

IMPLEMENTASI AMBIENT ELECTROMAGNETIC HARVESTING PADA FREKUENSI TV BROADCASTING UNTUK MENGHASILKAN ENERGI LISTRIK MELALUI TRANSFER DAYA TANPA KABEL

Oxy Riza P¹, A. Bhakti S¹, Desi Natalia¹, Achmad Ansori¹

¹ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS Sukolilo Surabaya, 6011

ABSTRAK

Radiasi gelombang elektromagnetik merupakan suatu hal yang sangat penting dan telah lama menjadi penelitian para ahli telekomunikasi. Akan tetapi di alam ini terdapat banyak sekali sumber elektromagnetik bebas yang belum dipergunakan untuk kepentingan lebih lanjut.

Pada paper ini dirancang suatu sistem yang bernama *ambient electromagnetic harvesting*. Sistem ini bertujuan untuk menangkap sumber elektromagnetik bebas yang ada di alam (gelombang UHF dari pemancar TV) untuk kemudian diolah dan dijadikan sumber energi alternatif. Perangkat yang dibutuhkan dalam sistem ini antara lain adalah antena penerima dan *power harvester*. Antena penerima yang dibuat adalah *log periodic dipole array*, berfungsi untuk menerima gelombang elektromagnetik dan merubahnya menjadi sinyal listrik AC. Sedangkan *power harvester* berfungsi untuk merubah sinyal listrik AC dari antena menjadi DC sekaligus menguatkannya. Untuk lokasi dekat sumber pemancar TV (SCTV) didapatkan tegangan maksimal 1766 mV. Sedangkan jika dilakukan pengukuran di alam bebas (lab b.301) tegangan maksimal yang dihasilkan adalah 591 mV. Dari berbagai percobaan didapatkan bahwa semakin dekat dengan sumber pemancar dan semakin stabil kondisi perangkat, semakin besar juga tegangan yang dihasilkan. Dengan arus yang dihasilkan berkisar antara 0.05 mA diharapkan sistem ini mampu mencatu baterai dengan spesifikasi 600 mAh, 1.2 V selama 4 jam.

Kata kunci: gelombang UHF, *power harvester*, antena *log periodic dipole array*, *wireless power transfer*

1. PENDAHULUAN

Setiap peralatan elektronik membutuhkan energi untuk bekerja. Akan tetapi muncul permasalahan yang sering terjadi dalam usaha pemenuhan energi tersebut seperti jauhnya lokasi dari sumber energi konvensional. Oleh sebab itu, diteliti sebuah metode yang mampu mengirimkan energi listrik secara nirkabel (*wireless power transfer*) untuk mencatu daya peralatan elektronik yang berdaya kecil.

Ambient electromagnetic harvesting adalah sebuah sistem yang bertujuan untuk menangkap gelombang elektromagnetik bebas yang ada di alam dan kemudian mengolahnya menjadi listrik DC yang dapat digunakan untuk mencatu peralatan elektronik berdaya kecil. Sistem ini terdiri dari dua perangkat utama yakni antena penerima sebagai penangkap gelombang elektromagnetik bebas dan *power harvester* sebagai pengubah sinyal listrik AC dari antena penerima menjadi sinyal listrik DC sekaligus menguatkannya.

2. TEORI PENUNJANG

2.1 Gelombang UHF

Gelombang UHF adalah jenis dari gelombang elektromagnetik yang memiliki karakteristik berupa range frekuensi antara 300 MHz – 3 GHz. Penggunaannya yang umum adalah sebagai media siaran tv. Didukung dengan adanya beberapa stasiun pemancar TV yang ada di kota Surabaya seperti yang dapat dilihat pada tabel 1 dan peta

persebarannya pada gambar 1, maka terdapat potensi gelombang elektromagnetik yang besar sebagai sumber energi di sistem *ambient electromagnetic harvesting*.

