

# Jurnal *Rekayasa Elektrika*

VOLUME 14 NOMOR 2

AGUSTUS 2018

Antena Transceiver untuk Komunikasi Bluetooth ISM-Band dengan Metode Complementary Split Ring Resonator 91-95

*Yustina Wahyu Andika, Hasanah Putri, dan Dwi Andi Nurmantris*

JRE	Vol. 14	No. 2	Hal 83-144	Banda Aceh, Agustus 2018	ISSN. 1412-4785 e-ISSN. 2252-620X
-----	---------	-------	------------	-----------------------------	--------------------------------------

# Antena Transceiver untuk Komunikasi Bluetooth ISM-Band dengan Metode Complementary Split Ring Resonator

Yustina Wahyu Andika, Hasanah Putri, dan Dwi Andi Nurmantris  
Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University  
Jalan Telekomunikasi No.1, Terusan Buah Batu, Bandung 40257  
e-mail: hasanahputri@tass.telkomuniversity.ac.id

**Abstrak**—*Bluetooth* dikembangkan sebagai sarana untuk komunikasi jarak pendek. Keterbatasan jangkauannya menyebabkan penggunaan *bluetooth* kurang dikembangkan secara maksimal. Padahal dengan sifat-sifat yang dimilikinya, *sharing* data seharusnya dapat dilakukan secara mudah dan murah. Pada penelitian ini dirancang sebuah antena *transceiver* untuk komunikasi *bluetooth* yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz ISM-band. Antena yang dirancang berupa antena *microstrip* dengan penerapan metode *Complementary Split Ring Resonator* (CSRR) untuk mereduksi dimensi antena. Hasil dari penelitian ini yaitu antena *transceiver* yang bekerja pada frekuensi 2,398 GHz hingga 2,47 GHz dengan nilai *return loss* -30,815 dB dan VSWR senilai 1,074. Pola radiasi yang dihasilkan adalah direksional dengan *gain* sebesar 11,84 dB. Penerapan metode CSRR mampu mereduksi dimensi antena sebesar 53,47 %.

**Kata kunci:** *transceiver, bluetooth, microstrip, CSRR, ISM-band*

**Abstract**—A Bluetooth was developed as a means for short-range communications. However, the limited range of Bluetooth devices that tend to be narrowly led to the use of Bluetooth is less developed. Whereas, with its properties, sharing of data should be done easily and cheaply. This research has designed a transceiver antenna for Bluetooth communications that works at a frequency 2.4 GHz ISM-band. The antenna is designed in the form of a microstrip antenna with Complementary Split Ring Resonator (CSRR) methods to reduce the dimensions of the antenna. The result of this research is a form of a transceiver antenna that works at a frequency of 2.398 GHz to 2.47 GHz with -30.815 dB return loss and VSWR worth 1.074. The resulting radiation pattern is a directional pattern with a gain of 11.84 dB. Implementation of the CSRR method can reduce antenna dimension by 53.47 %.

**Keywords:** *transceiver, bluetooth, microstrip, CSRR, ISM-band*

Copyright © 2018 Jurnal Rekayasa Elektroika. All right reserved

## I. PENDAHULUAN

Komunikasi nirkabel memegang peran utama dalam kehidupan kita sehari-hari, beriringan dengan perkembangan antena yang mendukung kinerjanya [1]. *Bluetooth* merupakan salah satu protokol komunikasi nirkabel yang kehadirannya dikondisikan sebagai pengganti protokol kabel untuk operasi pada jarak pendek (IEEE 802.15.1). *Bluetooth* dapat berkomunikasi dengan perangkat *Bluetooth* lainnya untuk melakukan transmisi data dengan kecepatan 1 MB/s dengan konsumsi daya rendah. Awalnya teknologi ini dikembangkan oleh *Ericsson*, kemudian oleh *Special Interest Group* (SIG) *Bluetooth* ditetapkan sebagai *open specification*, hingga kini teknologi ini bisa digunakan secara gratis. Mengacu pada beberapa keunggulan yang dimilikinya, teknologi *Bluetooth* mampu menjadi salah satu standar bagi *Local Wireless Communication*. Namun, karena keterbatasan coverage area-nya yang cenderung sempit, teknologi ini

