

Simulasi Perbandingan Konfigurasi *Patch* EMA dengan EMB pada Antena Mikrostrip Elips untuk Pembaca RFID Frekuensi UHF

Fransiska Melathi Cahyaningtyas^{#1}, Eva Yovita Dwi Utami^{#2}

[#]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer, Universitas Kristen Satya Wacana
Jalan Diponegoro No. 52-60 Salatiga, Indonesia

¹612015032@student.uksw.edu

²eva.utami@uksw.edu

Abstract— This research aims to design and analyze the comparison of ellipse patch microstrip antennas in EMA and EMB configurations for RFID reader in the UHF frequency band (923-925 MHz). Ellipse patch have two types of configurations, namely EMA (major axis) and EMB (minor axis). This research will discuss the results of the comparison of the two configurations by using two kinds of feeds, namely feed line and inset feed. Therefore, in this research, four configurations of ellipse microstrip antenna was developed and compared. They are EMA configuration with feed line, EMA configuration with inset feed, EMB configuration with feed line, and EMB configuration with inset feed. The lowest return loss parameter value with a result of -13,451 dB, the lowest VSWR with a value of 1.54, and the widest bandwidth with a result 36.7 MHz is obtained from the EMB configuration with an inset feed. While the maximum gain that can be generated is the EMA configuration with an inset feed with a value of 1.234 dB. All four comparisons have the same radiation pattern, that is the bidirectional radiation pattern.

Keywords— Microstrip antenna, elliptical patch, EMA configuration, EMB configuration, RFID reader.

Abstrak— Penelitian bertujuan untuk merancang dan menganalisis perbandingan antena mikrostrip *patch ellipse* konfigurasi EMA dan EMB untuk aplikasi pembaca RFID pada pita frekuensi UHF (923-925 MHz). Bentuk *patch* elips memiliki dua jenis konfigurasi, yaitu EMA (pencatuan pada sumbu mayor) dan EMB (pencatuan pada sumbu minor). Pada penelitian ini akan dibahas hasil perbandingan dua konfigurasi tersebut dengan ditambahkan menggunakan dua macam saluran pencatu, yaitu *feed line* dan *inset feed*. Sehingga penelitian ini menghasilkan empat macam perbandingan: konfigurasi EMA dengan saluran pencatu *feed line*, konfigurasi EMA dengan saluran pencatu *inset feed*, konfigurasi EMB dengan saluran pencatu *feed line*, konfigurasi EMB dengan saluran pencatu *inset feed*. Nilai parameter *return loss* terbaik dengan hasil -13,451 dB, VSWR paling rendah dengan nilai 1,54, dan *bandwidth* paling lebar sebesar 36,7 MHz didapatkan dari konfigurasi EMB dengan saluran pencatu *inset feed*. Sedangkan *gain* maksimal yang dapat dihasilkan yaitu pada konfigurasi EMA dengan saluran pencatu *inset feed* sebesar 1,234 dB. Keempat perbandingan tersebut memiliki pola radiasi yang sama, yaitu pola radiasi *bidirectional*.

Kata Kunci— Antena mikrostrip, *patch* elips, konfigurasi EMA, konfigurasi EMB, pembaca RFID

I. PENDAHULUAN

Pada era modern ini perkembangan teknologi komunikasi *mobile wireless* semakin pesat, sehingga muncul banyak standar teknologi yang baru dan semakin canggih. Perkembangan teknologi tersebut menghasilkan salah satu teknologi komunikasi yang disebut RFID (*Radio Frequency Identification*). RFID merupakan sebuah metode identifikasi melalui gelombang radio dengan menggunakan sarana yang disebut *RFID Tag* atau *transponder* untuk menyimpan dan mengambil data jarak jauh.

Secara umum sistem RFID terdiri dari dua komponen utama: *Tag* RFID (*transponder*) yang terletak pada objek yang akan diidentifikasi; dan pembaca (*reader*) atau interogator yaitu alat penangkap data yang tergantung pada desain dan teknologi yang digunakan, dapat berupa perangkat baca atau tulis/baca, dan aplikasi komputer [1]. Data yang dibaca oleh *RFID reader* kemudian diproses dengan suatu aplikasi komputer. Aplikasi komputer selain dapat memproses data, juga dapat menyimpan data-data yang diperoleh.

Ada empat frekuensi kerja RFID yang sering digunakan bila dikategorikan berdasarkan frekuensi radio, yaitu: *band LF* (125-134 kHz), *band HF* (13,56 MHz), *band UHF* (866-960 MHz), dan *Microwave* (2,45 GHz) [2]. Frekuensi operasi RFID berbeda di tiap negara, seperti 902–928 MHz di Amerika Utara, 908,5–914 MHz di Korea, 920–926 MHz di Australia, 922–928 MHz di Taiwan, dan 950–956 MHz di Jepang [3]. Sementara standar frekuensi kerja *RFID Reader* di Indonesia yang dikeluarkan oleh Direktur Jendral Pos dan Telekomunikasi Departemen Komunikasi dan Informatika adalah 923-925 MHz (UHF) [4].

Salah satu piranti yang sangat penting dalam *tag* RFID atau *reader* RFID adalah antena. *IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas* (IEEE Std 145–1983) mendefinisikan antena sebagai alat (*device*) yang digunakan untuk meradiasi atau menerima gelombang radio (elektromagnetik) [5]. Antena berfungsi sebagai pengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, kemudian meradiasikannya ke ruang bebas. Begitupun sebaliknya, antena juga dapat berfungsi sebagai penerima sinyal elektromagnetik dari ruang bebas dan

mengubahnya menjadi sinyal listrik. Antena yang baik untuk diimplementasikan pada komunikasi *mobile wireless* seperti teknologi Pembaca RFID ini adalah antena yang memiliki ukuran kecil dan ringan, serta dapat memenuhi frekuensi operasi dari sistem komunikasi *mobile wireless* tersebut. Jenis antena yang memiliki karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan di atas salah satunya adalah antena mikrostrip.