Tabel 1. Stasiun TV swasta nasional di Surabaya

No	Nama	Kanal	Frekuensi (MHz)	Alamat	Latitude	Longitude	TRP (KW)
1	Trans TV	22	478-486	Sambi Sari	-7.274463°	112.675877°	30
2	ANTV	24	494-502	Prada Indah	-7.284773°	112.677881°	10
3	TVRI	26	510-518	Jl MayJen Sungkono	-7.289757°	112.714113°	10
4	Indosiar	28	526-534	Bibis Balongsari	-7.262275°	112.674345°	40
5	RCTI	30	542-550	Jl Darmo Permai Selatan	-7.278751°	112.678854°	
6	MNC TV	32	558-566	Prada Indah	-7.284773°	112.677881°	80
7	SCTV	34	574-582	Jl. Raya Darmo Permai III	-7.277129°	112.696105°	60
8	Global TV	50	702-710	Jl Ahmad Yani	-7.320106°	112.731441°	30
9	TV One	52	718-726	Sambi Sari	-7.272931°	112.677095°	
10	Metro TV	54	734-742	Jl Darmo Permai Selatan	-7.278168°	112.676362°	
11	Trans 7	56	750-758	Jalan Sambi Kerep	-7.279663°	112.652191°	30

(sumber : Keputusan Menteri Perhubungan NO: KM. 76 Tahun 2003 [1], google earth, asiawaves.net/indonesia-tv.htm)

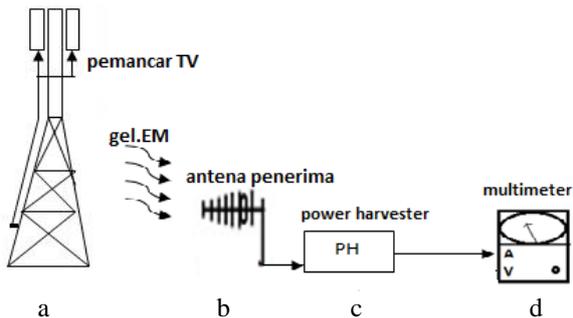


Gambar 1. Peta persebaran stasiun pemancar TV swasta nasional di Surabaya

3. RANCANG BANGUN DAN IMPLEMENTASI

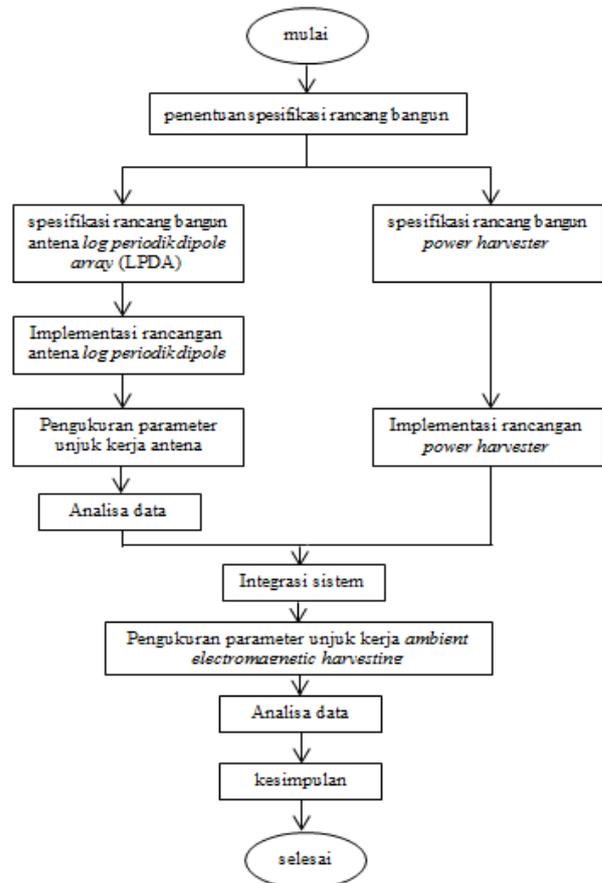
3.1 Metodologi Pembuatan

Ambient electromagnetic harvesting adalah sebuah perangkat yang mampu menangkap gelombang elektromagnetik bebas di alam yang digunakan sebagai sumber daya bagi perangkat elektronik berdaya kecil. Pada penelitian paper ini sumber elektromagnetik yang digunakan adalah gelombang elektromagnetik dari pemancar TV UHF sesuai yang telah diteliti oleh *sample* [2]. Adapun skema alat *ambient electromagnetic* dapat dilihat pada gambar 2.



