

DESAIN DAN IMPLEMENTASI BAND PASS FILTER CHEBYSHEV DENGAN M-DERIVED SECTION PADA BAND FREKUENSI 88 – 108 MHz

Dini Novarianti¹⁾, Koesmarijanto²⁾, Aad Hariyadi³⁾

¹²³⁾Program Studi Jaringan Telekomunikasi Digital, Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Malang
e-mail : dininovarianti@gmail.com

Abstrak

Pemancaran siaran radio FM adalah salah satu sistem komunikasi *wireless*. Pemancarannya yang berada pada frekuensi 88-108 MHz membutuhkan sebuah *bandpass filter* untuk menghindari adanya interferensi dengan frekuensi yang berdekatan dengan pemancar radio. Jenis *filter* yang memiliki performansi cukup baik adalah *filter chebyshev* dengan tingkat kecuraman yang cukup tinggi. Namun, untuk mendapatkan tingkat kecuraman yang tinggi dibutuhkan nilai elemen yang cukup besar. Maka, pada penelitian ini menambahkan rangkaian *m-derived* untuk memberikan respon *filter* yang lebih curam tanpa menambahkan nilai elemen yang lebih banyak.

Tujuan dari skripsi ini adalah mengetahui pengaruh penambahan *m-derived section* pada *bandpass filter chebyshev*. Parameter yang diuji adalah *bandwidth passband*, *bandwidth stopband*, *shape factor*, *insertion loss*, *roll off*, dan pelemahan daya saat digunakan pada pemancar.

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, maka dapat diketahui bahwa *bandpass filter* tanpa *m-derived* memiliki nilai *insertion loss* maksimal sebesar 7 dB dan *insertion loss* minimal sebesar 9 dB, sedangkan pada *bandpass filter* dengan *m-derived* sebesar 11 dB dan 13. Pada *bandpass filter* tanpa *m-derived* dan dengan *m-derived* memiliki *bandwidth passband* sebesar 27 MHz dan 29 MHz serta *bandwidth stopband* sebesar 70 MHz dan 50 MHz. Sehingga *bandpass filter* tanpa *m-derived* dan dengan *m-derived* memiliki nilai *shape factor* 2,59 dan 1,72. Pada implementasi menggunakan pemancar, *bandpass filter* tanpa *m-derived* memiliki pelemahan daya sebesar 2,53 dB sedangkan pada *bandpass filter* dengan *m-derived* memiliki pelemahan sebesar 1,5 dB.

Kata kunci : *band pass filter, chebyshev, m-derived section*

1. PENDAHULUAN

Di era informasi saat ini, manusia memerlukan komunikasi untuk saling tukar informasi dimana saja, kapan saja, dan dengan siapa saja. Salah satu sistem komunikasi yang merupakan andalan bagi terselenggaranya integrasi sistem telekomunikasi secara global adalah sistem komunikasi nirkabel (*wireless*). Salah satu komunikasi *wireless* yang sering digunakan saat ini adalah pemancaran radio FM.

Pemancaran radio FM berdasarkan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 25 Tahun 2014 dialokasikan pada band frekuensi 88 - 108 MHz. Sedangkan pada frekuensi 74,8 – 75,2 digunakan untuk radionavigasi penerbangan. Untuk menghindari terjadinya interferensi pada pemancaran sinyal radio FM, dibutuhkan sebuah perangkat *bandpass filter* yang berfungsi menahan pemancaran sinyal pada frekuensi yang tidak diinginkan.

Salah satu jenis *bandpass filter* adalah *chebyshev*. *Filter chebyshev* memiliki selektivitas respon yang baik (Frenzel,2008). Pada *filter* ini, penurunan atenuasinya cukup tinggi. Namun, untuk mencapai selektivitas yang tinggi dibutuhkan jumlah elemen yang banyak (Kumar, 2012). Salah satu jenis *filter* yang memiliki selektivitas tinggi namun tidak membutuhkan banyak komponen adalah *filter m-derived* (Pozar, 1998). *Filter m-derived* dapat ditambahkan pada salah satu sisi atau kedua sisi pada *filter*. Penulis menambahkan rangkaian *m-derived* pada *bandpass filter chebyshev* yang menambah ketajaman respon *filter* tanpa membutuhkan jumlah komponen yang besar.