Berdasarkan pada penelitian [6] untuk mengaplikasikan antena pada frekuensi 800-2000 MHz dan membutuhkan rentang *bandwidth* yang lebar dapat menggunakan antena dengan *patch* lingkaran atau elips. Berdasarkan letak pencatunya, elips memiliki 2 jenis konfigurasi (konfigurasi EMA dan EMB), namun penelitian [6] hanya membandingkan hasil *bandwidth* dari kedua konfigurasi. Sementara pada penelitian [7], disebutkan pemilihan bentuk konfigurasi EMA dilakukan agar energi tidak terserap oleh struktur antena, sehingga *bandwidth* akan semakin lebar. Bentuk *patch* elips memang diketahui memiliki karakteristik dapat menghasilkan rentang *bandwidth* yang lebar (misalnya pada [8], [9]). Belum adanya penelitian lebih lanjut yang membahas perbandingan kedua konfigurasi elips tersebut menjadi alasan utama pemilihan bentuk *patch* elips dengan konfigurasi EMA dan EMB dalam penelitian ini. Antena yang dirancang diharapkan dapat bekerja pada frekuensi kerja *RFID Reader* 923-925 MHz dan menggunakan *software CST Studio Suite 2018* sebagai simulator.

II. METODOLOGI

A. Spesifikasi Perancangan

Antena yang dirancang adalah antena *patch* elips dengan konfigurasi EMA dan EMB dengan dua jenis pencatutan: *feed line* dan *inset feed*. Antena diharapkan dapat bekerja pada frekuensi 923-925 MHz sesuai dengan frekuensi pembaca RFID di Indonesia yang telah ditetapkan oleh Kominfo. Frekuensi operasi ini akan menjadi acuan dalam menentukan parameter-parameter lain seperti nilai radius sumbu a , nilai radius sumbu b , dan panjang saluran pencatu.

Antena dirancang untuk dapat memenuhi nilai $VSWR \leq 2$ dan *return loss* $< -9,54$ dB pada frekuensi operasi agar dapat memenuhi kriteria *impedance matching* minimum. Nilai impedansi 50Ω disesuaikan dengan impedansi saluran transmisi pada frekuensi gelombang mikro. Lebar *bandwidth* minimum disesuaikan dengan rentang frekuensi yang digunakan, yaitu sebesar 2 MHz. Antena ini merupakan bentuk antena mikrostrip sederhana, yaitu *single patch antenna*, sehingga diharapkan mampu mendapatkan $gain \geq 1$ dB.

Antena mikrostrip *patch* elips ini menggunakan material tembaga untuk elemen peradiasi dan pentanahannya. Bahan dielektrik yang digunakan sebagai substrat pada antena mikrostrip ini adalah FR-4 Epoxy, dengan nilai permitivitas relatif (ϵ_r) 4,3 dan ketebalan (h) 1,6 mm.

B. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan sebuah antena sederhana yang tersusun atas tiga elemen yaitu: bidang peradiasi (*patch*) yang terbuat dari logam, bidang substrat (*substrate*), dan

bidang pentanahan (*ground plane*) seperti tampak pada Gambar 1.

Elemen peradiasi (*patch*) terbuat dari metal dan memiliki ketebalan yang sangat tipis. Elemen ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang listrik dan magnet. Besar elemen *patch*, baik itu panjang, lebar, radius, dan lainnya, dapat memengaruhi frekuensi kerja antena.

Substrat merupakan bagian dielektrik yang membatasi elemen peradiasi dengan elemen pentanahan. Bagian ini memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r), faktor disipasi, dan ketebalan (h) tertentu. Ketiga nilai tersebut memengaruhi frekuensi kerja, *bandwidth*, dan juga efisiensi dari antena yang akan dibuat. Jenis substrat yang diinginkan untuk hasil antena yang baik adalah substrat yang tebal atau yang memiliki nilai dielektrikum konstan sekecil mungkin agar dapat memberikan efisiensi yang lebih baik.

Elemen pentanahan (*ground*) berfungsi sebagai pembumian (*grounding*) bagi sistem antena mikrostrip. Elemen pentanahan ini umumnya memiliki jenis bahan yang sama dengan elemen peradiasi.

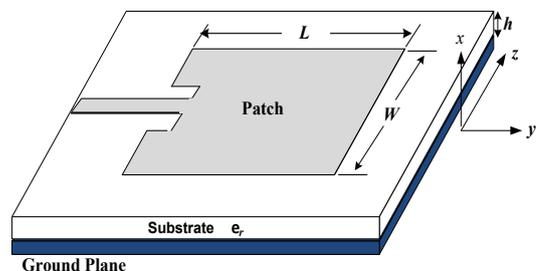
C. Antena Mikrostrip Patch Ellipse

Antena mikrostrip dengan *patch ellipse* merupakan salah satu jenis antena mikrostrip berbentuk lonjong (elips) yang memiliki ukuran kecil. Alasan dibuatnya antena *patch* elips adalah karena antena ini memiliki karakteristik yang lebih ramping dibanding antena lainnya. Posisinya dapat diletakkan secara vertikal maupun horisontal, sehingga dapat diaplikasikan pada tempat yang relatif sempit dengan posisi yang beragam. Selain itu, antena dengan *patch* elips memiliki kecepatan transmisi yang tinggi, konsumsi daya rendah, dan *gain* yang optimal [7].

Antena mikrostrip *patch* elips memiliki pola radiasi *bidirectional* (dua arah)[7]. Terdapat dua jenis konfigurasi *elliptical patch*, yaitu EMA dan EMB. EMA adalah konfigurasi *patch* elips jika pencatutan berada pada sumbu minor (b), dapat dihitung menggunakan Persamaan (1)[6]:

$$\begin{aligned} L &= 2b \\ r &= \frac{a}{4} \end{aligned} \tag{1}$$

EMB merupakan konfigurasi *patch* elips jika pencatutan berada di sumbu mayor (a). Persamaan EMB berkebalikan dengan persamaan EMA, dapat dihitung dengan Persamaan (2)[6]:



Gambar 1 Struktur antena mikrostrip [10]

$$\begin{aligned} L &= 2a \\ r &= \frac{b}{4} \end{aligned} \quad (2)$$

dengan L adalah panjang patch antenna (cm), r adalah radius patch antenna (cm), a merupakan panjang sumbu mayor (cm), dan b adalah panjang sumbu minor (cm).

