

Analisis Simulasi *Four Pole Cross-Coupled Bandpass Filter* untuk Band LTE 2300MHz Berbasis *Meandered Split Ring Resonator*

Rosdiana Nursita Herlambang¹, Enceng Sulaeman²

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : rosiana.nursita.tcom417@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : enceng.sulaeman@polban.ac.id

ABSTRAK

Pada perangkat telekomunikasi *wireless*, *bandpass filter* sangat diperlukan disisi penerima maupun sisi pengirim, karena *bandpass filter* dapat mencegah terjadinya interferensi antar kanal yang berdekatan. Miniaturisasi ukuran fisik dari filter menjadi satu diantara spesifikasi yang dibutuhkan, selain mengurangi ruang juga diharapkan memperkecil redaman, maka pada tulisan ini dirancang dan disimulasikan BPF berbasis *meandered split ring resonator*. *Bandpass filter* dirancang pada band LTE 2300MHz dengan metoda *four pole cross coupled*. *Bandpass filter* ini disimulasikan dengan menggunakan substrat Rogers RO4003C dengan spesifikasi *return loss* pada *passband* ≥ 20 dB, *insertion loss* pada *passband* ≤ 2 dB, dan *bandwidth* sebesar 100MHz *return loss* ≥ 20 dB. Hasil simulasi diperoleh *return loss* ≥ 20 dB pada band frekuensi 2303,4 MHz -2402,2 MHz dengan *bandwidth* 98,8MHz. Nilai RL Passband rata-rata sebesar 22,906 dB.

Kata Kunci

Bandpass filter, LTE, *Meandered Split Ring Resonator*, Mikrostip, Rogers RO4003C.

1. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya dunia telekomunikasi maka semakin banyak teknologi yang berkembang untuk memenuhi kebutuhan pengguna dalam hal kualitas dan kapasitas layanan yang ditawarkan. Salah satu teknologinya adalah teknologi *Long Term Evolution* (LTE). Dalam memenuhi kebutuhan Kualitas pengguna, penyedia jasa perlu memberikan jaminan bahwa informasi yang dikirim dari pengirim dapat diterima dengan baik oleh penerima. Maka dari itu untuk memberikan layanan jasa yang cepat dan mudah dalam memenuhi kuantitas yang semakin besar, penyedia jasa telekomunikasi lebih memilih media transmisi informasi melalui *wireless*. Jika penyaluran informasi melalui media *wireless* akan adanya interferensi. Oleh sebab itu perlu mempergunakan filter untuk menapis frekuensi yang tidak diinginkan. [1]

Agar tidak terjadinya interferensi sebuah filter dapat dikatakan filter yang baik jika memiliki selektivitas yang tinggi dan *bandwidth* yang sempit. Selain itu filter harus memiliki ukuran dimensi yang kecil agar efisien. Maka dari itu upaya untuk meminiaturisasi pada perangkat filter dilakukan dengan menggunakan saluran mikrostrip dengan gabungan dari dua resonator yaitu *meandered line* dan *split ring resonator*. Kemudian dalam memperoleh *bandwidth* yang sempit dan selektivitas yang tinggi digunakannya metode *cross coupled* yang mana akan terbentuknya sepasang

transmission zero, hal ini akan menyebabkan respon filter semakin curam maka band frekuensi yang di lolos kan pun akan lebih selektif. [2]

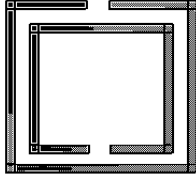
Pada *bandpass filter* rancangan Tri yulianto digunakannya metoda *four pole cross couple* dengan *quarter wavelength resonator*. Namun hasil akhir dari penelitiannya terjadi pergeseran pada frekuensi tengah dan mengalami pelebaran *bandwidth*. [3] Kemudian Selly Nurul merancang *bandpass filter* menggunakan Metode *cross coupled* Berbasis *Square Split Ring Resonator*. Hasil penelitian Selly Nurul mengalami pergeseran frekuensi dari spesifikasi yang telah dirancang. [2] Selanjutnya Joshua merancang filter dengan metode *cross coupled* berbasis *meandered line resonator*. Penelitian ini menghasilkan nilai *bandwidth* 76 MHz dengan spesifikasi yang diharapkannya adalah 75 MHz, kemudian frekuensi kerja hasil akhir penelitian Joshua pun begeser yaitu 1835 – 1911 MHz, dengan frekuensi kerja yang diharapkannya adalah 1805-1880 MHz. [4]

Pada tulisan ini dirancang dan disimulasikan *bandpass filter four pole cross coupled* berbasis *meandered split ring resonator* dengan spesifikasi yang diharapkan meliputi frekuensi batas bawah 2300MHz, frekuensi batas atas 2400MHz, *return loss* ≥ 20 dB, *insertion loss* ≤ 2 dB, dan *bandwidth* sebesar 100MHz.

