

# Mikrostrip Dual-wideband Bandpass Filter menggunakan Stub Loaded Resonator

Yudiansyah<sup>1</sup>, Haifa Nabila<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Prodi SI Teknik Telekomunikasi

Institut Teknologi Telkom Jakarta

Jln. Daan Mogot KM 11, Cengkareng, Jakarta Barat 11710 Indonesia

<sup>1</sup>yudiansyah@ittelkom-jkt.ac.id

<sup>2</sup>haifanabila@ittelkom-jkt.ac.id

## Abstrak

Beberapa penelitian tentang desain BPF (*bandpass filter*) seringkali memiliki masalah dengan struktur yang kompleks dan rumit, serta lebar pita yang sempit. Pada penelitian ini, filter BPF dirancang menggunakan *stub loaded Resonator* dengan bentuk yang lebih sederhana dan koefisien transmisi yang baik. Lengan *stub* diatur untuk menghasilkan nilai TZ (*Transmission zero*). Perubahan nilai TZ dapat menggeser nilai frekuensi tengah maupun lebar pita yang diinginkan. Perangkat lunak yang digunakan adalah *Advanced Design System*. Filter ini menggunakan substrat dengan nilai permitivitas dielektrik 4,3 dengan tebal 1,6 mm dan *loss tangent* 0,0265. Hasil simulasi menunjukkan nilai insertion loss pada frekuensi 1 GHz & 3 GHz masing-masing sebesar -0,2 dB dan -0,8 dB. Kemudian return loss pada frekuensi kerja 1 GHz & 3 GHz masing-masing diperoleh -30,7 dB dan -31,2 dB. Kemudian pada rentang frekuensi kerja 500Mhz – 1,6 GHz dengan frekuensi tengah 1 GHz diperoleh nilai FBW sebesar 104%. Kemudian pada rentang frekuensi 2,2 GHz – 3,7 GHz atau dengan nilai FBW 51% pada frekuensi tengah 2,9 GHz.

**Keywords:** *Bandpass Filter, Wideband, Stub Loaded Resonator*

## I. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi saat ini menjadikan permintaan semakin meningkat khususnya pada sistem komunikasi nirkabel. Sistem komunikasi modern seperti GSM (*global system for mobile communications*), WLAN (*Wireless Local Area Network*) dan GPS (*Global Positioning System*) membutuhkan komponen-komponen dengan performansi tinggi yang mampu menurunkan gangguan atau *noise* seperti perangkat BPF. Permintaan perangkat *filter* saat ini tidak hanya mampu beroperasi pada satu frekuensi namun juga mampu beroperasi lebih daripada satu frekuensi kerja. Banyak sekali teknik yang sering digunakan dalam merancang DB-BPF (*Dual-band Bandpass Filter*) seperti DGS (*Defected Ground Structure*) [1,2,3], *spiral resonators* [4], *square loop dual mode resonator* [5], *slotted stepped impedance resonator* [6], *defected stepped impedance resonator* [7], *meandering stepped impedance resonators* [8], *multilayer stepped impedance resonator* [9], *coupled stepped impedance resonator* [10] dan *stub-loaded stepped impedance resonator* [11]. Namun masih memberikan geometri yang kompleks dan lebar pita yang masih sempit.

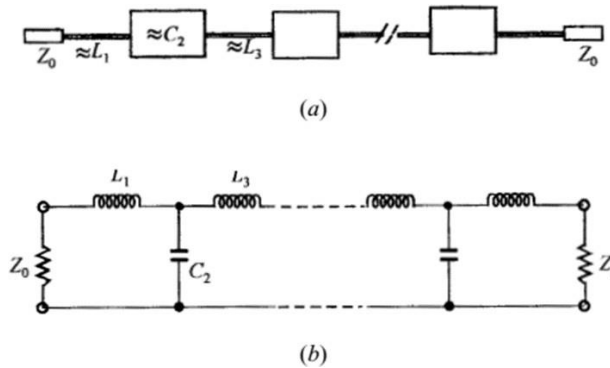
Penelitian ini akan dirancang *dual-wideband* BPF dengan pendekatan kombinasi *low pass filter* menggunakan *stub loaded resonator* yang memberikan bentuk geometri sederhana dan memberikan hasil lebar pita yang lebar. Nilai TZ dapat dikendalikan oleh stub yang dipasang pada resonator. Dimana TZ ini merupakan frekuensi kritis diberhentikannya sinyal transmisi masukan dan keluaran. Penambahan dua pasang stub pada lengan resonator

