

PERANCANGAN DAN ANALISIS RANGKAIAN *RECTIFIER* PADA *RECTENNA* MENGUNAKAN ANTENA TELEVISI

Dyah Retno Palupi¹, Rudy Yuwono, ST.,MSc.², Ali Mustofa, ST., MT.²

¹Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, ²Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail:retnopapupi@gmail.com

Abstrak – Penelitian ini membahas tentang perancangan dan analisis rangkaian *rectifier* pada *rectenna* dengan menggunakan antena televisi sebagai sumber sinyal. Pada penelitian ini membahas bagaimana merancang *rectifier*, suatu rangkaian yang berfungsi untuk mengubah tegangan AC yang ditangkap oleh antena televisi menjadi tegangan DC serta berapa besar nilai kapasitor yang digunakan untuk memperhalus *ripple* tegangan DC. Frekuensi yang digunakan pada penelitian ini adalah frekuensi televisi yang berada pada rentang 470-806 MHz. Jenis antena televisi yang digunakan adalah antena televisi *indoor*, *outdoor* dengan *booster*, dan antena planar logo UB. Hasil pengujian menunjukkan rangkaian *rectifier* dapat mengubah sinyal yang ditangkap antena televisi menjadi tegangan DC, sebesar 0.3916 Volt menggunakan antena *indoor*, 1.001 Volt menggunakan antena *outdoor* dengan *booster*, dan 0.2916 Volt menggunakan antena planar logo UB. Nilai tegangan keluaran rata-rata dari ketiga antena tersebut adalah sebesar 0,5614 Volt. Untuk dapat berfungsi sebagai penghalus *ripple* yang bekerja dengan baik pada rentang frekuensi antena televisi 470-806 MHz nilai kapasitor yang dapat digunakan adalah 114,83 – 196,92 nF. Dari ketiga antena tersebut, hanya antena *outdoor* dengan *booster* yang dapat menyalakan indikator LED.

Kata Kunci: Antena, *Rectenna*, *Rectifier*, *Energy harvesting*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dewasa ini sangatlah Sumber energi fosil merupakan sumber energi yang jumlahnya terbatas dan tidak ramah lingkungan. Energi ramah lingkungan dapat diperoleh dari sumber yang tidak terbatas di alam seperti sinar matahari, angin, getaran, bunyi, ataupun energi *thermal*. Dewasa ini, seiring berkembangnya teknologi, sumber energi yang terdapat di alam dan ramah lingkungan adalah radio frekuensi (RF).

Teknologi untuk memanfaatkan sumber-sumber

energi tersebut biasa disebut dengan *energy harvesting* (pemanenan energi). Penyebaran besar-besaran dari komunikasi RF sepanjang tiga dekade terakhir menyebabkan energi RF tersedia di “manapun dan kapanpun”. Salah satu alat utama untuk melakukan *RF harvesting* adalah *rectenna* yang pada umumnya terdiri dari *rectifier* dan antena.

Saat ini telah banyak bermunculan perangkat-perangkat yang menggunakan teknologi *wireless* berdaya rendah. Salah satu aplikasinya adalah mendapatkan sumber energi dari berbagai sumber daya yang ada untuk meningkatkan fungsi baterai atau operasi tanpa baterai. Daya yang tersedia untuk perangkat ini biasanya sangat rendah sesuai dengan output sumber yang dipengaruhi oleh perubahan lingkungan dan mobilitas penerima rangkaian.

Rectenna pada dasarnya adalah *rectifier* dan *antenna*, sebuah perangkat yang dapat mengubah gelombang RF menjadi energi listrik yang mempunyai daya rendah. Pada umumnya, *Rectenna* dibagi menjadi dua jenis, yang pertama melalui sinyal Wi-Fi, dan yang kedua melalui gelombang radio yang dipancarkan oleh menara radio atau TV.

