasi kedua antenna baik antenna mikrostrip *single*

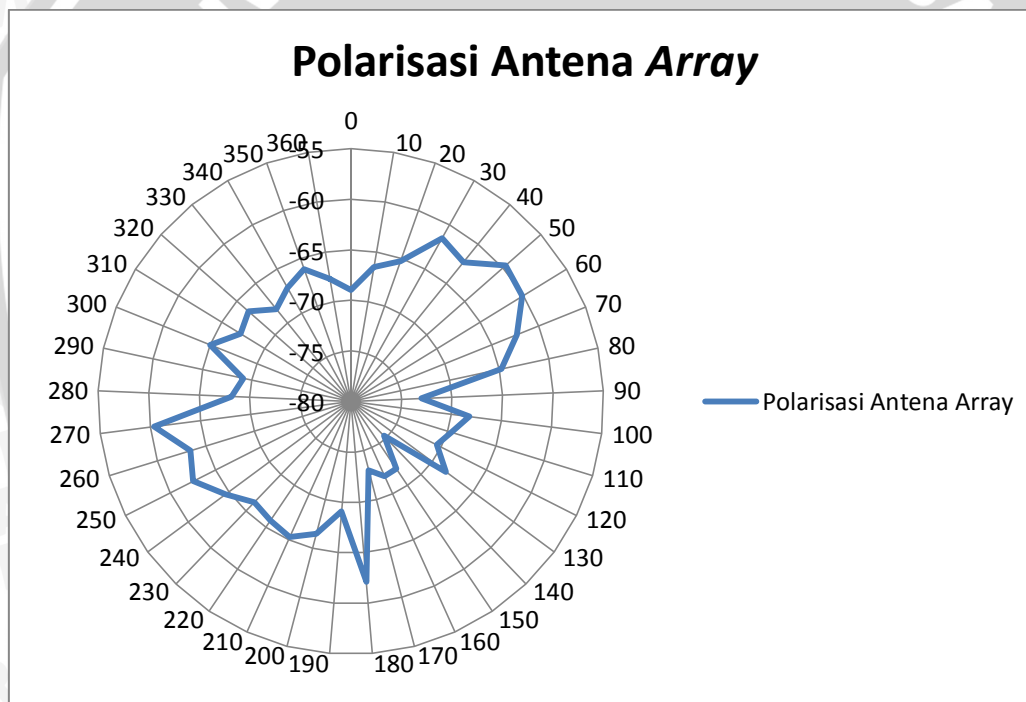
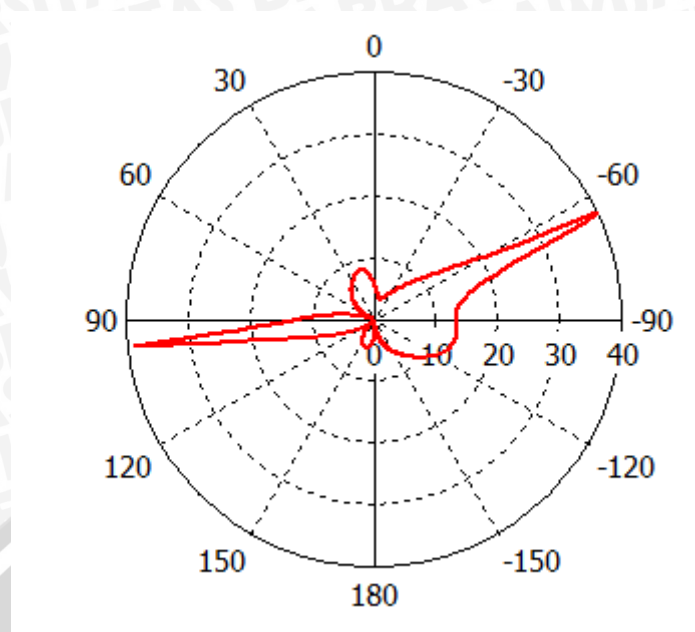
patch dan *array* menunjukkan bahwa polarisasi kedua antenna ini merupakan polarisasi *circular*. Hal ini dikarenakan axial ratio dari kedua antenna tersebut berada pada rentang $0 \leq 3$ dB. Perbandingan kedua antenna ini ditunjukkan pada **Gambar 4.47** dan **Gambar 4.48**. Terjadinya perbedaan grafik polarisasi dikarenakan pengukuran dilakukan berdasarkan peletakan antenna yang berada pada sudut 0° , sedangkan simulasi dilakukan pada sudut 90° . Hal ini dikarenakan sulitnya menggeser antenna ke sudut 90° yang dapat menyebabkan putusny port yang terhubung dengan antenna mikrostrip.



