

**PERANCANGAN *LOW NOISE AMPLIFIER* UNTUK PENINGKATAN *GAIN OUTPUT* SINYAL ANTENA *NEARFIELD* ILS *GLIDE PATH***

<sup>1)</sup> Gede Arda Wedana Prasetya, <sup>2)</sup> Muh Wildan, <sup>3)</sup> Eriyandi

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Navigasi Udara, Fakultas Teknik, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

<sup>1)</sup> ardane2003@gmail.com, <sup>2)</sup> muh.wildan@ppicurug.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<b>Riwayat Artikel :</b> Diterima : 4 November 2025 Disetujui : 27 November 2025	<p>Antena <i>nearfield</i> memainkan peran vital dalam menjamin akurasi sistem navigasi pendaratan pesawat, khususnya pada sistem <i>Instrument Landing System Glide Path</i> (ILS GP). Namun, pada beberapa instalasi seperti di Bandara Soekarno-Hatta, kinerja antenna tersebut terganggu akibat kerusakan modul penguat bawaan. Penelitian ini bertujuan merancang <i>Low Noise Amplifier</i> (LNA) sebagai solusi penguatan sinyal RF yang diterima antenna monitor <i>nearfield</i> peralatan GP merk Selex. Metodologi penelitian melibatkan tahapan perancangan, simulasi menggunakan perangkat lunak <i>Advanced Design System</i> (ADS) 2009, serta pabrikasi prototipe menggunakan komponen <i>lumped</i> berbasis SMD di atas substrat FR-4 (<math>\epsilon_r = 4,4</math>). Topologi impedansi menggunakan <i>Pi network</i> pada sisi masukan dan <i>T network</i> pada sisi keluaran. Hasil simulasi menunjukkan performa optimal dengan <i>gain</i> sebesar 38,116 dB dan <i>return loss</i> -35,611 dB. Namun, hasil pengukuran menunjukkan adanya penurunan <i>gain</i> menjadi 11,360 dB, yang diduga disebabkan oleh faktor fabrikasi, toleransi komponen, serta efek parasitik pada jalur PCB. Meskipun demikian, LNA yang dirancang tetap mampu memperkuat sinyal RF lemah secara signifikan dan berfungsi sebagai <i>pre-amplifier</i> pada sistem monitoring GP. Rancangan ini menunjukkan potensi untuk dikembangkan sebagai LNA multi-band guna mendukung sistem navigasi udara lainnya.</p>
<b>Kata Kunci :</b> <i>Low Noise Amplifier, nearfield, Glide Path, impedance matching, gain.</i>	

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<b>Article History :</b> Received : Nov 7, 2025 Accepted : Nov 27, 2025	<p><i>The nearfield antenna plays a crucial role in ensuring the accuracy of aircraft landing navigation systems. However, at Soekarno-Hatta International Airport, the function of this antenna is suboptimal due to damage in the monitor card. This study aims to design a Low Noise Amplifier (LNA) as a technical solution to restore signal quality in the nearfield monitoring system of the Glide Path (GP) equipment, particularly for the Selex brand. The design method involves simulation and measurement stages using Advanced Design System (ADS) 2009. The LNA circuit is constructed using SMD lumped components on FR-4 substrate (<math>\epsilon_r = 4.4</math>), with impedance matching configurations of Pi network at the input and T network at the output. A two-stage amplification topology is employed using 2SC3585 transistors with collector feedback biasing. Simulation results indicate that the circuit achieves a gain (S21) of 38.116 dB and a return loss (S11) of -35.611 dB. However, measurements reveal a decreased gain of 11.360 dB due to manufacturing inaccuracies, component tolerance, and skin effect. Despite this, the LNA functions effectively as a pre-amplifier, compensating for lost amplification in the damaged system and demonstrating potential for further development as a multi-band LNA for broader navigation systems.</i></p>
<b>Keywords:</b> <i>Low Noise Amplifier, Nearfield Antenna, Glide Path, Impedance Matching, Gain.</i>	

## 1. PENDAHULUAN

Keselamatan dan ketepatan pendaratan pesawat sangat bergantung pada keandalan sistem navigasi presisi, salah satunya *Instrument Landing System* (ILS). Pada subsistem *Glide Path* (GP), antena *nearfield* digunakan untuk memantau kualitas dan stabilitas sinyal vertikal yang dipancarkan pemancar GP (Qu, 2018). Kualitas pemantauan ini menentukan kemampuan sistem untuk mendeteksi penyimpangan sinyal yang dapat mempengaruhi keselamatan operasi penerbangan (Martins *et al.*, 2021).