2. METODE

Bandpass filter chebyshev yang akan dirancang adalah *filter pasif* yang komponennya terdiri dari lumped elemen yaitu induktor, kapasitor dan resistor (Bowick,

1982). Perancangan bandpass filter chebyshev menggunakan simulasi AADE Design Filter.

Berikut ini spesifikasi dari Bandpass Filter BPF Chebyshev yang akan dirancang:

- Frekuensi Pass Band = 88 – 108 MHz
- Frekuensi Cut off= 87,5 - 108,5 MHz
- Frekuensi Stopband = 60 – 160 MHz
- Ripple = 0.01dB
- Atenuasi = -20 dB
- Bandwidth Passband = 21 MHz
- Impedansi = 50 Ω
- Jumlah elemen = 7

Untuk mengetahui nilai L dan C digunakan rumus sebagai berikut :

Untuk sisi lowpass

$$C = \frac{C_n}{2\pi f_c R}$$

$$L = \frac{RL_n}{2\pi f_c}$$

Untuk sisi highpass

$$C = \frac{1/L_n}{2\pi f_c R}$$

$$L = \frac{R1/C_n}{2\pi f_c}$$

Dimana,

- C = nilai kapasitor ternormalisasi
- L = nilai induktor ternormalisasi
- C_n = nilai elemen kapasitor prototype lowpass (F)
- L_n = nilai elemen induktor prototype lowpass (H)
- R = nilai beban (Ohm)

f_c = frekuensi cutoff (Hz)

Nilai C_n dan L_n dapat dilihat pada tabel komponen chebyshev ripple 0,01 dan memiliki nilai:

L ₁	= 0,913 H	C ₂	= 1,595 F
L ₃	= 2,002 H	C ₄	= 1,870 F
L ₅	= 2,002 H	C ₆	= 1,595 F
L ₇	= 0,913 H		

Sehingga setelah dihitung menggunakan rumus perhitungan komponen, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

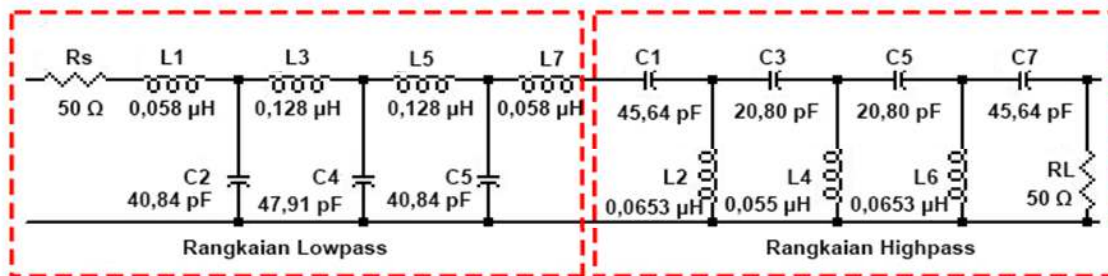
Untuk sisi lowpass

L ₁	= 0,058 μH	C ₂	= 40,84 pF
L ₃	= 0,128 μH	C ₄	= 47,91 pF
L ₅	= 0,128 μH	C ₆	= 40,84 pF
L ₇	= 0,058 μH		

Untuk sisi highpass

C ₁	= 45,64 pF	L ₂	= 0,0653 μH
C ₃	= 20,80 pF	L ₄	= 0,055 μH
C ₅	= 20,80 pF	L ₆	= 0,0653 μH
C ₇	= 45,64 pF		

Setelah mendapatkan nilai tiap komponen, maka rangkaian filter chebyshev seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Rangkaian Bandpass Filter Chebyshev

Setelah selesai merancang bandpass filter chebyshev, selanjutnya dilakukan perancangan bandpass filter chebyshev dengan m-derived section. Nilai m dalam perancangan filter m-derived digunakan sebagai suatu fungsi penurunan nilai komponen baik induktor maupun kapasitor (Pozar, 1998). Untuk mengetahui nilai m yang sesuai dengan spesifikasi filter yang diharapkan dapat menggunakan rumus berikut:

Untuk rangkaian lowpass

$$m = \sqrt{1 - (\omega_c/\omega_\infty)^2}$$

dan rangkaian highpass

$$m = \sqrt{1 - (\omega_\infty/\omega_c)^2}$$

Keterangan :

ω_c = Frekuensi cut-off (Hz)

ω_∞ = Frekuensi stopband (Hz)

Pada penelitian ini didapatkan nilai m=0,6 pada kedua sisi filter. Selanjutnya mencari nilai kapasitor dan induktor sebelum diturunkan dengan nilai m menggunakan rumus:

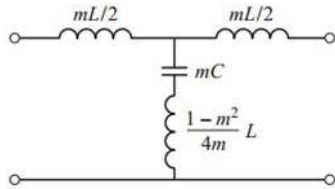
$$L = \frac{2R}{2\pi f_c}$$

dan

$$C = \frac{2}{R^2 \pi f_c}$$

Sehingga nilai $L = 0,146 \mu\text{H}$ dan $C = 58,70 \text{ pF}$.

Setelah mendapatkan nilai induktor dan kapasitor maka dilakukan perhitungan nilai komponen m-derived seperti pada Gambar 2 untuk lowpass dan Gambar 3 untuk highpass.



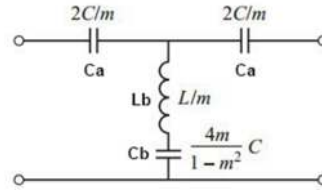
Gambar 2 Komponen m-derived lowpass

Nilai komponen lowpass yang digunakan adalah:

$$L_a = 0,044 \mu\text{H}$$

$$L_b = 0,078 \mu\text{H}$$

$$C_b = 17,61 \text{ pF}$$



Gambar 3 Komponen m-derived highpass

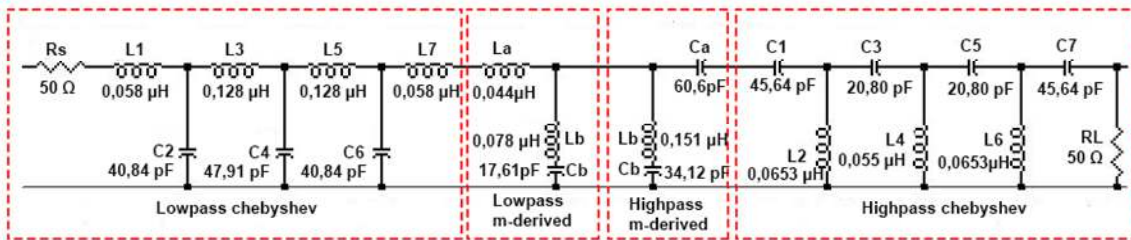
Nilai komponen highpass yang digunakan adalah:

$$L_b = 0,151 \mu\text{H}$$

$$C_a = 60,6 \text{ pF}$$

$$C_b = 34,12 \text{ pF}$$

Setelah mengetahui nilai komponen rangkaian m-derived, maka selanjutnya dilakukan penggabungan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4



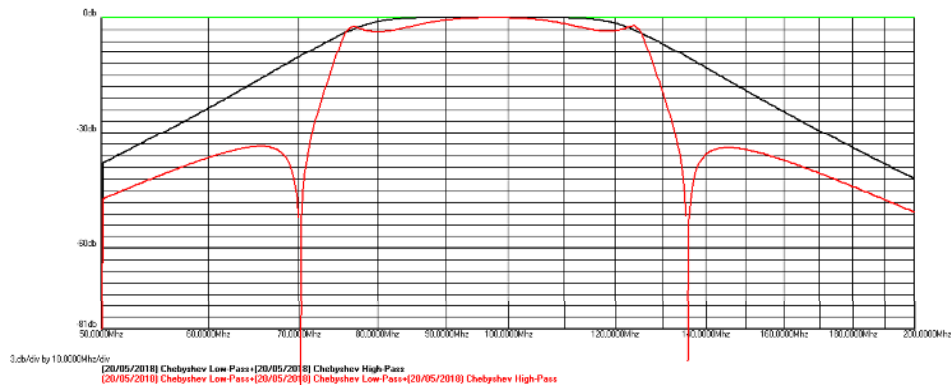
Gambar 4 Rangkaian Bandpass Filter Chebyshev dengan m-derived section