Polarisasi Antena Single Patch



Gambar 4.48 Perbandingan Polarisasi Antena Mikrostrip Single Patch



Gambar 4.49 Perbandingan Polarisasi Antena Mikrostrip Array

4.4.4 Pengukuran Pola Radiasi

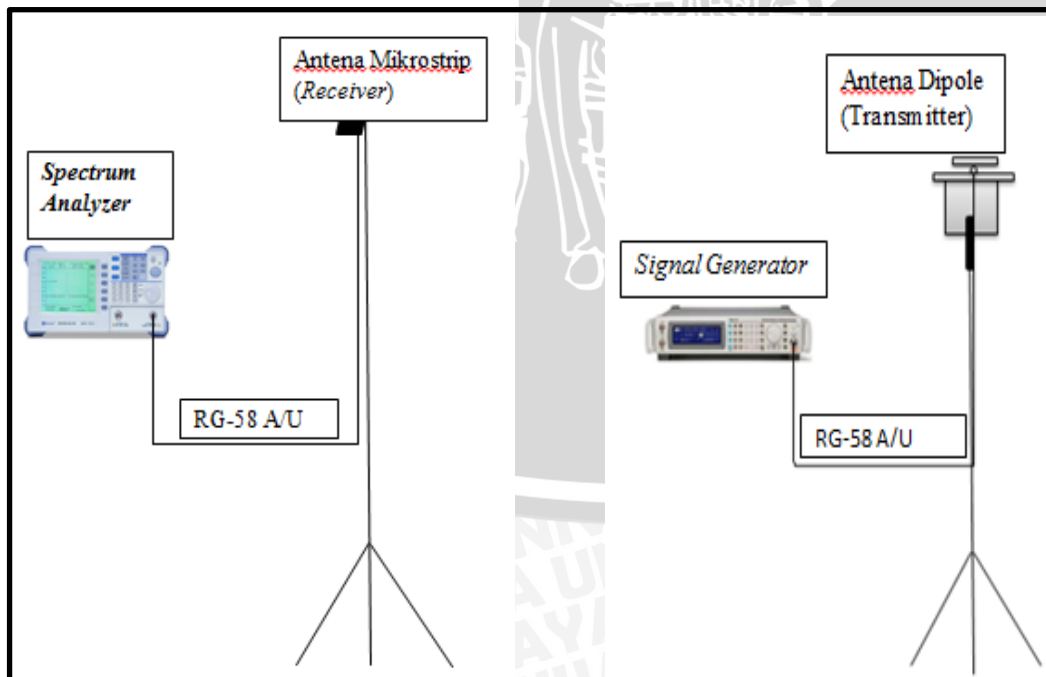
4.4.4.1 Alat-alat yang digunakan

1. Aeroflex *Signal Generator* FR M13 200 kHz – 3 GHz Aeroflex
2. GW Instek *Spectrum Analyzer* GSP-927 2,7 GHz
3. Satu buah antena standar *dipole* $\lambda/2$

4. Antena mikrostrip (*Single Patch* dan *Array*)
5. Kabel adapter N to BNC
6. Konektor tipe N *Female*
7. Dua buah tiang penyangga yang salah satunya memiliki penanda sudut putar tiap kelipatan 10°

4.4.4.2 Prosedur pengukuran

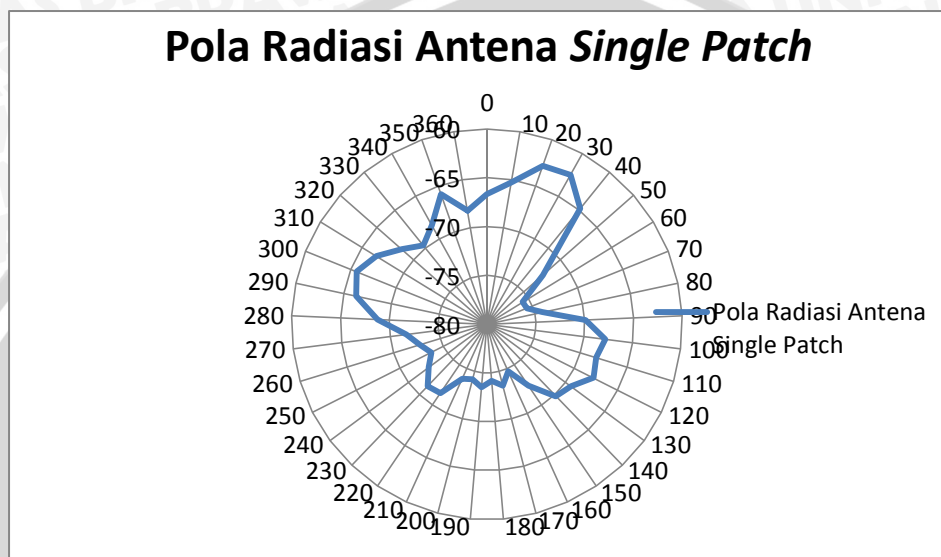
1. Lakukan pemasangan seperti **Gambar 4.45**.
2. Memasang antena dipole $\lambda/2$ sebagai antena pemancar dengan menghubungkannya ke *signal generator* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U
3. Memasang antena uji sebagai antena penerima dengan menghubungkannya ke *spectrum analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-58A/U
4. Mengatur *signal generator* pada frekuensi 2,4 GHz
5. Memutar antena uji dari 0° sampai 360° dengan interval 10° terhadap sumbu horizontal dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *spectrum analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran untuk mendapatkan nilai pola radiasi horizontal.
6. Menghitung normalisasi untuk tiap sudutnya.
7. Ulangi langkah 4 sampai 5.



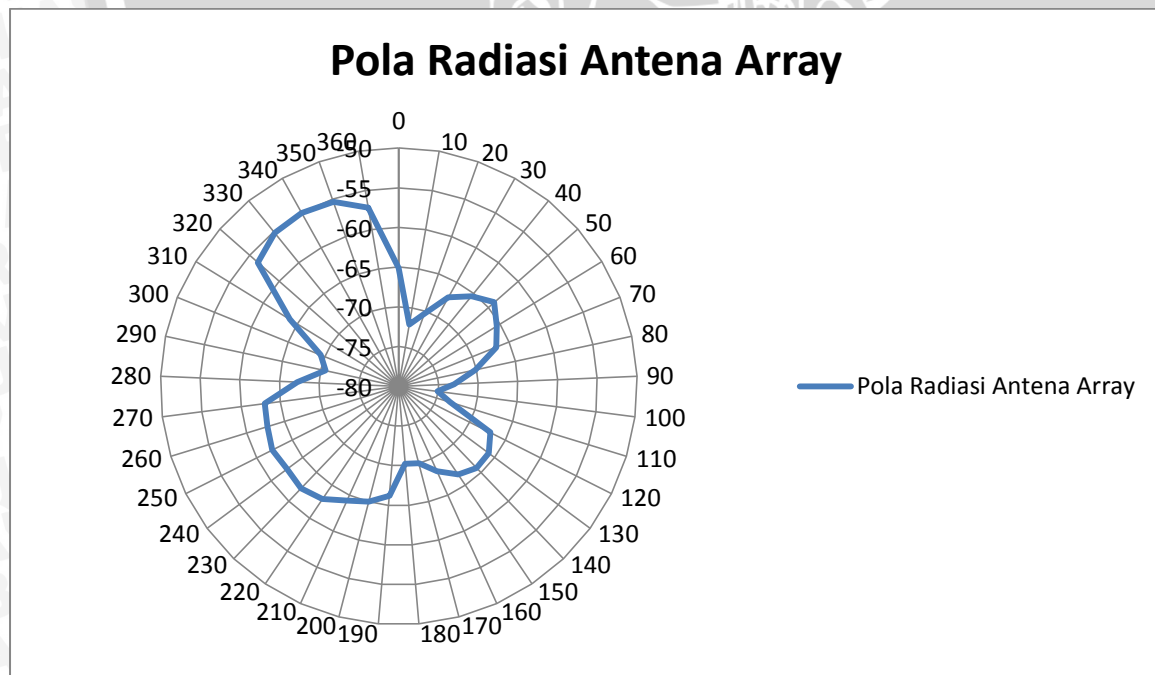
Gambar 4.50 Pengukuran Pola Radiasi

4.4.4.3 Hasil Pengukuran Pola Radiasi

Hasil pengukuran pola radiasi antenna mikrostrip *single patch* ditunjukkan pada **Gambar 4.50**. Sedangkan hasil pengukuran pola radiasi antenna mikrostrip *array* ditunjukkan pada **Gambar 4.51**. Pola radiasi dari kedua antenna ini merupakan *bidirectional* karena daya yang besar terdapat pada dua bidang.



