

Rancangan *Narrow Width Bandpass Filter* dengan *Chebyshev Orde III* untuk *Receiver VHF Air Ground Radio Communication* di Bandara Internasional Hang Nadim Batam

Sayful Arfiyan¹, Muh. Wildan², Yenni Arnas³,

¹D.IV Teknik Navigasi Udara 26A, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang, Indonesia

²Pengajar, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang, Indonesia

³Pengajar, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang, Indonesia

E-mail: sayfularfiyan26@gmail.com

Abstrak

Frekuensi ATIS yang masuk ke Radio Merk Jotron dengan frekuensi 132.95 MHz yang menyebabkan komunikasi ATC dan pilot terganggu permasalahan ini yang mendasari perancangan *bandpass filter*. Perancangan *bandpass filter* ini didasari dengan spesifikasi filter yang ditentukan dalam perancangan dengan *bandwidth* kurang dari 50 kHz yang membuat rancangan ini disebut *narrow width bandpass filter*. *Bandpass filter* dirancang menggunakan filter tipe *Chebyshev* orde III dengan penambahan kapasitor *coupling*. Hasil perancangan disimulasikan dengan *RF Tool* mendapatkan hasil simulasi yang memenuhi spesifikasi rancangan yang telah ditentukan dengan *bandwidth* 42 kHz, *Return Loss* = - 48,89361 dB, *Insertion Loss* = - 0.00027 dB, di frekuensi 132.95 MHz

Kata Kunci: *narrow width bandpass filter*, *filter chebyshev*, *frekuensi*, *bandwidth*, *return loss*, *insertion loss*.

Pendahuluan

Salah satu peralatan VHF A/G di Bandara Internasional Hang Nadim Batam adalah radio Merk Jotron 132.95 MHz yang digunakan sebagai *Very High Frekuensi – Extended Range* (VHF-ER) untuk kontrol ACC dari Jakarta *Air Traffic Service Control* (JATSC). Radio ini mengalami kebocoran frekuensi dari Radio Becker frekuensi 126.25 MHz. Radio Becker ini digunakan untuk *broadcast Air Traffic Information Service* (ATIS) sehingga komunikasi ATC di JATSC dengan pilot terganggu oleh audio ATIS.

Menurut KP 110 Tahun 2017 Pasal 5 ayat (1.b) yang berisi syarat permohonan alokasi frekuensi untuk penerbangan yaitu memastikan alokasi frekuensi dapat bekerja dengan baik tanpa adanya interferensi dengan frekuensi lainnya. Untuk meredam interferensi dari Radio Becker 126.25 MHz terhadap Radio Merk Jotron 132.95 MHz, dibutuhkan suatu filter yang dapat meredam frekuensi ATIS yang masuk ke Radio Merk Jotron 132.95 MHz. Filter akan melemahkan atau meredam gelombang sinyal diluar batasan frekuensi tertentu dan melewati gelombang sinyal pada batasan frekuensi tersebut (Pangestu & Warsito, 2017). Ada beberapa jenis filter antara lain: *lowpass filter*, *highpass filter*, *bandpass filter*, *bandstop filter*. Rangkaian *bandpass filter* dipilih karena rangkaian filter ini dapat digunakan untuk meloloskan frekuensi tertentu yang selaras dengan kegunaan radio komunikasi penerbangan agar selektifitas radio meningkat. Rangkaian *bandpass filter* ini akan dirancang untuk dipasang pada radio Merk Jotron 132.95 MHz yang diharapkan mampu meredam interferensi frekuensi.

Penelitian ini pernah dilakukan oleh I Komang Aditya Prawirayana, dengan membuat rancangan *bandpass filter* menggunakan *Lumped-element* dengan pendekatan respon *Chebyshev* orde III untuk pengaplikasian radio VHF A/G di Bandara Budiarto, penelitian tersebut menghasilkan *bandwidth* sebesar 4,7 kHz dan *return loss* sebesar -42, 024 dB pada frekuensi 123.00 MHz (Ayu & Oka, n.d.). Bernat Rhamanda dkk. merancang *comblin cavity* menggunakan pendekatan matematis Butterworth dengan rangkaian perubahan *lowpass filter prototype* menjadi *bandpass filter* untuk digunakan pada *RF power meter Protek 2700* (Rhamanda et al., 2018). Fitra Farida dan Eko Setijadi juga pernah membuat penelitian rancangan *bandpass filter* dengan teknik penggabungan *lowpass filter* dan *highpass filter* yang dirancang untuk dibuat dalam teknologi mikrostrip (Farida & Setijadi, 2018).