1) *Perhitungan Dimensi Patch*: Panjang patch pada antena mikrostrip biasa dapat dihitung dengan Persamaan (3)[10]:

$$L_p = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

dengan f adalah frekuensi resonansi (GHz), c merupakan kecepatan cahaya (m/s), ϵ_r adalah permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m), L_p merupakan panjang patch (mm), dan λ adalah panjang gelombang dari frekuensi resonansi (m).

Nilai panjang gelombang dapat dicari dengan Persamaan (4).

$$\lambda = \frac{L_p + r}{0,24} \quad (4)$$

Nilai panjang gelombang yang didapatkan dari Persamaan (4), frekuensi bawah dapat dicari dengan Persamaan (5) [6].

$$f_L = \frac{7,2}{L_p + r} \quad (\text{dalam GHz}) \quad (5)$$

Jika panjang *microstrip line* (p) ditambah, maka frekuensi akan bergeser turun. *Microstrip line* juga menambah luas elemen peradiasi sehingga panjang *microstrip line* yang digunakan harus diperhitungkan pada perhitungan frekuensi bawah menggunakan Persamaan (6).

$$f_L = \frac{c}{\lambda} = \frac{30 \times 0,24}{L_p + r} = \frac{7,2}{L_p + r + p} \quad (\text{dalam GHz}) \quad (6)$$

dengan f_L adalah frequency low (frekuensi bawah dari frekuensi kerja) dalam GHz, L_p merupakan panjang patch antenna (cm), p adalah panjang *microstrip line* (cm), dan λ merupakan panjang gelombang (m)

Panjang saluran pencatu (L_f) dapat dihitung, sedangkan rasio antara radius minor (b) dan radius mayor (a) akan ditetapkan sebesar 0,6[7]. Perhitungan dimensi dengan menggunakan persamaan-persamaan di atas harus dilakukan dalam satuan sentimeter (cm).

Persamaan (7) digunakan untuk mendapatkan nilai radius a dan b pada konfigurasi patch elips EMA[6].

$$f_{L(A)} = \frac{7,2}{2b + \frac{a}{4} + p} \quad (\text{dalam cm}) \quad (7)$$

Untuk mendapatkan nilai radius a dan b pada konfigurasi patch elips EMB dapat menggunakan Persamaan (8) [6].

$$f_{L(B)} = \frac{7,2}{2a + \frac{b}{4} + p} \quad (\text{dalam cm}) \quad (8)$$

2) *Perhitungan Dimensi Saluran Pencatu*: Teknik pencatuan yang digunakan pada rancang bangun antena pada penelitian ini adalah pencatuan *microstrip line feed* biasa dan *inset feed (empty space)*. Hasil simulasi dari kedua pencatuan ini nantinya akan dibandingkan dan dianalisis. Perhitungan dimensi kedua pencatuan ini akan menggunakan persamaan berikut ini.

Persamaan (9) untuk mencari lebar *line feed* [11]:

$$\frac{w_f}{h} = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \quad (9)$$

dengan w_f adalah lebar saluran pencatu (mm), w_p merupakan lebar patch (mm), dan h adalah tebal substrat (mm).

Persamaan (10) dan (11) digunakan untuk mendapatkan nilai A dan B[11].

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1}} \left(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right) \quad (10)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (11)$$

Perhitungan lebar *inset feed* menggunakan perhitungan *empty space* pada *patch rectangular*, yaitu:

$$y_i = \frac{6h}{2} \quad (12)$$

Persamaan (13) digunakan untuk mendapatkan panjang saluran pencatu [11].

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad \lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad L_f = \frac{\lambda_g}{4} \quad (13)$$

dengan c adalah kecepatan cahaya (3×10^8) dalam m/s, f_r adalah frekuensi resonansi (Hz), ϵ_r merupakan permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m), dan L_f adalah panjang *feed line* (m).

3) *Perhitungan Dimensi Ground Plane*: Secara ideal, *ground plane* memiliki luas dan tebal yang tidak terhingga (*infinite ground plane*). Kondisi ini jelas tidak mungkin untuk direalisasikan. Namun hal ini dapat diatasi dengan menciptakan *finite ground plane*. Setelah melalui beberapa kali *trial and error* untuk mendapatkan hasil spesifikasi yang sesuai, *ground plane* antena dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

Dimensi *ground plane* konfigurasi EMA dapat dihitung dengan Persamaan (14).

$$L_{ga} \times W_{ga} = 2a \times 2(b + L_f) \tag{14}$$

Sementara untuk dimensi *ground plane* konfigurasi EMB dapat dihitung dengan Persamaan (15).

$$L_{gb} \times W_{gb} = 2a \times 2(b + L_f) \tag{15}$$

D. Perhitungan Dimensi Antena

Tabel I berisi ukuran dimensi berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (1) sampai dengan (15).

Parameter *a* merupakan sumbu *major patch*, *b* ialah sumbu *minor patch*, *W_f* adalah lebar saluran pencatu, *L_f* merupakan panjang saluran pencatu, *L_g* ialah panjang *ground plane*, *W_g* merupakan lebar *ground plane*, *x* ialah panjang *empty space*, dan *y* adalah lebar *empty space*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Simulasi Antena

Setelah melakukan perhitungan dimensi antena, maka hasil perhitungan pada Tabel I tersebut disimulasikan ke dalam *Software CST Studio Suite 2018*.

Nilai parameter antena hasil simulasi dari empat perbandingan ini dapat dilihat pada Tabel II. Namun, nilai-nilai parameter hasil simulasi tersebut belum sesuai dengan spesifikasi antena yang diinginkan. Oleh karena itu, diperlukan proses optimasi antena.