menghasilkan keluaran dual sinyal BPF. Kemudian pengaturan lebar dan panjang stub mampu memberikan penyesuaian pada frekuensi tengah dan juga lebar pita yang diinginkan pada filter.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Filter Mikrostrip

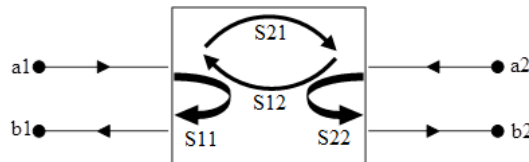
Dalam merancang filter BPF, HPF atau BSF hal yang menjadi dasar dalam perancangan adalah filter LPF. Selanjutnya tentukan respon filter dan juga komponen penyusun filter yang akan dibangun. Pada filter mikrostrip secara umum terlebih dahulu merancang penyusun *lumped element* yaitu komponen kapasitor dan inductor. Gambar 1(a) menunjukkan rangkaian ekivalen terhadap rangkaian gambar 1(b) dimana merupakan rangkaian LPF mikrostrip.



Gambar 1 (a) Filter mikrostrip LPF bertangga (b) *lumped element* filter LPF bertangga [12]

### B. Parameter S

Parameter S merupakan parameter mendasar pada perancangan sistem pada gelombang mikro yang mudah untuk diukur dan dapat bekerja dengan baik pada frekuensi kerja gelombang mikro. Parameter S dapat diperoleh dengan menggunakan alat ukur *vector network analyzer*. Dimana  $S_{11}$ ,  $S_{12}$ ,  $S_{21}$ , dan  $S_{22}$  menggambarkan koefisien pantulan dan transmisi.  $a_1$  dan  $a_2$  pada gambar 2 merupakan gelombang datang yang masuk ke dalam rangkaian, sedangkan  $b_1$  dan  $b_2$  adalah gelombang pantul dari rangkaian.



Gambar 2 Diagram parameter S [12]

Blok diagram parameter S menunjukkan bahwa:

$S_{11}$  = Koefisien pantul masukan (*Return Loss*)

$S_{22}$  = Koefisien pantul keluaran

$S_{12}$  = Koefisien transmisi mundur

$S_{21}$  = Koefisien transmisi maju (*Insertion Loss*)

*Return loss* (RL) adalah sejumlah daya yang hilang akibat beban tidak *matching* yang kemudian dipantulkan kembali ke sumber. RL merupakan rasio daya yang dipantulkan kembali terhadap daya yang ditransmisikan. Sehingga nilai RL yang diharapkan harus sekecil mungkin. Kemudian *insertion loss* (IL) adalah rugi-rugi yang didapatkan akibat penyisipan perangkat antara beban dan sumber. Besaran IL dapat diperoleh dari perbandingan nilai daya kirim terhadap daya yang diterima beban dalam logaritmik desibel.

