

# RANCANG BANGUN ELEMEN ANTENA PATCH SPEKTRUM SEBAR MENGUNAKAN APLIKASI CST MICROWAVE STUDIO

Tria Trisnawan<sup>[1]</sup>, Samuel Kristiyana<sup>[2]</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Elektronika  
Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta – Indonesia  
Jl. Kalisahak 28, Kompleks Balapan Tromol Pos 45 Yogyakarta 55222

[1]Email : [42blover@gmail.com](mailto:42blover@gmail.com)

[2]Email : [yanaista@akprind.ac.id](mailto:yanaista@akprind.ac.id)

## **ABSTRAK**

*Perangkat jaringan LAN nirkabel dengan teknologi tranceiver spektrum sebar merupakan perangkat jaringan LAN nirkabel yang paling banyak ditemui dipasaran saat ini, teknologi ini merupakan bagian dari standard 802.11 dengan perluasan pada lapisan fisik Spektrum Sebar Runtun Langsung 2.4GHz hingga dapat mencapai laju data lebih dari 20Mbps. Oleh karena kepopulerannya dan penggunaan spektrum frekuensi 2.4GHz tidak membutuhkan regulasi aturan penggunaan, sehingga penggunaan pada saluran di spektrum 2.4GHz menjadi padat. Akibat dari penggunaan spektrum frekuensi 2.4GHz yang padat, interferensi pada spektrum frekuensi tersebut saat ini tidak bisa dihindari.*

*Antena patch merupakan antena profil rendah, memiliki dimensi serta bobot yang kecil, performa operasi pada pita frekuensi yang kecil. Di era komputerisasi, proses desain suatu produk menggunakan bantuan desain komputer akan memberikan tingkat ketelitian yang baik. CST Microwave Studio merupakan salah satu perangkat lunak untuk desain antena, dan alat bantu pemecahan masalah medan elektromagnetik. Oleh sebab itu mengapa perangkat lunak ini digunakan untuk mendisain antena patch.*

**Kata kunci** : jaringan nirkabel, gangguan, antena patch, perangkat lunak.

## **ABSTRACT**

*Wireless LAN networks device with spread spectrum transceiver technology is one of the wireless LAN networks device that easy to get on the market today, this technology is part of an 802.11 standard with extensions on the 2.4GHz physical layer of Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) that can achieve a bit rate over 20Mbps. Caused by it popularity and using 2.4GHz frequency spectrum without regulation role, so that users on it's channel inside 2.4GHz spectrum to be crowded. The result caused by using it crowded of 2.4GHz spectrum, the interference on that frequency spectrum today can't be avoided.*

*Patch antenna is a low profile antenna, has a low dimension and wight, and operation performance on low frequency bandwidth. In this computerized era, the design process of a product using a computer help design will have been gotten good accuracy. CST Microwave Studio is one of software to design antenna, and problems solver for electromagnetic field. That's why using it to design patch antenna.*

**Keywords** : wireless networks, interference, patch antenna, software.

## **1. PENDAHULUAN**

Perangkat *Wifi CPE* saat ini populer digunakan untuk komunikasi jaringan jarak jauh dengan standar tidak berlisensi (802.11b,

802.11g, dan 802.11n). Oleh karena kepopulerannya dan penggunaan spektrum frekuensi 2.4GHz tidak membutuhkan regulasi aturan penggunaan, sehingga penggunaan

pada saluran di spektrum 2.4GHz menjadi padat. Akibat dari penggunaan spektrum frekuensi 2.4GHz yang padat, interferensi pada spektrum frekuensi tersebut saat ini tidak bisa dihindari.

Interferensi sangat dirasakan, bila pada perangkat antenna penerima, arah propagasi serarah dengan arah propagasi sumber interferensi, dan polarisasi antenna penerima sejajar dengan polarisasi sumber interferensi. Atas dasar pemahaman tersebut, dibutuhkan suatu antenna yang dirancang dengan polarisasi yang tidak sejajar dengan polarisasi sumber interferensi, agar interferensi dapat dikurangi, serta propagasinya tidak searah dengan arah propagasi sumber interferensi. Namun yang menjadi persoalan sulit adalah, bila arah propagasi antenna penerima diharuskan searah dengan arah propagasi sumber interferensi.

## 2. LITERATUR

Berdasarkan hasil penelusuran pustaka, ada beberapa judul karya akademik yang memiliki bahasan tentang rancang bangun antenna *patch*. Pembahasan yang sama tentang susunan antenna *patch* untuk aplikasi LAN spektrum lebar dibahas oleh Noah Snyder dengan judul "Directional Patch Antenna Array Design for Desktop Wireless Internet"<sup>[1]</sup>. Noah Snyder juga membuat jumlah *array* antenna *patch* yang sama dengan jumlah *array* antenna *patch* pada karya akademik ini, namun yang membedakan adalah Noah Snyder menggunakan teknik pencocokan impedansi menggunakan *wilkinson divider*.