2. METODA

2.1 Perancangan

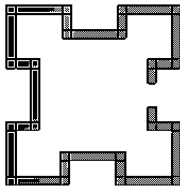
Pada perancangan ini digunakannya 2 resonator yaitu *split ring resonator* dan *meandered line resonator*. *Split ring resonator* yang digunakan adalah *square split ring resonator* dapat dilihat pada gambar (1)



Gambar 1. *Square split ring resonator*

Split ring resonator dapat digunakan sebagai resonator ideal untuk miniaturisasi perangkat gelombang mikro. [5]

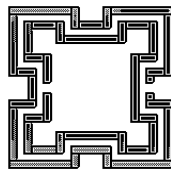
Meandered line resonator yang digunakan dapat dilihat pada gambar (2)



Gambar 2. *Meandered Line Resonator*

Meandered line resonator merupakan desain yang digunakan untuk sebuah filter dengan cara menggunakan resonator garis berliku setengah panjang gelombang ($\lambda_g/2$). *Meandered line* juga merupakan salah satu jenis desain *fractal* yang mempunyai keunggulan dalam hal ukuran yaitu untuk meminiaturisasi. [4]

Pada perancangan ini dibuatnya gabungan dari 2 resonator *square split ring resonator* dan *meandered line resonator* dapat dilihat pada gambar (3) bentuk dari *meandered split ring resonator* yang akan di rancang dan disimulasikan.



Gambar 3. *Meandered Split Ring Resonator*

2.2 Hasil Perhitungan

Dalam perancangan filter dilakukannya perhitungan terhadap parameter parameter seperti frekuensi tengah, konstanta dielektrik efektif, panjang saluran resonator, dan lebar saluran *feeder*.

Tabel 1. Nilai parameter-parameter yang dihitung

Parameter	Nilai
F_0	2349,46 MHz
ϵ_e	2,4020
λ_g	41,202 mm
W	3,68 mm

Nilai frekuensi tengah dihasilkan dengan menggunakan rumus:

$$f_0 = \sqrt{f_1 \times f_2} \quad (1)$$

Kemudian untuk koefisien dielektrik efektif di hasilkan dari digunakannya rumus :

$$\epsilon_e = \begin{cases} \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left(\left[1 + \frac{12d}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} + 0,04 \left[1 - \frac{W}{d} \right]^2 \right) & W/d \leq 1 \\ \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[1 + \frac{12d}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} & W/d > 1 \end{cases} \quad (2)$$

nilai panjang saluran didapatkan dengan menggunakan rumus:

$$\lambda_g = \frac{c}{f_0 \sqrt{\epsilon_e}} \quad (3)$$

untuk nilai lebar saluran *feeder* digunakannya rumus:

$$\frac{W}{d} = \begin{cases} \frac{8e^A}{e^{2A}-2} & W/d < 2 \\ \frac{2}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r-1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right] & W/d > 2 \end{cases} \quad (4)$$

Dengan

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{\epsilon_r+1} \left(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right)} \quad (5)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (6)$$

Selanjutnya dalam penentuan jarak kopling dan faktor kualitas pada *four pole* di butuhnya perhitungan koefisien kopling dan faktor kualitas, terdapat 3 jenis kopling yaitu kopling elektrik, kopling magnetik dan kopling campuran. Kopling elektrik adalah M_{14} , untuk kopling magnetik adalah M_{23} , dan untuk kopling campuran $M_{12}=M_{34}$. Karena respon filter akan membentuk frekuensi *elliptic* karena memiliki sepasang *transmission zero*.