TABEL I
DIMENSI ANTENA HASIL PERHITUNGAN MATEMATIS

| Parameter | Nilai (mm) | | | |
|----------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Konfigurasi EMA | | Konfigurasi EMB | |
| | <i>feed line</i> | <i>inset feed</i> | <i>feed line</i> | <i>inset feed</i> |
| <i>a</i> | 53,75 | 53,75 | 36,25 | 36,25 |
| <i>b</i> | 32,25 | 32,25 | 21,75 | 21,75 |
| <i>W_f</i> | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,94 |
| <i>L_f</i> | 37,6 | 37,6 | 37,6 | 37,6 |
| <i>L_g</i> | 139,7 | 139,7 | 147,7 | 147,7 |
| <i>W_g</i> | 107,5 | 107,5 | 43,5 | 43,5 |
| <i>x</i> | - | 4,94 | - | 4,94 |
| <i>y</i> | - | 4,8 | - | 4,8 |

TABEL II
NILAI PARAMETER ANTENA HASIL SIMULASI

| Parameter | Konfigurasi EMA | | Konfigurasi EMB | |
|------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | <i>feed line</i> | <i>inset feed</i> | <i>feed line</i> | <i>inset feed</i> |
| Return Loss (dB) | -0,488 | -0,457 | -0,817 | -0,768 |
| VSWR | 35,614 | 37,994 | 21,287 | 22,625 |
| Impedansi (Ω) | 1288,388 | 136,301 | 268,206 | 1099,831 |
| | + j828,205 | + j493,918 | - j466,990 | + j251,707 |
| Gain (dB) | -4,544 | -4,817 | -0,798 | -0,433 |

B. Optimasi Dimensi Antena

Proses optimasi dimensi antena diperlukan supaya antena yang dirancang dapat memenuhi spesifikasi/parameter yang diinginkan. Perubahan nilai dimensi antena hasil optimasi pada *software CST Studio Suite 2018* dapat dilihat dalam Tabel III.

Parameter *a* merupakan sumbu mayor *patch*, *b* ialah sumbu minor *patch*, *W_f* adalah lebar saluran pencatu, *L_f* merupakan panjang saluran pencatu, *L_g* ialah panjang *ground plane*, *W_g* merupakan lebar *ground plane*, *x* ialah panjang *empty space*, dan *y* adalah lebar *empty space*.

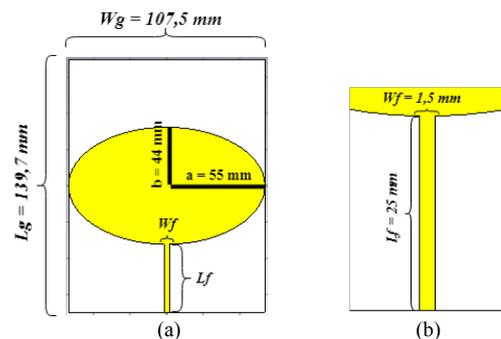
Ilustrasi dimensi perancangan antena hasil optimasi dapat dilihat pada Gambar 2 sampai Gambar 5.

1) *Optimasi Antena Konfigurasi EMA dengan Pencatu Feed Line*: Hasil optimasi antena konfigurasi EMA dengan pencatu *feed line* dapat dilihat pada Gambar 6 sampai Gambar 9.

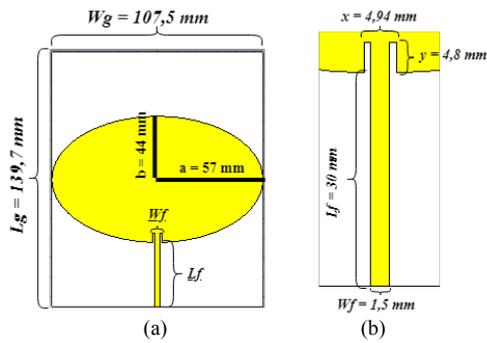
Gambar 6 menunjukkan grafik nilai *return loss* hasil optimasi konfigurasi EMA dengan pencatu *feed line*, sementara Gambar 7 menunjukkan grafik nilai VSWR-nya. *Marker 1* pada Gambar 6 dan Gambar 7 berada pada nilai 924 MHz, di mana 924 MHz adalah frekuensi resonansi yang diinginkan. *Marker 2* pada Gambar 6 dan 7 menunjukkan frekuensi yang memiliki nilai *return loss* dan VSWR paling rendah. Frekuensi 915,2 MHz ini selanjutnya disebut frekuensi resonansi karena memiliki karakteristik parameter yang paling baik.

TABEL III
DIMENSI ANTENA HASIL OPTIMASI

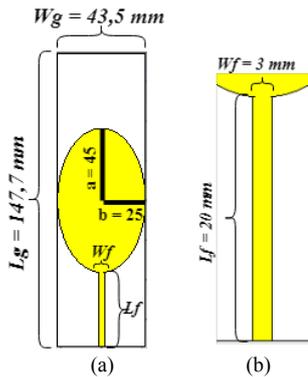
| Parameter | Nilai (mm) | | | |
|----------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Konfigurasi EMA | | Konfigurasi EMB | |
| | <i>feed line</i> | <i>inset feed</i> | <i>feed line</i> | <i>inset feed</i> |
| <i>a</i> | 55 | 57 | 45 | 46 |
| <i>b</i> | 44 | 44 | 25 | 25 |
| <i>W_f</i> | 1,5 | 1,5 | 3 | 1,5 |
| <i>L_f</i> | 25 | 30 | 20 | 30 |
| <i>L_g</i> | 139,7 | 139,7 | 147,7 | 147,7 |
| <i>W_g</i> | 107,5 | 107,5 | 43,5 | 43,5 |
| <i>x</i> | - | 4,94 | - | 4,94 |
| <i>y</i> | - | 4,8 | - | 10 |



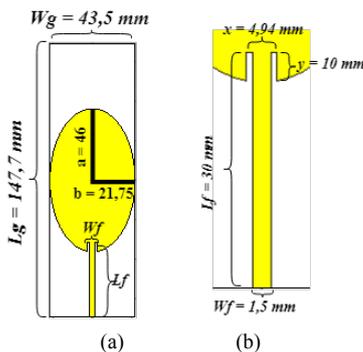
Gambar 2 Ilustrasi (a) perancangan hasil optimasi antena konfigurasi EMA dengan pencatu *feed line* dan (b) perbesaran pada saluran pencatu *feed line*.



Gambar 3 Ilustrasi (a) perancangan hasil optimasi antenna konfigurasi EMA dengan pencatu inset feed dan (b) perbesaran pada saluran pencatu inset feed.