### Metode Penelitian

Subjek penelitian pada perancangan antenna *patch* ini yaitu, dengan penggunaan slot inset pada elemen antenna yang panjangnya merupakan faktor pecahan dari panjang gelombang, dengan tujuan untuk menyeimbangkan pergeseran sudut arah propagasi akibat dari penggunaan pencocok impedansi *inset*. Melakukan berbagai model penempatan slot serta *array* elemen antenna untuk mendapatkan gain yang besar dan efisiensi yang baik serta mendapatkan sebaran polarisasi daya yang divergen.

Adapun proses yang dilalui adalah sebagai berikut:

- Mencari literatur untuk ide rancangan antenna.
- Merumuskan masalah
- Membatasi bahasan untuk memperdalam tema bahasan.
- Hipotesis
- Perancangan antenna dan analisis data.
- Mengambil kesimpulan dari hasil proses analisis.

### Antena Patch

Antena *patch* merupakan jenis antenna yang konstruksi dasarnya tersusun atas dua pelat logam sejajar yang dipisahkan dengan bahan dielektrik. Bagian pelat yang luasnya lebih besar disebut dengan *groundplane*, dan bagian pelat yang luasnya lebih kecil disebut elemen *patch*.

Ada beragam bentuk antenna *patch* yang didesain sesuai dengan karakteristik yang diinginkan. Berikut ini merupakan tipe yang umum digunakan pada desain antenna *patch*. Antena *patch* yang beroperasi pada panjang gelombang dalam daerah milimeter biasanya umum berbentuk segi empat, lingkaran, serta *circular patch*, namun ada juga yang menggunakan kabel *coaxial* melalui sisi *ground plane* atau disebut *coplanar feed*, terkadang menggunakan konektor yang disolder langsung dan tipe antenna *patch* ini disebut *probe feed*.

### Faktor Kualitas Antena Patch

Lebar pita impedansi dari antenna *patch* dipengaruhi oleh jarak antara elemen *patch* dan ketebalan substrat. Jika ketebalan substrat (*h*) semakin tipis maka lebih banyak energi yang tersimpan dan sedikit energi yang diradiasi, sehingga faktor kualitas (*Q-factor*) meningkat. Untuk menghitung kualitas faktor antenna dapat menggunakan formulasi pada "persamaan(9)". Kualitas faktor juga merupakan sejumlah nilai yang merepresentasikan pelemahan antenna, biasanya radiasi, konduksi, pelemahan gelombang pada permukaan *patch* dan pelemahan dielektrik. Sehingga total faktor kualitas (*Q-factor*) terpengaruh oleh seluruh pelemahan.

$$\frac{1}{Q_t} = \frac{1}{Q_{rad}} + \frac{1}{Q_c} + \frac{1}{Q_d} + \frac{1}{Q_{sw}}$$

kecil, maka antena tersebut akan bekerja pada pita frekuensi yang lebih lebar.

Keterangan:

$Q_t$  = Total faktor kualitas.

$Q_{rad}$  = Faktor kualitas karena pelemahan radiasi.

$Q_c$  = Faktor kualitas karena pelemahan konduksi.

$Q_d$  = Faktor kualitas karena pelemahan dielektrik.

$Q_{sw}$  = Faktor kualitas karena gelombang permukaan.

Untuk ketebalan substrat yang sangat tipis, pelemahan karena gelombang permukaan dapat diabaikan. Faktor kualitas beberapa pelemahan nilainya dapat dihitung dengan formulasi sebagai berikut:

$$Q_c = h\sqrt{\pi f \mu \sigma}$$

$$Q_d = \frac{1}{\tan \delta}$$

$$Q_{rad} = \frac{2\omega \epsilon_r}{h G_t/l} + K$$

Keterangan:

$\delta$  = Pelemahan tangensial material substart.

$\sigma$  = Konduktifitas elemen patch dan groundplane.