Pada skripsi ini akan dibahas perancangan sebuah *rectenna* dengan menggunakan sumber dari tiga jenis antena TV komersial yang memiliki rentang frekuensi 470-806 MHz, yaitu antena TV *indoor*, antena TV *outdoor* dengan *booster* dan antena planar logo UB. Pembahasan yang dilakukan meliputi perancangan rangkaian *rectenna* yang menggunakan dioda *Schottky* HSMS 2820 sebagai penyearah dengan struktur gelombang penuh.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Rectenna*

Rectenna merupakan gabungan dari kata “*rectifying*” dan “*antenna*” yaitu sebuah teknologi yang memanfaatkan gelombang elektronik untuk dikonversi ke energi listrik. *Rectenna* pertama kali ditemukan oleh W. C Brown pada tahun 1960. *Rectenna* yang saat ini dikembangkan memungkinkan kita bisa mendapatkan sumber listrik dari gelombang elektronik yang ada di sekitar, hal tersebut karena *rectenna* terdiri dari komponen pasif dan dioda yang dapat menerima dan memperbaiki daya gelombang mikro menjadi tegangan DC. Sumber listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk menjalankan alat elektronik yang punya daya listrik rendah seperti sebuah sensor.

2.1.1 Antena

Antena merupakan komponen yang sangat penting untuk mendukung sistem komunikasi nirkabel karena antena berfungsi sebagai sarana untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik yang di dalamnya terkandung sinyal informasi. Selain itu, antena merupakan media peralihan antara ruang bebas dengan saluran transmisi.

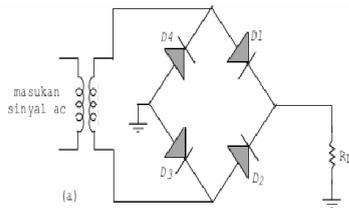
Secara umum terdapat dua jenis antena yaitu: antena omni directional dan antena directional. Antena omni directional/non directional memiliki kemampuan mengirim dan menangkap sinyal dari segala arah. Sedangkan antena directional mempunyai pola pemancaran sinyal satu arah tertentu atau konfigurasi *point to point*.

Beberapa parameter antena yang perlu dan penting untuk diketahui dalam perancangan sebuah antena antara lain : impedansi terminal antena, VSWR, R_L , *bandwidth*, pola radiasi, polarisasi, *directivity* dan *gain*.

2.1.2 Rectifier

Penyearah gelombang (rectifier) adalah bagian dari *power supply*/catu daya yang berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan AC menjadi tegangan DC.

Terdapat beberapa jenis penyearah gelombang, namun pada penelitian ini menggunakan penyearah gelombang penuh dengan konfigurasi jembatan seperti yang ditunjukkan gambar berikut,



Gambar 1. Rangkaian penyearah gelombang penuh 4 dioda

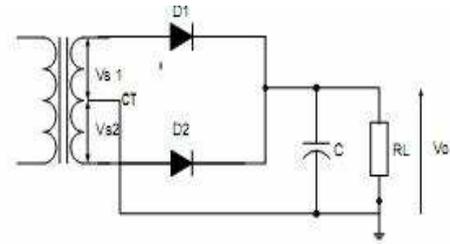
Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh sistem jembatan adalah pada saat rangkaian jembatan mendapatkan bagian positif dari siklus sinyal ac, maka D1 dan D3 hidup (ON), karena mendapat bias maju, D2 dan D4 mati (OFF), karena mendapat bias mundur sehingga arus i_1 mengalir melalui D1, R_L , dan D3.

Sedangkan apabila jembatan memperoleh bagian siklus negatif, maka D2 dan D4 hidup (ON), karena mendapat bias maju D1 dan D3 mati (OFF), karena mendapat bias mundur sehingga arus i_2 mengalir melalui D2, R_L , dan D4.

Arah arus i_1 dan i_2 yang melewati R_L adalah sama, yaitu dari ujung atas R_L menuju ground. Dengan demikian arus yang mengalir ke beban (i_L) merupakan penjumlahan dari dua arus i_1 dan i_2 , dengan menempati paruh waktu masing-masing.

2.1.3 Kapasitor sebagai Filter

Gambar 2. menunjukkan rangkaian gelombang penuh dengan filter kapasitor.



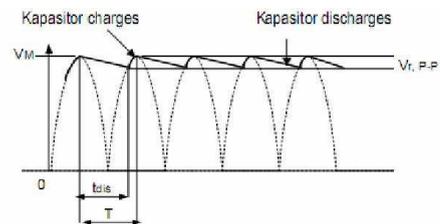
Gambar 2. Rangkaian Penyearah dengan Filter kapasitor

Selama seperempat periode positif yang pertama dari tegangan sekunder, Dioda D_1 menghantar. Karena dioda menghubungkan sumber V_{S1} secara langsung dengan kapasitor, maka kapasitor akan dimuati sampai tegangan maksimum V_M .