Adapun penelitian menggunakan topologi rangkaian yang berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh I Komang Aditya Prawirayana dan menghasilkan hasil simulasi yang berbeda pada frekuensi yang berbeda dengan *bandwidth* kurang dari 50 kHz yang diharapkan mampu memblokir spasi 2 *channel* frekuensi radio. Maka penelitian ini diambil dengan judul “Rancang Bangun *Narrow Width Bandpass Filter* dengan *Chebyshev Orde III* untuk *Receiver VHF Air Ground Radio Communication* di Bandara Internasional Hang Nadim Batam” Rancangan yang dibuat akan

Rancangan Narrow Width Bandpass Filter dengan Chebyshev Orde III untuk Receiver VHF Air Ground Radio Communication di Bandara Internasional Hang Nadim Batam

Prosiding Seminar Nasional Vokasi Penerbangan (SNVP) Vol. 01, No. 01, Desember, 2022

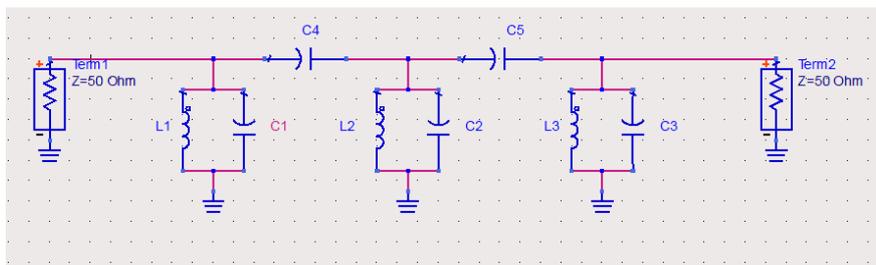
menggunakan *lumped-component* yaitu filter menggunakan komponen Induktor (L) dan Kapasitor (C) dengan pendekatan *Filter Chebyshev* orde 3 dengan modifikasi topologi rangkaian *top capacitor coupling* (Gotk, 2010).

Metode Penelitian

Filter dirancang merupakan *narrow width bandpass filter* yang memiliki karakteristik melewatkan pita frekuensi tertentu dengan *bandwidth* yang sempit sehingga diharapkan mampu mengatasi kebocoran frekuensi pada *receiver* radio yang terjadi. Filter dibangun menggunakan komponen induktor (L) dan kapasitor (C) dengan target *bandwidth* yang diinginkan yaitu ≤ 50 kHz pada frekuensi 132.95 MHz. Spesifikasi rancangan filter dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Rancangan

Parameter	Nilai
f_0	132.95 MHz
Bandwidth 3 dB	≤ 50 KHz
Return loss	>30 dB
Insertion loss	≈ 0
Matching impedance	50 Ω



Gambar 1. Rangkaian *Capacitor Coupled Filter* Orde III

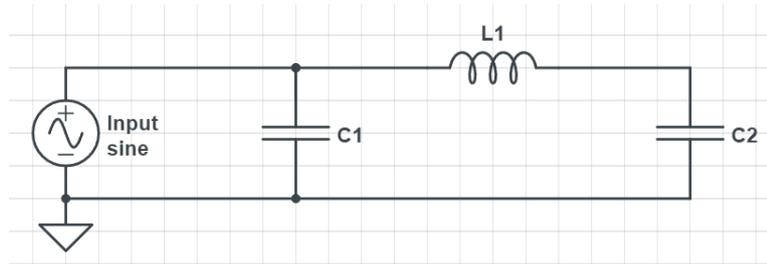
Jenis filter ini berasal dari ahli matematika asal Rusia yang mencetuskan *Chebyshev* polinomial. Filter *Chebyshev* merupakan filter analog maupun digital yang mempunyai *roll-off* lebih curam dan lebih banyak *ripple* daripada filter *Butterworth*. Filter *Chebyshev* meminimalkan *error* antara karakteristik antara filter yang dinormalisasi dan filter yang aktual di atas rentang filter (Chavan et al., 2008). *Ripple* pada bagian *passband* yang ada pada filter *Chebyshev* menyebabkan respon pada bagian *passband* tapi respon di bagian *stopband* dari filter ini lebih disukai untuk beberapa kegunaan (Gupta & Chand, 2012).