Pada tabel (2) merupakan nilai nilai elemen untuk *prototype fourpole* (RL = 20dB) dengan nilai Ω_a adalah 1.80. [6]

Tabel 2. Nilai Elemen Untuk Prototype Fourpole pada

Ω_a	g_1	g_2	J_1	J_2
1.80	0.95974	1.42192	-0.21083	1.11769

$$\Omega_a=1.80 \text{ (RL = 20dB)}$$

Dalam perhitungan kopling ini juga perlu diketahui nilai dari FBW (*fractal bandwidth*). Hal ini dibutuhkan untuk transformasi LPF prototype menjadi filter bandpass. Nilai FBW di cari dengan menggunakan rumus:

$$FBW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \quad (7)$$

Nilai FBW dari rumus (7) adalah 0.04256.

Setelah diketahuinya nilai dari *fractal bandwidth* selanjutnya dilakukannya tranformasi menggunakan perhitungan dibawah ini

$$M_{14} = \frac{FBW \times J1}{g1} = \frac{0.04256 \times (-0.21083)}{0.95974} = -0.0093493288 \quad (8)$$

$$M_{23} = \frac{FBW \times J2}{g2} = \frac{0.04256 \times 1.11769}{1.42192} = 0.03345398222 \quad (9)$$

$$M_{12} = \frac{FBW}{g1 \times g2} = \frac{0.04256}{0.95974 \times 1.42192} = 0.0311869469 \quad (10)$$

$$Q_{ei} = Q_{eo} = \frac{g1}{FBW} = \frac{0.95974}{0.04256} = 22.5502819549 \quad (11)$$

Dari hasil perhitungan ini dilakukan simulasi kopling dengan mengubah ubah jarak antara resonator dan resonator lainnya dan juga simulasi faktor kualitas dengan mengubah jarak saluran feeder hingga mendapatkan nilai yang mendekati dengan hasil perhitungan.

Dari hasil simulasi-simulasi tersebut dapat diketahui koefisien kopling menggunakan persamaan:

$$\frac{f_2^2 - f_1^2}{f_2^2 + f_1^2} \quad (12)$$

Maka dari hasil simulasi didapatkan nilai koefisien kopling pada kopling elektrik sebesar 0,021 dengan jarak antara resonator dengan resonator yang lain adalah 1,4mm, kemudian didapatkan nilai koefisien kopling pada kopling magnetik sebesar 0,038 dengan jarak antara resonator dengan resonator yang lain adalah 1,4mm, dan didapatkan nilai koefisien kopling pada kopling campuran sebesar 0,038 dengan jarak antara resonator dengan resonator yang lain adalah 1,4mm.

Tabel 3. Jarak Kopling Dengan Nilai Koefien Kopling Mendekatin Hasil Perhitungan

Jenis kopling	Jarak	Koefisien kopling
Kopling Elektrik	1,4 mm	0,021
Kopling Magnetik	1,4 mm	0,038
Kopling Campuran	1,4 mm	0,038

Pada hasil simulasi faktor kualitas untuk mendapatkan nilai faktor kualitas dari hasil tersebut digunakannya persamaan sebagai berikut:

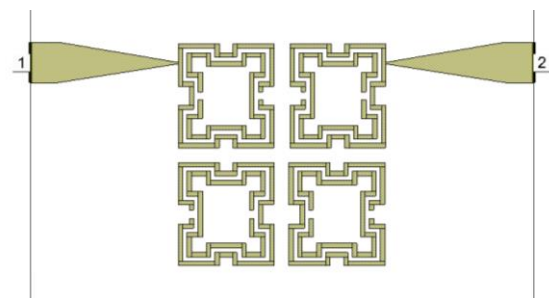
$$Q_{co} = \frac{f_0}{f_{3dB}} \quad (13)$$

Dari hasil perhitungan faktor kualitas dengan jarak jarak yang berbeda di dapatkan jarak yang memiliki nilai faktor kualitas dengan nilai yang diinginkan yaitu pada jarak 2.9 mm yang memiliki nilai faktor kualitas 22,7751.