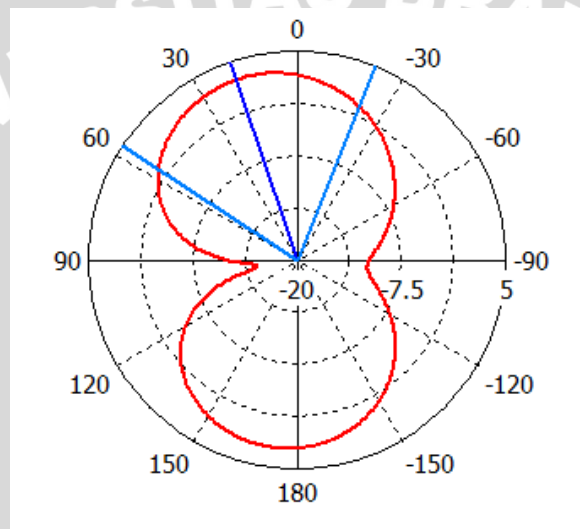
Gambar 4.51 Hasil Pengukuran Pola Radiasi *Single Patch*



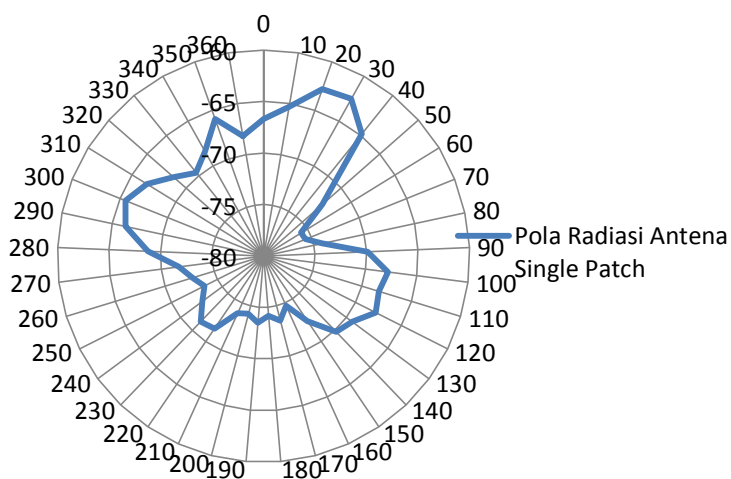
Gambar 4.52 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Antena Array

4.4.4.4 Analisis dan Hasil Pengukuran Pola Radiasi

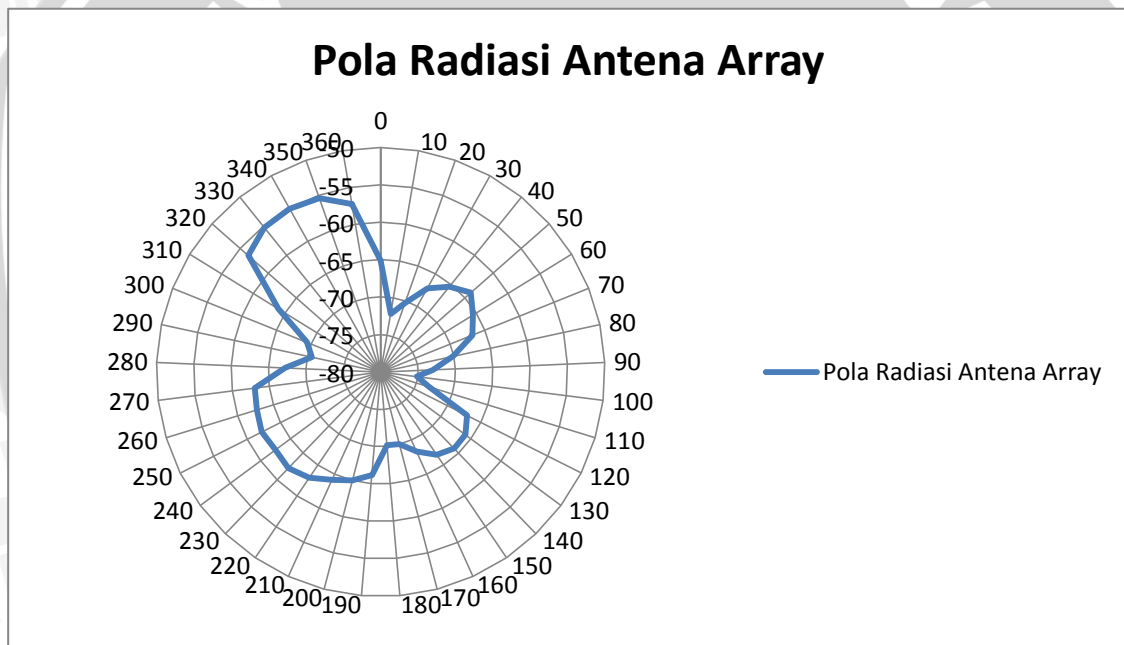
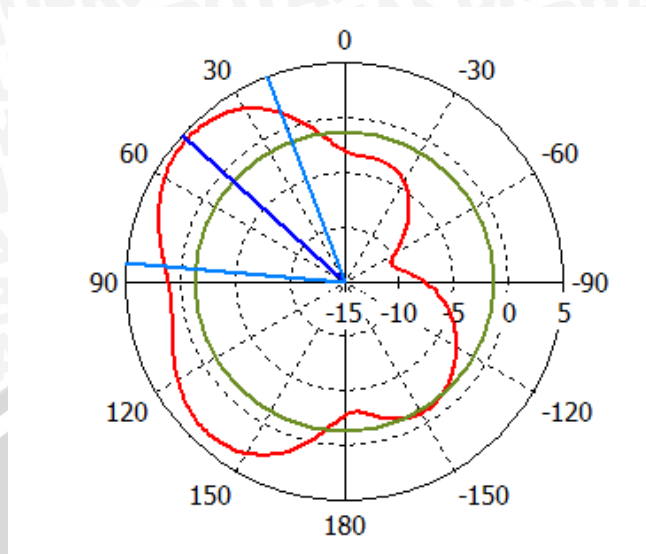
Hasil simulasi dan pengukuran pola radiasi kedua antenna baik antenna mikrostrip *single patch* dan *array* menunjukkan bahwa pola radiasi kedua antenna ini merupakan pola radiasi *bidirectional*. Hal ini dikarenakan kekuatan daya yang besar terdapat pada dua bidang. Perbandingan kedua antenna ini ditunjukkan pada **Gambar 4.37** dan **Gambar 4.38**. Sama seperti grafik polarisasi, terjadinya perbedaan grafik pola radiasi dikarenakan pengukuran dilakukan berdasarkan peletakan antenna yang berada pada sudut 0° , sedangkan simulasi dilakukan pada sudut 90° . Hal ini dikarenakan sulitnya menggeser antenna ke sudut 90° yang dapat menyebabkan putusnya port yang terhubung dengan antenna mikrostrip.