belum terlalu dikembangkan untuk dapat digunakan dalam transmisi data ke tempat tujuan yang jaraknya cukup jauh. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu antena *transceiver* yang bekerja pada frekuensi yang digunakan oleh komunikasi *Bluetooth* untuk dapat memperluas jangkauan yang dimilikinya. Pada Jurnal ini dirancang suatu antena *transceiver* dengan jenis mikrostrip yang bekerja pada frekuensi untuk komunikasi *Bluetooth*, yaitu pada 2,4 GHz ISM-band untuk memperluas jangkauan *Bluetooth* dari kemampuan awalnya.

Pada penelitian sebelumnya dilakukan perancangan antena dengan bentuk *E shaped* dan polarisasi melingkar [2]. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh [3]-[4] digunakan metode *array peripheral slits*. Selain itu, pada penelitian [5] merealisasikan antena mikrostrip *meander-line*. Pada penelitian ini dirancang sebuah antena *transceiver* dengan menerapkan metode *Complementary Split Ring Resonator*. Adapun tujuan penerapan metode ini yaitu mereduksi dimensi antena untuk aplikasi komunikasi

Bluetooth.

Dalam penelitian ini dilakukan analisis pada beberapa parameter diantaranya *Return Loss*, *VSWR*, *bandwidth*, impedansi, *gain*, polarisasi, dan pola radiasi antenna.

II. METODE PERANCANGAN ANTENA

Dalam penelitian ini terdapat tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan untuk memperoleh desain dan dimensi dari antenna transceiver. Langkah pertama adalah menentukan bentuk patch yang digunakan, yaitu patch lingkaran [6]-[7].

$$r = \frac{F}{\sqrt{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[ \ln\left(\frac{\pi F}{2h}\right) + 1.7726 \right] \right\}}} \quad (1)$$

Untuk mengatasi *bandwidth* yang sempit pada antenna mikrostrip, pada penelitian ini digunakan teknik pencatutan *electromagnetically coupled*, yaitu menggunakan *microstrip line* di antara dua substrat yang identik seperti pada Gambar 1.

Tahap kedua yaitu melakukan perhitungan lebar saluran menggunakan *impedance calculation* pada fitur *Macros* pada CST dan panjang saluran pencatu menggunakan persamaan (2) berikut ini [8] - [9].

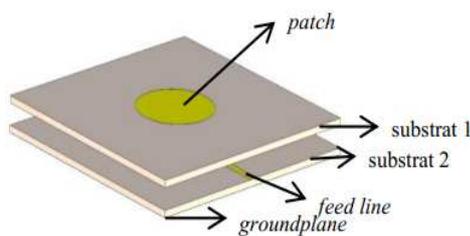
$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left[ \frac{B - 1 - \ln(2B - 1)}{+ \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left\{ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right\}} \right] \quad (2)$$

Kemudian, langkah ketiga adalah menghitung panjang catuan dengan menggunakan persamaan (3).

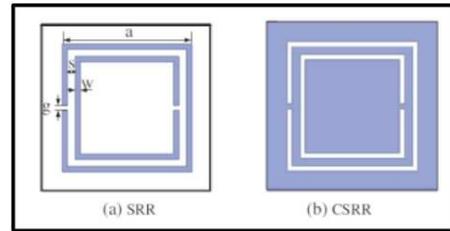
$$L_f = \frac{\lambda_g}{2} \quad (3)$$

*Split Ring Resonator* (SRR) merupakan material *artificial* magnetik atau struktur metamaterial yang cukup populer. Fitur menariknya adalah kemampuan untuk menunjukkan frekuensi resonansi pada panjang gelombang yang lebih besar dari ukurannya sendiri. Dengan demikian, struktur *Split Ring Resonator* memiliki potensi untuk mereduksi ukuran dari perancangan *microwave range application* [10]. CSRR merupakan kontradiksi dari SRR, dengan mekanisme dasar yang sama. Dengan penyesuaian ukuran dan geometris parameter CSRR, frekuensi resonansi dapat digeser ke nilai yang diinginkan [4].