### C. Via Ground Hole Filter Mikrostrip

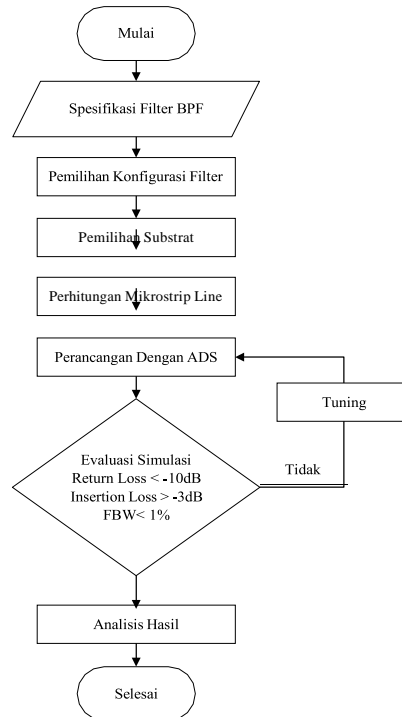
Filter mikrostrip *via ground hole* merupakan catuan langsung ke grounding dari rangkaian resonator. Konsep penambahan *via ground hole* pada filter mikrostrip, adalah diberikan konduktor yang menghantarkan arus dari layer atas yang merupakan resonator ke bagian bawah substrat melalui lubang menembus bahan substrat tersebut. Nilai induktivitas *via hole* ground diperoleh melalui persamaan berikut:

$$L_{via} = \frac{\mu_0}{2\pi} \left[ h \ln \left( \frac{h + \sqrt{r^2 + h^2}}{r} \right) + \frac{3}{2} (r - \sqrt{r^2 + h^2}) \right] \quad (1)$$

Dimana  $r$  adalah jari-jari lubang dan  $h$  adalah ketinggian dari lubang, kemudian  $\mu_0$  adalah permeabilitas vakum.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan perancangan penelitian diuraikan pada diagram dibawah ini. Hasil simulasi perancangan filter menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System 2022*.



Gambar 3 diagram alir filter dual-wideband BPF

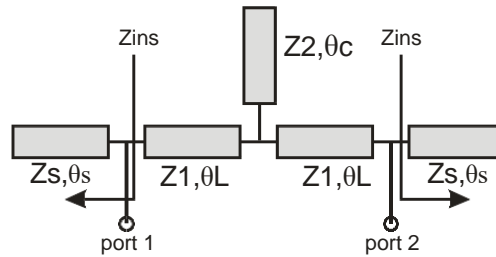
Uraian dari blok diagram perancangan filter BPF adalah:

- 1) **Spesifikasi Filter:** Hal yang perlu dilakukan pada saat perancangan filter adalah menentukan spesifikasi filter yang diinginkan. Penelitian ini akan dirancang filter BPF dengan spesifikasi:

- Frekuensi kerja : Dual band (1GHz & 3GHz)
- *Fractional Bandwidth* : > 50%
- *Return Loss* : < -10dB
- *Insertion Loss* : > -3dB
- Konstanta dielektrik : 4,3
- Tebal dielektrik : 1,6
- *Tangen Loss* : 0,0265

## 2) Konfigurasi filter BPF

Model saluran transmisi yang digunakan pada filter ditunjukkan pada gambar 4. Dua port sebagai masukan dan keluaran terhubung dengan saluran transmisi  $50\Omega$ . Kemudian terhubung dengan serial induktor sebesar impedansi  $Z_1$  dan panjang elektrik  $\theta_L$ . Stub dengan impedansi  $Z_2$  merupakan nilai parallel kapasitor dengan panjang elektrik  $\theta_C$ . Sehingga pada gambar 4 terbentuk prototipe filter LC LPF bertangga.



Gambar 4 model saluran transmisi BPF

Hal pertama yang dilakukan dalam merancang filter BPF adalah penentuan nilai frekuensi TZ. Dimana nilai TZ ini diperoleh dari panjang *short stub*  $Z_s$ . Kemudian kita tentukan nilai komponen-komponen penyusun pada area tengah model saluran transmisi BPF yang kemudian akan ditransformasi ke dalam elemen mikrostrip. Besaran nilai C & L diperoleh dengan menggunakan dengan perhitungan:

$$L = \left( \frac{Z_0}{Z_c} \right) \left( \frac{\Omega_c}{g_1} \right)$$

$$g_0 = 2\pi f_c$$

$$L = 8.2 \text{ nH}$$

dan

$$C = \left( \frac{g_0}{Z_c} \right) \left( \frac{\Omega_c}{g_2} \right)$$

$$g_0 = 2\pi f_c$$

$$C = 3.6 \text{ pF}$$

Dimana nilai  $g_0 = g_4 = 1$ ,  $g_1 = g_3 = 1.0316$  dan  $g_2 = 1.147$  berdasarkan tabel filter Chebyshev dengan *ripple* 0.1dB. Hal yang harus dipertimbangkan dalam melakukan perubahan komponen *lumped* menjadi komponen substrat yaitu pemilihan nilai karakteristik impedansi. Nilai  $Z_{0C} < Z_0 < Z_{0L}$ . dengan  $Z_{0C}$  adalah impedansi karakteristik kapasitor,  $Z_{0L}$  adalah impedansi karakteristik induktor dan  $Z_0$  adalah impedansi sumber. Selanjutnya  $\lambda_{gL}$  merupakan *guided wavelength* dan  $Z_{0L}$  merupakan karakteristik impedansi dari induktor pada frekuensi cutoff.  $\lambda_{gC}$  merupakan *guided wavelength* dan  $Z_{0C}$  karakteristik impedansi dari kapasitor pada frekuensi cutoff.

Table 1 Parameter desain mikrostrip

Impedansi Karakteristik ( $\Omega$ )	$Z_{0C} = 25$	$Z_0 = 50$	$Z_{0L} = 100$
Guided Wavelength (mm)	$\lambda_{gC} = 105$	$\lambda_{g0} = 112$	$\lambda_{gL} = 118$
Lebar Microstrip (mm)	$W_C = 4$	$W_0 = 1.1$	$W_L = 0.2$

Berdasarkan teori mikrostrip, panjang fisik dari LC mikrostrip menggunakan open stub dapat ditentukan:

$$l_L = \frac{\lambda_{gL}}{2\pi} \sin^{-1} \left( \frac{\omega_c L}{Z_{0L}} \right)$$

$$l_L = 9.8 \text{ mm}$$

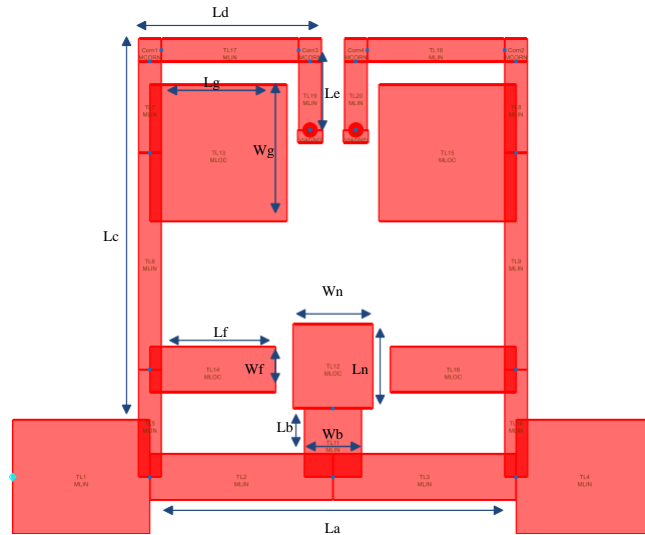
Dan

$$l_C = \frac{\lambda_{gC}}{2\pi} \tan^{-1} \left( \frac{\omega_c Z_0}{c} \right)$$

$$l_C = 7.1 \text{ mm}$$

### 3) Konfigurasi Dual-wideband BPF

Filter BPF Dual-wideband dirancang menggunakan dua *open stub* yang dibebankan pada *shorted stub*. Hal inilah yang mengakibatkan munculnya 2 buah passband.