Untuk merancang sebuah filter *Chebyshev* dapat menggunakan metode “k & q” dan metode transformasi dari *lowpass filter prototype* menjadi *bandpass filter*. *Lowpass filter prototype* (LPF *prototype*) adalah rangkaian *lowpass filter* yang ternormalisasi nilai resistansi sumber dan keluarannya menjadi 1 k Ω dan nilai frekuensi *cut-off* dinormalisasi dengan nilai 1 rad/detik (Gotk, 2010). Nilai ternormalisasi LPF *prototype* untuk filter orde III dijelaskan pada Tabel (2).

Tabel 2. Nilai Orde III Lowpass Filter Ternormalisasi (Gotk, 2010)

Response	G1	G2	G3
Butterworth	1.0000	2.0000	1.0000
Chebyshev with 0.1dB ripple	1.0316	1.1474	1.0316
Chebyshev with 1.0dB ripple	2.0237	0.9941	2.0237
Gaussian	2.196	0.9674	0.3364

Nilai $G(n)$ pada Tabel 2 adalah nilai ternormalisasi untuk menentukan nilai L dan C pada LPF *prototype* pada Pers. (1) dan Pers. (2). Masing-masing tipe respon memiliki karakteristik yang berbeda dengan nilai $G(n)$ yang berbeda pula. Rangkaian LPF *prototype* pada Gambar (2).



Gambar 3. Rangkaian LPF Prototype

$$L_{filter} = \frac{L_n R_T}{(2\pi F_{BW})} \quad (1)$$

$$C_{filter} = \frac{C_n}{(2\pi F_{BW} R_T)} \quad (2)$$

Transformasi LPF *prototype* menjadi *bandpass filter* adalah proses perubahan rangkaian *lowpass filter* ke *bandpass filter* dengan menambahkan komponen L dan C yang diresonansikan ke frekuensi tengah (f_0) pada filter yang dirancang (Gotk, 2010). Nilai untuk L dan C untuk rangkaian *bandpass filter* dapat ditentukan melalui Pers. (3) dan Pers. (4).

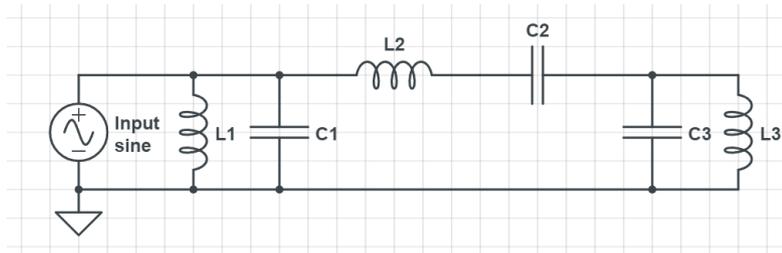
$$XL = XC$$

$$L_{paralel} = \frac{1}{(2\pi \times f_0)^2 \times C_n} \quad (3)$$

$$C_{seri} = \frac{1}{(2\pi \times f_0)^2 \times L_n} \quad (4)$$

Dimana :
 C_n = kapasitor pada rangkaian LPF *prototype*
 L_n = induktor pada rangkaian LPF *prototype*

Nilai L dan C yang dihitung dari Pers. (3) dan Pers. (4) dimasukkan ke rangkaian *bandpass filter* orde III pada Gambar (4).



Gambar 1. Rangkain Bandpass Filter

Kapasitor *coupling* adalah rata-rata geometrik paralel dan seri kapasitor. Kapasitor yang difungsikan sebagai *coupling* adalah kapasitor yang dipasang seri pada rangkaian filter *bandpass* modifikasi dari Gambar II.4 yang membuat nilai kapasitor C2 dapat diganti dengan komponen kapasitor *coupling* (Gotk, 2010). Untuk menghitung nilai kapasitor *coupling* dapat menggunakan Pers. (5).

$$C_{coupled} = \sqrt{C_1 \times C_2} \quad (5)$$

Pada perancangan ini *tuning* atau optimasi dilakukan pada *RFtools* yang digunakan untuk mendapatkan spesifikasi yang ingin dicapai. Optimasi dilakukan dengan cara memperbesar atau memperkecil nilai komponen induktor dan kapasitor secara bertahap dengan nilai perubahan skala kecil agar efisien dan akurat.