Dalam sistem GP, terdapat perangkat tambahan yang disebut *nearfield monitoring system*, yang berfungsi untuk mengawasi dan mengevaluasi stabilitas serta intensitas sinyal RF (*radio frequency*) yang dipancarkan oleh antena GP (Rahal *et al.*, 2023). Untuk menunjang fungsi pengawasan ini, digunakan antena *nearfield* yang menerima sinyal RF langsung dari pemancar GP. Sinyal yang diterima kemudian dianalisis oleh perangkat *monitoring receiver* guna mendeteksi adanya penyimpangan atau gangguan pada sistem transmisi (Elizabeth Rindi Novitri and Eriyandi, 2024).

Namun, hasil inspeksi lapangan pada instalasi ILS GP di Bandara Internasional Soekarno-Hatta menunjukkan adanya kerusakan pada modul *monitor card nearfield* bawaan pabrik. Kerusakan tersebut menyebabkan sinyal RF dari antena *nearfield* melemah dan tidak memenuhi ambang deteksi perangkat *monitoring*. Kondisi ini berpotensi menurunkan akurasi sistem GP sehingga dibutuhkan solusi teknis yang cepat, ekonomis, dan kompatibel. (Priyanka, Ratnam and Santosh G, 2021).

*Low Noise Amplifier* (LNA) menjadi solusi ideal karena dirancang untuk menguatkan sinyal lemah pada frekuensi radio dengan tingkat derau yang rendah (Wang *et al.*, 2022). Namun, hingga saat ini desain LNA frekuensi 332 MHz khusus untuk aplikasi *nearfield* ILS GP jarang dilaporkan, mengingat pabrikan biasanya menggunakan modul tertutup (*proprietary*) (Teknik *et al.*, 2021). Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan rancangan LNA *custom* sebagai *replacement module* untuk mengembalikan fungsi sistem *nearfield* sekaligus membuka peluang pengembangan menuju desain *multi-band* untuk navigasi udara. (ScholarWorks, Graduate Theses and Alvarez Arellano, 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan LNA sebagai *pre-amplifier* pada antena *nearfield* sistem GP merk Selex yang

mengalami kerusakan pada modul monitor-nya. Perancangan dilakukan menggunakan pendekatan eksperimental, yang mencakup analisis teori, simulasi rangkaian menggunakan *Advanced Design System* (ADS) 2009, serta pabrikan dan pengujian prototipe. LNA dirancang dengan konfigurasi *multistage* untuk mendapatkan penguatan yang optimal, serta menggunakan teknik pencocokan impedansi (*impedance matching*) tipe *Pi network* pada masukan dan *T network* pada keluaran untuk memastikan transfer daya maksimum dan kestabilan sistem.

## 2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental yang terdiri dari beberapa tahapan sistematis, yakni studi literatur, perancangan rangkaian, simulasi menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System* (ADS), proses realisasi prototipe, serta pengujian dan analisis hasil (Kesehatan STIKES Bethesda Yakkum Yogyakarta *et al.*, 2024). Tahapan ini dirancang untuk memastikan bahwa *Low Noise Amplifier* (LNA) yang dikembangkan dapat memenuhi kebutuhan teknis sebagai penguat sinyal pada antena monitor *nearfield* *Glide Path* (GP) merk Selex, terutama pada frekuensi kerja 332 MHz.