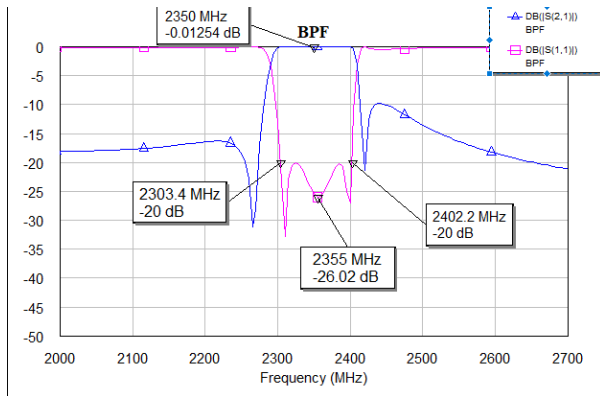
3. PENGUJIAN DAN ANALISIS

3.1 Simulasi Bandpass Filter

Dalam proses perancangan *Bandpass filter* ini terjadinya banyak dilakukannya optimasi. Ketika hasil dari perhitungan disimulasikan, dari panjang resonator, bentuk *feeder*, hasil koefisien kopling bahkan faktor kualitas memiliki hasil yang tidak sesuai dengan yang diharapkan. Karena memiliki frekuensi tengah yang bergeser, hingga akhirnya perlu optimasi terhadap panjang resonator agar frekuensi tengah dapat berada pada 2350 MHz seperti yang diharapkan. Koefisien kopling elektrik sesuai dengan yang dilakukan pada simulasi yaitu menggunakan 1.4mm. Namun pada kopling magnetik dan campuran mengalami optimasi karena koefisien kopling tersebut sangat berdampak pada respon frekuensi yang diharapkan. Pada koefisien kopling magnetik sangat mempengaruhi lebar dari *bandwidth* yang diharapkan semakin kecil jarak antara kopling magnetik maka memiliki *bandwidth* yang semakin lebar. Namun semakin lebar *bandwidth* juga mempengaruhi bentuk dari respon frekuensi tersebut. Karena pengukuran *bandwidth* dilakukan pembacaan pada respon S11 di -20dB maka respon S11 ini perlu lebih kecil sehingga dapat di ukur di -20dB. Hal ini dapat dilakukan dengan cara mengubah jarak pada kopling campuran. Selanjutnya bentuk feeder juga mengalami optimasi hal ini sangat berpengaruh kepada bentuk hasil respon terutama pada *ripple*. Dengan bentuk *feeder* mengerucut kedalam seperti pada gambar 4 ini bentuk hasil respon memiliki *ripple* yang kecil.



Gambar 4. Simulasi BPF



Gambar 5. Hasil Simulasi BPF

Pada gambar 5 grafik berwarna biru merupakan respon frekuensi dari S21 sedang kan grafik berwarna merah muda merupakan respon frekuensi dari S11. Dari gambar 5 ini dapat terlihat bahwa hasil simulasi di dapatkannya frekuensi *cutoff* bawah yaitu 2303,4 MHz dan *cutoff* atas 2402,2 MHz dengan pembacaan *bandwidth* pada *return loss* = 20dB. Kemudian pada hasil simulasi pada gambar 5 pun dapat dilihat bahwa pada respon S21 memiliki frekuensi tengah 2350MHz. Kemudian *bandwidth* pada hasil simulasi memiliki lebar 98,8MHz. Hal ini tidak sesuai dengan *bandwidth* yang diharapkan. Selanjutnya nilai *insertion loss passband* pada hasil simulasi menggunakan AWR ini di dapatkan nilai 0,0392 dB. Nilai *insertion loss* ini sudah sesuai karena nilai *insertion loss* yang di harapkan adalah ≤ 2 dB. Kemudian nilai *return loss passband* dari hasil simulasi adalah 22,906 dB. Nilai *return loss* hasil simulasi pun sudah sesuai dengan apa yang diharapkan yaitu ≥ 20 dB. Nilai-nilai parameter yang belum sesuai dapat dilakukannya optimasi kembali terhadap jarak saluran *feeder*, panjang saluran *feeder*, dan panjang resonator.

