

## PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM PENGUKURAN PARAMETER ANTENA OTOMATIS TERINTEGRASI

Kirbi Timur Nomas<sup>1</sup>, Bambang Setia Nugroho<sup>2</sup>, Budi Syihabuddin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[kirbitimur@gmail.com](mailto:kirbitimur@gmail.com), <sup>2</sup>[bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id](mailto:bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id),

<sup>3</sup>[budisyihab@telkomuniversity.ac.id](mailto:budisyihab@telkomuniversity.ac.id)

### Abstrak

Pada penelitian ini dirancang dan direalisasikan perangkat pengukuran antenna otomatis, terintegrasi, presisi dan valid yang terdiri atas *software* dan *hardware*. *Software* digunakan sebagai pengontrol posisi antenna agar bergerak otomatis pada sumbu yang tepat dan sebagai pemrosesan lebih lanjut hasil data daya *sampling* yang diterima antenna. *Hardware* berfungsi sebagai penggerak antenna. Hasil dari *software* akan diolah dalam bahasa C# dan *microsoft excel*. *Software* ini dijalankan melalui *personal computer* dan dihubungkan untuk mengontrol *hardware* berupa desain mekanik dengan sistem minimum mikrokontroler ATmega 328P berbasis *arduino uno* melalui *port USB* dan juga untuk mengontrol akuisisi hasil data daya terima di antenna melalui *port serial* dari *Spectrum Analyzer*.

Hasil pengarahannya antenna yang dirancang dan dibangun memiliki tingkat ketelitian arah polarisasi  $7.2^\circ \pm 0.0864^\circ/\text{step}$ , arah elevasi  $7.2^\circ \pm 0.2536^\circ/\text{step}$  dan arah azimuth  $7.2^\circ \pm 0.2352^\circ/\text{step}$ , sampel data daya dari *spectrum analyzer* sebanyak 3 sampel/*step* dan waktu rata-rata pengukuran otomatis 1 menit 59 detik sedangkan pengukuran manual membutuhkan waktu 8 menit 10 detik.

Rata-rata penerimaan daya di GUI -35.85801043215110 dBm (kepresisian 13 digit dibelakang koma) dan Penerimaan daya oleh *signal hound* secara manual rata-rata -37.40 dBm (2 digit dibelakang koma). Selisih antara akuisisi data daya antara *signal hound* dengan GUI sebesar -1.5419895678489 dBm dengan frekuensi 2.35 Ghz[25].

Pengukuran Polaradiasi arah azimuth, elevasi yang dilakukan menggunakan sistem yang dirancang masing-masing memberikan hasil selisih maksimum dari daya terima yang dinormalisasikan 13,0972 dBm untuk azimuth dan 11,89113 dBm untuk elevasi. Serta memberikan selisih HPBW masing-masing untuk azimuth dan elevasi yaitu  $40.24^\circ$  dan  $39^\circ$  yang dibandingkan dengan hasil HPBW simulasi. Pengukuran *gain* menghasilkan selisih rata-rata 0.405 dB dari simulasi (mendekati simulasi dibandingkan yang manual).

Sistem pengukuran parameter antenna yang dirancang sudah otomatis dari segi akuisisi data dan pergerakan, terintegrasi pada saat itu juga, presisi dari segi akuisisi data dan valid dari segi akuisisi data sehingga layak digunakan untuk pengukuran parameter antenna dengan frekuensi 1Ghz-4.4Ghz[16] dengan beban maksimum 600 gram dan maksimum dimensi 10 x 10 cm x 2 cm.

Kata kunci : *Antenna Under Test (AUT)*, *Spectrum Analyzer*, Antena referensi, Mikrokontroler, *Radiation Pattern*, *Polarization*.

### Abstract

In this research it is propose to design and realized antenna measurement system which is automatically , precision and valid which consist by software and hardware. Software is used as the controller antenna position therefore can move automatically in the precise axis and also as the further processing power data (dBm) sampling which is received by the antenna. Hardware function as the motioner of the antenna. Result from software will be processed in C# and Microsoft excel. This software is running on personal computer and connected to control hardware such as mechanic design with minimum system microcontroller ATmega 328P based on arduino uno through USB port and also to control power data acquisition from antenna through serial port from spectrum analyzer

Result from system antenna measurement system which is designed and built has accuracy polarization  $7.2^\circ \pm 0.0864^\circ/\text{step}$ , elevation  $7.2^\circ \pm 0.2536^\circ/\text{step}$  and azimuth  $7.2^\circ \pm 0.2352^\circ/\text{step}$ , sampling received power (dBm) from spectrum analyzer is 3 sample/step and average measurement time is 1 minute 59 seconds, meanwhile manually spend 8 minute 10 seconds seconds.

Average received power on GUI -35.85801043215110 dBm (13 digit precise number) and average received power using signal hound manually get -37.40 dBm(2 digit precise number). Difference between received power on GUI and signalhound which is

-1.5419895678489 with frequency 2.35 Ghz[25].

Measurement radiation pattern azimuth and elevation using system which is built has given the maximum difference from normalized received power is 13.0972 dBm and 11.89113 dbm respectively. It also given the HPBW difference that compare to the simulation, which is give 40.24° and 39° for azimuth and elevation respectively. Gain measurement give difference result average 0.405 dB from simulation (gain result is more approach to the simulation other than using the manual).

Measurement antenna parameter which is designed and built has proof automatically in data acquisition and movement, terintegrasi, precisely in acquisition data and also valid so that it can state the system is capable and appropriate to use to measure antenna with frequency 1Ghz-4.4Ghz[16] with maximum load is 600 gram and maximum dimension 10 x 10 cm x 2 cm.

**Keywords** : Antenna Under Test (AUT), Spectrum Analyzer, Reference antenna, Microcontroller, Radiation Pattern, Polarization.

