

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai prosedur pengujian keluaran daya *rectenna* yang diperoleh serta analisisnya. Dengan demikian akan diketahui performansi dari *antenna rectangular patch array* dan *switch polarity* yang telah di simulasikan.

Tujuan utama dari pengukuran ini adalah untuk mendapatkan dan mengetahui berapa tegangan *output* yang dihasilkan oleh rangkaian *rectenna* yang disusun secara seri melalui pengukuran langsung terhadap performansi antena dan *rectifier*. Pengukuran *rectenna* yang dilakukan meliputi :

1. Pengukuran *system rectenna*
2. Peningkatan output pada *rectenna*
3. Pengaruh jumlah rangkaian seri

Pengukuran *rectenna* dilakukan di Laboratorium Transmisi dan Gelombang Mikro Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

4.2. Pengukuran *system rectenna*

Sebuah *antenna* dan *rectifier* akan diuji dengan pengukuran daya keluaran tegangan DC. Dalam pengukuran sistem *Rectenna*, dilakukan satu sistem *Rectifier* dan *Antena* yang mempunyai tiga Sistem yang masing-masing sistem dapat diukur dalam konversi tegangan DC. Tiap satu sistem masing-masing memiliki *antena* dan *rectifier* yang berbeda namun satu type. Ketiga Sistem ini pada mulanya diukur untuk mengetahui performansi masing-masing Sistem.

4.2.1 Tujuan pengukuran *system rectenna*

Adapun tujuan dari pengukuran *system rectenna* kali ini, adalah :

1. Untuk mengetahui nilai tegangan keluaran dari *rectifier* dan *antena mikrostrip rectangular patch array* yang telah di fabrikasi
2. Untuk mengetahui nilai tegangan keluaran dari *rectifier* dan *antena mikrostrip switch polarity* yang telah di fabrikasi.

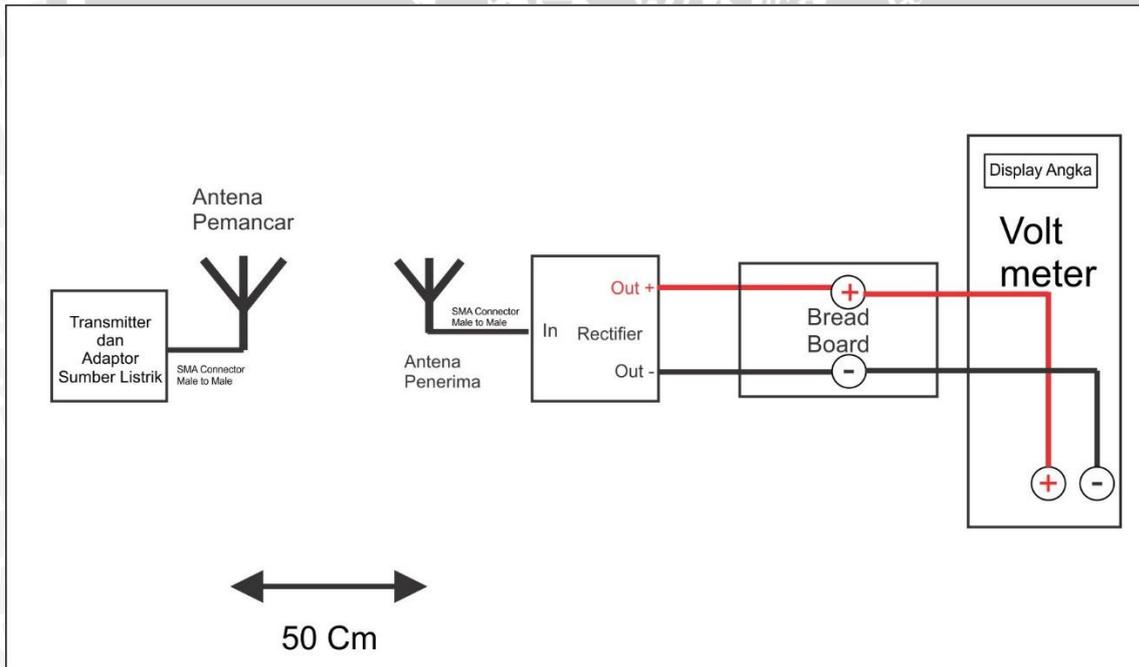
- Untuk mengetahui nilai tegangan keluaran dari rectifier yang telah di fabrikasi.