Perbedaan utama antara SRR dan CSRR adalah SRR memiliki karakteristik permeabilitas bernilai negatif, sedangkan CSRR memiliki nilai permitivitas negatif.



Gambar 1. Teknik pencatutan electromagnetically coupled



Gambar 2. Geometri SRR dan CSRR

Tahap awal perancangan antenna yaitu menentukan spesifikasi antenna diantaranya parameter frekuensi kerja, *bandwidth*, pola radiasi, impedansi, *VSWR*, *return loss*, dan *gain*. Frekuensi kerja yaitu 2,402 GHz – 2,480 GHz. Selanjutnya adalah *bandwidth* yaitu  $\geq 78$  MHz, dengan pola radiasi *directional*. Nilai impedansi dan *VSWR* yaitu  $50 \Omega$  dan  $\leq 2$ . Nilai *return loss* sebesar  $\leq -10$  dB dan *gain*  $\geq 9$  dB.

Setelah menentukan spesifikasi antenna, tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan dimensi antenna. Empat parameter yang dihitung antara lain:

1. Patch antenna  
Dengan menggunakan persamaan (1) dilakukan perhitungan *patch* antenna.

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} = 1.716$$

$$r = 17.15 \text{ mm}$$

2. *Groundplane*  
Untuk memperoleh dimensi antenna yang cenderung kecil, maka jarak antara *patch* antenna dan sisi tepi *groundplane* dibuat menjadi  $\lambda/4$ , sehingga ukuran *groundplane* adalah sebagai berikut.

$$W = L = 2\left(r + \frac{\lambda}{4}\right)$$

$$W = L = 2(17.15 + 30.725) = 95.75 \text{ mm}$$

3. Lebar saluran pencatu antenna

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{377\pi}{2 \times 50 \sqrt{4.4}} = 5.643$$

Sehingga:

$$W_r = \frac{2 \times 1.6}{\pi} \left[ \frac{5.643 - 1 - \ln(2(5.643) - 1)}{+ \frac{4.4 - 1}{2(4.4)} \left\{ \ln(5.643 - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{4.4} \right\}} \right]$$

$$W_r = 3.07 \text{ mm}$$

4. Panjang saluran pencatu antenna

$$L_f = \frac{\lambda_g}{2}$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

Tabel 1. Ukuran dimensi antenna array dan catuannya

No.	Parameter	Nilai sebelum optimasi (mm)	Nilai setelah optimasi(mm)
1	r	16.14	15.9
2	w	285	282
3	l	95	92
4	wf	3	3
5	lf	50	45
6	w70	1.6	1.6
7	l70	17.25	17.25
8	w100	0.7	0.7
9	l100	35.36	35.36
10	l50	24.5	24.2
11	l50a	29.8	29.2

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = 0,122$$

$$\epsilon_{eff} = 3,46$$

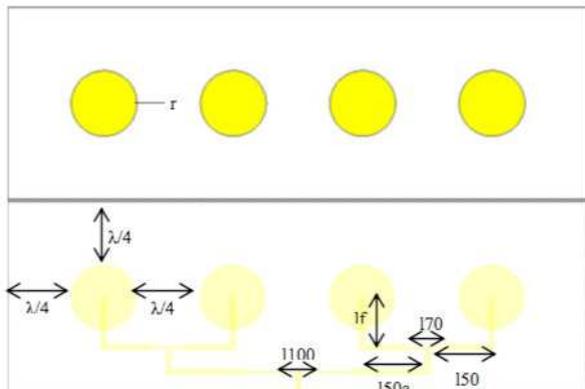
Sehingga:

$$\lambda_g = 70,4mm$$

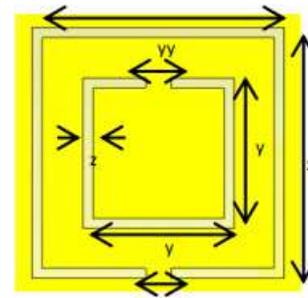
$$L_f = 35,2mm$$

Setelah dilakukan perhitungan-perhitungan tersebut, selanjutnya dilakukan simulasi perancangan. Simulasi dilakukan berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya. Tabel 1 merupakan ukuran-ukuran dimensi antenna dan catuannya.