Setelah mencapai harga maksimum, dioda berhenti menghantar (mati), hal ini terjadi karena kapasitor mempunyai tegangan sebesar V_M , yang artinya sama dengan tegangan sumber dan bagi dioda artinya tidak ada beda potensial. Akibatnya dioda seperti saklar terbuka, atau dioda dibias mundur (reverse).

Dengan tidak menghantarnya dioda, kapasitor mulai mengosongkan diri melalui resistansi beban R_L , sampai tegangan sumber mencapai harga yang lebih besar dari tegangan kapasitor. Pada saat dimana tegangan sumber lebih besar dari tegangan kapasitor, dioda kembali menghantar dan mengisi kapasitor. Untuk arus beban yang rendah tegangan keluaran akan hampir tetap sama dengan V_M . Tetapi bila arus beban tinggi pengosongan akan lebih cepat yang mengakibatkan ripple yang lebih besar dan tegangan keluaran DC yang lebih kecil.

Mengacu ke gambar 3 di bawah ini,



Gambar 3. Penyearah dengan Filter kapasitor

Ketika filter kapasitor membuang (discharges), tegangannya adalah :

$$V_C = V_M \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

waktu pembuangan kapasitor adalah dari satu puncak mendekati puncak berikutnya, dimana $t_{dis} = T$ ketika tegangan kapasitor mencapai nilai minimumnya.

$$V_{C(min)} = V_M \cdot e^{-\frac{T}{RC}}$$

Selama $RC \gg T$, $\frac{T}{RC}$ menjadi lebih kecil dari 1; $e^{-\frac{T}{RC}}$

mendekati 1 dan dapat dituliskan sebagai:

$$e^{-\frac{T}{RC}} = 1 - \frac{T}{RC}$$

Oleh karena itu

$$V_{C(\min)} = V_M \left(1 - \frac{T}{RC} \right)$$

Tegangan ripple peak to peak adalah;

$$V_{r,p-p} = V_M - V_{C(\min)}$$

$$V_{r,p-p} = V_M - V_M + \frac{V_M \cdot T}{RC}$$

$$V_{r,p-p} = \frac{V_M \cdot T}{RC}$$

dengan menganggap bahwa bentuk gelombang ripple menyerupai segitiga, dengan harga peak to peak, $V_{r,p-p}$.

Maka harus dibagi dengan $\sqrt{3}$ untuk memperoleh tegangan ripple efektifnya.

dimana :

V_M : tegangan maksimum penyearah

R_L : resistansi beban atau R

C : kapasitor filter

Faktor ripple menunjukkan efektif tidaknya sebuah filter, didefinisikan sebagai perbandingan tegangan ripple efektif (rms) terhadap tegangan DC. Semakin kecil faktor ripple, semakin baik filter. Faktor ripple dapat diperkecil dengan menambah nilai kapasitor. Faktor ripple yang baik nilainya <2%.

III. PERANCANGAN

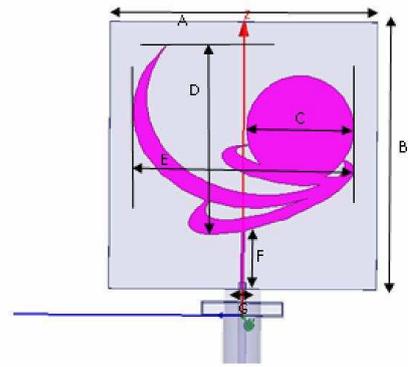
Pada skripsi ini, antena TV digunakan sebagai sumber sinyal dengan frekuensi 470-806 MHz dan lampu LED sebagai indikator pada output *rectifier* untuk menunjukkan bahwa tegangan yang keluar dari *rectifier* merupakan tegangan DC.

Sinyal yang ditangkap oleh antena TV merupakan gelombang elektromagnetik, menghasilkan tegangan AC yang bergantung pada besarnya sinyal yang diterima oleh antena TV. Pada antena TV yang menggunakan *booster*, sinyal akan dikuatkan sehingga tegangan AC yang keluar dari antena juga semakin besar.