---

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Sistem pengukuran antenna merupakan sistem yang penting dalam mengukur kinerja suatu antenna. Dengan komponen antenna yang diukur atau bisa disebut *antenna under test (AUT)* harus memiliki antenna referensi yang memancarkan gelombang elektromagnetika. Pancaran kuat medan listrik dan magnet gelombang elektromagnetika merembes ke permukaan konduktor antenna sehingga menimbulkan arus induksi yang kemudian membentuk pola radiasi antenna dan polarisasi antenna yang diukur. Sistem pengukuran antenna memegang peran penting karena faktor ketidakakuratan dan ketidakvalidan dalam pergerakan arah antenna dan proses *sampling* data hasil pengukuran terhadap antenna referensi dapat mengakibatkan pengukuran kinerja parameter antenna tidak optimal.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pengukuran otomatis menggunakan bantuan *microcontroller AVR Atmega8535* yang digunakan untuk melakukan pengukuran diagram arah pola radiasi dan polarisasi seunit antenna namun *motor stepper* yang digunakan dengan ketelitian 1.8°/step berarti ada 200 sampel data dimana pada penelitian tersebut memberikan kesalahan presisi sebesar 2.7°/satu putaran[17] dan untuk melakukan satu kali pengukuran dibutuhkan lima kali putaran sehingga untuk mendapatkan hasil dibutuhkan lima kali pengukuran agar meminimalkan tingkat kesalahan berdasarkan rata-rata pengukuran total dan pada saat diuji untuk penelitian sebelumnya data dibangkitkan dari *microcontroller* secara acak karena pada penelitian sebelumnya tidak menggunakan *spectrum analyzer*. Kendala utama yang dihadapi pada sistem pengukuran sebelumnya adalah memakan waktu yang lama dan kemampuan mengarahkan antenna pada presisi sudut yang tepat agar antenna penerima dapat menerima intensitas daya semaksimal mungkin dan cara memperoleh data *sampling* daya penerima di antenna yang valid[17].

Pada penelitian ini dirancang dan direalisasikan perangkat pengukuran antenna otomatis, terintegrasi, presisi dan valid yang terdiri atas software dan hardware. Untuk mendapatkan arah antenna yang tepat dan hasil data *sampling* pengukuran yang valid dilakukanlah seunit proses pengarahannya dengan hasil *sampling* data pengukuran menggunakan *software* secara otomatis. Saat ini, Sistem pengukuran antenna yang dilakukan di beberapa Universitas secara khusus di Universitas Telkom masih manual. Padahal, faktor ketidakpresisian dan ketidakvalidan hasil kinerja pengukuran antenna harus diminimalkan. Maka dibutuhkan seunit sistem pengukuran antenna otomatis yang terintegrasi antara *software* dan *hardware*. Komponen utama untuk menunjang hal tersebut adalah dirancang seunit alat pengarahannya secara otomatis berbasis *microcontroller ATmega 328P* dengan spesifikasi awal tanpa beban *motor stepper* 0.9°/step yang dikontrol oleh seunit *software computer*. Untuk kevalidan data *sampling* digunakan *signal hound spectrum analyzer* sebagai alat sensitivitas penerima daya di antenna yang diukur.

Hasil rancangan dan realisasi berupa suatu sistem alat pengukuran antenna otomatis, terintegrasi, presisi dan valid yang dapat mengarahkan antenna ke antenna referensi yang diinginkan setelah ditambah beban dengan kepresisian *motor stepper* menjadi 7.2°/step. *Signal hound spectrum analyzer* yang menjadi masukan sistem dan memplot hasil pengukuran berupa grafik pola radiasi azimuth, elevasi dan polarisasi secara otomatis dan terintegrasi.

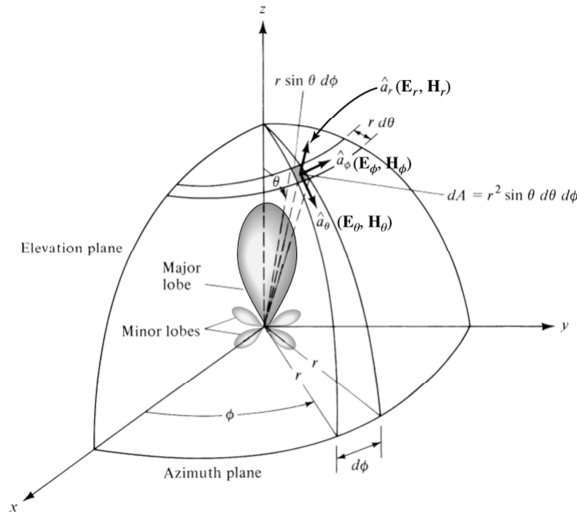
Sehingga pengukuran antenna khususnya di laboratorium antenna Universitas Telkom akan dapat dengan otomatis, terintegrasi, presisi dan valid.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Polaradiasi

Pola radiasi ialah fungsi matematikal atau representasi grafik dari properti radiasi antenna sebagai fungsi dari

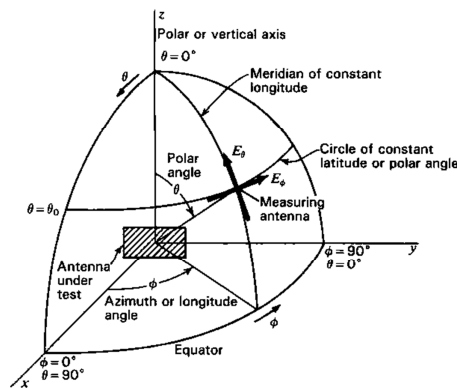
koordinat bola. Properti radiasi antenna termasuk kerapatan daya, energi radiasi, direktivitas dan fasa atau polarisasi. Properti radiasi yang sering digunakan ialah dua- atau tiga- spasial dimensi distribusi dari energi radiasi sebagai fungsi dari jarak pengamat yang konstan. Penjejakkan dari medan  $E/H$  di penerima dengan jarak yang konstan dinamakan pola kuat medan. Grafik dari variasi spasial dari kerapatan daya dengan jarak yang konstan dinamakan pola amplitudo daya. Pola amplitudo daya sering diplot dalam skala logaritmik (dB) karena bisa mengamati lebih detail bagian yang memiliki nilai yang kecil (*minor lobe*) [19].



Gambar 1. Sistem koordinat untuk analisis antenna [19]

Pola radiasi yang diukur merupakan pola radiasi kuat medan elektrik/magnet jauh dimana antenna (AUT) harus diputar pada arah azimuth ( $\phi$ ) dan elevasi ( $\theta$ ) dari komponen medan elektrik/magnet ( $E_\theta, E_\phi$ ) atau ( $H_\theta, H_\phi$ ) pada koordinat bola terhadap measuring antenna (MA) yang tetap. Grafik hasil pola radiasi diplot polar (dua-dimensional) agar dapat lebih mudah dipahami secara visual.

Secara geometri antenna akan diletakkan sebagai penerima terhadap antenna pemancar (MA) seperti ditunjukkan pada gambar 2.