4.2.2 Peralatan yang digunakan untuk pengukuran *system rectenna*

Beberapa peralatan yang perlu dipersiapkan untuk melakukan pengukuran *system rectenna*, antara lain :

- Pemancar 5W 2.4 GHz (1 buah)
- Adaptor (1 buah)
- SMA Konektor *Male-to-Male* (4 buah)
- Voltmeter (1 buah)
- Rectifier (3 buah)
- Antena pemancar (*Single Polarity*) (1 buah)
- Antena penerima (*rectangular patch array*) (3 buah)
- Antena penerima (*switch polarity*) (3 buah)
- Alat Ukur Jarak 50 cm (1 buah)
- Bread Board (1 buah)

4.2.3 Prosedur pengukuran *system rectenna*



Gambar 4.1 - Rangkaian Pengukuran *system rectenna*

Sumber : Pengujian

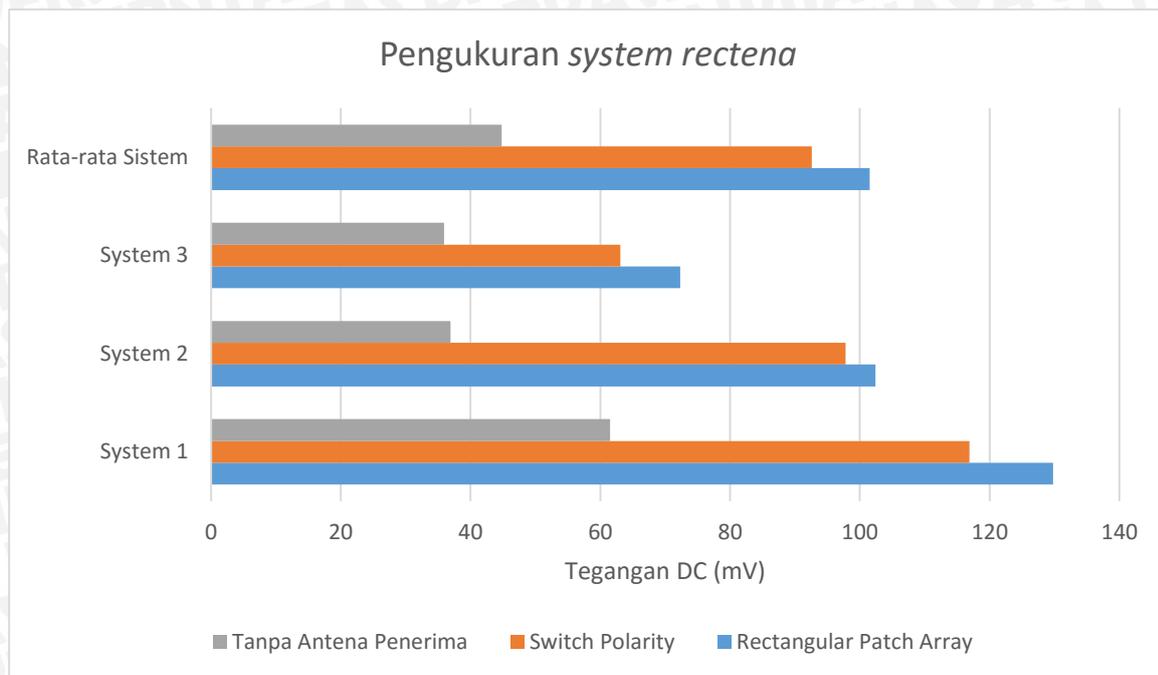
Berikut ini merupakan prosedur pengukuran *system rectenna*, antara lain :

1. Susun rangkaian seperti pada Gambar 4.1.
2. Antena pemancar menggunakan antena *single polarity*
3. Antena penerima menggunakan antena *rectangular patch array*, antena *switch polarity* dan tanpa antena penerima, masing-masing berjumlah tiga satuan.
4. Rectifier mempunyai tiga system yang serupa dan identik
5. Masing-masing antena mempunyai pasangan dengan system rectifier. Contoh: jika memilih system rectifier 1, maka otomatis pasangannya adalah antena *rectangular patch array 1* / antena *switch polarity 1* / tanpa antena penerima 1, dan masing-masing antena dengan nomor yang telah mempunyai ditentukan mempunyai konektor SMA male to male sendiri.
6. Mengatur antena penerima dan system rectifier mana yang akan diukur.
7. Hidupkan Voltmeter dengan pengukuran tegangan DC.
8. Hidupkan *transmitter* dan adaptor dengan sumber listrik.
9. Setelah mendapatkan nilai tegangan DC dari *display* voltmeter, maka catat hasil pengukuran.
10. Kemudian lakukan pengukuran dari prosedur nomor 6 dengan sistem rectifier dan antena yang berbeda dan catat hasil pengukuran.
11. Setelah didapatkan hasil pengukuran, hitung rata-rata tegangan keluaran sistem dengan parameter antena yang berbeda.

4.2.4 Hasil Pengukuran *system rectenna*

Dalam pengukuran sistem Rectenna, dilakukan satu system Rectifier dan Antena dengan yang mempunyai tiga Sistem yang masing-masing sistem dapat diukur dalam konversi tegangan DC. Tiap satu system masing-masing memiliki antena dan rectifier yang berbeda namun satu type. Ketiga Sistem ini pada mulanya diukur untuk mengetahui performansi masing-masing Sistem, Pengukuran Sistem pertama adalah pengukuran dengan Rectifier yang sama, namun dengan menggunakan Antena yang berbeda dan tanpa antenna penerima, begitu pula Pengukuran system kedua dan ketiga, berikut merupakan hasil pengukuran masing sistem rectena.