$G_t/l$  = Total konduktansi persatuan panjang aperture.

$$K = \frac{\iint_{area} |E|^2 dA}{\oint_{perimeter} |E|^2 dl}$$

Untuk aperture empat-persegi yang beroperasi moda dominan  $TM_{010}^x$

$$K = \frac{l}{4}$$

$$G_t/l = \frac{G_{rad}}{w}$$

Maka *fractional bandwidth* adalah

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{1}{Q_t}$$

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{Q\sqrt{VSWR}}{VSWR-1}$$

$$Q = \frac{VSWR-1}{\sqrt{VSWR}} \frac{f_0}{\Delta f}$$

Pada antena secara umum atau dalam bahasan ini yaitu antena *patch*, nilai kualitas faktor menunjukkan performa dari antena *patch*. Jika nilai kualitas faktor besar maka antena tersebut bekerja pada lebar pita frekuensi yang sempit, dan jika faktor kualitas

Pada dasarnya antena *patch* bekerja pada lebar pita frekuensi yang sempit, namun antena *patch* dapat juga beroperasi pada lebar pita frekuensi yang besar. Salah satu cara untuk membuat antena *patch* bekerja pada pita frekuensi yang lebih lebar yaitu dengan membuat substrat PCB lebih tebal, cara yang lain yaitu dengan memilih bahan substrat yang memiliki nilai permitivitas  $\epsilon_r$  kecil.

### Efisiensi Radiasi Antena Patch

Efisiensi antena merupakan sejumlah dari efisiensi refleksi yang tidak cocok dengan efisiensi konduksi dan efisiensi dielektrik. Rumusan perhitungan efisiensi total dari antena diformulasikan dengan persamaan berikut:

$$e_t = e_r + e_c + e_d \tag{4}$$

Keterangan:

$e_t$  = Efisiensi total.

$e_r$  = Efisiensi refleksi.

$e_c$  = Efisiensi konduksi.

$e_d$  = Efisiensi dielektrik.

Efisiensi refleksi karena ketidakcocokan antara antena dengan karakteristik impedansi saluran dapat dinyatakan sebagai fungsi dari koefisien refleksi, dengan formulasi sebagai berikut:

$$e_r = 1 - |\Gamma|^2 \tag{5}$$

Dengan mensubstitusikan "persamaan(10)" dengan "persamaan(11)" maka efisiensi refleksi dapat dituliskan kembali menjadi:

$$e_t = (1 - |\Gamma|^2) + e_c + e_d \tag{6}$$

Pada pengukuran antena, efisiensi radiasi antena adalah jumlah dari efisiensi konduksi dan efisiensi dielektrik sehingga "persamaan(12)" dapat dituliskan kembali menjadi:

$$e_{rad} = e_c + e_d$$

$$e_t = (1 - |\Gamma|^2) + e_{rad} \tag{7}$$

Umumnya efisiensi konduksi dan efisiensi dielektrik sulit untuk dihitung namun dapat

ditentukan dengan eksperimen. Koefisien refleksi pada terminal input antenna adalah:

$$\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0}$$

Pada pengukuran, baik berupa simulator perangkat lunak maupun dengan pengukuran menggunakan *Vector Network Analyzer*, nilai yang dimunculkan biasanya berupa *VSWR*, efisiensi radiasi dan efisiensi total, maka untuk menentukan koefisien refleksi dapat ditentukan dengan formulasi berikut ini

$$VSWR = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}$$

$$VSWR - \Gamma \cdot VSWR = 1 + \Gamma$$

$$VSWR - 1 = \Gamma + \Gamma \cdot VSWR$$

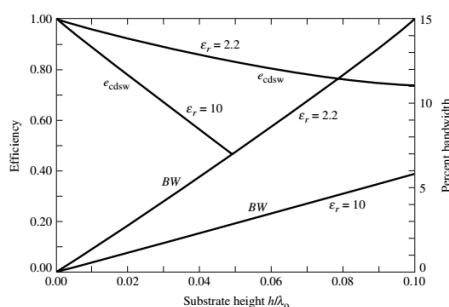
$$VSWR - 1 = (VSWR + 1)\Gamma$$

$$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

Maka efisiensi total dapat juga dihitung dengan mengetahui nilai *VSWR*

$$e_t = \left[ 1 - \left( \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \right)^2 \right] + e_{rad}$$

Pada gambar(1) ditunjukkan perbandingan berbagai variasi perbedaan antara efisiensi dan ketebalan antenna *patch* dengan permitivitas bahan yang berbeda.



Gambar(1)

Berbagai perubahan efisiensi antenna patch (Sumber: D. M. Pozar. 1992. "Microstrip Antennas". IEEE)

Pada "gambar(1)" tersebut terlihat bahwa, semakin kecil nilai permitivitas substrat, dan semakin besar ketebalan substrat, maka lebar pita frekuensi semakin besar, namun efisiensinya memburuk. Sebaliknya jika semakin tipis ketebalan substrat, dengan permitivitas substrat semakin kecil maka efisiensi semakin baik, namun lebar pita frekuensi semakin kecil.