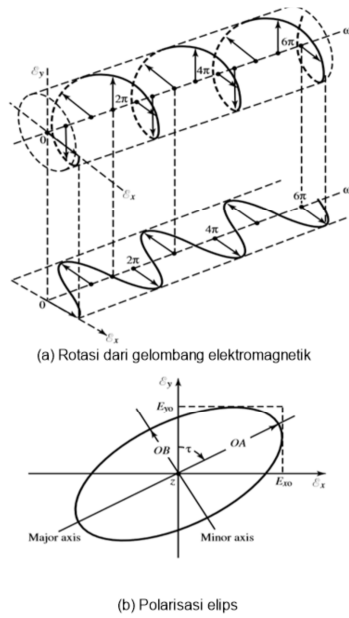


Gambar 2. Koordinat antenna untuk pengukuran pola radiasi [7]

Kemudian antenna harus diputar pada bidang  $x-y$  untuk mendapatkan pola radiasi arah azimuth dan arah bidang  $x-z$  atau  $y-z$  untuk mendapatkan pola radiasi arah elevasi.

**2.2 Polarisasi**

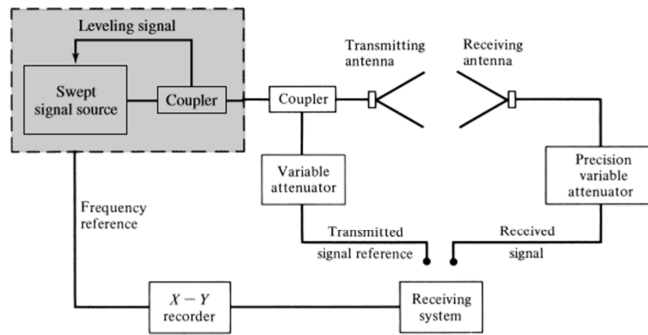
Polarisasi merupakan properti dari gelombang elektromagnetik yang menjelaskan arah yang berubah terhadap waktu dan magnitudo relatif dari medan  $E$  atau  $H$  [19].



Gambar 3. Rotasi dari gelombang elektromagnetik dan polarisasi sebagai fungsi dari waktu [19]

2.3 Gain

Ada beberapa teknik pengukuran gain, dalam penelitian ini digunakan teknik pengukuran gain absolut. Teknik pengukuran gain absolut berdasarkan rumus transmisi friis (persamaan 2.7) terbagi atas : a) metode 2 antenna, b) metode 3 antenna, c) metode ekstrapolasi, d) metode ground-reflection range. Pada penelitian ini digunakan metode 3 antenna.



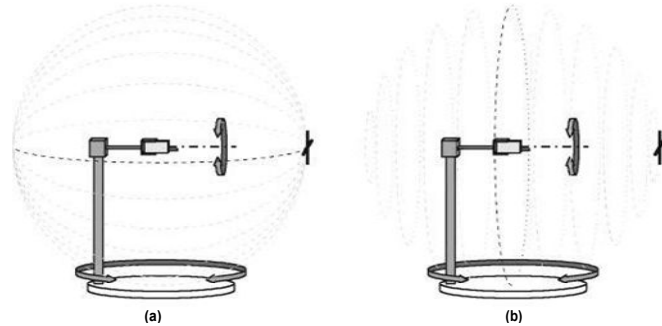
Gambar 4. Konfigurasi pengukuran gain metode dua/tiga antenna secara swept frekuensi [19]

Metode 3 antenna digunakan ketika 2 antenna yang diukur tidak identik. Pengukuran metode 3 antenna menggunakan semua kombinasi antara 3 antenna. Persamaan 1 [19] menjelaskan kombinasi dari (a-b), (a-c) dan (b-c) dimana R ialah jarak medan jauh (fraunhofer region) dan  $P_{rb}$  ialah daya terima (Watt) antenna b, dan begitu juga untuk  $P_{rc}$ .

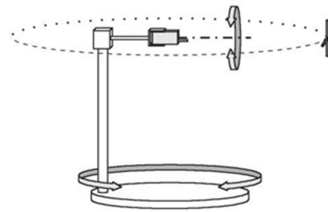
$$\begin{aligned}
 (G_a)_{dB} + (G_b)_{dB} &= 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi R}{\lambda} \right) + 10 \log_{10} \left( \frac{P_{rb}}{P_{ta}} \right) \\
 (G_a)_{dB} + (G_c)_{dB} &= 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi R}{\lambda} \right) + 10 \log_{10} \left( \frac{P_{rc}}{P_{ta}} \right) \\
 (G_b)_{dB} + (G_c)_{dB} &= 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi R}{\lambda} \right) + 10 \log_{10} \left( \frac{P_{rc}}{P_{tb}} \right)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

### 2.4 Teknik Pengukuran Antena

Metode yang lebih mendekati model yang ingin dibangun ialah metode *two-axis positioner* dengan menggabungkan metode *conical-section* dan *great-circle* sehingga dapat berotasi pada arah azimuth ( $\phi$ ) dan elevasi ( $\theta$ ). Dengan memutar antena di arah elevasi  $360^\circ$  (*great-circle method*) dan di arah azimuth  $360^\circ$  (*conical-section method*) agar didapat pola radiasi yang optimal.



(a) metode *great-circle* (b) metode *conical-section* [8]



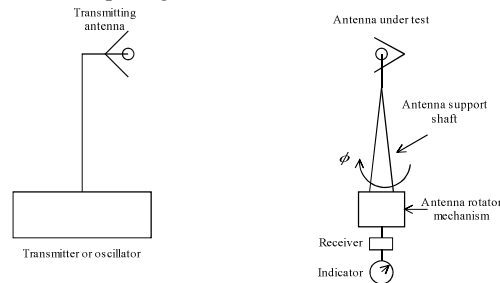
(c) metode *two-axis positioner*[8]

Gambar 5. Macam-macam Teknik Pengukuran Antena

Jarak yang dibutuhkan dalam pengukuran antena dirumuskan dalam medan *far-field* agar meminimalkan efek propagasi *wave-front* sebagai reduksi hamburan gelombang atau dari titik emisi lainnya[8][7][19] dan karena pada jarak ini variasi fasa antara MA dan AUT sebesar  $22.5^\circ$  atau  $\pi/8$ , pada kondisi ini pola medan radiasi mulai mendominasi dan bukan medan reaktif antena seperti persamaan (2) :

$$r > \frac{2D^2}{\lambda} \tag{2}$$

Konfigurasi pengukuran antena dilakukan seperti gambar 6:

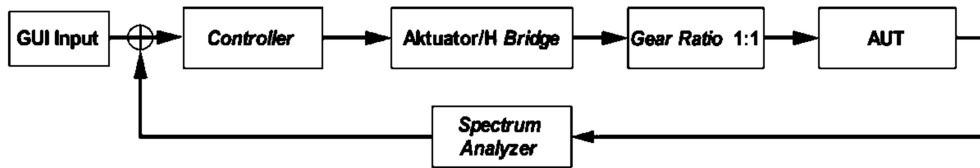


Gambar 6. Konfigurasi pengukuran antena[7]

### 3 Perancangan Sistem

#### 3.1 Blok Sistem

(Gambar 7. Blok Sistem) menunjukkan prinsip kerja sistem pengukuran antenna pada penelitian ini.