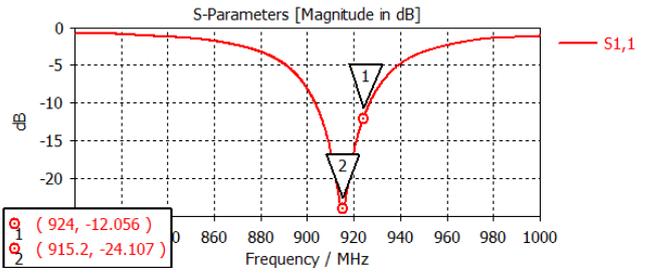
Gambar 4 Ilustrasi (a) perancangan hasil optimasi antenna konfigurasi EMB dengan pencatu feed line dan (b) perbesaran pada saluran pencatu feed line.



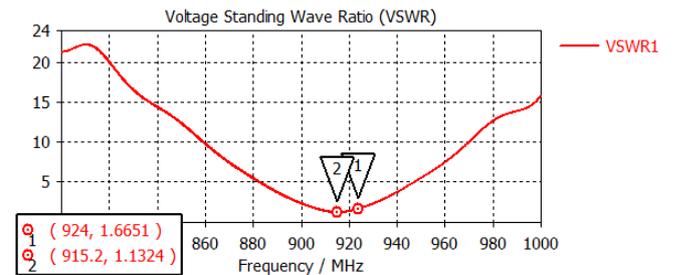
Gambar 5 Ilustrasi (a) perancangan hasil optimasi antenna konfigurasi EMB dengan pencatu inset feed dan (b) perbesaran pada saluran pencatu inset feed.

Gambar 8 merupakan grafik *Smith Chart* yang menunjukkan nilai *impedance* hasil optimasi konfigurasi EMA dengan pencatu *feed line*. *Marker 1* berada pada nilai 924 MHz, di mana 924 MHz adalah frekuensi resonansi yang diinginkan. *Marker 2* menunjukkan frekuensi yang memiliki nilai *return loss* dan VSWR paling rendah, yaitu frekuensi 915,2 MHz.

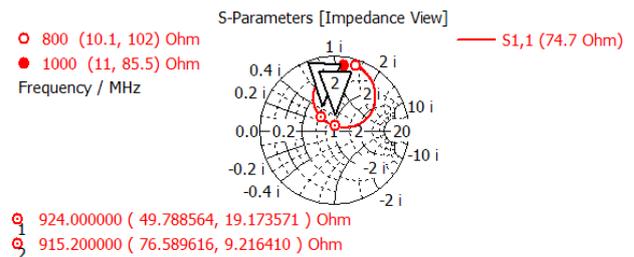
Nilai *gain* pada frekuensi 924 MHz dari optimasi konfigurasi EMA dengan pencatu *feed line* dapat dilihat pada Gambar 9. Indikasi warna menunjukkan kuantitas radiasi konfigurasi tersebut. Semakin berwarna merah, maka radiasinya semakin kuat. Dapat dilihat juga pada Gambar 9 bahwa pola radiasi konfigurasi ini berbentuk *bidirectional* (dua arah).



Gambar 6 Nilai *return loss* dari optimasi konfigurasi EMA dengan pencatu feed line.



Gambar 7 Nilai VSWR dari optimasi konfigurasi EMA dengan pencatu feed line.



Gambar 8 Nilai impedansi dari optimasi konfigurasi EMA dengan pencatu feed line.

Nilai parameter hasil optimasi antenna konfigurasi EMA dengan pencatu *feed line* dapat dilihat dalam Tabel IV.

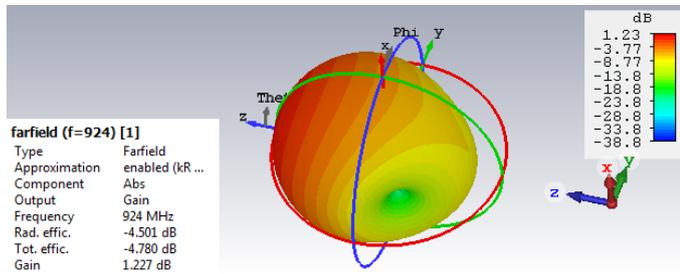
2) *Optimasi Antena Konfigurasi EMA dengan Pencatu Inset Feed*: Hasil optimasi antenna konfigurasi EMA dengan pencatu inset feed dapat dilihat pada Gambar 10 sampai Gambar 13.

Gambar 10 menunjukkan grafik nilai *return loss* hasil optimasi konfigurasi EMA dengan pencatu *inset feed*, sementara Gambar 11 menunjukkan grafik nilai VSWR-nya. *Marker 1* pada Gambar 10 dan Gambar 11 berada pada nilai 924 MHz, di mana 924 MHz adalah frekuensi resonansi yang diinginkan. *Marker 2* pada Gambar 10 dan 11 menunjukkan frekuensi yang memiliki nilai *return loss* dan VSWR paling rendah. Frekuensi 914,2 MHz ini selanjutnya disebut frekuensi resonansi karena memiliki karakteristik parameter yang paling baik.

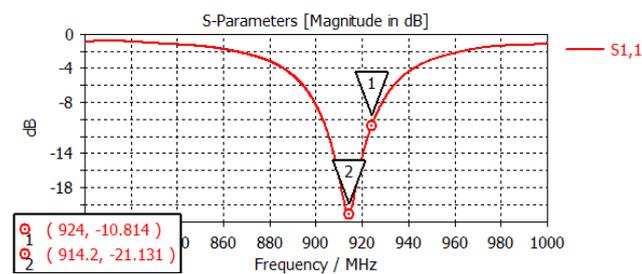
Gambar 12 merupakan grafik *Smith Chart* yang menunjukkan nilai *impedance* hasil optimasi konfigurasi

EMA dengan pencatu *inset feed*. *Marker 1* berada pada nilai 924 MHz, di mana 924 MHz adalah frekuensi resonansi yang diinginkan. *Marker 2* menunjukkan frekuensi yang memiliki nilai *return loss* dan VSWR paling rendah, yaitu frekuensi 914,2 MHz.