### 2.1 Studi Literatur

Tahap ini dilakukan untuk memperoleh landasan teori mengenai prinsip kerja LNA, parameter S, teknik pencocokan impedansi, karakteristik transistor 2SC3585, serta standar teknis sistem ILS GP. Literatur meliputi jurnal ilmiah, buku teknik, ICAO Annex 10, serta manual *nearfield monitor*. (Capretti, 2008)

### 2.2 Perancangan Rangkaian

Tahap perancangan dimulai Rangkaian dirancang untuk frekuensi kerja 332 MHz dengan spesifikasi target gain >30 dB, *return loss* < -10 dB, dan *noise figure* < 2 dB. LNA menggunakan konfigurasi dua tingkat penguatan dengan transistor 2SC3585 dan jaringan pencocokan impedansi *Pi network* pada *input* serta *T network* pada *output*. Substrat yang digunakan adalah FR-4 ( $\epsilon_r = 4,4$ ). (Ouerghemmi, Fakhfakh and Derbel, 2025)

### 2.3 Simulasi Rangkaian

Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System* (ADS) versi 2009. Simulasi mencakup analisis parameter S (*S-parameters*), perhitungan *noise figure*, serta analisis kestabilan (*stability factor K*). Tahapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa konfigurasi rangkaian mampu memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan sebelum dilakukan fabrikasi secara fisik (Yichuang Sun and Fidler, 2023)

Pada tahap simulasi, kondisi ideal diasumsikan untuk seluruh komponen, yaitu memiliki *tolerance* rendah dan *quality factor* (Q) tinggi(Hager *et al.*, 2021). Lingkungan eksternal seperti suhu, parasitik jalur PCB, dan variasi bahan substrat tidak diperhitungkan dalam simulasi.

2.4 Realisasi dan Fabrikasi

Setelah hasil simulasi memenuhi target, dilakukan proses fabrikasi rangkaian menggunakan metode *etching* pada PCB dua lapis. Komponen SMD dipasang menggunakan teknik penyolderan manual dengan perhatian khusus pada akurasi penempatan dan suhu solder untuk meminimalkan kesalahan. Rangkaian yang telah dirakit kemudian diuji secara fungsional untuk memastikan tidak terdapat *short circuit* atau koneksi terbuka (Das and Semiconductor, 2013)

2.5 Pengujian dan Analisis Hasil

Rangkaian diuji menggunakan Vector Network Analyzer untuk memperoleh parameter S secara nyata. Hasil pengukuran dibandingkan dengan simulasi untuk mengidentifikasi selisih performa dan menganalisis penyebabnya. (Khayrullin, 2021)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian Bagian ini menyajikan hasil dari proses perancangan, simulasi, realisasi, dan pengujian rangkaian *Low Noise Amplifier (LNA)* yang dirancang untuk meningkatkan kualitas penerimaan sinyal antenna nearfield pada peralatan *Glide Path (GP)* merk Selex. Seluruh tahapan dievaluasi secara sistematis, mulai dari perancangan bias transistor, pencocokan impedansi input dan output, hingga analisis parameter performa seperti *gain*, *return loss*, *noise figure*, dan *stability factor*. Hasil simulasi dibandingkan dengan hasil pengukuran untuk mengidentifikasi kesesuaian serta menganalisis penyimpangan yang terjadi dalam implementasi nyata, sehingga dapat diperoleh pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai kinerja LNA yang telah direalisasikan.

3.1 Spesifikasi LNA

Langkah pertama dalam perancangan LNA adalah menentukan karakteristik dan spesifikasi LNA yang akan dirancang. Deskripsi detailnya terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi LNA multi stage

Spesification	High-Gain LNA
Frequency range	332 MHz
Bandwith	10 MHz ±2 MHz
Stability	K > 1
Noise Figure	< 2 dB
Gain (S21)	> 30 dB
Input Return Loss (S11)	< -10 dB
Impedance	50 Ω