Sinyal RF yang ditangkap oleh antena TV akan diubah menjadi sinyal elektrik AC oleh antena TV, yang kemudian diteruskan ke *rectifier* untuk diubah menjadi daya DC. Ketika indikator LED menyala, menunjukkan bahwa tegangan yang keluar dari *rectifier* sudah merupakan tegangan DC.

3.1 Perancangan Antena Logo UB

Rencana bentuk antena logo UB adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Dimensi Antena Logo UB

Tabel 1. Rencana ukuran antena UB

NO.	Keterangan Gambar	Ukuran (mm)
1.	A	40
2.	B	40
3.	C	16
4.	D	28
5.	E	33
6.	F	8.5
7.	G	0.4

Spesifikasi substrat dan bahan konduktor yang digunakan adalah sebagai berikut :

Bahan FR4

- Permitivitas Relatif = 4.4
- Permeabilitas Relatif = 1
- Loss Tangen Dielectric = 0.02
- Ketebalan dielektrik (h) = 0.8 mm

Bahan Cooper

- Permitivitas Relatif = 1
- Permeabilitas Relatif = 0.999991
- Loss Tangen Dielectric = 0
- Ketebalan dielektrik (h) = 0

Radiation box pada antenna UB ini adalah udara dengan Konstanta Dielektrik = 1.

Impedansi karakteristik saluran ialah 50Ω.

3.2 Perhitungan Nilai Kapasitor

Nilai kapasitor pada rangkaian *rectifier* dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_m = 0,9 \text{ Volt}$$

$$r = 1 \%$$

$$V_{DC} \text{ rata-rata dari tiga antena} = 0,5614 \text{ Volt}$$

$$\text{maka, } r = \frac{V_{r,(rms)}}{V_{DC}}$$

$$1\% = \frac{V_{r,(rms)}}{0,5614}$$

$$V_{r,(rms)} = 0,005614 \text{ volt}$$

dengan menganggap bahwa bentuk gelombang ripple menyerupai segitiga, dengan harga peak to peak, $V_{r,p-p}$. Maka harus dibagi dengan $\sqrt{3}$ untuk memperoleh tegangan ripple efektifnya.

$$\text{Sehingga, } V_{r,(rms)} = \frac{V_{r,p-p}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{r,p-p} = V_{r,(rms)} \cdot \sqrt{3} = 0,005614 \sqrt{3} = 0,00972 \text{ volt}$$

Dengan menggunakan rumus $V_{r,p-p} = \frac{V_M \cdot T}{RC}$, dapat

diturunkan sebagai:

$$V_{r,p-p} = \frac{V_M \cdot \frac{1}{f}}{RC} = \frac{V_M}{RCf}$$

Karena nilai R pada beban kecil, maka nilai R ini dapat diabaikan, sehingga:

$$V_{r,p-p} = \frac{V_M}{Cf}$$

$$0,009724 = \frac{0,9}{Cf}$$

$$C = \frac{0,9}{0,009724f}$$

Dengan rentang frekuensi televisi antara 470-806 MHz, dapat dihitung:

- $f = 470 \text{ MHz}$

$$C = \frac{0,9}{0,009724f}$$

$$C = \frac{0,9}{0,009724 \cdot 470 \times 10^6} = 196,92 \text{ nF}$$

- $f = 806 \text{ MHz}$

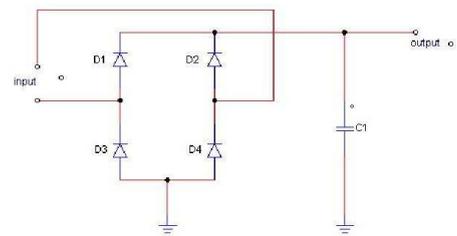
$$C = \frac{0,9}{0,009724f}$$

$$C = \frac{0,9}{0,009724 \cdot 806 \times 10^6} = 114,83 \text{ nF}$$

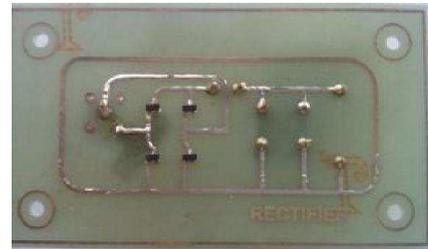
Untuk dapat berfungsi sebagai penghalus *ripple* yang bekerja dengan baik, maka nilai kapasitor yang dapat digunakan adalah 114,83 – 196,92 nF.