### Dimensi Elemen Antena Patch

Untuk antenna patch dengan bentuk segi empat, yang merupakan dasar dari antenna pada rancangan ini, dimesinya dapat ditentukan sebagai berikut:

$$W = \frac{\lambda_0}{2 \cdot \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \text{ meter}$$

$$\epsilon_{eff} = \left[ \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \right] \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12 \cdot h}{W}}}$$

$$\Delta L = h \cdot \frac{0.412 \cdot (\epsilon_{eff} + 0.3) \cdot \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \cdot \left( \frac{W}{h} + 0.8 \right)} \text{ meter}$$

$$L_{eff} = \frac{\lambda_d}{2} + (2 \cdot \Delta L) \text{ meter}$$

Keterangan:

$$W = \text{Lebar elemen patch.} \quad (15)$$

$\epsilon_{eff}$  = Permittivitas efektif.

$\Delta L$  = Perubahan panjang karena efek fringing.

$$L_{eff} = \text{Panjang efektif elemen.} \quad (16)$$

### Impedansi Antena Patch

Impedansi input suatu antenna umumnya merupakan fungsi frekuensi, sehingga antenna akan cocok impedansinya pada lebar pita tertentu yang telah ditentukan melalui perhitungan dan perancangan.

Pada antenna *patch* impedansi input ditentukan berdasarkan besaran yang kompleks, oleh karena terdapat resistansi yang real dan reaktansi, dan reaktansi tersebut merupakan fungsi frekuensi sehingga impedansi akan berubah sejalan dengan perubahan frekuensi, karena keduanya berperan simetris pada frekuensi resonansi<sup>[6]</sup>.

Pencocokan impedansi dapat dilakukan dengan tehnik *inset*. Dengan variasi resistansi resonansi input sebagai fungsi posisi inset yang dapat digunakan secara efektif untuk mencocokkan antara impedansi antenna dengan impedansi saluran. Umumnya reaktansi umpan sangat kecil dibandingkan dengan resistansi resonansi untuk substrat yang sangat tipis sehingga nilainya dapat diabaikan.

Untuk antenna *patch* dengan panjang elemen setengah kali panjang gelombang, resistansi radiasinya adalah

$$R_R = \frac{120\lambda_0}{W} \Omega$$

Oleh karena antenna *patch* merupakan dua pelat sejajar maka impedansi inputnya adalah

$$R_{in} = \frac{60\lambda_0}{W} \Omega$$

Keterangan:

$\lambda_0$  = Panjang gelombang resonansi di ruang bebas.

$W$  = Lebar *patch*.

Salah satu cara untuk mendapatkan impedansi yang cocok pada antenna *patch* yaitu, pada bagian saluran dibuat saluran transisi yang berfungsi sebagai transformer  $\frac{\lambda_d}{4}$ , dimana  $\lambda_d$  merupakan panjang gelombang dasar antenna yang merambat pada medium substrat dengan permitivitas  $\epsilon_r$ . Impedansi transformer  $\frac{\lambda_d}{4}$  adalah:

$$Z_T = \sqrt{Z_A \cdot Z_{in}}$$

Keterangan:

$Z_A$  = Impedansi antenna.

$Z_{in}$  = Impedansi terminal input.

$Z_T$  = Impedansi transisi.

Dengan diketahui nilai dari  $Z_T$ , maka dapat ditentukan lebar dari saluran transisi dengan menggunakan "persamaan(24)" dan "persamaan(25)", atau "persamaan(26)" dan "persamaan(27)" sesuai dengan keadaan lebar saluran transisi dan nilai impedansi yang dibutuhkan.

Jika keadaan  $W_T/h < 1$ , maka:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left\{ \left(1 + 12 \frac{h}{W_T}\right)^{-0.5} + 0.04 \left(1 - \frac{W_T}{h}\right)^2 \right\}$$

$$Z = \frac{120\pi}{2\pi\sqrt{\epsilon_{eff}}} \ell n \left( \frac{8h}{W_T} + 0.25 \frac{W_T}{h} \right)$$

Jika keadaan  $W_T/h > 1$ , maka:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W_T}\right)^{-0.5}$$

$$Z = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \left\{ \frac{W_T}{h} + 1.393 + 0.677 \cdot \ell n \left( \frac{W_T}{h} + 1.444 \right) \right\}^{-1}$$

Keterangan:

$\epsilon_{eff}$  = permitivitas bahan efektif.

$\epsilon_r$  = permitivitas relatif bahan.

$W_T$  = Lebar *microstrip*.

$h$  = Tebal PCB.