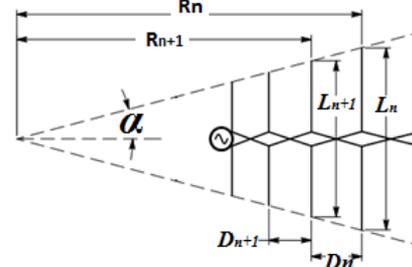
Gambar 2. Skema *ambient power harvesting*: a) pemancar TV, b) antena penerima, c) *power harvester* d) multimeter

Sehingga untuk membuat sistem di atas dibutuhkan tahapan seperti pada *flowchart* di gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Penelitian

3.2 Perencanaan Antena LPDA dengan Pendekatan Teoritis



Gambar 4. Dipole Array [3]

perancangan antena LPDA seperti pada gambar 4 membutuhkan prosedur pembuatan yang terdiri dari:

1. Penentuan frek. kerja dan *operating bandwidth* (B).

$$f_l = 470 \text{ MHz}$$

$$f_u = 760 \text{ MHz}$$

Selanjutnya nilai B dapat dicari dengan persamaan :

$$B = \frac{f_u}{f_l} \tag{2}$$

$$B = \frac{760}{470} = 1,617021277$$

B: *operating bandwidth*

f_u : frekuensi *upper* (batas atas frekuensi kerja)
 f_l : frekuensi *lower* (batas bawah frekuensi kerja)

2. Pemilihan nilai τ dan σ

Nilai τ dan σ adalah dua parameter awal yang menentukan estimasi nilai gain antenna. Pada awal perancangan ditentukan terlebih dahulu nilai τ yang diinginkan dengan rentang:

$$0.8 \leq \tau \leq 0.98 \quad (3)$$

Nilai τ yang digunakan dalam paper ini adalah 0.85 dengan alasan agar antenna yang dibuat dapat sekecil mungkin dan *portable*.

Setelah mendapat nilai τ , selanjutnya dicari nilai σ yang merupakan faktor spasi dari antenna.

$$\sigma_{opt} = 0.243\tau - 0.051 \quad (4)$$

$$\sigma_{opt} = 0.243(0.85) - 0.051$$

$$\sigma_{opt} = 0.15555$$

σ_{opt} : nilai optimal dari σ

τ : besaran rasio

3. Perhitungan nilai cotangen α

Sudut α adalah sudut yang dibentuk dari perpanjangan garis yang menyinggung masing-masing ujung tiap elemen.

$$\text{Cot } \alpha = \frac{4\sigma}{1-\tau} \quad (5)$$

$$\text{Cot } \alpha = \frac{4(0.15555)}{1-0.85} = 4.148$$

σ : faktor spasi

τ : besaran rasio

4. Perhitungan *bandwidth* dari daerah aktif (B_{ar})

$$B_{ar} = 1.1 + 7.7(1-\tau)^2 \text{cot } \alpha \quad (6)$$

$$B_{ar} = 1.1 + 7.7(1-0.85)^2 \times (4.148)$$

$$= 1.1 + 7.7(0.15)^2 \times 4.148$$

$$= 1.818641$$

5. Perhitungan *bandwidth* struktur/array (B_s)

$$B_s = B \times B_{ar} \quad (7)$$

$$B_s = 1.617021277 \times 1.818641$$

$$= 2.940781191$$

B_s : *bandwidth* struktur

B : *bandwidth*

B_{ar} : *bandwidth* daerah aktif

6. Perhitungan panjang boom (L)

Boom adalah tempat jalur transmisi dan elemen-elemen antenna LPDA.

$$L = \left(1 - \frac{1}{B_s}\right) \text{cot } \alpha \times \frac{\lambda_{max}}{4} \quad (8)$$

$$= \left(1 - \frac{1}{2.940781191}\right) \times 4.148 \times \frac{800}{4}$$

$$= 0.436833 \text{ m}$$

L : panjang boom

B_s : *bandwidth* struktur array

λ_{max} : panjang gelombang di frekuensi terkecil

7. Perhitungan jumlah elemen dipole (N)

Antena LPDA tersusun dari sejumlah elemen (N) yang membentuk pola periodik.