Pola Radiasi Antena *Single Patch*



Gambar 4.53 Perbandingan Pola Radiasi Antena Mikrostrip *Single Patch*



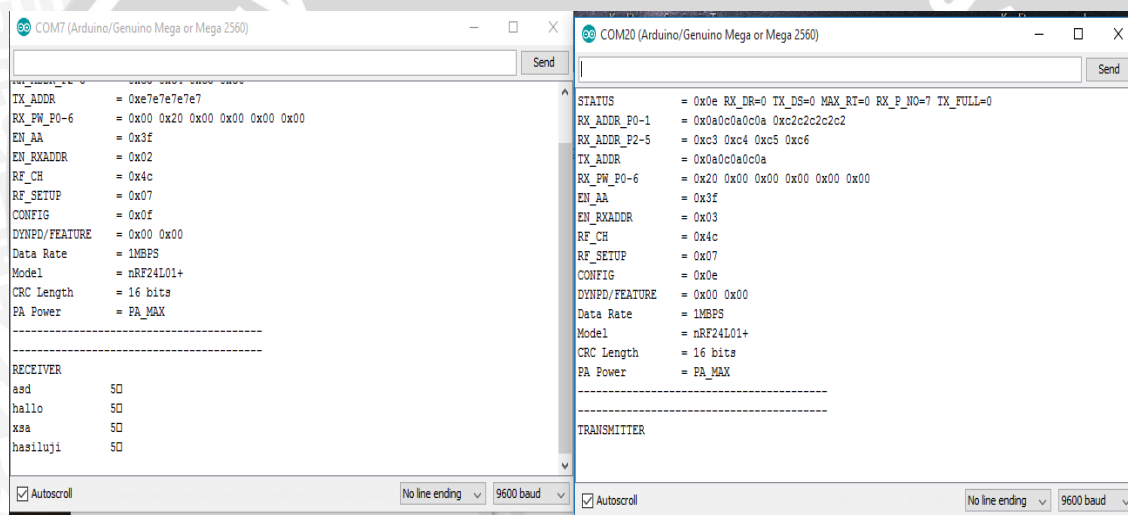
Gambar 4.54 Perbandingan Pola Radiasi Antena Mikrostrip Array

4.5 Pengujian Komunikasi Data Serial

Pengujian dilakukan dengan menggunakan sebuah laptop yang sudah dipasang *software Arduino*, yaitu *software* yang digunakan untuk membuat program dan membuat perintah sesuai instruksi. Pada **Gambar 4.54** menunjukkan pengujian komunikasi data serial dengan antena mikrostrip *single patch*. Setelah membuat program yang diperintahkan untuk melakukan komunikasi ini, lalu ditampilkan hasil seperti **Gambar 4.55**.



Gambar 4.55 Pengujian Komunikasi Data Serial



Gambar 4.56 Hasil Pengujian dari Software Arduino

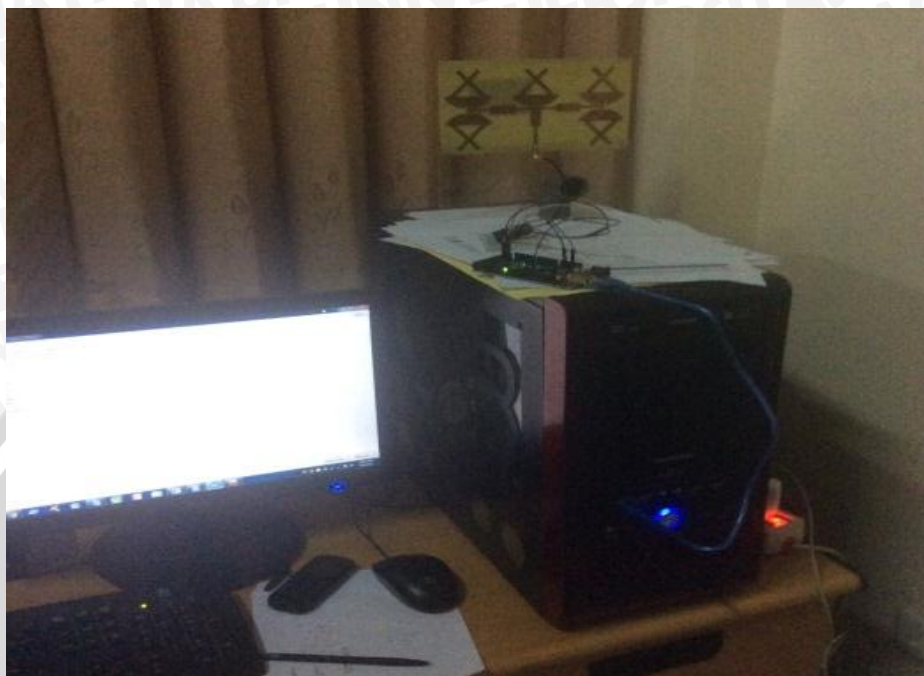
Dari hasil pengujian, maka antenna dengan *single patch* dapat menerima pesan yang diberikan oleh *transmitter*. *Delay* yang terjadi pada proses transmisi data diamati dengan *stopwatch*. Lama atau *delay* yang terjadi dinyatakan dalam **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Pesan yang Diterima dan Besar *delay* yang Terjadi

No	Pesan yang dikirim	<i>Delay</i> yang terjadi (detik)
1	sad	1,76
2	Hallo	5,95
3	xsa	5,21
4	hasiluji	10,3

Selanjutnya adalah menggunakan komputer sebagai penerima, sedangkan laptop sebagai pengirim. Komputer yang terhubung dengan mikrokontroler dan antenna mikrostrip

array ditunjukkan pada **Gambar 4.56**. Setelah dipasang mikrokontroler beserta antenna tersebut, maka selanjutnya adalah melakukan pengujian. Hasil pengujian ditunjukkan pada **Gambar 4.57** dan **Tabel 4.10**.