3.3 Pembuatan Rangkaian Rectifier

Karena frekuensi radio merupakan frekuensi tinggi, maka digunakan dioda *Schottky* HSMS 2820, karena dapat melewati frekuensi tinggi sampai 5 GHz dengan daya input yang rendah.



Gambar 5. Rangkaian Rectifier



(a)



(b)

Gambar 6. Hasil fabrikasi rangkaian Rectifier (a) tampak depan (b) tampak belakang

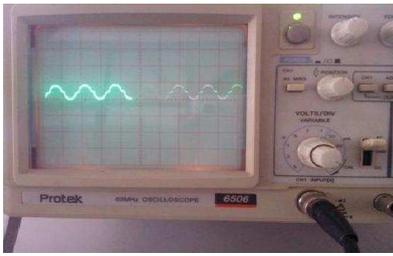
Pada skripsi ini, digunakan empat buah dioda *Schottky* yang disusun dengan konfigurasi penyearah gelombang penuh sistem jembatan seperti yang terlihat pada Gambar 5 (a). Pada bagian belakang PCB, dipasang sebuah connector antenna TV female untuk menghubungkan rangkaian *rectifier* dengan antenna. Pada output *rectifier* dipasang dua connector yang dihubungkan secara paralel untuk indikator LED dan ElCo (Electrolytic Condenser), yang berfungsi untuk memperkecil tegangan *ripple*, sehingga tegangan keluaran dari *rectifier* lebih rata dan menghasilkan gelombang yang mendekati daya DC murni.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Antena

4.1.1 Antena Indoor

Pengujian ini untuk mengetahui jenis tegangan keluarannya, serta mengetahui berapa besarnya tegangan keluaran antenna

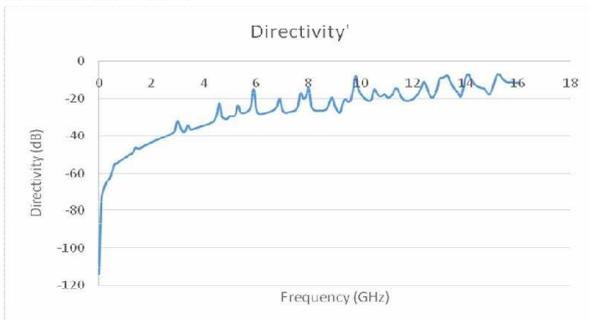


Gambar 7. Hasil pengukuran antenna TV *indoor*

Dari hasil pembacaan *oscilloscope* diatas, diketahui bahwa tegangan keluaran dari antenna TV (*indoor*) adalah 0,1 V. Tegangan yang dihasilkan oleh antenna bergantung dari besarnya frekuensi yang ditangkap oleh antenna pada rentang waktu tersebut. Dengan beberapa kali pembacaan, untuk frekuensi yang dapat ditangkap oleh antenna TV (*indoor*) sebesar 470-806 MHz, tegangan yang dihasilkan berkisar antara 0,1-0,2 V .

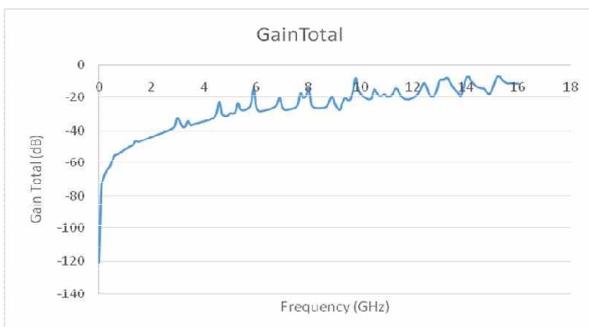
4.1.2 Antena Logo UB

Berdasarkan hasil pengukuran, antenna logo UB memiliki nilai-nilai:



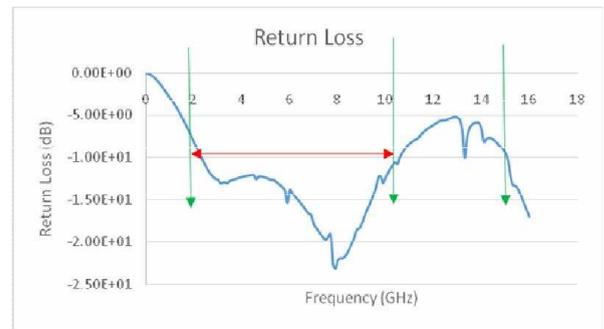
Gambar 8. Grafik fungsi Directivity terhadap frekuensi

Directivity maksimum antenna UB adalah - 9.51495dBi pada frekuensi 15.4 GHz.