Gambar 7. Blok Sistem Secara Umum

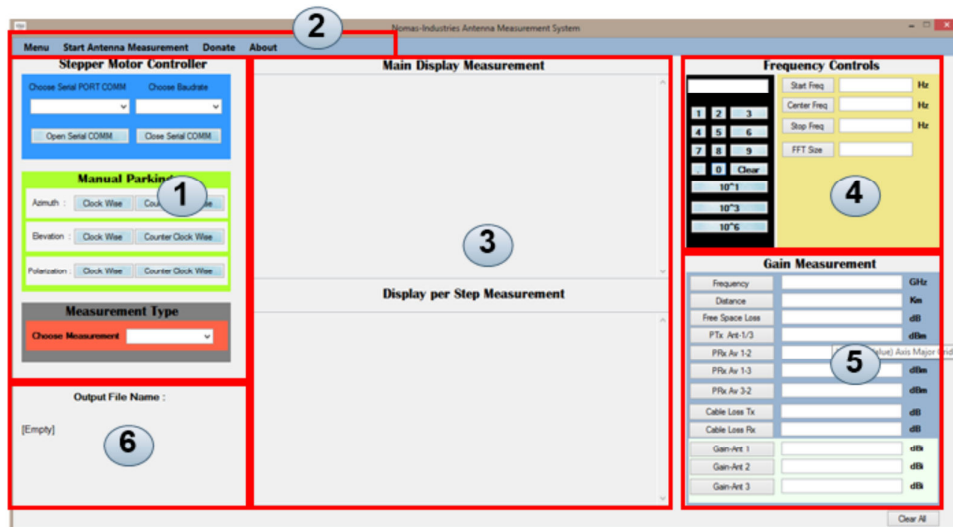
Sistem pengukuran antenna bekerja berdasarkan masukan berupa perintah untuk melakukan pengukuran polarisasi, polaradiasi. Perintah ini berupa fungsi yang berjalan di dalam *graphical user interface (GUI)* untuk menjalankan mekanika rotator pada alat sesuai dengan masukan yang diterima. Pada bagian *software* digunakan GUI yang dibuat di *microsoft visual studio* yang akan mengkalkulasikan antara data daya yang diterima, jenis pengukuran dan mensinkronisasikan dengan sudut yang dibentuk oleh mekanika rotator. Pada *software* database menggunakan *microsoft excel* untuk menyimpan sementara data daya yang ditangkap oleh *spectrum analyzer* untuk kemudian diplot. Pada bagian *hardware* digunakan mikrokontroler ATmega 328P sebagai pusat kendali. *Motor driver* digunakan sebagai *interface* antara mikrokontroler dan *motor stepper* untuk mengaktifkan, mengoperasikan *motor stepper*. Sistem pencatutan daya digunakan jenis satu arah/*direct current (DC)*.

#### 3.2 Graphical User Interface (GUI)

GUI sebagai antarmuka disisi pengguna dijalankan di PC untuk mengontrol mikrokontroler dan sekaligus akuisisi data daya terima dari *antenna under test* melalui *signal hound spectrum analyzer*. *Software* digunakan berbasis bahasa C#.

Pembuatan *software* dilakukan di aplikasi *developer* *microsoft visual studio 2012* karena *tools* yang ada pada *MS.visual studio 2012* mendukung untuk komunikasi serial dan lebih lanjut dapat mendukung visualisasi grafik hasil pengukuran dengan mudah karena tersedia *library* khusus bahasa C# untuk *MS.visual studio 2012*.

*Graphical User Interface* yang direalisasikan (gambar 7) memiliki 3 blok fungsi utama : 1.Untuk Mekanikal control 2.Kontrol Frekuensi 3.Plot grafik hasil pengukuran. Untuk blok mekanikal bertipe *button* seperti *manual parking azimuth*, *elevation* dan *polarisasi* dan jenis pengukuran yang bertipe *combo box*. Blok frekuensi kontrol seperti *start frequency*, *center frequency*, *stop frequency* dan ukuran *Fast Fourier Transform (FFT size)* khusus untuk *fast sweep* untuk ukuran FFT 1,2,4 maka data akan diselang 200 Khz lainnya diselang 400 Khz/FFT size [8][6], untuk menangkap data dalam bentuk *array* plot dengan format *double precision floating number*. RBW ditentukan berdasarkan ukuran FFT.



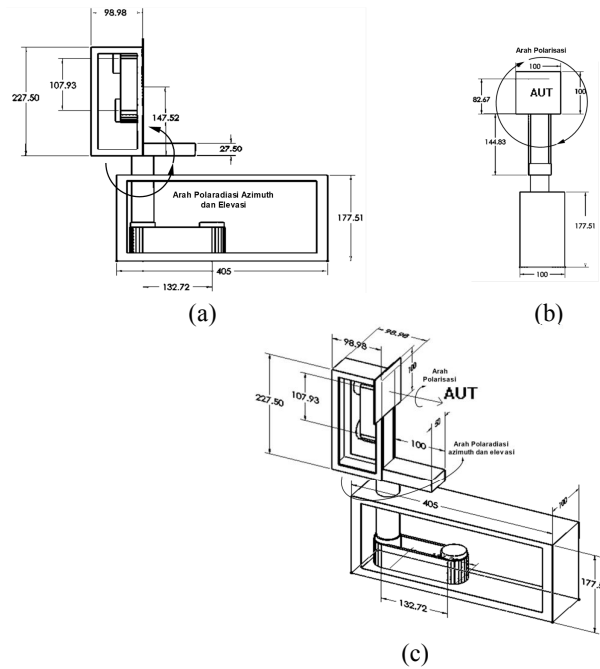
Gambar 8. Tampilan *Graphical User Interface*

Secara sederhana dari gambar 8 dapat dijelaskan :

1. Untuk digunakan sebagai blok mekanika kontrol dari segi *user*.
2. Untuk digunakan sebagai menu *bar* untuk melakukan pengukuran, membuka hasil pengukuran, *donate* dan *about*.
3. Untuk digunakan sebagai panel indikator pengukuran
4. Untuk digunakan sebagai blok frekuensi kontrol.
5. Untuk digunakan sebagai blok pengukuran *gain*
6. Untuk digunakan sebagai direktori label *output* hasil pengukuran

**3.3 Rancang Bangun Alat**

Spesifikasi alat didesain sedemikian rupa agar dapat maksimal mengangkat beban antenna jenis mikrostrip dengan massa 615.4 gram, seperti gambar 9 :