Setelah dilakukan rangkaian pada Gambar 4.1 dan kemudian dilakukan pengukuran, maka nilai *system rectifier* dan antena dapat terbaca pada layar Voltmeter. Nilai beserta grafik tegangan DC dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan tabel 4.1 berikut



Gambar 4.2 - Grafik Pengukuran Sistem Rectena

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Sistem Rectena

Sumber : Hasil Pengujian

System Rectifier	Output Antena (mV)		
	Rectangular Patch Array	Switch Polarity	Tanpa Antena Penerima
1	129.8	116.9	61.5
2	102.4	97.8	36.9
3	72.3	63.1	35.9
Rata-rata Sistem	101.5	92.6	44.77

Hasil pengukuran system Rectenna diatas menunjukkan bahwa tiap system rectena mempunyai nilai tegangan berbeda dengan system dan type antenna yang berbeda. Sehingga dapat dikatakan masing-masing system bekerja dengan kemampuan terbaik untuk menghasilkan daya dari masing-masing system. Adapun tegangan yang didapatkan Sistem pertama, kedua dan ketiga berturut-turut dengan menggunakan Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array adalah 129.8 mV, 102.4 mV, 72.3 mV. Kemudian tegangan yang didapatkan Sistem pertama, kedua dan ketiga berturut-turut dengan menggunakan Antena

Switch Polarity adalah 116.9 mV, 97.8 mV, 63.1 mV dan tegangan yang didapatkan Sistem pertama, kedua dan ketiga berturut-turut Tanpa antenna penerima adalah 61.5 mV, 36.9 mV, 35.9 mV.

Rata-rata dari masing-masing system untuk Antena Rectangular Patch Array adalah 101.5 mV, kemudian untuk Antena Switch Polarity adalah 92.6 mV dan untuk tanpa Antena Penerima adalah 44.77 mV.

4.3. Peningkatan *output* pada rectena

Dalam peningkatan *output* pada rectena, dilakukan dilakukan penyusunan Rangkaian Rectena sehingga didapatkan Hasil keluaran Maksimal dari Rectena, untuk itu dilakukan penyusunan Rangkaian Rectenna secara seri dengan dua system yang diharapkan mendapat keluaran tegangan secara maksimal. Dalam pengukuran Rectifier dan Antena yang mempunyai tiga Sistem yang masing-masing sistem dapat diukur dalam konversi tegangan DC. Tiap satu system masing-masing memiliki antena dan rectifier yang berbeda namun satu type. Ketiga Sistem ini pada mulanya diukur untuk mengetahui performansi dua system yang disusun secara seri.

4.3.1 Tujuan peningkatan *output* pada rectena

Adapun tujuan dari peningkatan output pada rectena kali ini, adalah :

1. Untuk mengetahui nilai tegangan keluaran dari dua system.yang disusun secara seri menggunakan rectifier dan antena mikrostrip *rectangular patch array* yang telah di fabrikasi.
2. Untuk mengetahui nilai tegangan keluaran dari dua system.yang disusun secara seri menggunakan rectifier dan antena mikrostrip *switch polarity* yang telah di fabrikasi.
3. Untuk mengetahui nilai tegangan keluaran dari dua system.yang disusun secara seri menggunakan rectifier yang telah di fabrikasi.

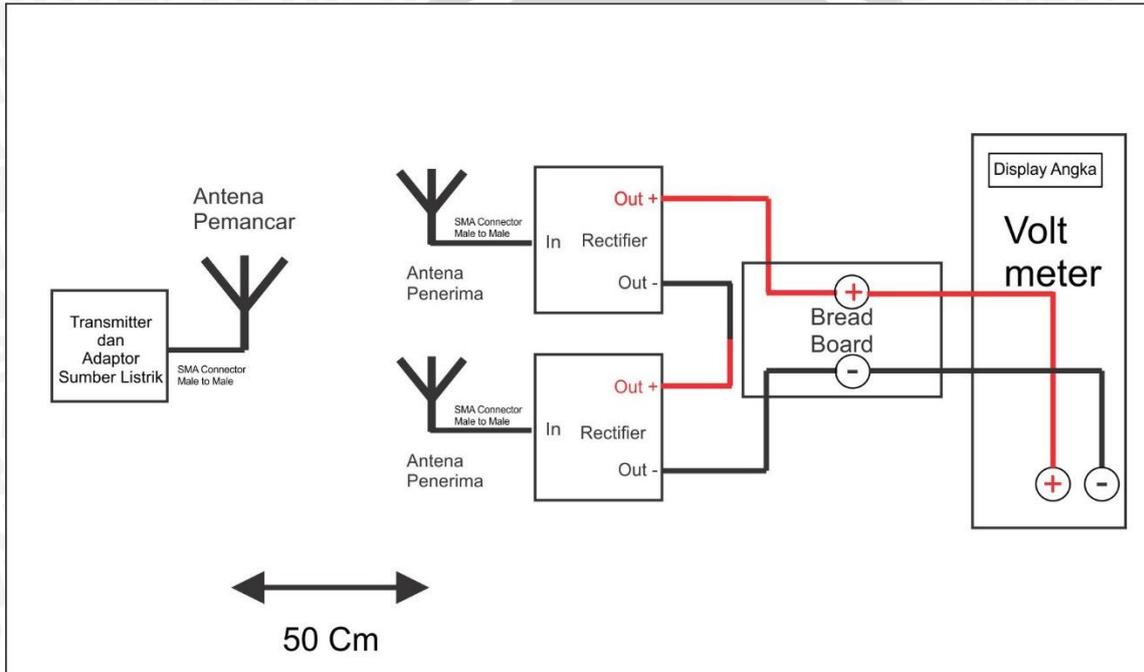
4.3.2 Peralatan yang digunakan untuk peningkatan *output* pada rectena