$$N = 1 + \frac{\log B_s}{\log \frac{f_u}{f_l}} = 1 + \frac{\ln B_s}{\ln \frac{f_u}{f_l}} \quad (9)$$

$$= 1 + \frac{\log 2.940781191}{\log \frac{1}{0.85}}$$

$$= 7.637 \approx 8 \text{ buah elemen}$$

8. Perhitungan panjang tiap elemen (l_n)

Dalam menentukan panjang dari tiap elemen *dipole* antenna LPDA, kali pertama yang harus dilakukan adalah menentukan panjang elemen terpanjang terlebih dahulu. Selanjutnya panjang elemen lainnya akan mengikuti pola periodik dari elemen sebelumnya.

$$l_1 = \frac{\lambda_{max}}{2} \quad (10)$$

$$l_1 = \frac{0.6382978}{2} = 0.319148 \text{ m}$$

l_1 : panjang elemen pertama

λ_{max} : panjang gelombang dengan frekuensi terkecil

panjang dari elemen lain dapat dihitung dengan persamaan:

$$l_n = \tau \times l_{n-1} \quad (11)$$

9. Perhitungan jarak tiap elemen (d_n)

Adapun untuk jarak antar elemen 1 dan elemen 2 dapat ditentukan dengan persamaan:

$$d_{1-2} = \frac{(l_1 - l_2) \text{cot } \alpha}{2} \quad (12)$$

$$d_{1-2} = \frac{(0.319148 - 0.271276) \times 4.148}{2}$$

d_{1-2} : jarak elemen ke 1 dan elemen ke 2

l_1, l_2 : panjang elemen ke 1 dan ke 2

jarak antar elemen yang lainnya dapat dicari dengan persamaan :

$$d_{(n-1)-n} = \tau d_{(n-2)-(n-1)} \quad (13)$$

$d_{(n-1)-n}$: jarak antara elemen ke n dan n-1

τ : besaran rasio

$d_{(n-2)-(n-1)}$: jarak antara elemen ke n-1 dan n-2

Sehingga didapatkan dimensi panjang elemen dan jarak antar elemen dari antenna LPDA yang dibuat seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Dimensi elemen antenna LPDA

elemen	panjang (l) (cm)	jarak antar elemen (d_{n-n+1}) (cm)	
1	319.148		
2	271.276	d_{1-2}	99.287
3	230.585	d_{2-3}	84.394
4	195.997	d_{3-4}	71.735
5	166.598	d_{4-5}	60.974
6	141.608	d_{5-6}	51.828
7	120.367	d_{6-7}	44.054
8	102.312	d_{7-8}	37.446

10. Perhitungan impedansi karakteristik rata-rata elemen (Z_a)

$$Z_a = 120 \left[\ln \left(\frac{l_n}{d_n} \right) - 2.25 \right] \quad (14)$$

$$Z_a = 120 \left[\ln \left(\frac{319.148}{0.5} \right) - 2.25 \right]$$

$$Z_a = 228,7 \Omega$$

Z_a : impedansi karakteristik rata-rata

l_n : panjang elemen ke n

d_n : jarak elemen ke n dan n+1

11. Perhitungan perbandingan $\frac{Z_a}{R_{in}}$

Nilai Z_a didapat dari persamaan (2.88), sedang R_{in} adalah impedansi input (digunakan 50 Ω)

$$\frac{Z_a}{R_{in}} = \frac{228,7}{50} = 4.547$$

12. Perhitungan spasi rata-rata relatif (σ')

Nilai spasi rata-rata relatif dicari dengan persamaan:

$$\sigma' = \frac{\sigma}{\sqrt{\tau}} \quad (15)$$

$$\sigma' = \frac{0.15555}{\sqrt{0.85}} = 0.1687$$

σ' : faktor spasi rata-rata relatif

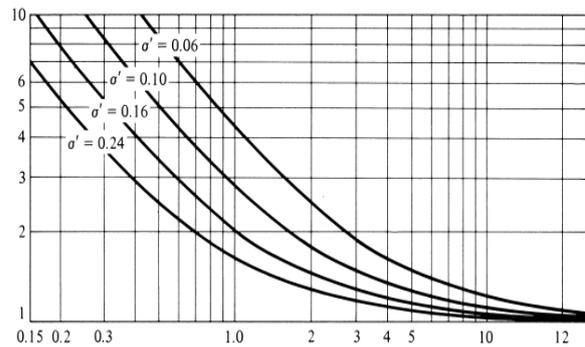
σ : faktor spasi

τ : besaran rasio

13. Penentuan nilai $\frac{Z_0}{R_{in}}$

Dengan menggunakan grafik pada gambar (5) didapatkan nilai $\frac{Z_0}{R_{in}}$ dari nilai $\frac{Z_a}{R_{in}}$ dan σ' . Terlihat dari grafik bahwa nilai $\frac{Z_0}{R_{in}} \approx 1.18$

$$\frac{Z_0}{R_{in}}$$



Gambar 5. Impedansi karakteristik relatif saluran feeder sebagai fungsi impedansi karakteristik relatif elemen dipole [3]