Pembahasan

Untuk membangun filter pada rancangan ini maka tahap perancangan dimulai dari merancang *lowpass filter prototype*. Kemudian *lowpass filter prototype* di-transformasi menjadi *bandpass filter* dan modifikasi *coupled-capacitor*. Tahap akhir adalah optimasi untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

1. Perancangan Lowpass Filter Prototype

Untuk membangun rangkaian *bandpass filter*, langkah pertama adalah membuat rangkaian *lowpass filter prototype* (LPF *prototype*). Rangkaian LPF *prototype* yang dirancang mempunyai karakteristik pada Tabel (3).

Tabel 3. Rancangan LPF Prototype

Orde	3
Fo	132 MHz
Bandwidth (F_{BW})	50 kHz
R_T	1 k Ω

LPF *prototype* yang dibuat menggunakan respon *Chebyshev ripple* 1.0 dB dengan nilai komponen standardnya dibuat dalam bentuk G(n) pada Tabel (4).

Tabel 4. Nilai G(n) LPF Prototype

G1	2.0237
G2	0.9941
G3	2.0237

Nilai komponen LPF *prototype* ternormalisasi ditentukan menggunakan Pers. (1).

$$L_{filter} = \frac{L_n R_T}{(2\pi F_{BW})} \quad (1)$$

$$L_{filter} = \frac{0.9941}{(2\pi \cdot 500.000)}$$

Rancangan Narrow Width Bandpass Filter dengan Chebyshev Orde III untuk Receiver VHF Air Ground Radio Communication di Bandara Internasional Hang Nadim Batam

Prosiding Seminar Nasional Vokasi Penerbangan (SNVP) Vol. 01, No. 01, Desember, 2022

$$L_{filter} = 316.4 \mu H$$

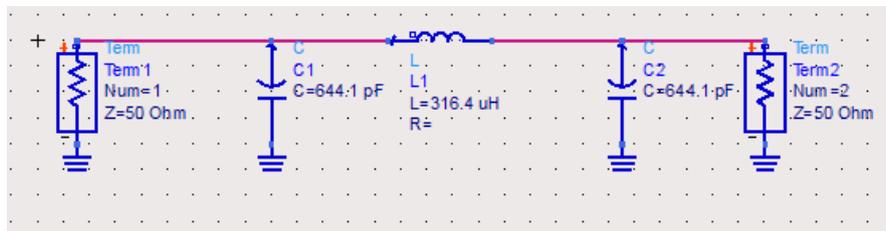
Pada perhitungan diatas, didapatkan nilai induktor untuk LPF *prototype* senilai $316.4 \mu H$. Sedangkan nilai kapasitor untuk rangkaian LPF *prototype* dihitung menggunakan Pers. (2).

$$C_{filter} = \frac{C_n}{(2\pi F_{BW} R_T)} \quad (2)$$

$$C_{filter} = \frac{2.0237}{(2\pi \times 500.000 \times 1.000)}$$

$$C_{filter} = 644.1 pF$$

Nilai C_n yang digunakan adalah G1 dan G3 yang memiliki nilai sama seperti pada Tabel (4) maka nilai C1 dan C2 sama. Nilai yang telah didapatkan dari perhitungan diatas lalu dimasukkan ke rangkaian LPF *prototype* seperti pada Gambar (5).



Gambar 5. Rangkaian LPF *Prototype*

Rangkaian diatas merupakan rangkaian LPF yang ternormalisasi yang artinya belum teresonansi pada frekuensi filter yang akan dirancang.