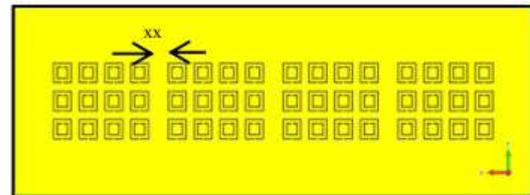
Pada awal proses perancangan antenna array, model yang disimulasikan adalah model antenna array planar. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan ukuran antenna yang kecil dan lebih compact. Namun, ternyata beberapa model perancangan tersebut belum memberikan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Sehingga setelah beberapa kali dilakukan iterasi pada simulasi, ditemukan model perancangan yang paling sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, yaitu model perancangan antenna linear dengan empat elemen. Dalam perancangan antenna mikrostrip array linear empat elemen, digunakan tiga



Gambar 3. Model perancangan antenna patch array



Gambar 4. Complementary split ring resonator, x=8 mm; y=4,8 mm; z=0,32 mm; xx=11,2 mm ; yy=0,8 mm



Gambar 5. Model perancangan antenna dengan CSRR

buah impedansi saluran pencatu, yaitu 50 Ω, 70,7 Ω, dan 100 Ω (I50, I70, dan I100). Gambar 3 merupakan model perancangan antenna array linear untuk empat elemen.

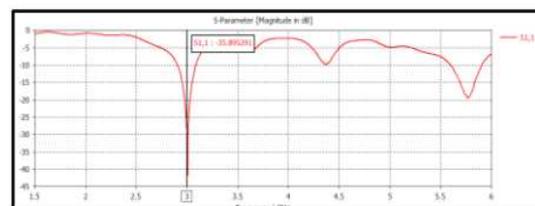
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan beberapa kali iterasi agar diperoleh parameter terbaik, didapatkan dimensi terbesar antenna adalah 282 mm. Untuk mereduksi ukuran dimensi antenna tersebut, diterapkan metode CSRR pada antenna dengan frekuensi lebih tinggi. CSRR bertujuan untuk menggeser nilai frekuensi menjadi lebih rendah pada ukuran antenna yang berada pada frekuensi resonansi lebih tinggi [3]. Oleh karena itu, dilakukan perancangan antenna untuk frekuensi 3 GHz, dengan tujuan setelah diterapkan metode CSRR, frekuensi kerja antenna akan bergeser mendekati frekuensi komunikasi Bluetooth yaitu 2,441 GHz.

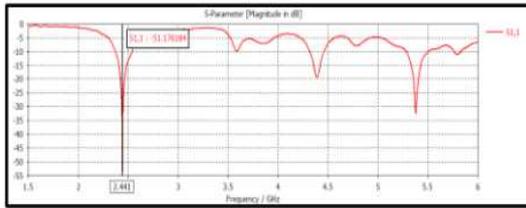
Gambar 6 sampai 11 merupakan perbandingan antara sebelum diterapkan metode CSRR dan setelah diterapkan metode CSRR.

#### A. Return Loss

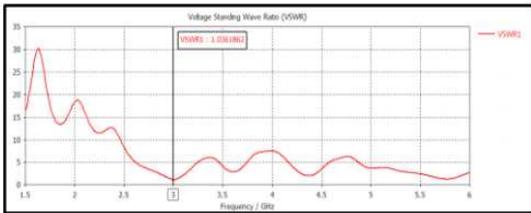
Berdasarkan Gambar 6 dan 7, terlihat bahwa return loss antenna tanpa CSRR pada frekuensi 3 GHz adalah -35,89 dB sedangkan dengan CSRR frekuensi bergeser menjadi 2,441 GHz adalah -51,17 dB.