14. Perhitungan impedansi karakteristik saluran feeder (Z_0)

Nilai impedansi karakteristik saluran feeder dapat dicari dengan nilai R_{in} dan $\frac{Z_a}{R_{in}}$ yang telah didapatkan sebelumnya. Adapun persamaannya adalah :

$$Z_0 = \frac{Z_a}{R_{in}} \times R_{in} \quad (16)$$

$$Z_0 = 1.18 \times 50 = 59 \Omega$$

Z_0 : impedansi karakteristik saluran

$\frac{Z_a}{R_{in}}$: Nilai perbandingan $\frac{Z_a}{R_{in}}$

R_{in} : impedansi input (50 Ω)

Antena LPDA yang telah dirancang kemudian diimplementasikan menjadi sebuah prototip antenna.

Adapun model yang digunakan mengacu pada antenna yang dibuat oleh nazar [4] seperti pada gambar 6. Sedang antenna yang dibuat pada paper ini dapat dilihat pada gambar 7.



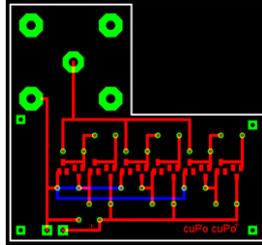
Gambar 6. Antena LPDA 4-elemen yang dibuat oleh nazar [4]



Gambar 7. Antena LPDA 8-elemen hasil implementasi

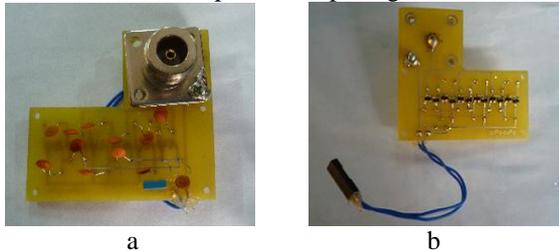
3.3 Pembuatan Power Harvester berdasarkan Literatur

Berdasarkan literatur thesis Harrist [5] dengan modifikasi seri menjadi paralel, maka dibuat desain rangkaian dengan menggunakan software "eagle" yang dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Power harvester pada "eagle"

Komponen Power Harvester terdiri dari Dioda Schottky HSMS 2882, kapasitor 0.47nF, dan konektor N female. Adapun hasil implementasi Power Harvester dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Power Harvester : a) tampak atas, b) tampak bawah

4. PENGUJIAN DAN PENGUKURAN

4.1 Pengukuran VSWR

Hasil nilai VSWR antenna LPDA yang diukur menggunakan perangkat Network Analyzer dapat dilihat pada gambar 10.

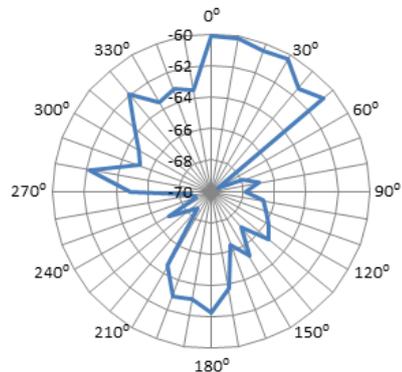


Gambar 10. Hasil VSWR antenna LPDA pada layar Network Analyzer

Pada gambar xx terlihat nilai VSWR bervariasi dari frekuensi 470 MHz hingga 760 MHz. Pada pengukuran di atas terdapat tiga titik yang diketahui nilai VSWR nya. Pada frekuensi 576.11 MHz nilai VSWR yang didapat adalah 1.433. ketika frekuensi 589.30 MHz nilai VSWR adalah 1.813, sedangkan ketika frekuensi diatur pada nilai 721.6 MHz nilai VSWR yang didapat adalah 1.574.