2. Transformasi LPF *Prototype* ke *Bandpass Filter*

Untuk mengubah rangkaian LPF *prototype* yang sudah dibuat ke bentuk *bandpass filter*, dilakukan penambahan komponen L paralel C seri serta meresonansikan rangkaian ke frekuensi 132.00 Mhz. Tahapan transformasi ini menggunakan Pers. (3) dan Pers. (4) untuk menentukan nilai L paralel dan C serinya.

$$L_{paralel} = \frac{1}{((2\pi \times 132 \times 10^6))^2 \times 644.1 \times 10^{-12}} \quad (3)$$

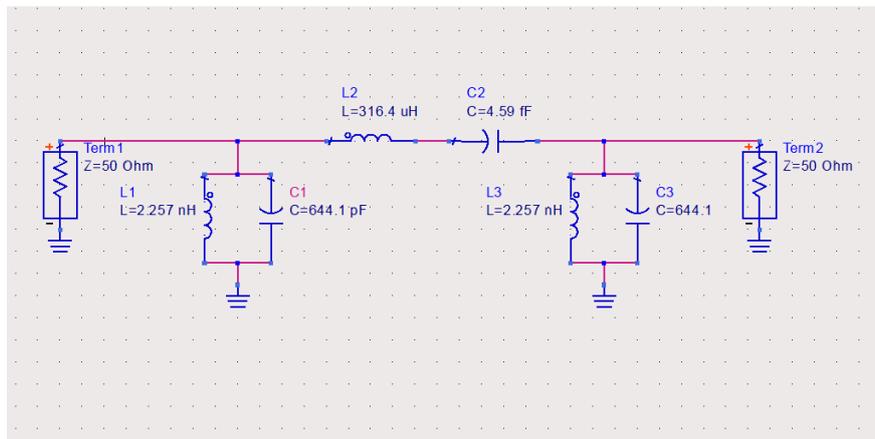
$$L_{paralel} \approx 2.25 nH$$

Nilai L1 dan L2 sama yaitu karena G1 dan G2 sama seperti yang dijelaskan pada perancangan LPF *prototype* diatas.

$$C_{seri} = \frac{1}{((2\pi \times 132 \times 10^6))^2 \times 316.4 \times 10^{-6}} \quad (4)$$

$$C_{seri} \approx 4.5946 fF$$

Pengubahan ke *bandpass filter* dilakukan dengan cara meresonansikan LPF *prototype* ke frekuensi 132.00 MHz untuk memudahkan perhitungan, untuk mendapatkan filter yang bekerja pada frekuensi 132.95 MHz maka dilakukan optimasi atau *tunning* pada *RFtools* yang digunakan dengan mengubah nilai komponen. Nilai yang didapatkan pada perhitungan pada Pers. (3) dan Pers. (4) dituangkan pada rangkaian hasil transformasi menjadi rangkaian *bandpass filter* orde III pada Gambar (6).



Gambar 6. Rangkaian BPF

3. Modifikasi BPF Coupled-Capacitor

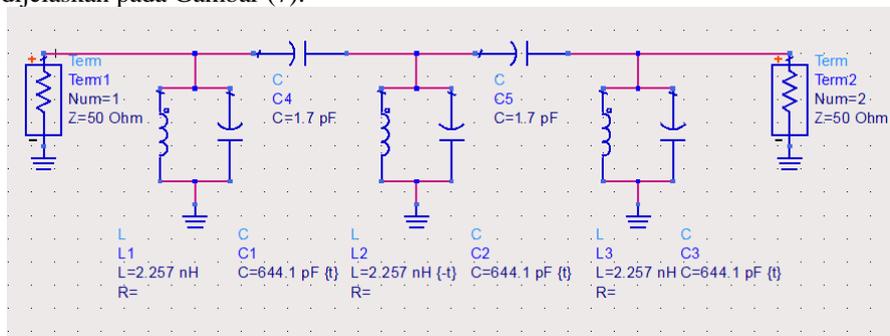
Untuk menentukan nilai kapasitor yang akan ditambahkan ke rangkaian digunakan Pers. (5)