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Respon Filter

Hasil simulasi dan pengujian menggunakan Spectrum Analyzer pada kedua

rangkaian filter ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 5 Hasil Simulasi Kedua Jenis Filter



Gambar 6 Hasil Pengukuran Bandpass Filter Chebyshev tanpa m-derived



Gambar 7 Hasil Pengukuran Bandpass Filter Chebyshev dengan m-derived

Berdasarkan hasil dari Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6. Dapat dilakukan pengukuran insertion loss, bandwidth dan shape factor seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1 Hasil Simulasi dan Pengukuran Bandpass Filter

	Simulasi		Pengukuran	
	tanpa m-derived	dengan m-derived	tanpa m-derived	dengan m-derived
$IL_{max}(dB)$	0,01	0,6	11	7
$IL_{min}(dB)$	0,01	1	13	9
$BW_{3dB}(MHz)$	47	33	27	29
$BW_{-20dB}(MHz)$	90	48	70	50
Shape factor	1,91	0,68	2,59	1,72

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, maka dapat diketahui bahwa bandpass filter tanpa m-derived memiliki nilai insertion loss maksimal sebesar 7 dan insertion loss minimal

sebesar 9, sedangkan pada bandpass filter dengan m-derived sebesar 11 dan 13. Pada bandpass filter tanpa m-derived dan dengan m-derived memiliki bandwidth passband sebesar 27 MHz dan 29 MHz serta bandwidth stopband sebesar 70 MHz dan 50 MHz. Sehingga bandpass filter tanpa m-derived dan dengan m-derived memiliki nilai shape factor 2,59 dan 1,72.

3.2 Pengujian Redaman pada Pemancar Radio FM

Pengujian pelemahan pada pemancar Radio FM digunakan untuk mengetahui perbandingan pelemahan pada kedua jenis filter.

Tabel 2 Insertion Loss pada Pemancar Radio FM

	Tanpa m-derived	Dengan m-derived
Insertion Loss 101.7 MHz (dB)	2,53	1,5

Tabel 2 menunjukkan pada filter bandpass chebyshev tanpa m-derived section memiliki redaman yang lebih besar yaitu sebesar 2,53 dB dibandingkan dengan filter bandpass chebyshev dengan m-derived section yaitu sebesar 1,5 dB. Hal ini membuktikan bahwa penambahan rangkaian m-derived dapat mengurangi redaman pada bandpass filter chebyshev.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan m-derived section pada bandpass filter chebyshev dapat mengurangi nilai insertion loss sebesar 4 dB. Pengurangan nilai insertion loss ini disebabkan karena nilai resistansi pada filter mendekati resistansi sumber.
2. Respon bandwidth pada bandpass filter chebyshev dengan m-derived section memiliki pelebaran pada sisi passband menjadi 29 MHz dan penyempitan pada sisi stopband menjadi 50 MHz. Pelebaran pada sisi passband diakibatkan oleh adanya perubahan reaktansi kapasitif yang menggeser frekuensi cut-off filter.
3. Penambahan m-derived section mampu menambah performansi shape factor pada filter yaitu sebesar 1,72 sedangkan pada filter tanpa m-derived memiliki shape factor sebesar 2,59.
4. Pada implementasi dengan pemancar radio FM didapat nilai insertion loss yang lebih sedikit pada filter chebyshev dengan m-

derived section yaitu 1,5 dB hal ini dikarenakan rugi-rugi pada komponen yang digunakan lebih sedikit.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bowick, C. 1982. RF Circuit Design. Indianapolis: H.W.Sams.
- Frenzel, L. 2008. Principles of Electronic Communication Systems. New York: McGraw-Hill.
- Kumar, A. 2012. Constant-k and m-Derived Composite Low Pass Filter using Defected. Second International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies, 454-456.
- Pozar, D. M. 1998. Microwave Engineering Second Edition. New York: J. Wiley & Sons, Inc.