4.2 Pengukuran Pola Radiasi

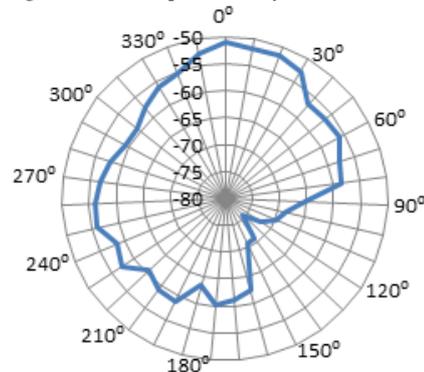
Pengukuran pola radiasi antenna LPDA ini dilakukan baik di bidang E dan bidang H. Pengukuran bidang E dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Pola radiasi antenna LPDA bidang E

Dapat dilihat bahwa antenna LPDA yang dibuat memiliki pola radiasi bidang E direksional dengan backlobe. Bidang E di sini menjelaskan tentang medan listrik yang diradiasikan oleh antenna

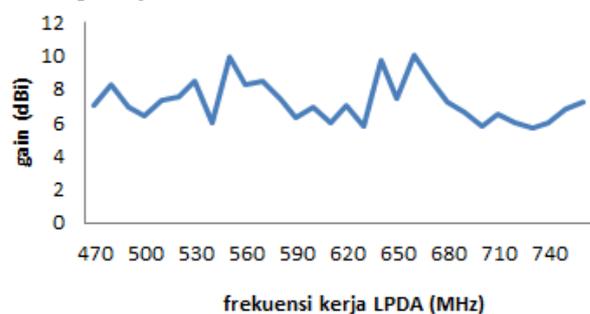
Gambar 12 menunjukkan pola radiasi bidang H untuk antenna LPDA. Bidang H di sini menjelaskan tentang medan magnetik yang diradiasikan oleh antenna Log Periodic Dipole Array.



Gambar 12. Pola radiasi antenna LPDA bidang H

4.3 Pengukuran Gain

Pengukuran gain dilakukan dengan membandingkan level daya dari antenna standar yang telah diketahui nilai gainnya dan antenna LPDA yang dibuat. Antenna standar yang digunakan dalam pengukuran ini memiliki gain sebesar 36 dBi. Nilai dari gain antenna berdasarkan frekuensinya dapat dilihat pada gambar 13



Gambar 13. grafik nilai gain antenna LPDA

Pada grafik di gambar 4.4 di atas didapat nilai *gain* bervariasi pada setiap frekuensi. Hal ini dapat disebabkan banyak faktor seperti nilai VSWR yang juga bervariasi dan pantulan benda lain ketika pengukuran. Tetapi jika diamati maka nilai *gain* selalu bernilai sekitar 5.68 dBi hingga 10.05 dBi. *Gain* terkecil terjadi ketika antenna digunakan pada frekuensi 730 MHz. Sedang *gain* tertinggi didapat ketika antenna digunakan pada frekuensi 660 MHz. Jika dirata-rata maka nilai *gain* untuk frekuensi 470 – 760 MHz bernilai ± 7 dBi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *gain* dari antenna LPDA yang dibuat ini bernilai 7 dBi.

4.4 Pengukuran Ambient Electromagnetic Harvesting

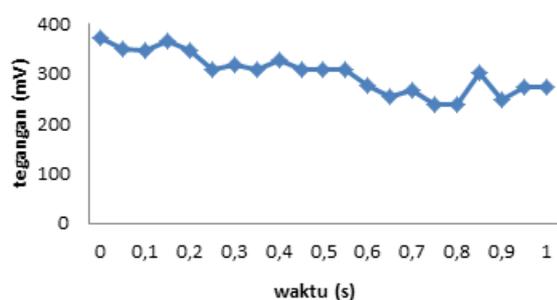
Pengukuran unjuk kerja meliputi tegangan keluaran dan arus.

4.4.1 Pengukuran Tegangan Keluaran

Dilakukan pada empat tempat pengujian, yakni daerah stasiun pemancar TVRI, daerah stasiun pemancar SCTV, lab 301, dan juga lab 301 dengan SSG berfungsi sebagai pengganti pemancar. Tujuan dari pengujian di daerah pemancar TV adalah untuk mengetahui apakah sistem ini dapat berjalan dengan baik jika berlokasi di dekat pemancar. Sedangkan lab 301 dipilih untuk mengetahui performansi sistem ini jika dijalankan di tempat bebas.