Gambar 4.57 Komputer Sebagai Penerima

```

STATUS                = 0x0e RX_DR=0 TX_DS=0 MAX_RT=0 RX_P_NO=7 TX_FULL=0
RX_ADDR_P0-1          = 0xe7e7e7e7e7 0x0a0c0a0c0a
RX_ADDR_P2-5          = 0xc3 0xc4 0xc5 0xc6
TX_ADDR               = 0xe7e7e7e7e7
RX_PW_P0-6            = 0x00 0x20 0x00 0x00 0x00 0x00
EN_AA                 = 0x3f
EN_RXADDR              = 0x02
RF_CH                  = 0x4c
RF_SETUP               = 0x07
CONFIG                 = 0x0f
DYNPD/FEATURE          = 0x00 0x00
Data Rate              = 1MBPS
Model                  = nRF24L01+
CRC Length             = 16 bits
PA Power               = PA_MAX
-----
RECEIVER
test1                  5
tes2                   5
test3                  5
test4                  5
test4                  5
    
```

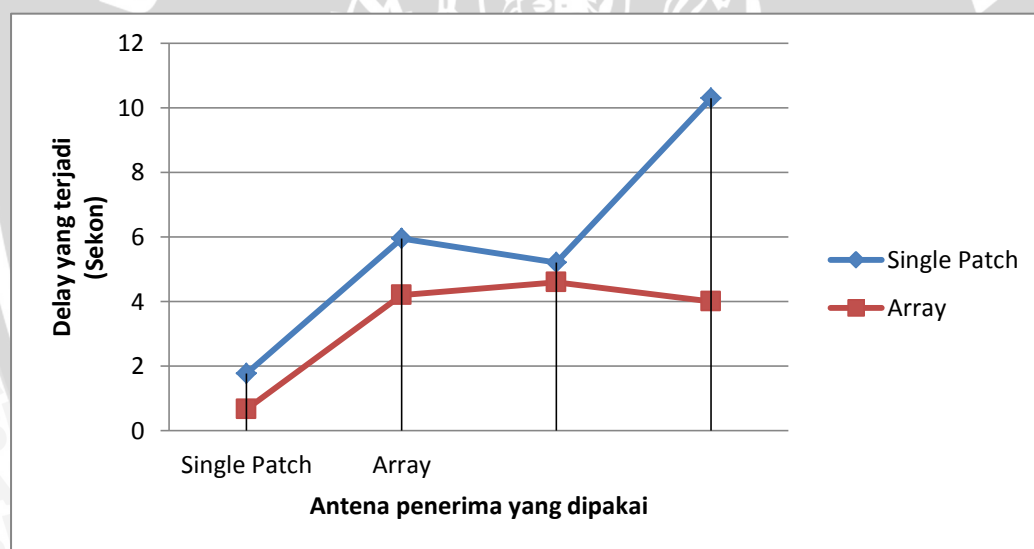
Gambar 4.58 Pesan yang Diterima

Tabel 4.10 Pesan yang Diterima dan Besar *Delay* yang Terjadi

No	Pesan yang dikirim	<i>Delay</i> yang terjadi (detik)
1	Test1	0,65
2	Test2	4,2
3	Test3	4,6
4	Test4	3,2
5	Test5	4

4.6 Perbandingan Pengujian Komunikasi Data Serial dengan Antena Mikrostrip *Single Patch* dan Antena Mikrostrip *Array*.

Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan perbandingan pengujian komunikasi data serial dengan antenna mikrostrip *single patch* dan antenna mikrostrip *array*.

**Gambar 4.59** Grafik Hasil Pengujian Komunikasi Data Serial

Pada **Gambar 4.58** menunjukkan perbandingan besar *delay* yang terjadi pada dua antenna mikrostrip yang berbeda. Pesan yang sudah diterima oleh antenna mikrostrip *single patch* ternyata menghasilkan *delay* yang cukup lama, yaitu 10,3 detik . Sedangkan antenna mikrostrip *array* menghasilkan *delay* yang cepat dibandingkan antenna mikrostrip *single patch*, yaitu 4,6 detik.