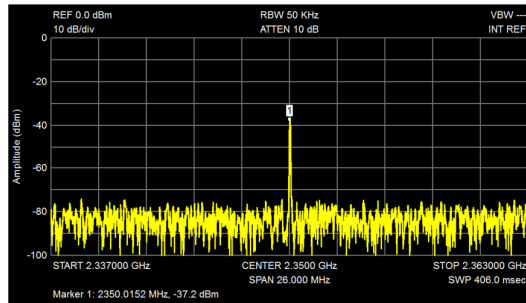
(a) Tampilan depan (b) Tampilan kanan (c) Tampilan trimetrik  
 Gambar 9. Tampilan Desain Alat Ukur Antena

**4. Uji Coba dan Hasil**

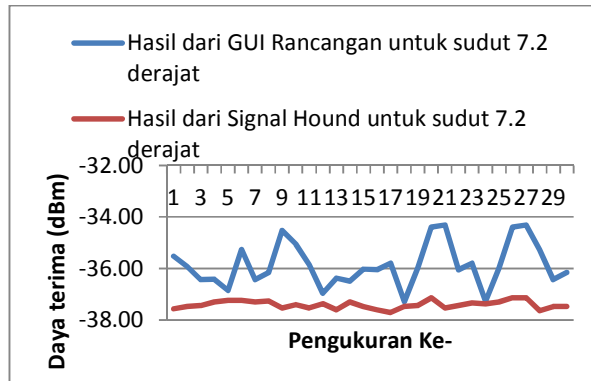
Uji coba pengukuran akuisisi data daya (dBm) dari *spectrum analyzer* dilakukan sebanyak 45 kali. Uji coba untuk mengetes fungsionalitas program GUI untuk akuisisi data daya dari *spectrum analyzer*, untuk penelitian ini digunakan *signalhound* USB SA-44 serta dapat menyimpan data daya tersebut dalam format .csv secara otomatis. Gambar 10. menunjukkan sampel data daya terima dari *spectrum analyzer* berhasil diterima dan diakuisisi, format data daya yang diterima dalam (dBm). Kemudian, pada uji coba ini data tersebut akan dicari nilai maksimumnya diulang sebanyak 3 kali dan dirata-ratakan untuk nilai satu *step*/7.2°.



Gambar 10. Tampilan hasil sampling daya per *step*



Gambar 11. Hasil cuplik menggunakan *Software Signal Hound*



Gambar 12. Perbandingan Fluktuasi daya hasil cuplik menggunakan *Software Signal Hound* dan GUI hasil rancangan

Gambar 12 dan 11, menunjukkan data daya (dBm) dari 30 sampel dalam sudut konstan 7.2°. Dari hasil perbandingan antara GUI dan *signal hound* didapat rata-rata penerimaan daya di GUI -35.85801043215110 dBm (kepresisian 13 digit dibelakang koma) dBm. Penerimaan daya oleh *signal hound* secara manual rata-rata -37.40 dBm ( 2 digit dibelakang koma). Selisih antara akuisisi data daya antara *signal hound* dengan GUI sebesar - 1.5419895678489 dBm dengan frekuensi 2.35 Ghz. Dengan selisih -1.6 dBm maka Sistem dengan GUI lebih stabil, presisi, cepat dan layak digunakan.

Tabel 1. Ketelitian Sudut Alat Mekanikal

| Jenis Pengukuran    | Rata-rata Selisih Derajat/ 1 putaran | Rata-rata selisih derajat/step |
|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Polarisasi          | 4.32                                 | 0.0864                         |
| Polaradiasi Elevasi | 12.68                                | 0.2536                         |
| Polaradiasi Azimuth | 11.76                                | 0.2352                         |

Tabel 2. Ketelitian Waktu Alat Mekanikal

| Jenis Pengukuran    | Rata-rata Selisih Detik/ 1 putaran | Rata-rata selisih detik/step |
|---------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Polarisasi          | 118.5                              | 2.37                         |
| Polaradiasi Elevasi | 138.7                              | 2.774                        |
| Polaradiasi Azimuth | 102.7                              | 2.054                        |



Dari pengujian masing-masing sub sistem yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya didapat beberapa variabel untuk mendukung kinerja sistem pengukuran antenna secara keseluruhan. Sistem yang dirancang terdiri dari :

- a) Sub sistem *software* terdiri atas GUI untuk Serial komunikasi mikrokontroller dan akuisisi data daya
- b) Sub sistem *hardware* terdiri atas Elektrikal alat dan Mekanika alat.

Sub sistem mekanikal alat telah berhasil untuk menggerakkan sistem mekanik alat, hasil pengujian dapat diringkas seperti tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi performansi sudut Sub Sistem mekanikal alat

| Parameter\Keterangan                        | Rata-rata <i>error</i> untuk 1 putaran (360°) | Rata-rata <i>error</i> untuk 1 <i>step</i> (7.2°) |
|---|---|---|
| <b>Pengukuran Polarisasi</b>                | 4.32°   | 0.0864°   |
| <b>Pengukuran Pola Radiasi arah Azimuth</b> | 11.76°  | 0.2352°   |
| <b>Pengukuran Pola Radiasi arah Elevasi</b> | 12.68°  | 0.2536°   |

Tabel 4. Spesifikasi performansi Sub Sistem elektrikal alat

| Parameter\Keterangan   | Spesifikasi awal | Hasil pengujian |
|--|------------------|-----------------|
| <b>Vpp rata-rata Catu daya</b>                                   | 12 Volt          | 13.447 Volt     |
| <b>Vpp rata-rata keluaran pin <i>power</i> mikrokontroller</b>   | 5 Volt           | 4.925 Volt      |
| <b>Vpp rata-rata keluaran pin <i>digital</i> mikrokontroller</b> | -                | 3.74504 Volt    |
| <b>Perioda rata-rata sinyal keluaran pin <i>digital</i></b>      | -                | 20.1 ms         |
| <b>Vpp rata-rata keluaran pin <i>OUT motor driver</i></b>        | 12 Volt          | 12.18325 Volt   |
| <b>Perioda rata-rata sinyal keluaran pin <i>OUT</i></b>          | -                | 17.6 ms         |

Tabel 5. Perbandingan Pengukuran Otomatis(GUI) dan Manual(SA)

| Parameter  | Keterangan                         |
|--|------------------------------------|
| <b>Durasi rata-rata untuk akuisisi data daya</b>                             | 1.6 detik/ 7.2 derajat <i>step</i> |
| <b>Durasi rata-rata untuk 1 kali pengukuran (360°)</b>                       | 1 menit 20 detik                   |
| <b>Rata-rata daya terima dari GUI (sudut konstan dan frekuensi 2.35 Ghz)</b> | -35.85801043215110 dBm             |
| <b>Rata-rata daya terima dari SA (sudut konstan dan frekuensi 2.35 Ghz)</b>  | -37.40 dBm                         |

|                                       |                |
|---------------------------------------|----------------|
| Selisih daya terima antara GUI dan SA | $\pm -1.6$ dBm |
|---------------------------------------|----------------|