$$C_{coupling} = \sqrt{c_1 \times c_2} \quad (5)$$

$$C_{coupling} = \sqrt{644.1 \times 4.59 \times 10^{-3}}$$

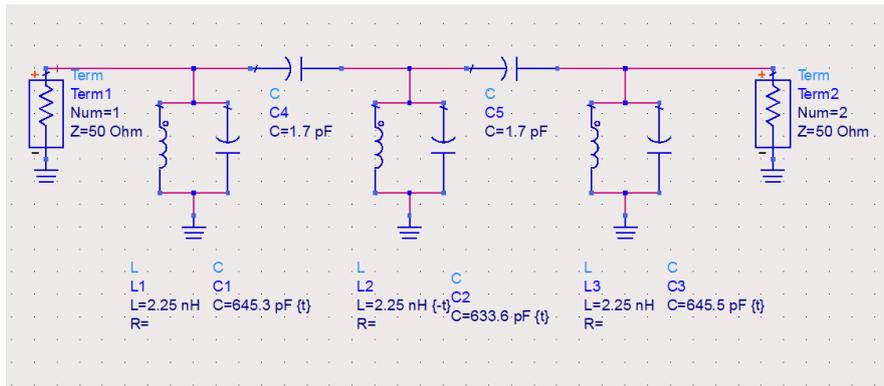
$$C_{coupling} = 1.7 \text{ pF}$$

Nilai induktor yang dipakai pada rangkaian *coupled-capacitor* sama dengan rangkaian awal karena masih pada frekuensi yang sama dengan nilai induktor = 2.25 nH. Rangkaian hasil modifikasi dengan nilai komponen yang dihasilkan pada perhitungan dijelaskan pada Gambar (7).

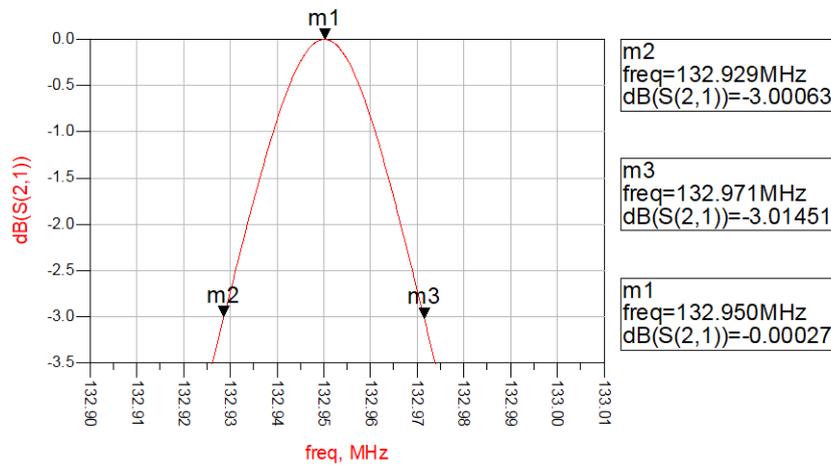


Gambar 7. Rangkaian Coupled-Capacitor Sebelum Optimasi

Dampak dari modifikasi ini adalah pergeseran frekuensi maka diperlukan adanya optimasi. Optimasi dilakukan dengan merubah nilai komponen kapasitor C1, C2 dan C3 dari rangkaian filter. Setelah dilakukan optimasi untuk mendapatkan *matching* pada frekuensi 132.95 MHz dan mendapatkan parameter yang sesuai dengan rancangan. Hasil modifikasi rancangan setelah optimasi dijelaskan pada Gambar (8).



Gambar 8. Rangkaian Coupled-Capacitor Setelah Optimasi



Gambar 9. Hasil simulasi S-Parameter (2,1)

Dari Gambar (9) diperoleh data bahwa *bandwidth* yang dihasilkan dari rangkaian *bandpass filter* mempunyai nilai yang dijelaskan pada Persamaan (6).