Gambar 6. Return Loss tanpa CSRR



Gambar 7. Return Loss dengan CSRR



Gambar 8. VSWR Tanpa CSRR



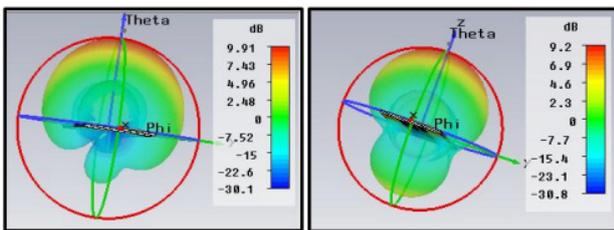
Gambar 9. VSWR dengan CSRR

B. VSWR

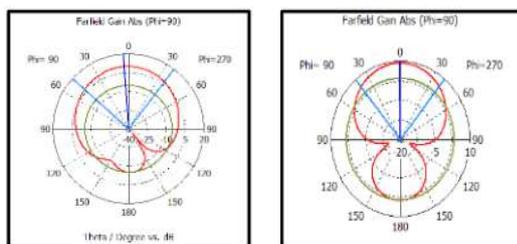
Berdasarkan Gambar 8 dan 9, nilai VSWR antena tanpa CSRR pada frekuensi 3 GHz adalah 1,03 sedangkan dengan CSRR pada frekuensi 2,441 GHz adalah 1,009.

C. Gain

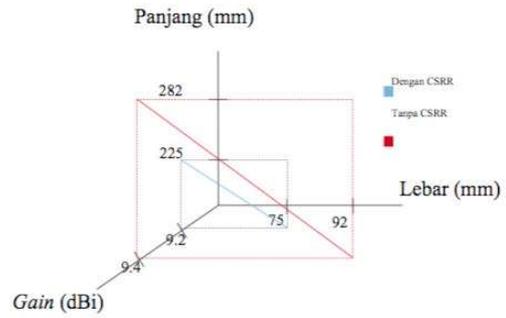
Berdasarkan Gambar 10, terlihat bahwa nilai gain saat sebelum diterapkan CSRR adalah 9,91 dB, sedangkan pada saat di frekuensi 2,441 (setelah diterapkan CSRR) nilai gain menurun menjadi 9,2 dB.



Gambar 10. Gain Tanpa CSRR (kiri) dan dengan CSRR (kanan)



Gambar 11. Pola Radiasi Tanpa CSRR (kiri) dan dengan CSRR (kanan)



Gambar 12. Perbandingan dimensi antena (ukuran awal dan akhir)



Gambar 13. Hasil pabrikasi antena rancangan

D. Pola Radiasi

Berdasarkan simulasi tersebut terlihat bahwa penerapan metode CSRR dapat mereduksi ukuran dimensi antena.

$$reduksi = \frac{u_2 - u_1}{u_1} \times 100\% \tag{4}$$

Keterangan :

$U_1$  = ukuran akhir yaitu setelah menerapkan metode CSRR) ( $mm^2$ )

$U_2$  = ukuran awal yaitu sebelum menerapkan metode CSRR) ( $mm^2$ )

Gambar 12 menunjukkan perbandingan dimensi antena sebelum menerapkan metode CSRR dan setelah menerapkan metode CSRR ( $U_2$  dan  $U_1$ ). Dimensi antena sebelum menerapkan metode CSRR bernilai 282 x 92  $mm^2$ , sedangkan setelah menerapkan metode CSRR dimensi antena bernilai 225 x 75  $mm^2$ .

Berdasarkan hal tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa dengan menerapkan metode CSRR mampu mereduksi dimensi antena sebesar 53,47 %.

Setelah dilakukan perancangan dan simulasi, langkah selanjutnya yaitu realisasi antena. Gambar 13 merupakan hasil pabrikasi dari antena yang telah dirancang.

Setelah berhasil merealisasikan antena kemudian dilakukan pengukuran. Adapun hasil perancangan, simulasi, dan realisasi antena dapat dirangkum dalam bentuk Tabel 2.