Gambar 9. Grafik fungsi Gain terhadap frekuensi

Antena yang baik memiliki Gain lebih besar dari 3 dBi. Antena ini memiliki nilai gain rata-rata - 26.8116238 dB, sehingga antenna ini tidak memenuhi standar untuk gain yang baik.



Gambar 10. Grafik fungsi Return Loss terhadap frekuensi

Nilai dari return loss yang baik adalah di bawah -9,54 dB, nilai ini diperoleh untuk nilai VSWR ≤ 2 sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain, saluran transmisi sudah matching. Nilai parameter ini menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah antenna sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan atau tidak.

Berdasarkan hasil pengukuran, dapat diketahui antenna UB ini memiliki nilai return loss yang berbeda-beda pada setiap perubahan frekuensinya. Dan pada rentang frekuensi kerja antara 2.4 GHz-10.5 GHz (frekuensi kerja Ultra Wide Band), nilai return loss di bawah batas yang diijinkan yakni < -10 dB. Return Loss rata-rata pada antenna "UB" ini bernilai - 11.04539367 dB.

4.2 Rectifier

Rangkaian *rectifier* diuji untuk mengetahui sinyal keluarannya. Dimana diharapkan sinyal keluarannya telah berupa tegangan DC. Keluaran dari *rectifier* akan dihubungkan dengan LED (*lighting emitting diode*) sebagai indikator bahwa tegangan yang keluar dari *rectifier* telah berupa tegangan DC.

4.2.1 Antena Indoor

Pengujian menggunakan antenna *indoor* ditunjukkan oleh gambar di bawah ini:

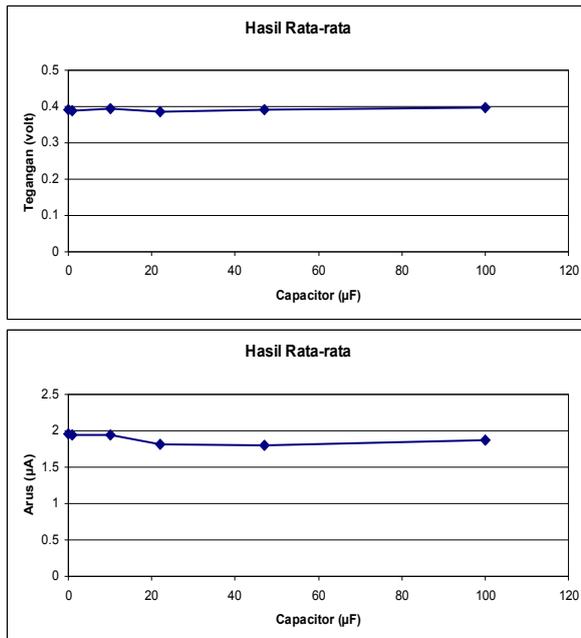


Gambar 11. Foto pengujian rangkaian *rectifier* dengan antenna *indoor*

Hasil Rata-rata Percobaan

Tabel 2. Hasil pengujian *rectifier* dengan antenna *indoor*

Kapasitor (μF)	VDC (volt)	IDC (μA)	LED
	0.3916	1.962	mati
1	0.388	1.95	mati
10	0.3938	1.938	mati
22	0.3868	1.818	mati
47	0.3926	1.802	mati
100	0.397	1.874	mati

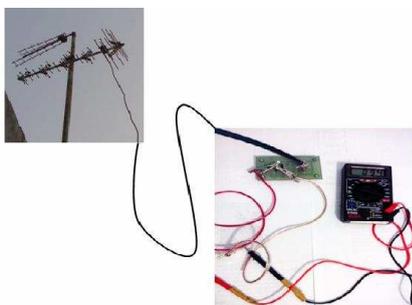


Gambar 12. Grafik hasil pengujian *rectifier* dengan antenna *indoor*

Pada pengujian diatas didapat bahwa dengan menggunakan antenna TV *indoor*, tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan rangkaian *rectifier* sangat kecil sehingga tidak dapat menyalakan indikator LED. Besarnya tegangan dan arus cenderung konstan pada nilai antara 114,83 – 196,92 nF.