$$BW_{3dB} = f_2 - f_1 \quad (6)$$

$$BW_{3dB} = 132.971 - 132.929$$

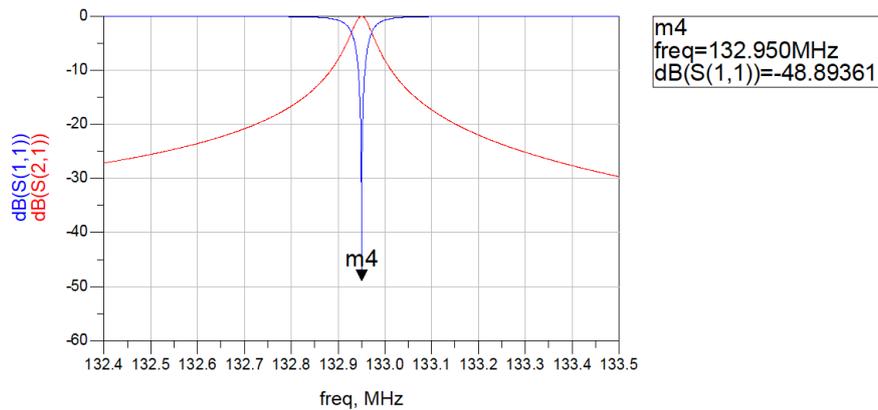
$$BW_{3dB} = 0.042 \text{ MHz}$$

$$BW_{3dB} = 42 \text{ kHz}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil nilai *bandwidth* selebar 42 kHz yang memenuhi spesifikasi rancangan yaitu < 50 kHz. Nilai *insertion loss* pada simulasi adalah $IL = -0,00027$ di frekuensi 132.95 MHz pada titik m1 yang dapat diartikan bahwa rangkaian filter pada simulasi adalah *low loss* karena *insertion loss* yang mendekati nol dan sudah memenuhi spesifikasi rancangan filter yang ditentukan.

Rancangan Narrow Width Bandpass Filter dengan Chebyshev Orde III untuk Receiver VHF Air Ground Radio Communication di Bandara Internasional Hang Nadim Batam

Prosiding Seminar Nasional Vokasi Penerbangan (SNVP) Vol. 01, No. 01, Desember, 2022



Gambar 10. Hasil S-parameter (1,1) dan (2,1)

Pada Gambar (10) dapat diambil nilai *return loss* yang bernilai $RL = -48,89361$ di frekuensi 132.95 MHz pada titik m4 pada gambar yang memenuhi spesifikasi rancangan filter yang telah ditentukan.

Kesimpulan

Perancangan *bandpass filter* yang dilatarbelakangi kebocoran frekuensi ATIS terhadap Radio Merk Jotron dengan frekuensi 132.95 MHz yang menyebabkan komunikasi ATC dan pilot terganggu. Perancangan *bandpass filter* ini didasari dengan spesifikasi filter yang ditentukan dalam perancangan dengan *bandwidth* kurang dari 50 kHz yang membuat rancangan ini disebut *narrow width bandpass filter*. *Bandpass filter* yang dirancang menggunakan filter tipe *Chebyshev* orde III dengan penambahan kapasitor *coupling*. Rancangan filter dibangun dari *lowpass filter prototype* yang ditransformasikan menjadi *bandpass filter*. Hasil simulasi memenuhi spesifikasi rancangan yang telah ditentukan dengan *bandwidth* 42 kHz, $RL = -48.89361$ dB, $IL = -0.00027$ dB di frekuensi 132.95 MHz

Ucapan Terima Kasih

Penelitian tidak akan selesai tanpa adanya kontribusi berbagai elemen. Ucapan terima kasih ditujukan kepada :

1. Bapak Muh. Wildan, ST., MT., selaku dosen di Politeknik Penerbangan Indonesia-Curug.
2. Ibu Yenni Arnas, ST., M.Si., selaku dosen di Politeknik Penerbangan Indonesia-Curug

Sebagai dosen yang turun tangan langsung membantu dan membimbing proses penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Ayu, I., & Oka, M. (n.d.). *Rancangan Band Pass Filter Pada Komunikasi VHF Air To Ground di Bandara Budiarto dengan menggunakan Komponen Lumped Orde Tiga*. 116–120.
- Chavan, M. S., Agarwala, R. a, & Uplane, M. D. (2008). Comparative Study of Chebyshev I and Chebyshev II Filter used For Noise Reduction in ECG Signal. *International Journal of Circ Systems Signal Processing*, 2(1), 1–17.
- Farida, F., & Setijadi, E. (2018). Perancangan Filter Bandpass dengan Teknik Penggabungan Filter Lowpass dan Highpass. *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian Dan Industri Terapan*, 7(1), 32–38. <https://doi.org/10.31629/sustainable.v7i1.436>
- Gotk, R. H. (2010). *Band pass filter design Part 1 . Band pass filters from first principles*. 1–13.
- Gupta, R., & Chand, O. (2012). *Analysing Chebyshev Filter For Displaying Radar Target Track*. 2(6), 326–329.
- Pangestu, P. I., & Warsito, T. (2017). *Rancangan Variabel Band Pass Filter Dengan Menggunakan Cavity Untuk Band Frekuensi 100 MHz – 160 MHz*. *September*, 257–258.
- Rhamanda, B., Rofii, F., & Qustoniah, A. (2018). *Rancang Bangun Bandpass Filter Combline Cavity Pada Frekuensi 900 - 945 MHz Untuk RF Power Meter*. 26(1), 1–15.