IV. KESIMPULAN

Antena mikrostrip *array linear* 4 (empat) elemen untuk komunikasi *Bluetooth* dengan teknik pencatutan *electromagnetically coupled* yang dirancang mampu bekerja pada *range* frekuensi 2,398 GHz sampai 2,470 GHz dengan *return loss* senilai -30,815 dB dan VSWR senilai 1,074. Pola radiasi yang dihasilkan adalah

Tabel 2. Perbandingan hasil perancangan, simulasi, dan realisasi antena

Parameter	Perancangan	Simulasi	Realisasi
Frekuensi kerja	2.402-2.480 GHz	2.368-2.538 GHz	2.398-2.470 GHz
Return Loss	≤ -10 dB	-51.17 dB	-30.815 dB
VSWR	≤ 2	1.009	1.074
Bandwidth	≥ 78 MHz	170 MHz	72 MHz
Impedansi	50 Ω	50 Ω	50.733 Ω
Gain	≥ 9 dB	9.202 dB	11.84 dB
Pola radiasi	Direksional	Direksional	Direksional
Polarisasi	Linear	Linear	Elips

direksional dengan *gain* sebesar 11,84 dB. Metode CSRR mampu mereduksi dimensi antena sebesar 53,47 %.

REFERENSI

[1] Rachmansyah, Antonius Irianto and A. Benny Mutiara, "Designing and Manufacturing Microstrip Antenna for Wireless Communication at 2.4 GHz," International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol. 3, No. 5, 2011.

[2] Indra Surjati, Syah Alam, dan Saut Hotman, "Polarisasi Melingkar Antena Mikrostrip E Shaped dengan Pencatu Electromagnetic Coupling," Jurnal Rekayasa Elektrika, Vol. 13, No. 1, 2017.

[3] Syah Alam, I Gusti Nyoman Yogi Wibisana, dan Indra Surjati, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Peripheral Slits Linear Array untuk Aplikasi Wi-Fi," Jurnal Rekayasa Elektrika, Vol. 13, No. 1, 2017.

[4] Notis, T. Dimitris, Phaedra C. Liakou and Dimitris P. Chrissoulidis, "Dual Polarized Microstrip Patch Antenna, Reduced in Size by Use of Peripheral slits," *Microwave Conference 3<sup>rd</sup> European* Vol.1, Amsterdam, Netherland, 2004.

[5] Widya Cahyadi dan Ardiansyah, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Meander-Line 915 MHz untuk Optimasi Jarak Pengiriman Data Alat Ukur pH Meter Sistem Telemetry," Jurnal Rekayasa Elektrika, Vol.13, No. 2, 2017.

[6] Rahayu, Yusnita dan Hendra, Rio Juli, "Analisis Antena Mikrostrip Array Bentuk Lingkaran dan Persegi Panjang Menggunakan Simulasi untuk Aplikasi LTE Frekuensi 2.3 GHz," Universitas Riau, 2015.

[7] Alfadil, Pindo Ahmad dan Rambe, Ali Hanafiah, "Studi Perancangan Saluran Pencatu untuk Antena Mikrostrip Array Elemen 2X2 dengan Pencatuan Aperture Coupled," Universitas Sumatera Utara, 2013.

[8] Y.Xie, L.Li, C.Zhu, and C.Liang, "A Novel Dual-Band Patch Antenna with Complementary Split ring Resonators Embedded in The Ground Plane," China Xidian University, 2011.

[9] Kim, C.Y and Jang, H.A, "Size Reduction of Patch Antenna Array Using CSRRs Loaded Ground Plane," Progress in Electromagnetics Research Symposium Proceeding, KL, Malaysia, 2012.

[10] IEEE Std 802.15.1-2002, "Part 15.1: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs)," IEEE Standard for Information Technology Telecommunications and Information Exchange Between Systems—Local and Metropolitan Area Networks—Specific Requirements, IEEE Computer Society.

**Penerbit:**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: [rekayasa.elektrika@unsyiah.net](mailto:rekayasa.elektrika@unsyiah.net)

Telp/Fax: (0651) 7554336