Untuk disain dengan lebih dari satu transformer  $\frac{\lambda_d}{4}$  maka koefisien refleksinya yaitu:

$$\rho_n = \frac{Z_{n+1} - Z_n}{Z_{n+1} + Z_n} \quad (22)$$

Total koefisien refleksi input untuk  $N$ -section:

$$\Gamma_{in}(f) \approx \rho_0 + \rho_1 e^{-j2\theta} + \rho_2 e^{-j4\theta} + \dots + \rho_N e^{-j2N\theta}$$

$$\Gamma_{in}(f) = \sum_{n=0}^N \rho_n e^{-j2n\theta}$$

$$\Gamma_{in}(f) = e^{-jN\theta} \frac{R_L - Z_0}{R_L + Z_0} \cos^N(\theta)$$

$$\Gamma_{in}(f) = 2^{-N} \frac{R_L - Z_0}{R_L + Z_0} \sum_{n=0}^N C_n^N e^{-j2n\theta}$$

$$C_n^N = \frac{N!}{(N-n)!n!}, n = 0, 1, 2, \dots, N$$

$$\rho_n = 2^{-N} \frac{R_L - Z_0}{R_L + Z_0} C_n^N$$

$$\rho_n = 2^{-N} \frac{R_L - Z_0}{R_L + Z_0} \frac{N!}{(N-n)!n!}$$

Keterangan:

$$R_L = \text{Impedansi beban.} \quad (23)$$

$Z_0$  = Karakteristik Impedansi.

$N$  = jumlah bagian transformer  $\frac{\lambda_d}{4}$ .

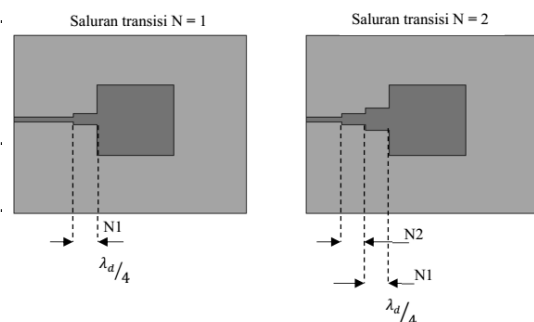
Dan  $VSWR$  adalah:

$$VSWR = \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma}$$

Dengan mengetahui besaran  $VSWR$  maka *return loss* dapat pula diketahui besarnya yaitu:

$$S_{11} = -20 \log_{10} \Gamma$$

Bentuk dari antenna *patch* dengan transformer pencocok impedansi ditunjukkan pada "gambar(2)" metode ini relatif mudah dipabrikasi:

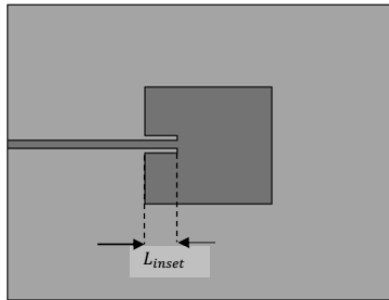


Gambar(2)  
Antena *patch* dengan transformer pencocok impedansi  $\frac{\lambda_d}{4}$

Pada "gambar(2a)", menunjukkan transformer pencocok impedansi dengan

panjang seperempat  $\lambda$  dengan jumlah 1 bagian sedangkan “gambar(2b)” dengan dua bagian.

Teknik pencocokan impedansi yang lainya yaitu dengan saluran yang *inset* seperti pada “gambar(3)”. Pada teknik ini ujung akhir saluran transmisi *inset* dengan panjang  $L_{inset}$ .



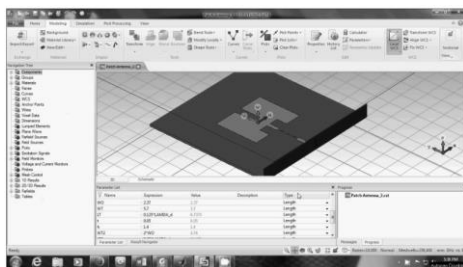
Gambar(3)  
Antena patch dengan saluran yang inset

Dengan melakukan *inset* pada saluran umpan, sehingga karakteristik impedansi menjadi cocok. Antena *patch* dengan teknik pencocokan impedansi *inset* membutuhkan eksperimen untuk menentukan panjang *inset* serta lebar *inset*.

### 3. PEMBAHASAN

#### Hasil Desain Antena Patch

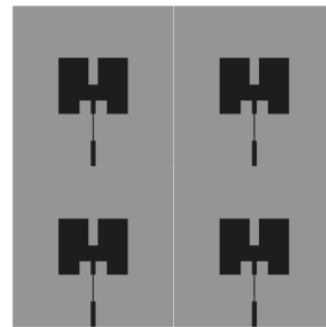
Pada penelitian ini, perangkat lunak yang digunakan untuk merancang serta analisis antena *patch* menggunakan *CST Microwave Studio*.