Beberapa peralatan yang perlu dipersiapkan untuk melakukan peningkatan output pada rectena,, antara lain :

- | | |
|-------------------------------------|------------|
| 1. Pemancar 5W 2.4 GHz | (1 buah) |
| 2. Adaptor | (1 buah) |
| 3. SMA Konektor <i>Male-to-Male</i> | (4 buah) |
| 4. Voltmeter | (1 buah) |
| 5. Rectifier | (3 buah) |

6. Antena pemancar (*Single Polarity*) (1 buah)
7. Antena penerima (*rectangular patch array*) (3 buah)
8. Antena penerima (*switch polarity*) (3 buah)
9. Alat Ukur Jarak 50 cm (1 buah)
10. Bread Board (1 buah)

4.3.3 Prosedur peningkatan *output* pada rectena



Gambar 4.3 - Rangkaian peningkatan output pada rectena

Sumber : Pengujian

Berikut ini merupakan prosedur peningkatan output pada rectena, antara lain :

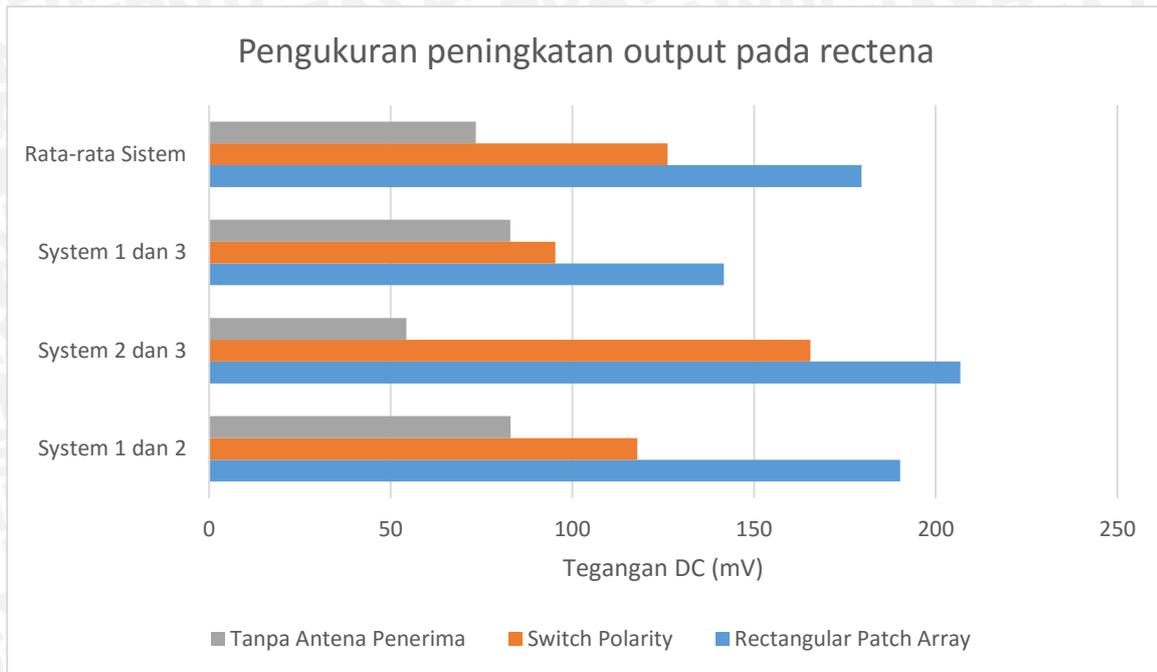
1. Susun rangkaian seperti pada Gambar 4.3
2. Antena pemancar menggunakan antena *single polarity*
3. Antena penerima menggunakan antena *rectangular patch array*, antena *switch polarity* dan tanpa antena penerima, masing-masing berjumlah tiga satuan.
4. Rectifier mempunyai tiga system yang serupa dan identik
5. Masing-masing antena mempunyai pasangan dengan system rectifier. Contoh: jika memilih system rectifier 1, maka otomatis pasangannya adalah antena *rectangular patch array 1* / antena *switch polarity 1* / tanpa antena penerima 1, dan masing-masing antenna dengan nomor yang telah mempunyai ditentukan mempunyai konektor SMA male to male sendiri.