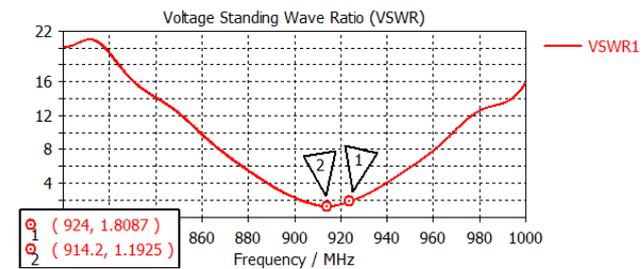
Nilai *gain* pada frekuensi 924 MHz dari optimasi konfigurasi EMA dengan pencatu *inset feed* dapat dilihat pada



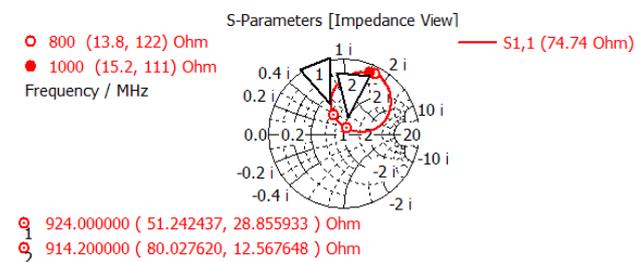
Gambar 9 Besar *gain* dari optimasi konfigurasi EMA dengan pencatu *feed line*.



Gambar 10 Nilai *return loss* dari optimasi konfigurasi EMA dengan pencatu *inset feed*.



Gambar 11 Nilai VSWR dari optimasi konfigurasi EMA dengan pencatu *inset feed*.



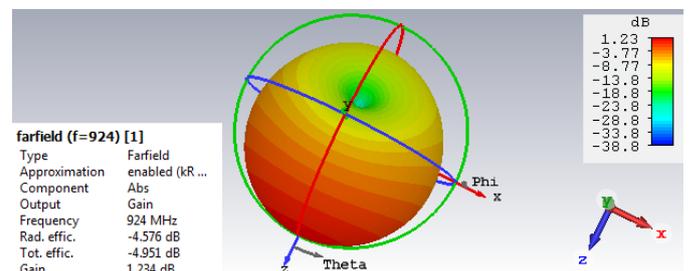
Gambar 12 Nilai impedansi dari optimasi konfigurasi EMA dengan pencatu *inset feed*.

Gambar 13. Indikasi warna menunjukkan kuantitas radiasi konfigurasi tersebut. Semakin berwarna merah, maka radiasinya semakin kuat. Dapat dilihat juga pada Gambar 13 bahwa pola radiasi konfigurasi ini berbentuk *bidirectional* (dua arah).

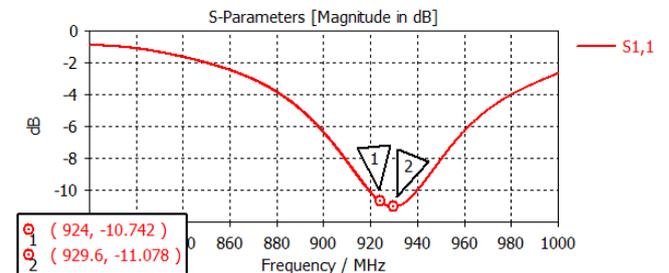
Nilai parameter hasil optimasi antenna konfigurasi EMA dengan pencatu *inset feed* dapat dilihat dalam Tabel IV.

3) *Optimasi Antena Konfigurasi EMB dengan Pencatu Feed Line*: Hasil optimasi antenna konfigurasi EMB dengan pencatu *feed line* dapat dilihat pada Gambar 14 sampai Gambar 17.

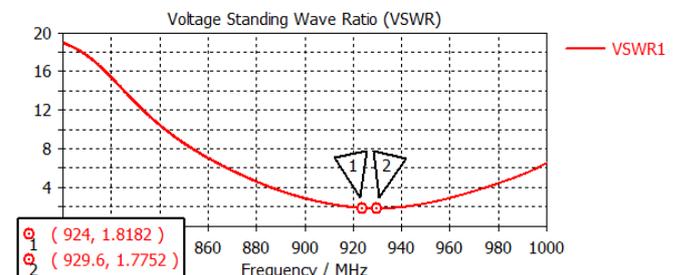
Gambar 14 menunjukkan grafik nilai *return loss* hasil optimasi konfigurasi EMB dengan pencatu *feed line*, sementara Gambar 15 menunjukkan grafik nilai VSWR-nya. *Marker 1* pada Gambar 14 dan Gambar 15 berada pada nilai 924 MHz, di mana 924 MHz adalah frekuensi resonansi yang diinginkan. *Marker 2* pada Gambar 14 dan 15 menunjukkan



Gambar 13 Besar *gain* dari optimasi konfigurasi EMA dengan pencatu *inset feed*.



Gambar 14 Nilai *return loss* dari optimasi konfigurasi EMB dengan pencatu *feed line*.



Gambar 15 Nilai VSWR dari optimasi konfigurasi EMB dengan pencatu *feed line*.

frekuensi yang memiliki nilai *return loss* dan *VSWR* paling rendah. Frekuensi 929,6 MHz ini selanjutnya disebut frekuensi resonansi karena memiliki karakteristik parameter yang paling baik.

Gambar 16 merupakan grafik *Smith Chart* yang menunjukkan nilai *impedance* hasil optimasi konfigurasi EMB dengan pencatu *feed line*. *Marker 1* berada pada nilai 924 MHz, di mana 924 MHz adalah frekuensi resonansi yang diinginkan. *Marker 2* menunjukkan frekuensi yang memiliki nilai *return loss* dan *VSWR* paling rendah, yaitu frekuensi 929,6 MHz.

Nilai *gain* pada frekuensi 924 MHz dari optimasi konfigurasi EMB dengan pencatu *feed line* dapat dilihat pada Gambar 17. Indikasi warna menunjukkan kuantitas radiasi konfigurasi tersebut. Semakin berwarna merah maka radiasinya semakin kuat. Dapat dilihat juga pada Gambar 17 bahwa pola radiasi konfigurasi ini berbentuk *bidirectional* (dua arah).

Nilai parameter hasil optimasi antena konfigurasi EMB dengan pencatu *feed line* dapat dilihat dalam Tabel IV.