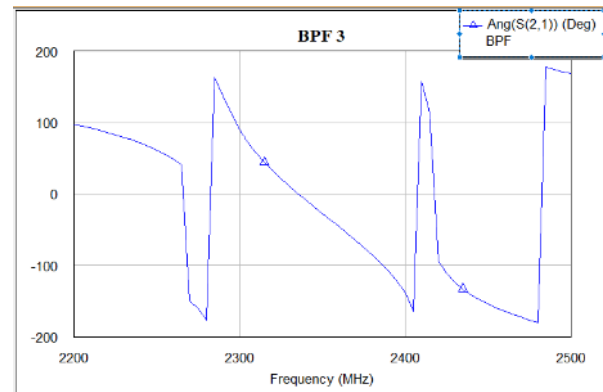
Tabel 4. Perbandingan hasil simulasi dengan parameter yang diharapkan

Parameter	Yang diharapkan	Hasil Simulasi
Frekuensi Kerja	2300 MHz - 2400 MHz	2303,4MHz - 2402,2MHz
<i>Bandwidth</i> pada RL= 20 dB	100 MHz	98,8 MHz
Frekuensi Tengah	2350 MHz	2350 MHz
<i>Insertion Loss</i> pada <i>passband</i>	≤ 2 dB	0,0392 dB
<i>Return Loss</i> pada <i>passband</i>	≥ 20 dB	22,906 dB

Pada tabel 4 yang merupakan tabel perbandingan antara nilai parameter yang diharap kan dengan nilai parameter hasil simulasi dapat dilihat bahwa pada nilai frekuensi kerja dan juga *bandwidth* hasil simulasi belum sesuai dengan yang diharapkan. Frekuensi kerja yang diharapkan adalah 2300MHz-2400MHz namun hasil simulasi memiliki frekuensi kerja 2303,4MHz-2402,2MHz. Nilai *bandwidth* yang diharapkan pada *return loss* = 20dB pun adalah 100MHz sedangkan hasil simulasi memiliki nilai *bandwidth* pada *return loss* = 20dB adalah 98,8MHz. sedangkan nilai parameter-parameter lain sudah sesuai dengan yang diharapkan.

3.2 *Phasa Passband*

Selanjutnya pada *Phasa passband* pada hasil simulasi tidak begitu linier dapat dilihat pada gambar (6)



Gambar 6. *Phasa Passband*

Gambar 6 merupakan respon *phasa* dari S21 dapat dilihat pada gambar bahwa hasil simulasi *bandpass filter* ini memiliki *phasa passband* yang tidak terlalu linear.

4. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi di dapatkannya nilai *insertion loss passband* sebesar 0,0392 dB kemudian untuk nilai *return loss passband* dari hasil simulasi ini adalah 22,906 dB. Nilai *insertion loss* sudah sesuai dengan yang diharap kan yaitu ≤ 2 dB, begitu pula dengan *return loss* pun sudah sesuai dengan yang diharapkan yaitu yaitu ≥ 20 dB.

Kemudian dari hasil simulasi mendapatkan nilai frekuensi bawah 2303,4MHz dan frekuensi atas 2402,2MHz. dengan frekuensi tengah 2350MHz. frekuensi tengah sudah sesuai dengan spesifikasi, namun *bandwidth* belum sesuai karena memiliki *bandwidth* 98,8MHz yang seharusnya 100MHz. Dan frekuensi kerja pun seharusnya pada 2300-2400MHz.

Saran penelitian selanjutnya diharapkan dilakukannya perancangan *bandpass filter* dengan menggunakan metode lain dengan frekuensi yang sama agar dapat mengetahui perbandingan dalam perbedaan metode *bandpass filter*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung yang telah menyelenggarakan Seminar IRWNS sebagai media publikasi penelitian yang telah dilakukan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Widi, "Realisasi Bandpass Filter Square Open Loop Resonator Pada Aplikasi UMTS," *Jurnal Elektro*, vol. 9, pp. 11-22, 2016.
- [2] S. Nurul, "Realisasi Bandpass Filter Menggunakan Metoda Cross Coupled Berbasis Square Split Ring Resonator Pada Frekuensi 1930MHz-1990MHz," 2018.
- [3] T. Yulianto, "Realisasi Four Pole BPF Untuk LTE 2500 - 2570 MHz Menggunakan Metode Cross Couple Dengan Quarter Wavelength Resonator".
- [4] Joshua, "Perancangan dan Realisasi Cross Coupled BPF Berbasis Meander Line Resonator Pada Band LTE 1800," 2019.
- [5] Y. W. Z. Y. X. N. Y. H. W. C. Cheng Tan, "Superconducting Filter Based on Split Ring," *IEEE*, vol. 29, no. 4, pp. 1-4, 2019.
- [6] J.-S. HONG, *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*, A JOHN WILEY & SONS, INC., , 2011.