Tabel 6. Spesifikasi performansi waktu Sub Sistem mekanikal alat

| Parameter/Keterangan                 | Rata-rata <i>k</i> detik untuk 1 putaran (360°) | Rata-rata <i>m</i> detik untuk 1 <i>step</i> (7.2°) |
|--------------------------------------|---|---|
| Pengukuran Polarisasi                | 118.5 s   | 2.37 s  |
| Pengukuran Pola Radiasi arah Azimuth | 102.7 s   | 2.054 s   |
| Pengukuran Pola Radiasi arah Elevasi | 138.7 s   | 2.774 s   |

Setelah dijabarkan spesifikasi performansi akuisisi data GUI (tabel 5) maka dapat disimpulkan bahwa durasi rata-rata yang dibutuhkan ialah 1.6 detik/*step* selisih 0.79 detik dari hasil dari pengujian tabel 6.

Dari sistem yang dirancang diambil spesifikasi untuk masing-masing subsitem ketika skenario terburuk (nilai *threshold* terbesar) terjadi maka dapat disimpulkan oleh tabel 7.

Tabel 7. Kesimpulan Spesifikasi Sub Sistem

| Parameter/Keterangan                 | Derajat / <i>step</i>        | Waktu / <i>step</i> |
|--------------------------------------|------------------------------|---------------------|
| Pengukuran Polarisasi                | $7.2^\circ \pm 0.0864^\circ$ | 2.37 s              |
| Pengukuran Pola Radiasi arah Azimuth | $7.2^\circ \pm 0.2352^\circ$ | 2.054 s             |
| Pengukuran Pola Radiasi arah Elevasi | $7.2^\circ \pm 0.2536^\circ$ | 2.774 s             |

#### 4.1 Pengujian Pengukuran Polaradiasi arah Azimuth

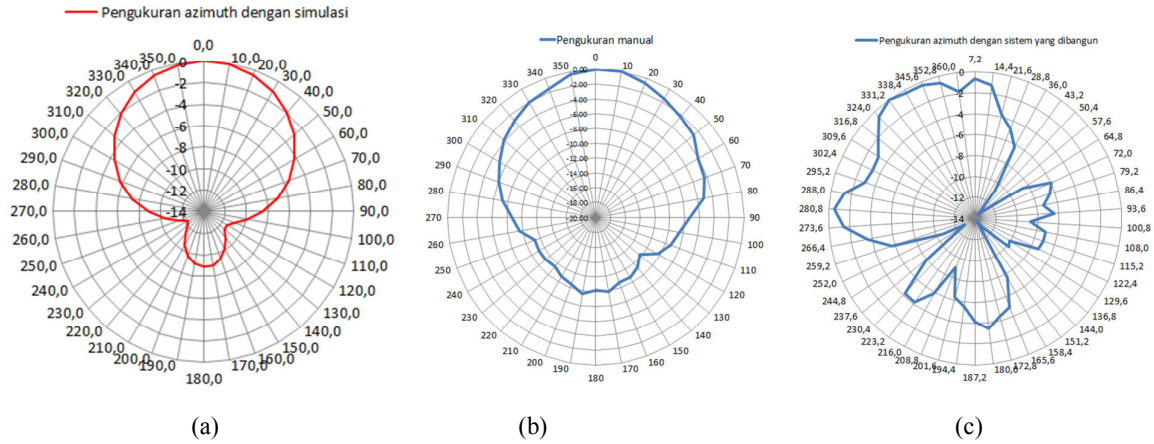
Menggunakan tahap-tahap yang telah dijabarkan sebelumnya maka Pengujian dilakukan dengan menggunakan antena yang sudah ada dengan frekuensi tengah antena 2.35 Ghz. Selanjutnya hasil pengujian didapat dari 10 kali pengukuran dan dibandingkan dengan pengukuran simulasi. Skala sudut sistem yang dibangun diselang 2 kali ( $7.2^\circ \pm 0.2352^\circ$ ) agar dapat menyesuaikan dengan skala sudut dari simulasi ( $10^\circ/\text{step}$ ). Dari hasil analisis didapat selisih daya maksimum, minimum dan pada sudut berapa dibandingkan antara pengukuran sistem yang dibangun dengan simulasi seperti ditunjukkan tabel 8.

Tabel 8 Hasil Perbandingan daya dan sudut Pengukuran Azimuth

| Parameter \ Keterangan | Sudut simulasi    | Sudut hasil sistem yang dibangun |
|------------------------|-------------------|----------------------------------|
| Selisih daya maksimum  | 13.0972 dBm \ 30° | 13.0972 dBm \ 44.61°             |
| Selisih daya minimum   | 0.54794 dBm \ 80° | 0.54794 dBm \ 111.53°            |

Tabel 9 Hasil Perbandingan HPBW azimuth

| HPBW | Hasil pengujian Alat | Hasil Simulasi | Hasil Manual |
|------|----------------------|----------------|--------------|
|      | 35.76°               | 76°            | 89.67°       |



Gambar 13. Tampilan Polaradiasi (a) arah azimuth simulasi[25] dan (b) manual[25] (c)sistem

4.2 Pengujian Pengukuran Polaradiasi arah Elevasi

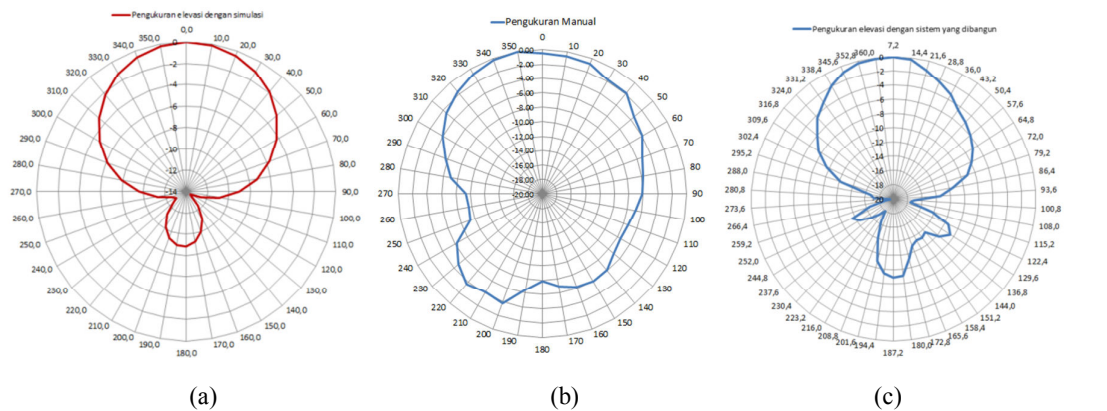
Menggunakan tahap-tahap yang telah dijabarkan sebelumnya maka Pengujian dilakukan dengan menggunakan antena yang sudah ada dengan frekuensi tengah antena 2.35 Ghz. Selanjutnya hasil pengujian didapat dari 10 kali pengukuran dan dibandingkan dengan pengukuran simulasi. Skala sudut sistem yang dibangun diselang 2 kali ( $7.2^\circ \pm 0.2536^\circ$ ) agar dapat menyesuaikan dengan skala sudut dari simulasi ( $10^\circ/step$ ). Dari hasil analisis didapat selisih daya maksimum, minimum dan pada sudut berapa dibandingkan antara pengukuran sistem yang dibangun dengan simulasi seperti ditunjukkan tabel 10.