Gambar(4)  
Proses desain antena patch dengan CST Microwave Studio

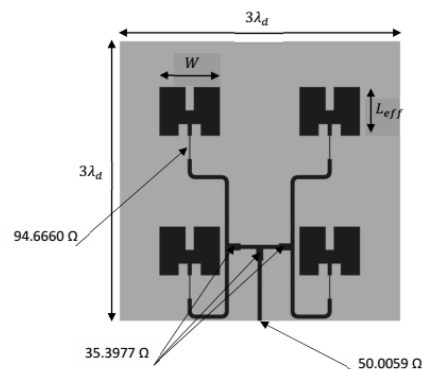
Pada “gambar(4)” ditunjukkan proses desain antena patch menggunakan perangkat lunak *CST Microwave Studio*.

Untuk desain sistem array menggunakan dasar dari desain antena patch elemen tunggal. Sebagaimana pada “gambar(5)”.



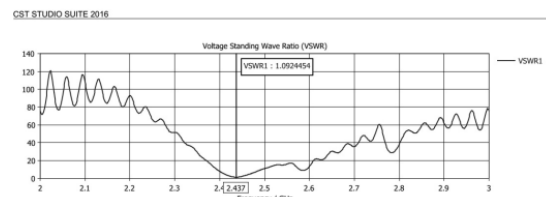
Gambar(5)  
Proses langkah awal desain array

Pada gambar tersebut, kemudian dihubungkan dengan pembagi saluran sehingga menjadi sebagaimana ditunjukkan pada “gambar(6)”.



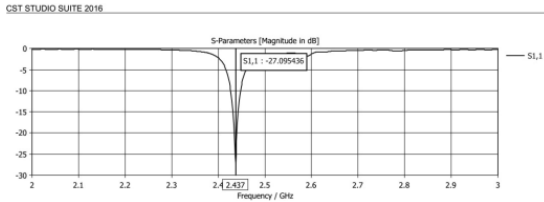
Gambar(6)  
Antena patch 4-elemen bersusun hasil rancangan

Hasil dari simulasi pada rancangan gambar(6) menggunakan *CST Microwave Studio* dapat dilihat pada “gambar(7)” dan “gambar(8)”.



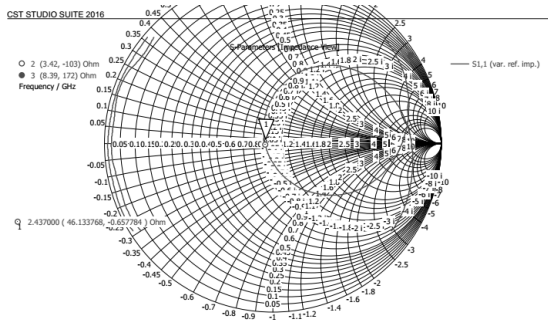
Gambar(7)  
Grafik VSWR antena patch 4-elemen bersusun

Pada “gambar(7)” diperlihatkan bahwa  $VSWR=1.0924$  pada frekuensi 2.437GHz. untuk grafik return loss dapat dilihat pada “gambar(8)”.



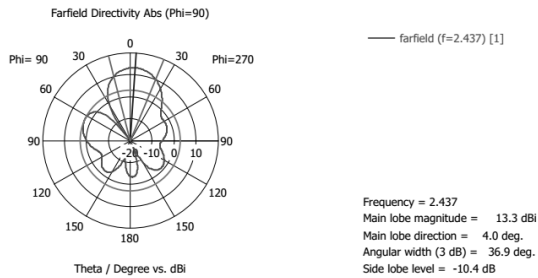
Gambar(8)

Grafik return loss antenna patch 4-elemen bersusun. Sedangkan bentuk sebaran daya pada simulasi *farfield* menggunakan CST Microwave Studio adalah pada gambar(10).