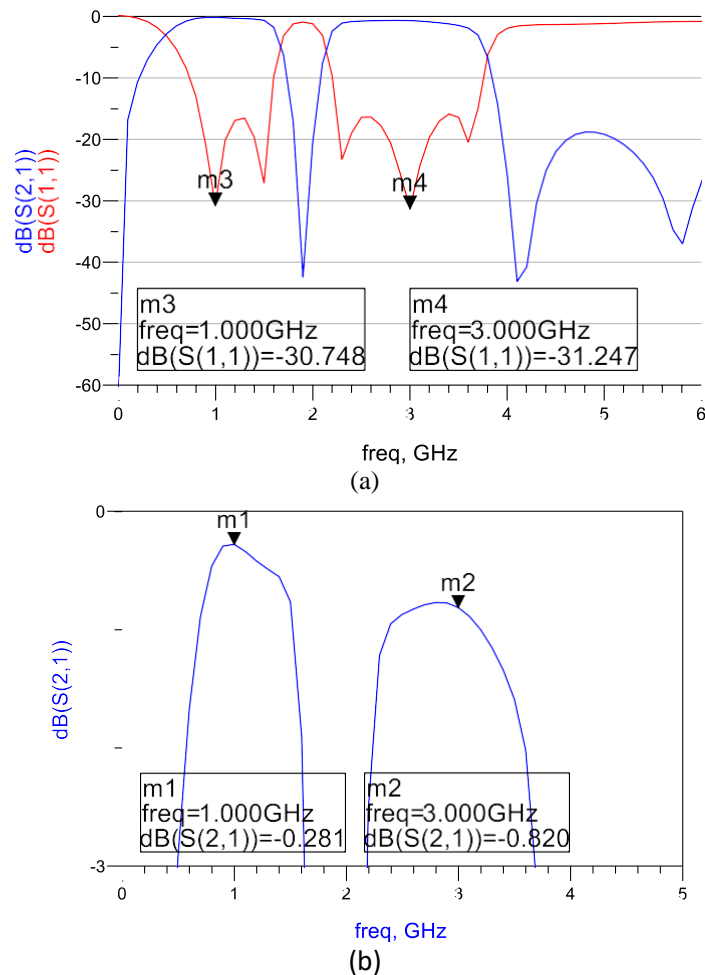


Gambar 5 Skematik layout dual-wideband BPF

Pada gambar 5 merupakan skematik layout dual-wideband BPF dengan besaran  $L_a = 16 \text{ mm}$ ,  $L_b = 3 \text{ mm}$ ,  $W_b = 2,5 \text{ mm}$ ,  $L_n = 3,7 \text{ mm}$ ,  $W_n = 3,5 \text{ mm}$ ,  $L_c = 18 \text{ mm}$ ,  $L_d = 6 \text{ mm}$ ,  $L_e = 3 \text{ mm}$ ,  $L_f = 5,5 \text{ mm}$ ,  $W_f = 2 \text{ mm}$ ,  $L_g = 6 \text{ mm}$  dan  $W_g = 6 \text{ mm}$ . Dimensi ukuran filter dual-wideband BPF adalah  $23 \text{ mm} \times 28 \text{ mm}$ .

#### IV. HASIL DAN DISKUSI

Hasil simulasi pada dual-wideband BPF diperoleh nilai *insertion loss* pada frekuensi 1 GHz sebesar -0,2 dB dan frekuensi kerja 3 GHz sebesar -0,8 dB. Kemudian *return loss* pada frekuensi kerja 1 GHz diperoleh -30,7 dB dan frekuensi kerja 3 GHz sebesar -31,2 dB. Kemudian pada rentang frekuensi kerja 500Mhz – 1,6 GHz dengan frekuensi tengah 1 GHz diperoleh nilai FBW sebesar 104%. Kemudian pada rentang frekuensi 2,2 GHz – 3,7 GHz atau dengan nilai FBW 51% pada frekuensi tengah 2,9 GHz.