4.2.2 Antena Outdoor

Pengujian menggunakan antenna *outdoor* ditunjukkan oleh gambar di bawah ini:

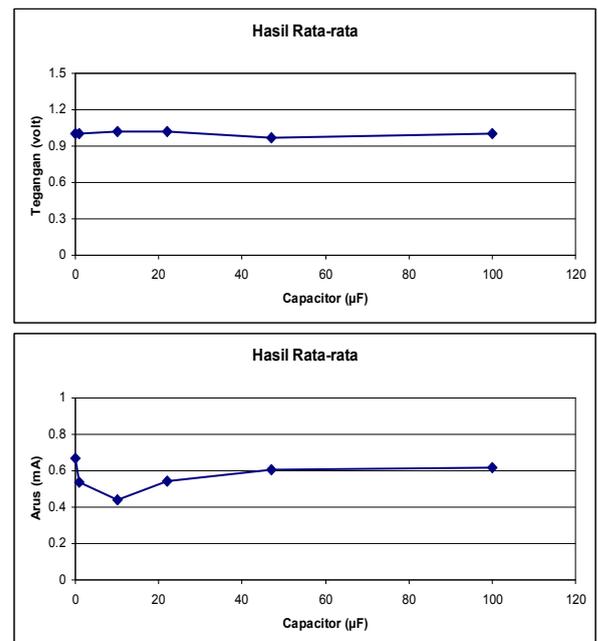


Gambar 13. Foto pengujian rangkaian *rectifier* dengan antenna *outdoor*

Hasil Rata-rata Percobaan

Tabel 3. Hasil rata-rata pengujian *rectifier* dengan antenna *outdoor*

Kapasitor (μF)	VDC (volt)	IDC (μA)	LED
	1.001	0.6712	menyala
1	1.0052	0.5344	menyala
10	1.0184	0.4392	menyala
22	1.0198	0.543	menyala
47	0.9696	0.6078	menyala
100	1.001	0.6174	menyala



Gambar 14. Grafik hasil pengujian rata –rata *rectifier* dengan antenna *outdoor*

Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa antenna TV *outdoor* yang menggunakan *booster* dapat menyalakan indikator LED. Hal ini disebabkan karena *booster* berfungsi memperkuat sinyal yang diterima oleh antenna TV, sehingga sinyal yang masuk ke *rectifier* lebih besar dibandingkan dengan antenna *indoor* tanpa *booster*. Dapat dikatakan bahwa keluaran dari *rectifier* sudah merupakan tegangan DC. Besarnya tegangan dan arus yang dikeluarkan oleh antenna bergantung pada frekuensi yang ditangkap oleh antenna pada rentang waktu tertentu, bergantung pula pada suhu pada saat frekuensi tersebut ditangkap oleh antenna.

Besarnya tegangan dan arus cenderung konstan pada nilai antara 114,83 – 196,92 nF.

4.2.3 Antena Planar Logo UB

Pengujian menggunakan antenna planar logo UB ditunjukkan oleh gambar di bawah ini:

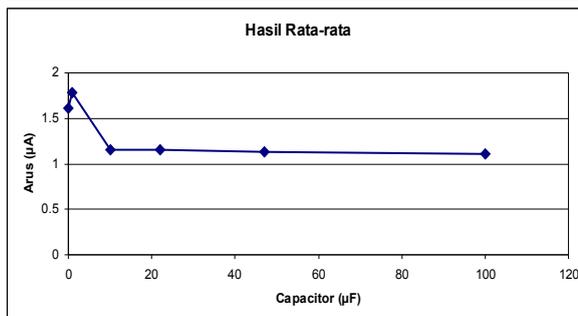
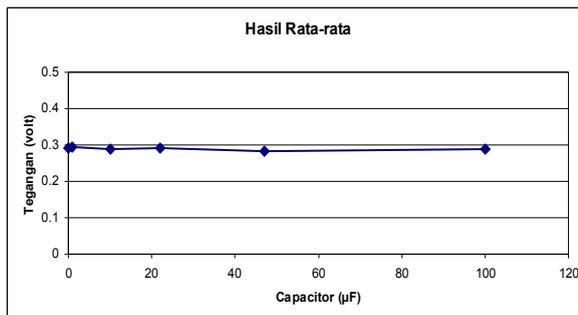