Tabel 10 Hasil Perbandingan daya dan sudut Pengukuran Elevasi

| Parameter \ Keterangan       | Sudut simulasi     | Sudut hasil sistem yang dibangun |
|------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| <b>Selisih daya maksimum</b> | 11.89113 dBm \ 70° | 11.89113 dBm \ 101.05°           |
| <b>Selisih daya minimum</b>  | 0 dBm \ 0°         | 0 dBm \ 0°                       |

Tabel 11 Hasil Perbandingan HPBW Elevasi

| HPBW | Hasil pengujian Alat | Hasil Simulasi | Hasil Manual |
|------|----------------------|----------------|--------------|
|      | 36.0°                | 75°            | 102.02°      |



Gambar 14. Tampilan Polaradiasi (a) arah elevasi simulasi[25] dan (b) manual[25] (c) sistem

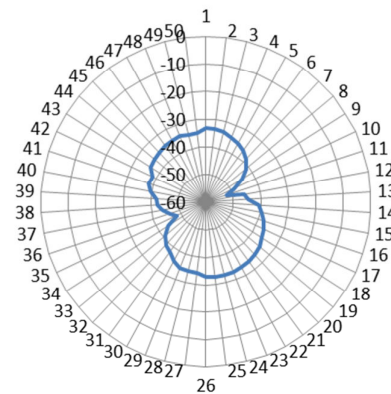
**4.3 Pengujian Pengukuran Polarisasi**

Menggunakan tahap-tahap yang telah dijabarkan sebelumnya maka Pengujian dilakukan dengan menggunakan antenna yang sudah ada dengan frekuensi tengah antenna 1.27 Ghz polarisasi sirkular LHCP. Selanjutnya hasil pengujian didapat dari 10 kali pengukuran dan dibandingkan dengan pengukuran manual dan simulasi. Skala sudut sistem yang dibangun diselang 2 kali ( $7.2^\circ \pm 0.0864^\circ$ ). Dari tabel 12 didapat kesimpulan bahwa antenna yang diuji berpolarisasi elips karena *axial ratio* > 3dB dan  $\leq 40$  dB sehingga selisih 1.43 dB dari polarisasi sirkular. Hal ini dikarenakan faktor umur antenna namun dari segi sistem sudah layak karena hanya menghasilkan selisih 1.43 dB.

Tabel 12 Hasil Perbandingan *axial ratio*

| <i>Axial Ratio</i> | Hasil pengujian Alat | Hasil Simulasi [24] |
|--------------------|----------------------|---------------------|
|                    | 4.43 dB              | 0.31 dB             |

— Hasil Pengujian menggunakan sistem yang dibangun



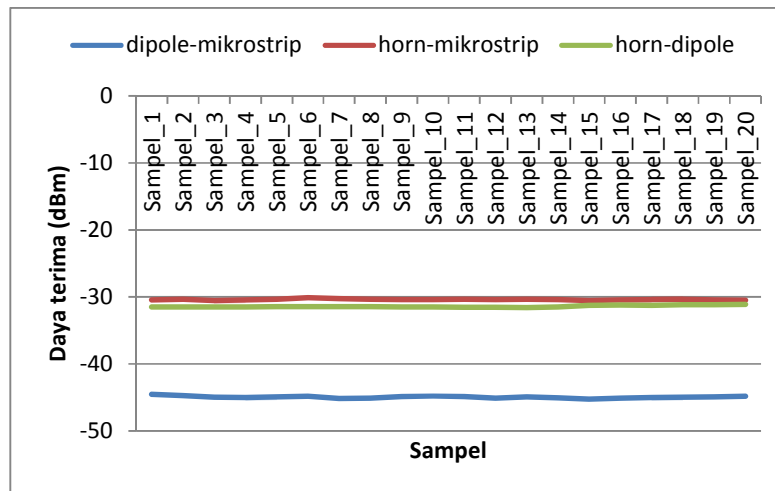
Gambar 15. Tampilan Polarisasi sistem

**4.4 Pengujian Pengukuran Gain**

Menggunakan tahap-tahap yang telah dijabarkan sebelumnya maka Pengujian *gain* dilakukan dengan menggunakan metode 3 antenna (antenna horn {1}, mikrostrip *under test* {2}, dipole {3}) dan digunakan antenna yang sudah ada dengan frekuensi tengah antenna 1.27 Ghz polarisasi sirkular LHCP[24] pada jarak 0.9 meter dan daya pancar 0 dBm. Selanjutnya hasil pengujian didapat dari rata-rata 20 sampel data/kombinasi antenna dan dibandingkan dengan pengukuran manual dan simulasi. Dari tabel 13 didapat kesimpulan bahwa antenna yang diuji menggunakan sistem yang dibangun memiliki *gain* 4.478 dBi pada frekuensi tengah 1.27 Ghz, berbeda 0.405 dB dari simulasi dan berbeda 0.808 dB dari manual. Perbedaan yang terjadi diakibatkan oleh faktor umur antenna namun dari segi sistem sudah layak karena hanya menghasilkan selisih 0.405 dB dari simulasi (mendekati simulasi dibanding dengan yang manual).

Tabel 13 Hasil Perbandingan *gain* frekuensi tengah 1.27 Ghz

| <i>Gain</i> | Hasil pengujian Alat | Hasil Simulasi | Hasil Manual |
|-------------|----------------------|----------------|--------------|
|             | 4.478 dBi            | 4.073 dBi      | 3.67 dBi     |



Gambar 16. Tampilan daya terima pengukuran *gain*

Dari gambar 16 didapat rata-rata -44.96 dBm, -30.38 dBm dan -31.41 dBm masing-masing untuk dipole-mikrostrip, horn-mikrostrip dan horn-dipole. Nilai yang didapat kemudian akan dikalkulasikan sehingga didapat *gain* (Tabel 4.15).