BAB V

PENUTUP

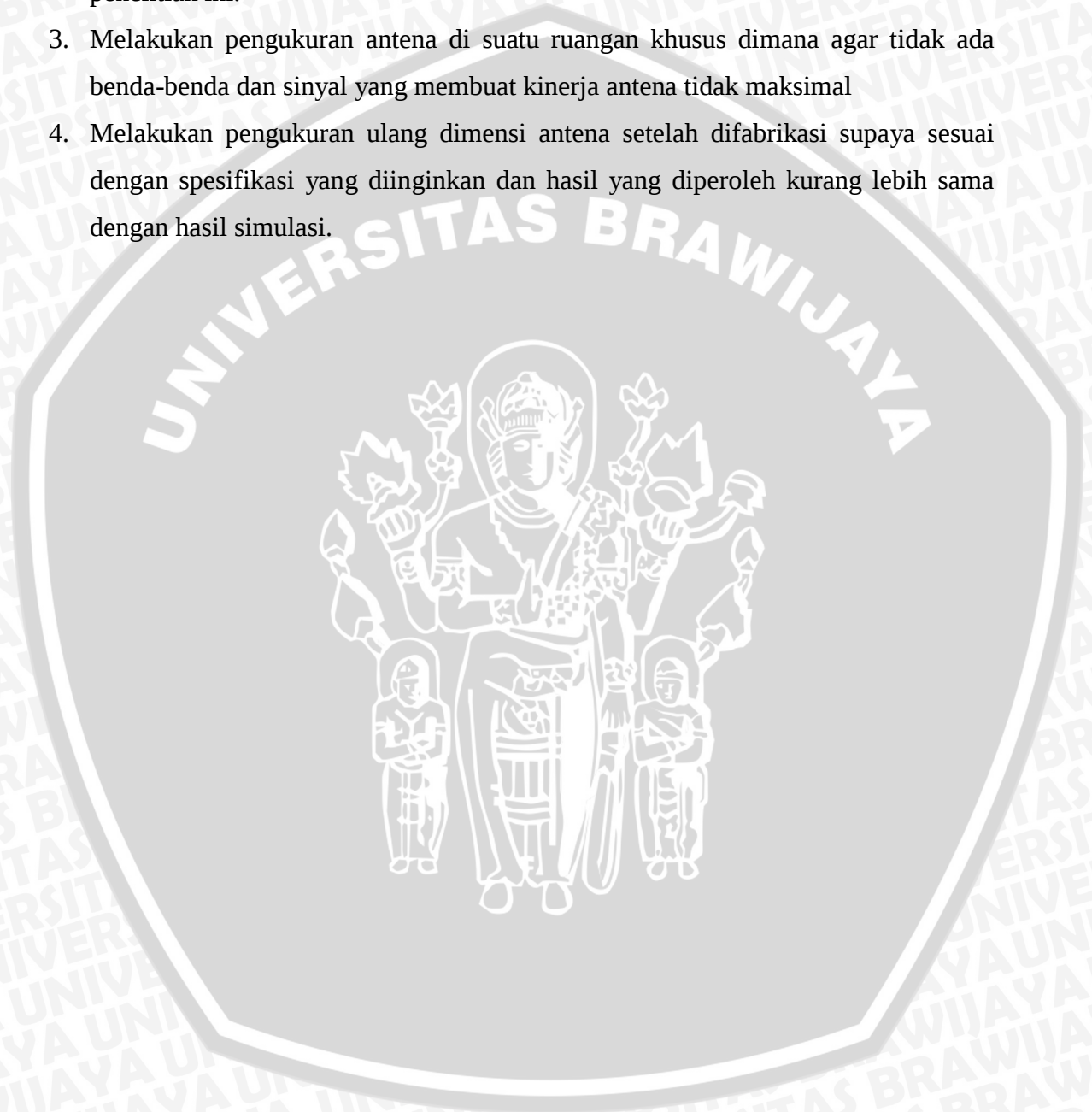
5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, simulasi, pengukuran, dan analisis Antena Mikrostrip dengan *Single Patch* and *array* sebagai penerima untuk komunikasi data serial, dapat diambil kesimpulan berikut ini:

1. Berdasarkan hasil simulasi, antenna mikrostrip *single patch* ini memiliki besar S_{11} (*return loss*) ≤ -10 dB, nilai VSWR yang terlihat di grafik adalah 1,4 dan nilai gain sebesar 2,79 dBi. Sedangkan *axial ratio* bernilai 1,12 dB dan hal ini menandakan bahwa antenna ini memiliki polarisasi *circular* karena nilai *axial ratio* di bawah 3 dB. Pola radiasi ini merupakan linier *directional*. Besar *bandwidth* antenna ini sebesar 904 MHz. Sedangkan antenna mikrostrip *array* memiliki besar S_{11} (*return loss*) ≤ -10 dB, nilai VSWR yang terlihat di grafik adalah 1,4 dan nilai gain sebesar 4,4 dBi. Sedangkan *axial ratio* bernilai 0.1 dB dan hal ini menandakan bahwa antenna ini memiliki polarisasi *circular*. Pola radiasi antenna ini merupakan linier *directional*. Besar *bandwidth* sebesar 180 MHz.
2. Berdasarkan hasil pengukuran *Return Loss* dan VSWR, antenna mikrostrip *single patch* dan *array* memiliki nilai *return loss* ≤ -10 dB dan nilai VSWR dibawah 2. Hal ini menandakan bahwa kedua antenna tersebut dapat bekerja pada frekuensi 2,4 GHz. Besar gain antenna *single patch* dan *array* masing-masing bernilai 2,57 dBi dan 4,21 dBi. Polarisasi kedua antenna adalah polarisasi *circular*. Pola radiasi kedua antenna ini merupakan pola radiasi linier *directional*.
3. Hasil pengujian menunjukkan perbandingan besar *delay* yang terjadi pada dua antenna mikrostrip yang berbeda. Pesan yang sudah diterima oleh antenna mikrostrip *single patch* ternyata menghasilkan *delay* yang cukup lama, yaitu 10,3 detik. Sedangkan antenna mikrostrip *array* menghasilkan *delay* yang cepat dibandingkan antenna mikrostrip *single patch*, yaitu 4,6 detik.

5.2 Saran

1. Menggunakan antena mikrostrip dengan bentuk *patch* yang berbeda dan menggunakan substrat yang lebih kecil serta dengan ketebalan yang lebih tebal.
2. Melakukan pengujian yang berkaitan dengan sistem GPS sebagai lanjutan dari penelitian ini.
3. Melakukan pengukuran antena di suatu ruangan khusus dimana agar tidak ada benda-benda dan sinyal yang membuat kinerja antena tidak maksimal
4. Melakukan pengukuran ulang dimensi antena setelah difabrikasi supaya sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan hasil yang diperoleh kurang lebih sama dengan hasil simulasi.