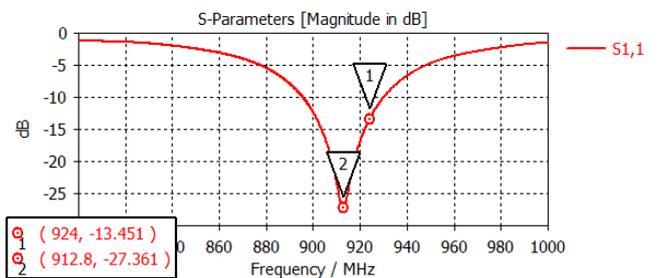
4) *Optimasi Antena Konfigurasi EMB dengan Pencatu Inset Feed*: Hasil optimasi antena konfigurasi EMB dengan pencatu inset feed dapat dilihat pada Gambar 18 sampai Gambar 21.

Gambar 18 menunjukkan grafik nilai *return loss* hasil optimasi konfigurasi EMB dengan pencatu *inset feed*, sementara Gambar 19 menunjukkan grafik nilai *VSWR*-nya. *Marker 1* pada Gambar 18 dan Gambar 19 berada pada nilai 924 MHz, di mana 924 MHz adalah frekuensi resonansi yang diinginkan. *Marker 2* pada Gambar 18 dan 19 menunjukkan

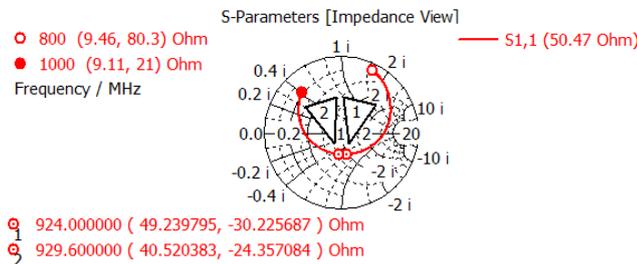
frekuensi yang memiliki nilai *return loss* dan *VSWR* paling rendah. Frekuensi 912,8 MHz ini selanjutnya disebut frekuensi resonansi karena memiliki karakteristik parameter yang paling baik.

Gambar 20 merupakan grafik *Smith Chart* yang menunjukkan nilai *impedance* hasil optimasi konfigurasi EMB dengan pencatu *inset feed*. *Marker 1* berada pada nilai 924 MHz, di mana 924 MHz adalah frekuensi resonansi yang diinginkan. *Marker 2* menunjukkan frekuensi yang memiliki nilai *return loss* dan *VSWR* paling rendah, yaitu frekuensi 912,8 MHz.

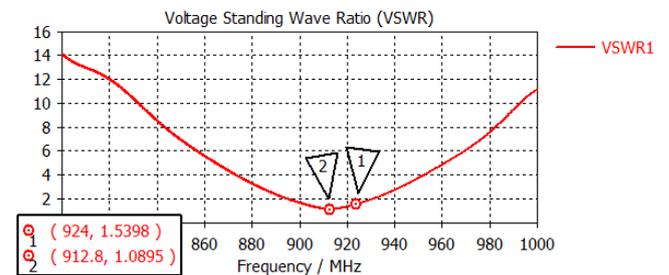
Nilai *gain* pada frekuensi 924 MHz dari optimasi konfigurasi EMB dengan pencatu *inset feed* dapat dilihat pada Gambar 21. Indikasi warna menunjukkan kuantitas radiasi konfigurasi tersebut. Semakin berwarna merah maka radiasinya semakin kuat. Dapat dilihat juga pada Gambar 21, bahwa pola radiasi konfigurasi ini berbentuk *bidirectional* (dua arah).



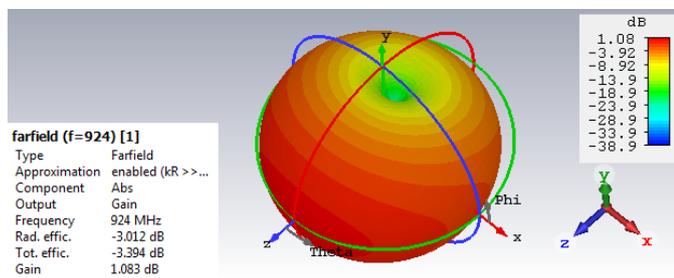
Gambar 18 Nilai *return loss* dari optimasi konfigurasi EMB dengan pencatu inset feed.



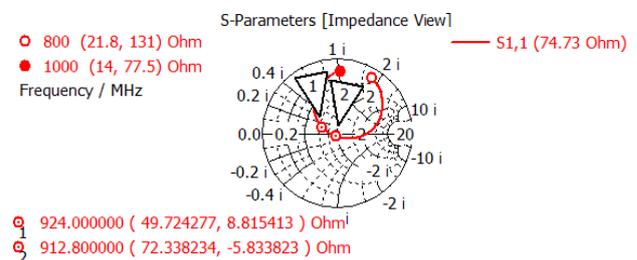
Gambar 16 Nilai impedansi dari optimasi konfigurasi EMB dengan pencatu *feed line*.



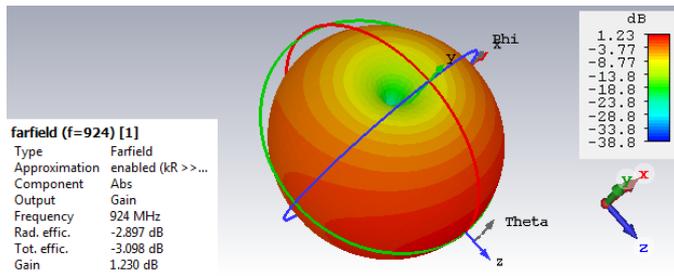
Gambar 19 Nilai *VSWR* dari optimasi konfigurasi EMB dengan pencatu *inset feed*.



Gambar 17 Besar *gain* dari optimasi konfigurasi EMB dengan pencatu *feed line*.



Gambar 20 Nilai impedansi dari optimasi konfigurasi EMB dengan pencatu *inset feed*.



Gambar 21 Besar gain dari optimasi konfigurasi EMB dengan pencatu inset feed.