Gambar(9)

Smith chart antenna patch hasil rancangan



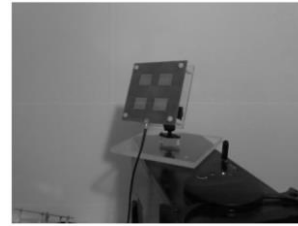
Gambar(10)

Sebaran daya antenna patch hasil rancangan

### Kajian Hasil Rancangan

Rancang Bangun Elemen Antena Patch Spektrum Sebar Menggunakan Aplikasi *CST Microwave Studio*, yang menjadi judul pada larya akademik ini, pada intinya yaitu merancang antenna *patch* dengan membuat beberapa slot *inset* pada elemen *patch* dengan tujuan untuk meningkatkan performa agar dapat beroperasi di pita frekuensi 2.4GHz. Rancangan sejenis telah dilakukan oleh Noah Snyder pada tahun 2010 dengan judul karya akademiknya "Directional Patch Antenna Array Design For Desktop Wireless Internet". Pada rancangan karya Noah, ia menerapkan pencocokan impedansi dengan metode *probe feed*, dan membagi transmisi ke sistem *array* menggunakan *wilkinson divider*. Jumlah *array* yang digunakan oleh

Noah berjumlah 4 elemen. Pada "gambar(11)" dapat dilihat hasil rancangannya.



Gambar(11)

Antena patch 4-bersusun (Sumber: Noah Snyder. 2010. "Directional Patch Antenna Array Design For Desktop Wireless Internet". California Polytechnic State University)

Pada rancangan tersebut, ia tidak mengubah bentuk elemen segi empat *patch*. Hasil analisis yang ia dapatkan yaitu, return loss terbaik didapatkan pada frekuensi 2.446GHz dengan nilai  $S_{11} = -25.335\text{dB}^{[3]}$ , operasi frekuensi minimumnya yaitu pada frekuensi 2.366GHz dengan nilai  $S_{11} = -10.117\text{dB}^{[4]}$ , dan operasi frekuensi maksimumnya yaitu 2.518GHz dengan nilai  $S_{11} = -10.201\text{dB}^{[5]}$ . Tabel hasil pengukuran yang dilakukan Noah dapat dilihat pada "tabel(1)".

Tabel(1)

(Sumber: Noah Snyder. 2010. "Directional Patch Antenna Array Design For Desktop Wireless Internet". California Polytechnic State University).

Freq (GHz)	$ S_{11} $ (dB)	Operating Point
2.366	-10.117	Min width
2.401	-14.888	802.11g min
2.438	-24.608	802.11g center
2.446	-25.332	Best match
2.473	-16.859	802.11g max
2.518	-10.201	Max width

Rumusan yang dipakai oleh Noah Snyder dalam proses penentuan lebar dan panjang elemen adalah:

$$W = \frac{v_0}{2f_0} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \text{ meter} \dots\dots\dots$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \dots\dots\dots$$

$$\Delta L = h \cdot 0.412 \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left( \frac{W}{h} + 0.8 \right)} \text{ meter} \dots\dots\dots$$

$$L = \frac{v_0}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \text{ meter} \dots\dots\dots$$

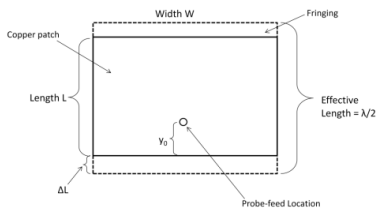
Keterangan:

$v_0$  = Laju gelombang elektromagnetik di ruang bebas.

$f_0$  = Frekuensi kerja rancangan antenna.

$\epsilon_r$  = Permittivitas relatif PCB.

$\epsilon_{eff}$  = Permittivitas efektif.



Gambar(12)

Dimensi patch rancangan Noah Snyder

(Sumber: Noah Snyder. 2010. "Directional Patch Antenna Array Design For Desktop Wireless Internet". California Polytechnic State University).

### Penujian

Dibandingkan dengan rancangan Snyder, pada rancangan antenna patch karya akademik ini, ada sedikit perbedaan dalam formulasi perhitungan yang dipakai dimana formulasi yang dipakai adalah:

$$W = \frac{\lambda_0}{2 \cdot \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \text{ meter}$$

$$\epsilon_{eff} = \left[ \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \right] \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12 \cdot h}{W}}}$$

$$\Delta L = h \cdot \frac{0.412 \cdot (\epsilon_{eff} + 0.3) \cdot \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \cdot \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \text{ meter}$$

$$L_{eff} = \frac{\lambda_d}{2} + (2 \cdot \Delta L) \text{ meter}$$

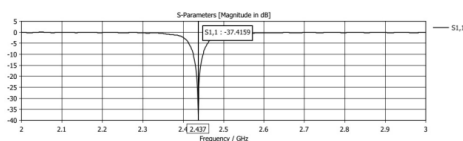
Keterangan:

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{ meter}$$

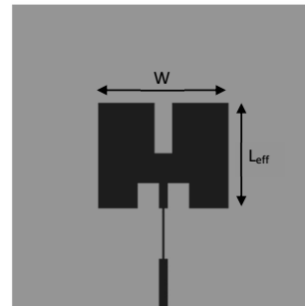
$\lambda_0$  = Panjang gelombang operasi kerja.