DAFTAR PUSTAKA

- Balanis, Constantine A. 2005. *Antena Theory: Analysis and Design, 3rd Edition*. John Wiley and Sons, Inc.
- Syam, Syabaniah. 2011. *Antena Jaringan*. <http://niiasaba.wordpress.com/> 2011/09/30/antena-jaringan/. Diakses tanggal 29 November 2015.
- Knott, Eugene F.; Shaeffer, John F.; Tuley, Michael T. 2004. Radar cross section. SciTech Radar and Defense Series (2nd ed.). SciTech Publishing, p. 374. ISBN 978-1-891121-25-8.
- Chen, H. M., Y. K. Wang, Y. F. Lin, C. Y. Lin, and S. C. Pan, "Microstrip FED circularly polarized square ring patch antenna for GPS application," IEEE Trans. Anten. Propag., Vol. 57, No. 4, 1264–1267, Apr. 2009
- Fukusako, T., K. Okuhata, K. Yanagawa, and N. Mita, "Generation of circular polarization using rectangular waveguide with L-type probe," IEICE Trans. Commun., Vol. 86, 7, Jul. 2003.
- Nakar, Punit S. 2004. *Design of a Compact Microstrip Patch Antena for use in Nirkabel/Cellular Devices*. Thesis, The Florida State University.
- <https://arduino-info.wikispaces.com/Nrf24L01-2.4GHz-HowTo//>
(diakses pada tanggal 14 Maret 2016)
- Malekabadi, S. A., Attari, A.R., and Mirsalehi M.M, "Compact and Broadband Circular Polarized Microstrip Antenna with Wideband Axial Ratio Bandwidth," IEEE International Symposium on Telecommunications. 2008
- Jamlos, M.A & M.F, Khatun, Sabira, Ismail, A.H., "An Optimum Quarter-wave Impedance Matching Feedline for Circular UWB Array Antenna with High Gain Performance," 2014 IEEE Symposium on Wireless Technology and Applications (ISWTA), 2014, Kota Kinabalu, Malaysia
- <https://www.arduino.cc/en/Reference/SPI>
(diakses pada tanggal 17 Maret 2016)

<https://riannagato77.blogspot.com/2014/10/komunikasi-data-serial.html>

(diakses pada tanggal 18 April 2016)

<http://rifkiyuliantara.blogspot.co.id/2014/01/parameter-antena.html>.

(diakses pada tanggal 16 April 2016)

<https://ephirahmawati.wordpress.com/2013/02/19/parameter-antena/>

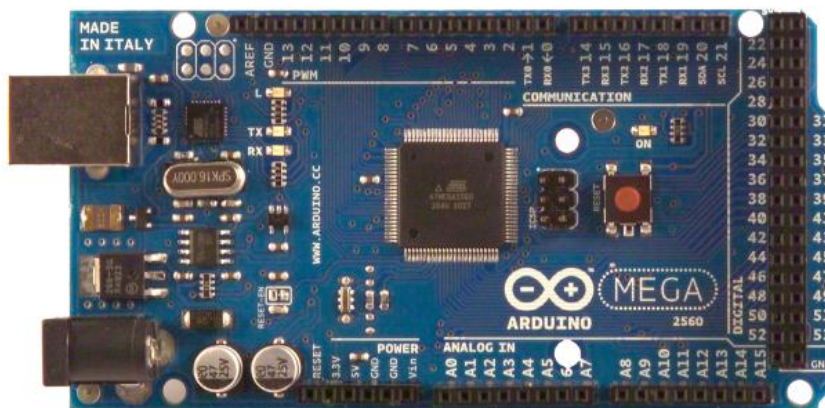
(diakses pada tanggal 16 April 2016)



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Sheet

Arduino MEGA 2560



Technical Specification

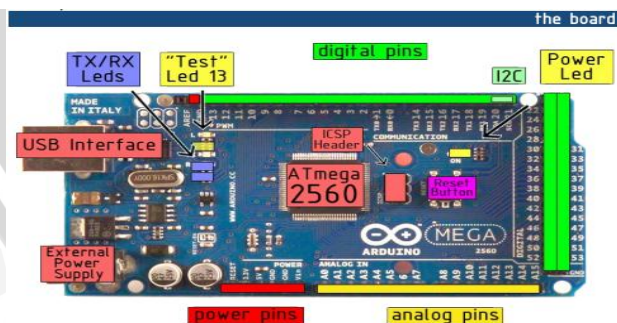


EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using `pinMode()`, `digitalWrite()`, and `digitalRead()` functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial:** 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX). Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts:** 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2). These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the `attachInterrupt()` function for details.
- **PWM:** 0 to 13. Provide 8-bit PWM output with the `analogWrite()` function.
- **SPI:** 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Duemilanove and Diecimila.
- **LED:** 13. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **PC:** 20 (SDA) and 21 (SCL). Support PC (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the PC pins on the Duemilanove.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and `analogReference()` function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with `analogReference()`.
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

Power

The Arduino Mega2560 can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically. External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega's digital pins.

The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega2560 datasheet.



1.1 Features

Features of the nRF24L01+ include:

- Radio
 - Worldwide 2.4GHz ISM band operation
 - 126 RF channels
 - Common RX and TX interface
 - GFSK modulation
 - 250kbps, 1 and 2Mbps air data rate
 - 1MHz non-overlapping channel spacing at 1Mbps
 - 2MHz non-overlapping channel spacing at 2Mbps
- Transmitter
 - Programmable output power: 0, -6, -12 or -18dBm
 - 11.3mA at 0dBm output power
- Receiver
 - Fast AGC for improved dynamic range
 - Integrated channel filters
 - 13.5mA at 2Mbps
 - -82dBm sensitivity at 2Mbps
 - -85dBm sensitivity at 1Mbps
 - -94dBm sensitivity at 250kbps
- RF Synthesizer
 - Fully integrated synthesizer
 - No external loop filter, VCO varactor diode or resonator
 - Accepts low cost ± 60 ppm 16MHz crystal
- Enhanced ShockBurst™
 - 1 to 32 bytes dynamic payload length
 - Automatic packet handling
- 6 data pipe MultiCeiver™ for 1:6 star networks
- Power Management
 - Integrated voltage regulator
 - 1.9 to 3.6V supply range
 - Idle modes with fast start-up times for advanced power management
 - 26 μ A Standby-I mode, 900nA power down mode
 - Max 1.5ms start-up from power down mode
 - Max 130 μ s start-up from standby-I mode
- Host Interface
 - 4-pin hardware SPI
 - Max 10Mbps
 - 3 separate 32 bytes TX and RX FIFOs
 - 5V tolerant inputs
- Compact 20-pin 4x4mm QFN package