6. Mengatur antena penerima dan sistem rectifier mana yang akan diukur. Jika telah memilih kombinasi sistem, pilih antena yang sama. Dan lanjutkan dengan kombinasi sistem yang lain.
7. Hidupkan Voltmeter dengan pengukuran tegangan DC.
8. Hidupkan *transmitter* dan adaptor dengan sumber listrik.
9. Setelah mendapatkan nilai tegangan DC dari *display* voltmeter, maka catat hasil pengukuran.
10. Kemudian lakukan pengukuran dari prosedur nomor 6 dengan sistem rectifier dan antena yang berbeda dan catat hasil pengukuran.
11. Setelah didapatkan hasil pengukuran dari dua sistem yang disusun seri, hitung rata-rata tegangan keluaran dua sistem dengan menggunakan antena yang berbeda.

4.3.4 Hasil peningkatan *output* pada rectena

Dalam meningkatkan output pada Rectena, dilakukan penyusunan Rangkaian Rectena sehingga didapatkan Hasil keluaran Maksimal dari Rectena, untuk itu dilakukan penyusunan Rangkaian Rectenna secara seri dengan dua sistem yang diharapkan mendapat keluaran tegangan secara maksimal. berikut merupakan hasil pengukuran peningkatan output pada rectena.

Setelah dilakukan rangkaian pada Gambar 4.3 dan kemudian dilakukan pengukuran, maka nilai kombinasi *system rectifier* dan antena dapat terbaca pada layar Voltmeter. Nilai beserta grafik tegangan DC dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan tabel 4.2 berikut.



Gambar 4.4 - Grafik pengukuran peningkatan output pada rectena

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 4.2. Hasil pengukuran peningkatan output pada rectena

Sumber : Hasil Pengujian

System Rectifier	Output Antena (mV)		
	Rectangular Patch Array	Switch Polarity	Tanpa Antena Penerima
1 dan 2	190.2	117.9	83
2 dan 3	206.8	165.5	54.3
1 dan 3	141.7	95.3	82.9
Rata-rata sistem	179.57	126.23	73.4

Hasil Peningkatan Output pada Rectena terbukti dengan dirangkainya Rectena secara serial sehingga hasil yang didapatkan oleh satu system Rectena dengan dua sistem Rectena didapatkan hasil lebih banyak output daya yang didapatkan Rectena ketika disusun secara serial, adapun tegangan yang didapatkan dari system rectena yang disusun seri dari sistem pertama dan kedua, kedua dan ketiga, pertama dan ketiga berturut-turut dengan menggunakan Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array adalah 190.2 mV, 206.8 mV, 141,7 mV. Kemudian tegangan yang didapatkan dari system rectena yang disusun seri dari

sistem pertama dan kedua, kedua dan ketiga, pertama dan ketiga berturut-turut dengan menggunakan Antena Switch Polarity adalah 117.9 mV, 165.5 mV, 95.3 mV. Dan tegangan yang didapatkan dari system rectena yang disusun seri dari sistem pertama dan kedua, kedua dan ketiga, pertama dan ketiga berturut-turut tanpa antena penerima adalah 83 mV, 54.3 mV, 82.9 mV. Rata-rata dari masing-masing system yang disusun seri untuk Antena Rectangular Patch Array adalah 179.57 mV, kemudian untuk Antena Switch Polarity adalah 126.23 mV dan untuk tanpa Antena Penerima adalah 73.4 mV.

4.4 Pengaruh jumlah rangkaian seri

Pengukuran System rectena diukur secara seri telah dilakukan pada subbab sebelumnya, pada subbab ini dilakukan penyusunan Rangkaian rectena secara seri dengan lebih dari dua sistem, dalam studi kasus ini akan dilakukan dengan menyusun rangkaian rectena secara seri dengan tiga system.

4.4.1 Tujuan percobaan pengaruh jumlah rangkaian seri

Adapun tujuan dari pengaruh jumlah rangkaian seri kali ini, adalah :

1. Untuk mengetahui nilai tegangan keluaran lebih dari dua system.yang disusun secara seri menggunakan rectifier dan antena mikrostrip *rectangular patch array* yang telah di fabrikasi.
2. Untuk mengetahui nilai tegangan keluaran lebih dari dua system.yang disusun secara seri menggunakan rectifier dan antena mikrostrip *switch polarity* yang telah di fabrikasi.
3. Untuk mengetahui nilai tegangan keluaran lebih dari dua system.yang disusun secara seri menggunakan rectifier yang telah di fabrikasi.