1. Pengukuran Tegangan Keluaran Di Lokasi Stasiun Pemancar TVRI

Pengukuran ini dilakukan di jalan Mayjen Sungkono dengan kondisi berjalan dengan kecepatan ± 30 Km/jam. Hasil pengukuran dapat dilihat pada grafik di gambar 14.

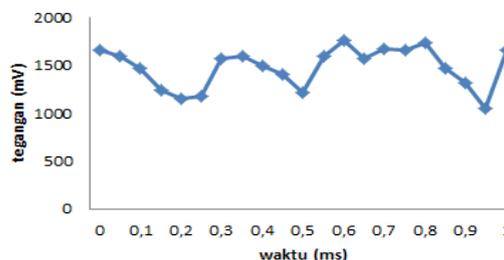


Gambar 14. Tegangan keluaran sistem dengan lokasi jl. Mayjen Sungkono

Grafik di gambar 14 menunjukkan bahwa besarnya tegangan yang dihasilkan bervariasi pada satu detik pengambilan sampel data. Tegangan tertinggi yang didapatkan bernilai 371 mV. Sedang tegangan terendah yang didapatkan bernilai 239 mV dan rata-rata 300.1 mV. Tegangan yang dihasilkan mengalami fluktuasi karena proses pengambilan data dilakukan secara bergerak dan posisi arah antenna tidak tetap terhadap pemancar

2. Pengukuran Tegangan Keluaran Di Lokasi Stasiun Pemancar SCTV

Pengukuran kedua berlokasi di daerah stasiun pemancar SCTV. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 15.

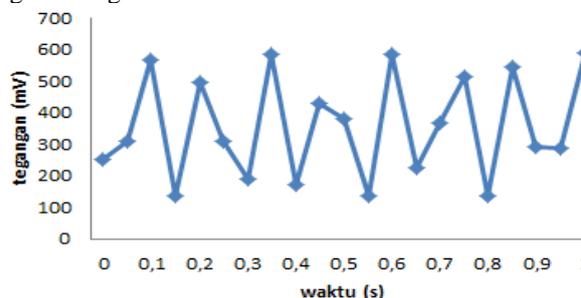


Gambar 15. Tegangan keluaran sistem dengan lokasi stasiun pemancar SCTV

Grafik pada gambar 15 menunjukkan nilai tegangan keluaran pada satu detik pengambilan sampel. Didapatkan tegangan yang relatif lebih besar daripada pengukuran sebelumnya. Tegangan maksimal tercatat pada nilai 1766 mV. Sedangkan tegangan terendah yang didapat sebesar 1173 mV dan rata-rata 1480.1 mV. Hasil pengujian di lokasi stasiun pemancar SCTV ini dapat disebabkan karena daya yang dihasilkan oleh pemancar SCTV memang lebih besar daripada pemancar TVRI. Selain itu pengujian di lokasi ini memberikan perlakuan yang relatif stabil terhadap perangkat. Sehingga *loss* karena kabel dan konektor yang bergerak dapat dikurangi.

3. Pengukuran Tegangan Keluaran Di Lokasi Lab B.301

Pengukuran ketiga berlokasi di laboratorium b 301. Tujuan pengukuran di tempat ini adalah mengetahui performansi sistem jika diletakkan di alam bebas. Hasil yang diperoleh pada pengukuran di laboratorium b.301 dapat dilihat pada grafik di gambar 16



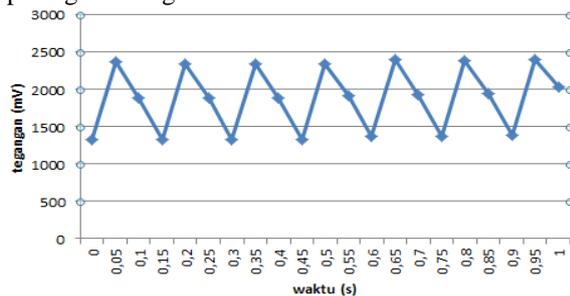
Gambar 16. Tegangan keluaran dengan lokasi lab b.301