Nilai parameter hasil optimasi antena konfigurasi EMB dengan pencatu *inset feed* dapat dilihat dalam Tabel IV. Berdasarkan Tabel IV, diketahui bahwa nilai parameter *Return Loss* terbaik dengan hasil -13,451 dB, VSWR paling rendah dengan nilai 1,54, dan *bandwidth* paling lebar sebesar 36,7 MHz didapatkan dari konfigurasi EMB dengan saluran pencatu *inset feed*. Kemudian, parameter dengan nilai impedansi yang paling mendekati spesifikasi 50 Ω yaitu 49,789 – j19,174 Ω, dihasilkan oleh konfigurasi EMA dengan saluran pencatu *feed line*. Besarnya frekuensi resonansi yang mendekati nilai frekuensi kerja yang diinginkan (924 MHz) dipenuhi oleh konfigurasi EMB dengan saluran pencatu *feed line* yang berada pada frekuensi 929,6 MHz. *Gain* maksimal yang dapat dihasilkan yaitu pada konfigurasi EMA dengan saluran pencatu *inset feed* sebesar 1,234 dB.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan spesifikasi parameter antena yang diinginkan (*return loss* bernilai ≤ -9,54 dB, VSWR bernilai ≤ 2, impedansi sebesar 50 Ω, dan *gain* sebesar ≥ 1 dB), maka keempat perbandingan antena ini telah memenuhi nilai spesifikasi *return loss*, VSWR, dan *gain*. Nilai impedansi antena telah mendekati nilai spesifikasi. Pada frekuensi resonansi, keempat perbandingan antena ini belum tepat bekerja pada frekuensi 924 MHz.

Bentuk *patch* elips diketahui mampu menghasilkan rentang *bandwidth* yang lebar. Karakteristik tersebut telah terbukti dengan keempat perbandingan konfigurasi antena yang diteliti memiliki lebar *bandwidth* di atas 20 MHz. Selain itu, karakteristik antena mikrostrip *patch* elips memiliki pola radiasi *bidirectional*, di mana pancaran radiasinya hanya efektif pada 2 arah tertentu.

Konfigurasi *patch* EMA dan EMB memiliki karakter masing-masing. Konfigurasi *patch* EMA lebih stabil dalam hal melakukan optimasi dimensi, nilai parameter VSWR dan *Return Loss* hanya berubah sedikit. Dimensi antena konfigurasi *patch* EMA lebih besar daripada konfigurasi EMB. Parameter antena serta bentuk pola radiasi pada konfigurasi *patch* EMB hasilnya lebih baik dan lebih jelas daripada konfigurasi EMA.

TABEL IV
NILAI PARAMETER ANTENA HASIL OPTIMASI

| Parameter | Konfigurasi EMA | | Konfigurasi EMB | |
|---------------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | <i>feed line</i> | <i>inset feed</i> | <i>feed line</i> | <i>inset feed</i> |
| <i>Return Loss</i> (dB) | -12,056 | -10,814 | -10,742 | -13,451 |
| VSWR | 1,665 | 1,809 | 1,812 | 1,54 |
| Impedansi (Ω) | 49,789 – j19,174 | 51,242 + j28,856 | 49,24 – j30,226 | 49,724 + j8,815 |
| <i>Gain</i> (dB) | 1,227 | 1,234 | 1,083 | 1,23 |
| <i>Bandwidth</i> (MHz) | ± 25 | ± 23 | ± 25,8 | ± 36,7 |
| Frekuensi resonansi (MHz) | 915,2 | 914,2 | 929,6 | 912,8 |
| Pola Radiasi | Bidirecti-onal | Bidirecti-onal | Bidirecti-onal | Bidirecti-onal |

DAFTAR REFERENSI

- [1] K. Finkenzeller. *RFID Handbook* (3rd edition), trans., D. Muller, Trans. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2010, hlm. 6.
- [2] P. J. Sweeney II. *RFID for Dummies*, Canada: Wiley Publishing, Inc., 2005, hlm. 65-372.
- [3] H.-L. Su, S.-L. Chen, H.-S. Huang, dan C.-Y.-D. Sim. "An ellipse-shaped with slanted slot circularly polarized monopole antenna for UHF RFID readers," *IEEE Int. Symp. Antennas Propag. & USNC/URSI Nat. Radio Sci. Meeting*, hlm. 2443-2444, Oct, 2017.
- [4] Departemen Komunikasi dan Informatika, Peraturan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi Nomor 221/DIRJEN/2007 tentang Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Radio Frequency Identification (RFID) Reader pada Frekuensi 923-925 MHz.
- [5] C.A. Balanis. *Antenna Theory: Analysis and Design* (4th edition), New York: John Wiley & Sons, Inc., 2015, hlm. 1.
- [6] G. Kumar dan K.P. Ray. *Broadband Microstrip Antenna*, Boston: Artech House, Inc., 2003, hlm. 362-373.
- [7] A. Widiastri. "Rancang Bangun Antena untuk Aplikasi Cognitive Radio pada Alokasi Spektrum 1,8 GHz dan 2,35 GHz," Skripsi, Universitas Indonesia, Jakarta, Juli 2011.
- [8] D.I. Setiani, B. Prasetya, dan Y. Wahyu. "Rancang Bangun Antena Berbentuk Elips Ultra Wideband (UWB) berbasis Mikrostrip untuk Monitoring Radar," Institut Teknologi Telkom, Bandung, hlm. 1-10, Juni 2013.
- [9] M. Purba. "Desain dan Implementasi Antena Mikrostrip Array Patch Elliptical pada Frekuensi 2,3 GHz – 2,4 GHz untuk Aplikasi WiMAX," Tugas Akhir, Universitas Telkom, Bandung, Juni 2013.
- [10] L.S. Warren dan Gary A. Thiele. *Antenna Theory and Design* (third ed.), New York: John Wiley & Sons, Inc., 2013, hlm. 468-472.
- [11] S. M. Wentworth. *Fundamentals of Electromagnetic with Engineering Application*, New York: John Wiley & Sons, Inc., 2003.

Fransiska Melathi Cahyaningtyas, kelahiran kota Surakarta. Mahasiswi Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.

Eva Yovita Dwi Utami, memperoleh gelar Sarjana Teknik dari jurusan Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Telkom dan gelar Magister Teknik dari Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia. Saat ini sebagai staf pengajar pada Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga. Memiliki minat penelitian dalam bidang Komunikasi Nirkabel dan Antena dan Propagasi.