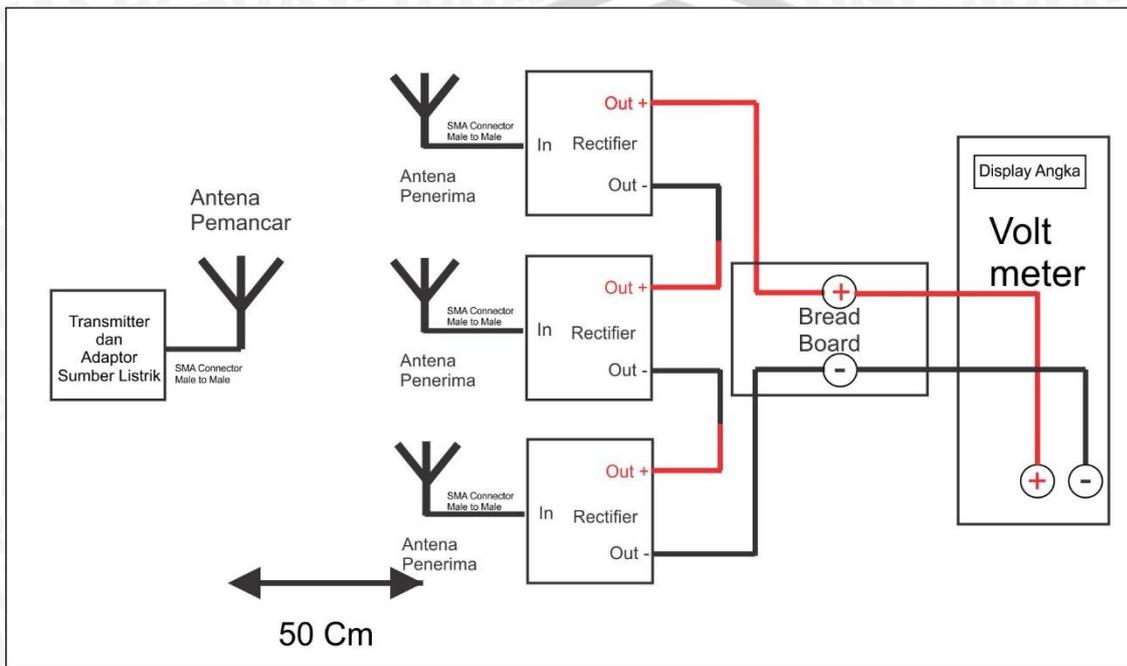
4.4.2 Peralatan yang digunakan untuk percobaan pengaruh jumlah rangkaian seri

Beberapa peralatan yang perlu dipersiapkan untuk melakukan peningkatan output pada rectena,, antara lain :

- | | |
|---|------------|
| 1. Pemancar 5W 2.4 GHz | (1 buah) |
| 2. Adaptor | (1 buah) |
| 3. SMA Konektor <i>Male-to-Male</i> | (4 buah) |
| 4. Voltmeter | (1 buah) |
| 5. Rectifier | (3 buah) |
| 6. Antena pemancar (<i>Single Polarity</i>) | (1 buah) |

7. Antena penerima (*rectangular patch array*) (3 buah)
8. Antena penerima (*switch polarity*) (3 buah)
9. Alat Ukur Jarak 50 cm (1 buah)
10. Bread Board (1 buah)

4.4.3 Prosedur percobaan pengaruh jumlah rangkaian seri



Gambar 4.5 - Rangkaian percobaan pengaruh jumlah rangkaian seri

Sumber : Pengujian

Berikut ini merupakan prosedur percobaan pengaruh jumlah rangkaian seri antara lain :