$L_{eff}$  = Panjang efektif elemen patch.

Perbedaan dimensi antenna patch rancangan pada penelitian ini dengan rancangan Noah terletak pada panjang elemen dan bentuk elemen. Untuk hasil yang didapatkan yaitu dengan analisis menggunakan CST Microwave Studio pada "gambar(13)", return loss terbaik didapat pada frekuensi 2.437GHz dengan nilai  $S_{11} = -37.415\text{dB}$ . Analisis return loss tersebut merupakan rancangan elemen tunggal.



Gambar(13)  
Kurva return loss hasil analisis menggunakan CST Microwave Studio.



Gambar(14)

Antena patch hasil rancangan

Pada "gambar(14)" dapat dilihat bahwa terdapat slot pada elemen patch tersebut, panjang slot tersebut yaitu seperempat kali  $\lambda$ . Antena hasil rancangan pada gambar tersebut menggunakan transformer pencocok impedansi seperempat kali  $\lambda$ . Bila dilihat kurva pada "gambar(13)" maka diyakini antenna ini memiliki performa yang lebih baik.

Antena patch hasil rancangan yang telah dibuat kemudian diuji dengan menggunakan alat ukur spectrum analyzer protek 7830 untuk melihat level daya yang diterima, daya transmiter pada saat pengujian yaitu 17dbm dengan antenna hasil rancangan ditempatkan pada transmiter, antenna penerima pada alat ukur yaitu omni direksional berkekuatan 5dBi.

Berikut data hasil pengujian antenna patch elemen tunggal

Tabel(2)  
Data hasil pengujian elemen tunggal

Channel	Frekuensi (GHz)	Level daya yang diterima (dBm)
1	2.412	-69
2	2.417	-70
3	2.422	-68
4	2.427	-69
5	2.432	-70
6	2.437	-68
7	2.442	-68
8	2.447	-67
9	2.452	-68
10	2.457	-67
11	2.462	-67

Dan berikut ini data hasil uji antenna patch 4-elemen bersusun

Tabel(3)  
Data hasil pengujian 4-elemen bersusun



Channel	Frekuensi (GHz)	Level daya yang diterima (dBm)
1	2.412	-67
2	2.417	-67
3	2.422	-64
4	2.427	-68
5	2.432	-69
6	2.437	-64
7	2.442	-61
8	2.447	-62
9	2.452	-60
10	2.457	-60
11	2.462	-60

### **Kesimpulan**

Dari hasil uji yang didapat maka dapat ditarik kesimpulan bahwa, performa antena patch hasil rancangan memiliki operasi kerja di pita frekuensi tertentu sesuai dengan rancangan. Untuk tautan model jaringan wifi titik ke titik antena hasil rancangan ini sangat baik, karena menekan penguatan diluar center frekuensi kerja sehingga interferensi bisa ditekan.

### **Acknowledgment**

I would like to express my thanks to AKPRIND Institute of Science & Technology and especially to staff in the Electronics Laboratory of Electrical Engineering Department for their support in the measurement process.

### **Daftar Pustaka**

- Constantine A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, A Jhon Wiley & Sons, inc., New Jersey, 2005 [2][6].
- Jhon D. Kraus, *Antennas*, McGraw-Hill., New York, 1988.
- Robert E. Munson, *Microstrip Antennas*, McGraw-Hill, Inc., New York, 1993, chapter 7.
- William Stallings, *Wireless Communications & Networks*, Pearson Education, Inc., NJ, 2005.
- Noah Snyder, "Directional Patch Antenna Array Design for Desktop Wireless Internet", California Polytechnic State University, California, 2010 [1][3][4][5].

Heri Rahmadyanto, "Rancang Bangun Antena Microstrip Slot Triangular Array 8 Elemen Dengan Pencatuan Microstrip Feed Line Secara Tidak Langsung Untuk Aplikasi CPE Wimax", Universitas Indonesia, Jakarta, 2009.

Dassault Systemes, CST Studio Suite<sup>®</sup>, <https://www.cst.com/products/csts2>

Schindler & Schill GmbH, GerberLogix<sup>®</sup>, <https://www.easylogix.de>

Broadcom, AppCAD, <https://www.broadcom.com/appcad>

MathWorks<sup>®</sup>, Matlab, <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

MetaGeek, inSSIDer, <https://www.metageek.com/products/inssider>

CSG Computer Support Group., *Dielectric Constants of Various Materials Table*, <http://www.csgnetwork.com/dieconstantstable.html>