Gambar 15. Foto pengujian rangkaian *rectifier* dengan antena planar logo UB

Hasil Rata-rata Percobaan

Tabel 4. Hasil pengujian *rectifier* dengan antena planar logo UB

Kapasitor (μF)	VDC (volt)	IDC (μA)	LED
	0.2916	1.608	mati
1	0.2956	1.786	mati
10	0.2872	1.16	mati
22	0.291	1.154	mati
47	0.2836	1.136	mati
100	0.288	1.108	mati



Gambar 16. Grafik hasil pengujian *rectifier* dengan antena planar logo UB

Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa antena TV planar logo UB tidak dapat menyalakan indikator LED. Hasil pada pengujian ini hampir mirip dengan pengujian pada antena TV *indoor*. Dapat dikatakan bahwa keluaran dari *rectifier* sudah merupakan tegangan DC. Besarnya tegangan dan arus yang dikeluarkan oleh antena bergantung pada frekuensi yang ditangkap oleh antena pada rentang waktu tertentu, bergantung pula pada suhu pada saat frekuensi tersebut ditangkap oleh antena.

Besarnya tegangan dan arus cenderung konstan pada nilai antara 114,83 – 196,92 nF.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada hasil pengujian *rectifier* dapat disimpulkan bahwa dari ketiga jenis antena TV yang digunakan, antena yang menghasilkan tegangan paling besar adalah antena TV *outdoor* yang menggunakan booster. Pada antena *indoor* dan antena planar logo UB, hasil tegangan yang dikeluarkan hampir sama.

Nilai rata-rata tegangan DC hasil keluaran *rectifier* menggunakan antena *indoor* sebesar 0.3916 Volt, menggunakan antena *outdoor* dengan booster sebesar 1.001 Volt, dan menggunakan antena planar logo UB sebesar 0.2916 Volt. Nilai tegangan rata-rata dari ketiga antena tersebut adalah sebesar 0,5614 Volt.

Untuk dapat berfungsi sebagai penghalus *ripple* yang bekerja dengan baik pada rentang frekuensi antena TV 470-806 MHz nilai kapasitor yang dapat digunakan adalah 114,83 – 196,92 nF.

Tegangan keluaran dari *rectifier* mampu menyalakan indikator LED yang berarti bahwa tegangan keluaran tersebut telah merupakan tegangan DC.

5.2 Saran

Pada penelitian ini masih banyak kekurangan dan kesalahan sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, berikut saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

1. Karena tegangan keluaran antena ini kecil, pada rangkaian *rectifier* dapat ditambahkan rangkaian penguat tegangan atau penguat arus, sehingga tegangan yang dihasilkan akan semakin besar.
2. Tegangan keluaran antena ini dapat disimpan menjadi seperti sebuah baterai yang dimana pada perkembangannya akan menjadi sumber energi ramah lingkungan dan tak terbatas. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan teknologi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Balanis, Constantine A. 2005. *Antena Theory: Analysis and Design, 3rd Edition*. John Wiley and Sons, Inc.
- Posma, Siska Novita. 2012. *Pemanenan Energi Frekuensi Radio 900 MHz Menggunakan Rectenna Untuk Perangkat Mobile*. Surabaya: Institut Sepuluh November (ITS).
- Thierry, Taris dan Valerie, Vigneras. *A 900Mhz RF Energy Harvesting Module*. "New Circuit and Systems Conference (NEWCAS), 2012 IEEE 10th International Meeting, Canada". hal-00827697, 31 May 2013

- Syam, Syabaniah. 2011. *Antena Jaringan*.
[http://niasaba.wordpress.com/
2011/09/30/antena-jaringan/](http://niasaba.wordpress.com/2011/09/30/antena-jaringan/). Diakses
tanggal 24 Desember 2013.
- Visser. Hubregt J. 2001. *Ambient RF Energy
Scavenging: GSM and WLAN Power Density
Measurements. Proceedings of the 38th
European Microwave Conference* p.721-
724.
- Nakar, Punit S. 2004. *Design of a Compact Microstrip
Patch Antena for use in Nirkabel/Cellular
Devices*. Thesis, The Florida State
University.