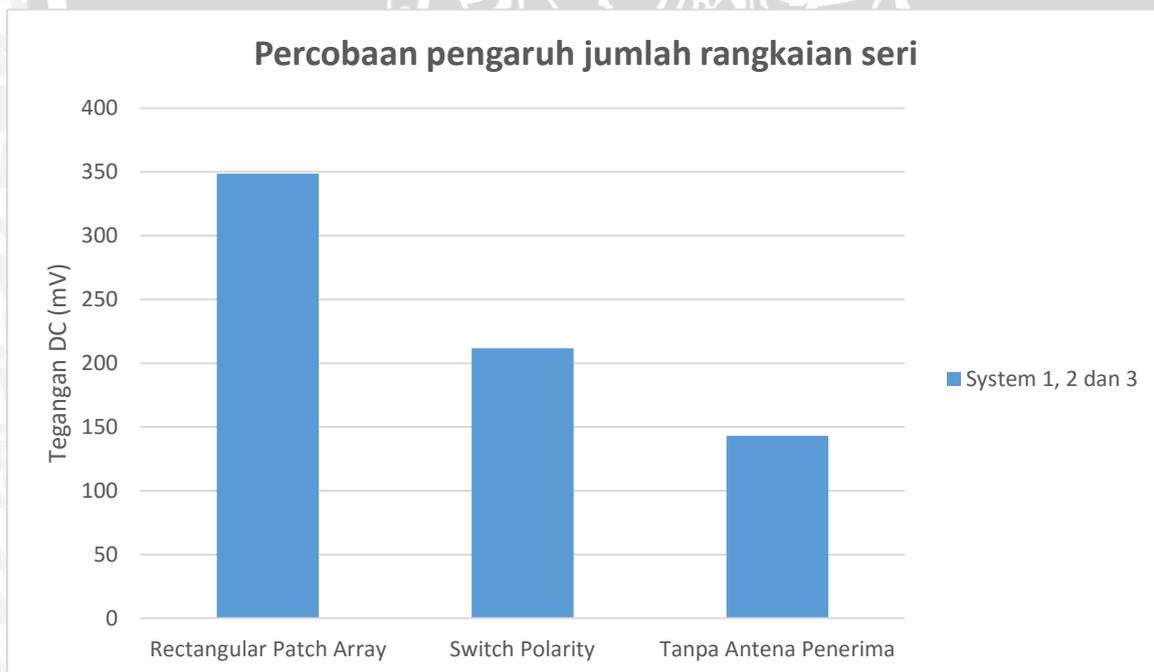
1. Susun rangkaian seperti pada Gambar 4.5.
2. Antena pemancar menggunakan antena *single polarity*
3. Antena penerima menggunakan antena *rectangular patch array*, antena *switch polarity* dan tanpa antena penerima, masing-masing berjumlah tiga satuan.
4. Rectifier mempunyai tiga system yang serupa dan identik
5. Masing-masing antena mempunyai pasangan dengan system rectifier. Contoh: jika memilih system rectifier 1, maka otomatis pasangannya adalah antena *rectangular patch array 1* / antena *switch polarity 1* / tanpa antena penerima 1, dan masing-masing antenna dengan nomor yang telah mempunyai ditentukan mempunyai konektor SMA male to male sendiri.
6. Mengatur antena penerima mana yang akan diukur.

7. Hidupkan Voltmeter dengan pengukuran tegangan DC.
8. Hidupkan *transmitter* dan adaptor dengan sumber listrik.
9. Setelah mendapatkan nilai tegangan DC dari *display* voltmeter, maka catat hasil pengukuran.
10. Kemudian lakukan pengukuran dari prosedur nomor 6 dengan memilih antenna yang berbeda dan catat hasil pengukuran.

4.4.4 Hasil percobaan pengaruh jumlah rangkaian seri

Dalam penyusunan Rangkaian rectena secara seri dengan lebih dari dua sistem, dalam studi kasus ini akan dilakukan dengan menyusun rangkaian rectena secara seri dengan tiga sistem. berikut merupakan hasil pengukuran Rectena dengan tiga sistem yang disusun secara seri.

Setelah dilakukan rangkaian pada Gambar 4.3 dan kemudian dilakukan pengukuran, maka nilai kombinasi *system rectifier* dan antenna dapat terbaca pada layar Voltmeter. Nilai beserta grafik tegangan DC dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan tabel 4.3 berikut.



Gambar 4.6 - Grafik Percobaan pengaruh jumlah rangkaian seri

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 4.3. Hasil Percobaan pengaruh jumlah rangkaian seri

Sumber : Hasil Pengujian

System Rectifier	Output Antena (mV)		
	Rectangular Patch Array	Switch Polarity	Tanpa Antena Penerima
1, 2 dan 3	348.7	211.6	143

Hasil Tegangan pada sistem Rectena yang disusun secara seri diatas membuktikan bahwa jumlah sistem yang disusun seri berpengaruh, semakin banyak sistem rectena yang diseri, maka semakin banyak pula tegangan DC yang didapatkan yaitu pada studi kasus ini dengan tiga sistem yang disusun seri memiliki tegangan untuk Antena Rectangular Patch Array adalah 348.7 mV, kemudian untuk Antena Switch Polarity adalah 211.6 mV dan untuk tanpa Antena Penerima adalah 143 mV.

4.5 Analisis Perbandingan Kinerja *Output Rectenna*

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran *rectenna*, maka kita dapat melakukan beberapa analisa. Pada Tabel 4.4 berikut ini, diperlihatkan perbandingan tegangan keluaran *rectifier* hasil pengukuran system *rectenna*, peningkatan output pada *rectena* dan pengaruh jumlah rangkaian seri dengan menggunakan antena pemancar.