Gambar 6 (a) Hasil simulasi BPF Dual-wideband BPF 1 GHz dan 3 GHz (b) Hasil simulasi lebar pita Dual-wideband BPF pada -3dB

#### V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi kerja dual-wideband BPF dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Hasil *Insertion Loss*  $S_{21}$   
Hasil simulasi dual-wideband BPF frekuensi kerja 1 GHz diperoleh sebesar -0,2 dB dan pada frekuensi kerja 3 GHz sebesar -0,8 dB. Maka hasil simulasi sudah memenuhi pemenuhan kriteria spesifikasi filter yang ingin dirancang yaitu nilai *insertion loss*  $>-3$  dB.
2. Hasil *Return Loss*  $S_{11}$   
Hasil simulasi dual-wideband BPF frekuensi kerja 1 GHz diperoleh sebesar -30,7 dB dan pada frekuensi kerja 3 GHz sebesar -31,2 dB. Maka hasil simulasi sudah memenuhi pemenuhan kriteria spesifikasi filter yang ingin dirancang yaitu nilai *return loss*  $<-10$  dB

3. Hasil *Fractional Bandwidth*

Pada rentang frekuensi kerja 500Mhz – 1,6 GHz dengan frekuensi tengah 1 GHz diperoleh nilai FBW sebesar 104%. Kemudian pada rentang frekuensi 2,2 GHz – 3,7 GHz atau dengan nilai FBW 51% pada frekuensi tengah 2,9 GHz.

REFERENSI

- [1] Nguyen Shervin A, Mahboubeh K. Improvement the design of microwave dual-band BPF by DGS technique. *Microw Opt Technol Lett.* 2016; 58:2133–2137.
- [2] Maheshwari, Brajmohan dan Panda, Debendra Kumar “Design of single and dual band pass filter using Substrate Integrated waveguide with DGS”. *IEEE ICICIC*, 2017
- [3] Mi X, Guoliang S, Fang X. “Compact dual-band bandpass filters based on a novel defected ground spiral resonator” *Microw Opt Technol Lett.* 2016; 58:1636–1640
- [4] Hung C-Y, Yang R-Y, Lin Y-L. A simple method to design a compact and high performance dual-band bandpass filter for GSM and WLAN. *Prog Electromagn Res C.* 2010;13:187–193.
- [5] Atallah B, Jan M, And AB. Dual-band bandpass filter by using square-loop dual-mode resonator. *Microwave Opt Technol Lett.* 2008;50:1567–1570
- [6] Lan S, Xuehui G, Xiaoyan Z. Compact dual-mode dual-band bandpass filter using slotted stepped-impedance resonator. *Microw Opt Technol Lett.* 2016;58:1056–1060.
- [7] Bian W, Chang-Hong Liang L, Qi L, Pei-Yuan Q. Novel dualband filter incorporating defected SIR and microstrip SIR. *IEEE Microw Wireless Comp Lett.* 2008;18:393–394.
- [8] Fu-Chang C, Qing-Xin C. Filter using meandering stepped impedance resonators. *Microw Opt Technol Lett.* 2008;50:2619–2612.
- [9] Min-Hang Weng W, Ru-Yuan Y, Yu-Chi Chang C, Hung-Wei Wu W, Kevin S. Design of a multilayered dualband bandpass filter with transmission zeros. *Microw Opt Technol Lett.* 2008; 50:2010–2013.
- [10] Changsoon K, Tae Hyeon L, Bhanu S, Kwang Chul S. Miniaturized dual-band bandpass filter based on stepped impedance resonators. *Microw Opt Technol Lett.* 2017;59:1116–1119.
- [11] Mingqi Z, Xiaohong T, Fei X. Compact dual band transversal bandpass filter with multiple transmission zeros and controllable bandwidths. *IEEE Microwave Wireless Comp Lett.* 2009;19:347–349
- [12] JIA- Sheng Hong, M. J. Lancaster, “Microstrip Filters for RF/Microwave Applications” John Wiley & Sons, 2001