1.2 Block diagram

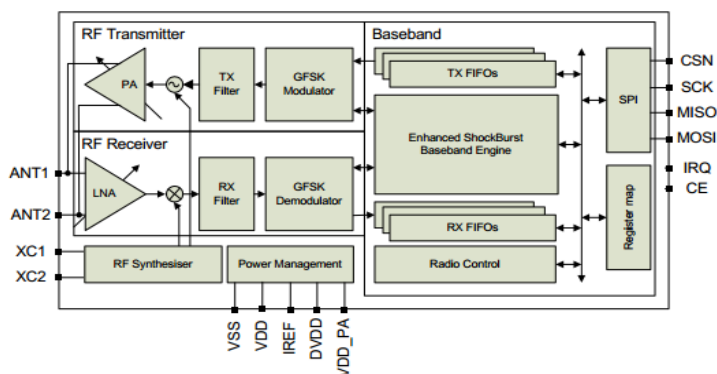


Figure 1. nRF24L01+ block diagram

2 Pin Information

2.1 Pin assignment

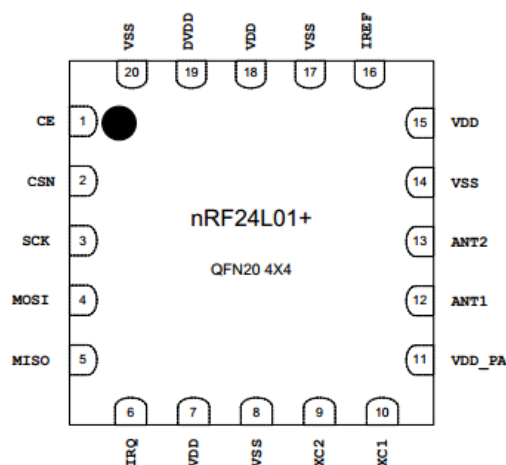


Figure 2. nRF24L01+ pin assignment (top view) for the QFN20 4x4 package

2.2 Pin functions

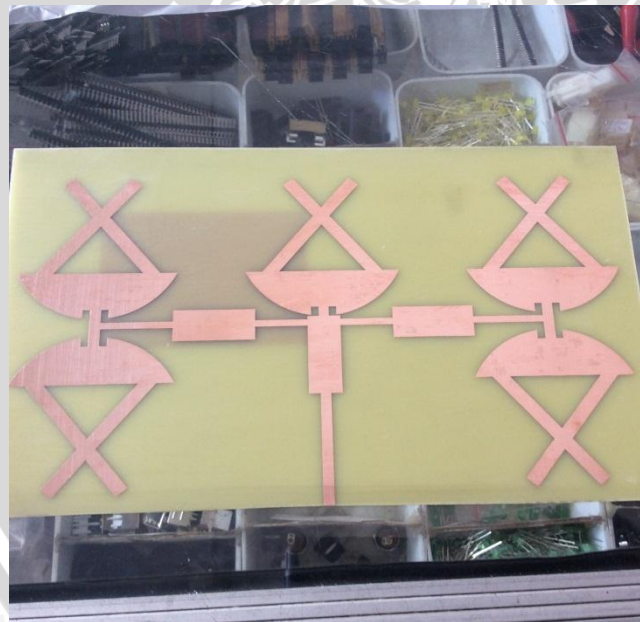
Pin	Name	Pin function	Description
1	CE	Digital Input	Chip Enable Activates RX or TX mode
2	CSN	Digital Input	SPI Chip Select
3	SCK	Digital Input	SPI Clock
4	MOSI	Digital Input	SPI Slave Data Input
5	MISO	Digital Output	SPI Slave Data Output, with tri-state option
6	IRQ	Digital Output	Maskable interrupt pin. Active low
7	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
8	VSS	Power	Ground (0V)
9	XC2	Analog Output	Crystal Pin 2
10	XC1	Analog Input	Crystal Pin 1
11	VDD_PA	Power Output	Power Supply Output (+1.8V) for the internal nRF24L01+ Power Amplifier. Must be connected to ANT1 and ANT2 as shown in Figure 29 .
12	ANT1	RF	Antenna interface 1
13	ANT2	RF	Antenna interface 2
14	VSS	Power	Ground (0V)
15	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
16	IREF	Analog Input	Reference current. Connect a 22kΩ resistor to ground. See Figure 29 .
17	VSS	Power	Ground (0V)
18	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
19	DVDD	Power Output	Internal digital supply output for de-coupling purposes. See Figure 29 .
20	VSS	Power	Ground (0V)

Table 1. nRF24L01+ pin function

Lampiran 2 Alat-alat dan dokumentasi



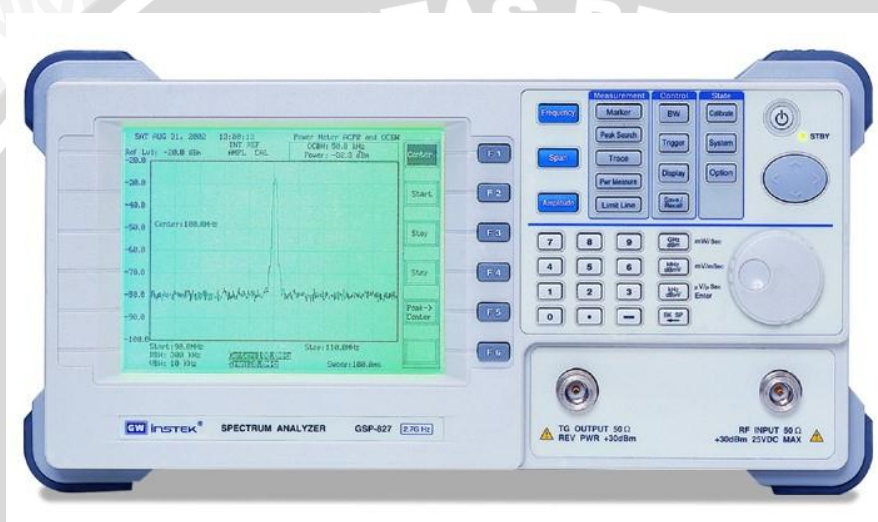
Antena Mikrostrip Single Patch



Antena Mikrostrip Array



Aeroflex IFR 3413 Signal Generator 250 kHz – 3 GHz



GW INSTEK Spectrum Analyzer GSP-927 2,7 GHz



Directional Coupler



Pengukuran Return Loss Antena Single Patch



Pengukuran Return Loss Antena Mikrostrip Array



Pengukuran Gain, Polarisasi, dan Pola Radiasi Antena Mikrostrip Single Patch



Pengukuran Gain, Polarisasi, dan Pola Radiasi Antena Mikrostrip Array