## 5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan realisasi sistem pengukuran parameter antenna otomatis terintegrasi adalah sebagai berikut.

1. Sistem alat ukur antenna yang dirancang dengan beban antenna maksimal 600 gram dengan dimensi maksimum 10 x 10 x 2 cm, rentang frekuensi 1 GHz-4.4 Ghz karena faktor jarak pengukuran dan dimensi antenna serta memiliki tingkat ketelitian mekanik untuk polarisasi  $7.2^\circ \pm 0.0864^\circ/\text{step}$ , Polaradiasi arah elevasi  $7.2^\circ \pm 0.2536^\circ/\text{step}$  dan Polaradiasi arah azimuth  $7.2^\circ \pm 0.2352^\circ/\text{step}$  dan memiliki rata-rata waktu pengukuran 1 menit 59 detik sedangkan pengukuran manual membutuhkan waktu 8 menit 10 detik.
2. Rata-rata penerimaan daya di GUI -35.85801043215110 dBm (kepresisian 13 digit dibelakang koma) dBm dan Penerimaan daya oleh *signal hound* secara manual rata-rata -37.40 dBm ( 2 digit dibelakang koma). Selisih antara akuisisi data daya antara *signal hound* dengan GUI sebesar -1.5419895678489 dBm dengan frekuensi 2.35 Ghz.
3. Pengukuran Polaradiasi arah azimuth dan elevasi yang dilakukan menggunakan sistem yang dirancang masing-masing memberikan hasil selisih maksimum dari normalisasi daya terima sebesar 13,0972 dBm untuk azimuth dan 11,89113 dBm untuk elevasi. Serta memberikan selisih HPBW masing-masing untuk azimuth dan elevasi yaitu  $40.24^\circ$  dan  $39^\circ$  yang dibandingkan dengan hasil HPBW simulasi. Pengukuran *gain* menghasilkan selisih rata-rata 0.405 dB dari simulasi (mendekati simulasi dibandingkan yang manual).
4. Sistem pengukuran parameter antenna yang dirancang sudah otomatis dari segi akuisisi data dan pergerakan, terintegrasi pada saat itu juga data dicuplik, presisi dari segi akuisisi data dan valid dari segi akuisisi data sehingga layak digunakan untuk pengukuran parameter antenna dengan frekuensi 1Ghz-4.4Ghz[16].

## Daftar Pustaka :

- [1] Motor stepper unipolar 1.8°: <http://digiwarestore.com/en/stepper-brushless/unipolar-st-degrees-step-8kgcm-713252.html> .[25 Februari 2015 ]
- [2] Stepmotorbasics : [http://www.linengineering.com/contents/stepmotors/pdf/Product\\_Guides/Lin\\_RG\\_StepMotorBasics.pdf](http://www.linengineering.com/contents/stepmotors/pdf/Product_Guides/Lin_RG_StepMotorBasics.pdf).
- [3] Atmega 328P Datasheet. Integrated Circuit : Atmel Corporation.
- [4] Davis, R Stephen.Sphar, Charles.Sempf, Bils. 2010. C# 2010 All in one for dummies. Indiana : Wiley Publishing, Inc.
- [5] Motor stepper. : <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/motor-stepper/>.[23 maret 2015]
- [6] Motor Basi.: <http://library.solarbotics.net/pdflib/pdf/motorbas.pdf>.[23 maret 2015]
- [7] Krauss, John D.1988.Antenas second edition. United States of America : Mc-Graw Hill.

- [8] Foegelle, Michael D.2002. Antena Pattern Measurement : Concepts and Techniques. Compliance Engineering.
- [9] Pakpahan,Saat.1988.KONTROLOTOMATIK Teori dan Penerapan.Jakarta:Erlangga.
- [10] Eckman,Donald.P.1958.AutomaticProcessControl.NewDelhi: WileyEasternLimited.
- [11] Kuo,Benjamin.C.1985.Automatic Control System 4th Edition.NewDelhi:Prentice Hall of India.
- [12] Godse,A P.D.A Godse.2008.Advanced C Programming 1<sup>st</sup> edition.India :Technical Publication Pune.
- [13] Barret,Steven F.D.J.Pack.2012.AtmelAVR Microcontroller Primer Programming and Interfacing,second edition,Wyoming and Colorado : Morgan and Claypool Publishers.
- [14] Bakhsi,U A.V.U.Bakhsi.2009.Electrical Circuits and Machines fifth revised edition.India:Technical Publication Pune.
- [15] Anggara, R.Setya.2014.Perancangan dan Realisasi Kontrol Pengarah Antena Pada Stasiun Bumi Menggunakan Motor DC Untuk Sistem Tel-U Sat.Universitas Telkom.Bandung
- [16] Signalhound RF sensordetector : <https://www.signalhound.com/products/usb-sa44b/>.
- [17] P,Hendrik.Dwi.2009.Perancangan Alat Bantu Pengukuran Otomatis Pola Radiasi, Polarisasi, Gain, dan Direktivitas Pada Antena.Universitas Telkom.Bandung
- [18] Gilespsie,E.S with friends.2008.IEEE Standard Test Procedures for Antennas, Antenna Standard Committee. New York : IEEE Standard Board.
- [19] Balanis,A.Constantine. Antenna theory analysis and design 3<sup>rd</sup> edition. 2005. New Jersey : John Willey & Sons, Inc.
- [20] Struik,D. A Concise History of Mathematics. 1967. New York : Dover Publications.
- [21] Bergamini,D. Mathematics. 1963. New York : Life Science Library.
- [22] Boutin,D. Complex Signals. 1989. New York : Publisher RF Design.
- [23] Miller, Rick. C# for Artists : The art, philosophy, and science of object-oriented programming. 2008. Virginia : Pulp Free Press.
- [24] Hakim, Arif.Rahman.2014.Perancangan dan Realisasi antena mikrostrip polarisasi sirkular dengan catuan *proximity coupled* untuk *circularly polarized synthetic aperture radar (CP-SAR)*.Universitas Telkom.Bandung
- [25] Kurnia, Galih.Fajar.2015.Perancangan dan Realisasi antena PIFA array polarisasi sirkular pada frekuensi 2.35 Ghz untuk aplikasi RSPL nano-satelit.Universitas Telkom.Bandung
- [26] Nomas, Kirbi Timur.2015.Perancangan Sistem Untuk Pengukuran Parameter Antena Otomatis, *Realtime* berbasis mikrokontroller. SNTI XII 2015