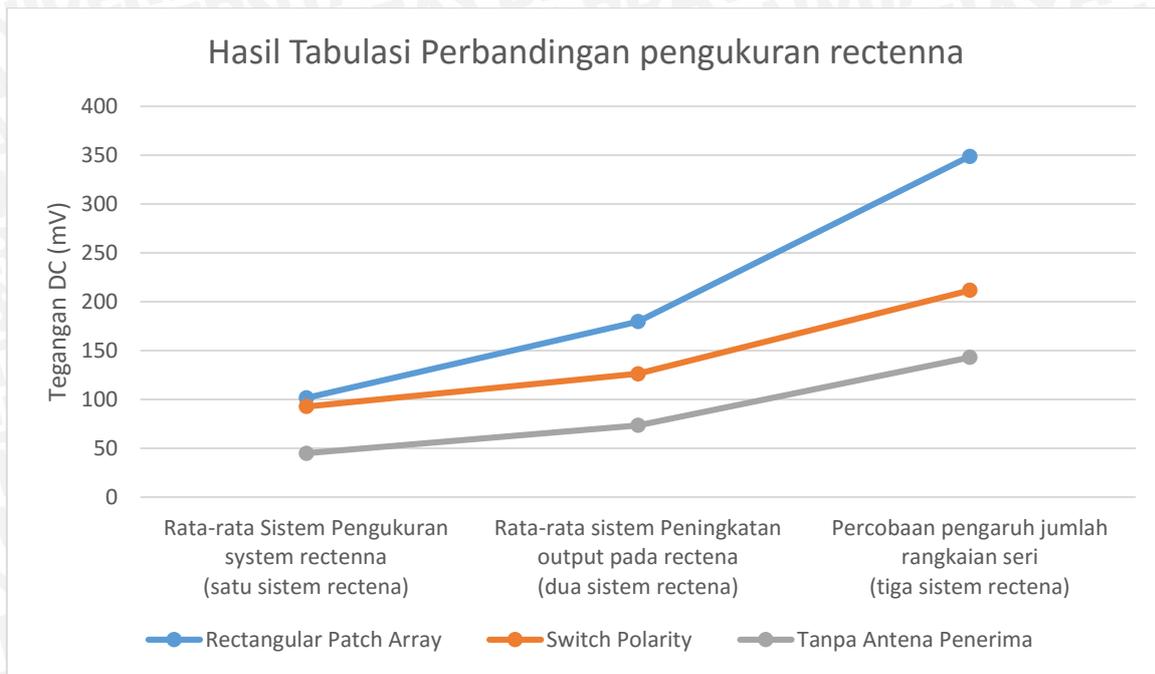
Tabel 4.4. Hasil Tabulasi Perbandingan pengukuran rectenna

System Rectifier		Output Antena (mV)		
		<i>Rectangular Patch Array</i>	<i>Switch Polarity</i>	Tanpa Antena Penerima
Pengukuran system rectenna	1	129.8	116.9	61.5
	2	102.4	97.8	36.9
	3	72.3	63.1	35.9
	Rata-rata Sistem	101.5	92.6	44.77
Peningkatan output pada rectena	1 dan 2	190.2	117.9	83
	2 dan 3	206.8	165.5	54.3
	1 dan 3	141.7	95.3	82.9
	Rata-rata sistem	179.57	126.23	73.4
Pengaruh jumlah rangkaian seri	1, 2 dan 3	348.7	211.6	143

Kita dapat melihat bahwa nilai tegangan hasil rectena dari masing masing sistem rectena mempunyai nilai tegangan berbeda dengan system dan type antenna yang berbeda. Sehingga dapat dikatakan masing-masing system bekerja dengan kemampuan terbaik untuk menghasilkan daya dari masing-masing system.

Kemudian untuk hasil Peningkatan output pada rectena terbukti dengan dirangkainya rectena secara serial sehingga hasil yang didapatkan oleh satu system Rectena dengan dua sistem Rectena didapatkan hasil lebih banyak output daya yang didapatkan Rectena ketika disusun secara serial.

Ketika hasil pengukuran rectena dengan tiga sistem yang disusun secara seri. Hasil Tegangan pada tiga sistem rectena yang disusun secara seri pada tabel 4.4 membuktikan bahwa jumlah sistem yang disusun seri berpengaruh, semakin banyak sistem rectena yang diseri, maka semakin banyak pula tegangan DC yang didapatkan.



Gambar 4.7 - Grafik Hasil Tabulasi Perbandingan pengukuran rectenna

Sumber : Hasil Pengujian

4.6 Analisa Perhitungan Matematis System

Berdasarkan data yang diperoleh dari Tabel 4.4, maka kita dapat melakukan beberapa analisa. Pada Tabel 4.4 berikut ini, diperlihatkan perbandingan tegangan keluaran *rectifier* hasil pengukuran system rectenna (satu sistem rectenna), peningkatan output pada rectenna (dua sistem rectenna) dan pengaruh jumlah rangkaian seri dengan menggunakan antena pemancar (tiga sistem rectenna). Dari Tabel 4.4 diambil sampel dengan menggunakan variabel *antena rectangular patch array*. Berdasarkan teori hukum kirchoff tegangan ($V_{tot} = V_{rec1} + V_{rec2} + V_{rec3}$). Dan pada hasil pengukuran satu sistem rectenna didapatkan $V_{tot} = 129.8\text{mV} + 102.4\text{mV} + 72.3\text{mV} = 304.5\text{ mV}$. Kemudian pada pengukuran tiga sistem rectenna didapatkan $V_{tot} = 348.7\text{ mV}$. Hal ini membuktikan bahwa ketika sistem rectenna disusun secara seri maka tegangan DC yang didapatkan semakin besar.