Dapat dilihat pada gambar 16 bahwa tegangan yang dihasilkan dengan lokasi pengukuran di laboratorium b.301 selama selang waktu satu detik sangat stabil dengan tegangan tertinggi 591 mV dan tegangan terendah 136 mV (*charging*) dengan rata-rata 357.9 mV. Hal ini disebabkan pada pengukuran

di laboratorium kondisi perangkat antena dan *power harvester* stabil. Antena diletakkan pada *tripod* dan diarahkan hingga mencapai kondisi terbaik

4. Pengukuran Tegangan Keluaran Di Lokasi Lab B.301 Dengan Pengaruh Signal Generator

Pengukuran terakhir tetap dilakukan di laboratorium b.301, dengan SSG. Hal ini bertujuan untuk menguji apakah sistem ini memang dapat bekerja dengan benar. Sebab seharusnya hasil tegangan dengan penambahan SSG bernilai lebih besar dibanding pengukuran di lab b.301 seperti sebelumnya. Adapun hasil pengukuran dapat dilihat pada grafik di gambar 17



Gambar 17. Tegangan keluaran sistem di lokasi lab b.301 dengan pengaruh *signal generator*

Terlihat pada gambar 17 bahwa nilai tegangan yang didapatkan paling stabil dibanding tiga pengukuran sebelumnya. Tegangan maksimal yang dihasilkan pun lebih besar yakni 2409 mV. Dengan tegangan terendah 1324 mV dan rata-rata 1882.67 mV. Hal ini disebabkan karena sumber elektromagnetik berjarak sangat dekat (1 meter) dan tanpa halangan

4.3.2 Perhitungan Waktu Pencatutan Baterai

Tujuan dari sistem *ambient electromagnetic harvesting* adalah untuk mencatu daya perangkat elektronik berdaya kecil. Contoh yang dapat digunakan adalah sensor Mica2 yang digunakan pada penelitian *Wireless Sensor Network (WSN)*. Untuk pencatutannya sensor Mica2 menggunakan baterai NiMH AA 1.2V 600mAh. Dengan arus rata-rata yang didapat dari pengukuran berkisar ± 0.05 mA tiap detik, maka waktu untuk pengisian baterai NiMH AA sebagai berikut:

$$I_{(h)} = I_{(s)} \times 3600$$

$$I_{(h)} = 0.05 \times 3600$$

$$I_{(h)} = 180 \text{ mAh}$$

$$t = 600 / 180$$

$$= 3,333 \text{ jam} \approx 4 \text{ jam}$$

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis terhadap hasil pengukuran antena LPDA dan *ambient electromagnetic harvesting* maka didapat kesimpulan seperti berikut :

1. Antena *log periodic dipole array* yang dibuat dapat digunakan sebagai antena UHF dengan VSWR 2:1 dan *gain* 7 dBi.
2. Hasil pengukuran dengan empat kondisi berbeda menunjukkan bahwa *ambient electromagnetic harvesting* berjalan maksimal jika berada dekat sumber elektromagnetik.
3. Pengukuran tegangan rata-rata di stasiun TVRI adalah 300.1 mV, di stasiun SCTV 1480.1 mV, di lab b.301 sebesar 357.9 mV dan di lab b.301 dengan pengaruh *signal generator* 1882.67 mV
4. Semakin stabil posisi antena dan *power harvester*, semakin stabil pula hasil tegangan keluaran

PUSTAKA

- [1] Keputusan Menteri Perhubungan No: KM.76 th 2003, "*Rencana Induk (Master Plan) Frekuensi Radio Penyelenggaraan Telekomunikasi Khusus untuk Keperluan Televisi Siaran Analog pada Pita Ultra High Frequency (UHF)*".
- [2] Sample, Alanson dan Smith, Joshua R, "*Experimental Result with two wireless power transfer systems*".
- [3] ARRL, "*Antenna Book : The ultimate reference for amateur radio antennas, transmission lines and propagation*", Newington, 2007.
- [4] Nazar, Muhammad Luqman, dkk, "*Size Reduction of Log Periodic Dipole Array Antenna*", 6th international conference on Emerging Technologies (ICET), 2010.
- [5] Harrist, Daniel W, "*Wireless Battery Charging System Using Radio Frequency Energy Harvesting*", University of Pittsburgh, 2011.