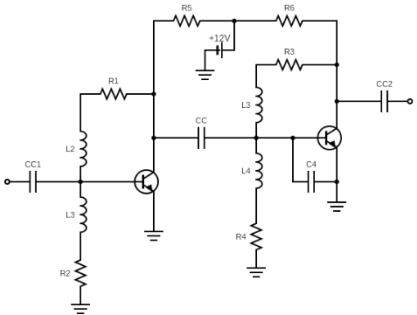
3.2 DC Biasing

Dalam perancangan *Low Noise Amplifier (LNA)*, pemberian *DC bias* pada transistor bertujuan untuk menentukan titik kerja (*operating point*) agar transistor dapat beroperasi secara linier di daerah aktif. Pada penelitian ini digunakan konfigurasi *collector feedback biasing*, di mana tegangan basis diperoleh melalui pembagi tegangan dari dua resistor (RB1 dan RB2), sementara resistor emitter (RE) memberikan umpan balik negatif untuk meningkatkan kestabilan termal dan mengurangi pengaruh variasi suhu terhadap arus kolektor (IC). Resistor kolektor (RC) digunakan untuk mengatur tegangan keluaran di kolektor, sedangkan kapasitor coupling (C) dan bypass (jika digunakan) berfungsi memisahkan sinyal AC dari DC, sehingga penguatan sinyal tetap optimal tanpa mengganggu kestabilan bias. Dengan konfigurasi ini, transistor 2SC3585 dapat bekerja secara stabil untuk menghasilkan penguatan sinyal yang maksimal sesuai kebutuhan LNA pada frekuensi kerja 332 MHz.

**Target DC Bias Transistor:**  $V_{CE} = 2,0\text{ V}$  dan arus  $I_C$  sebesar 8 mA dengan DC Supply  $V_{CC} = 12\text{ V}$ . Berdasarkan datasheet dapat ditetapkan nilai  $V_{BE} = 0,8\text{ V}$  dan  $\beta = 120$

3.3 Nilai Zin dan S-Parameter DC Bias

Untuk menemukan nilai impedansi masukan dan koefisien refleksi, nilai ZIN dan parameter S dihitung. Transistor ini memiliki rangkaian model non-linier substitusi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1 Rangkaian DC bias

**Tabel 2 Nilai S-parameter dari simulasi ADS**

Frekuensi Tengah	(S <sub>11</sub> )	(S <sub>12</sub> )	(S <sub>21</sub> )	(S <sub>22</sub> )
	Mag/sudut (°)	Mag/sudut (°)	Mag/sudut (°)	Mag/sudut (°)
332 MHz	0.008/-34.389	0.005/72.945	86.978/-39.312	0.053/137.387

Dengan simulasi ADS, nilai tersebut dapat diukur lebih akurat. Pengukuran ZIN dan parameter S untuk kedua frekuensi kerja ditunjukkan pada Tabel 2

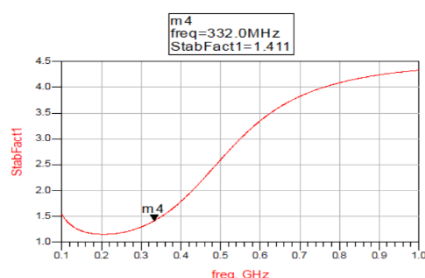
**Tabel 3 Simulasi Zin dan S-parameter**

freq	Zin1	S(1,1)	S(1,2)	S(2,1)	S(2,2)
320.0 MHz	49.619/-43.470	0.007/-90.490	0.007/103.309	63.831/41.415	0.495/40.972
321.0 MHz	48.812/-42.507	0.007/-91.254	0.007/102.112	64.597/39.934	0.399/39.236
322.0 MHz	48.016/-41.475	0.007/-92.040	0.007/100.813	65.367/38.411	0.305/38.563
323.0 MHz	47.233/-40.380	0.007/-92.843	0.006/99.465	66.140/36.876	0.294/36.352
324.0 MHz	46.466/-39.216	0.006/-93.669	0.006/98.150	66.915/35.319	0.303/35.000
325.0 MHz	45.717/-37.981	0.006/-94.521	0.006/96.785	67.689/33.749	0.321/33.405
326.0 MHz	44.989/-36.669	0.006/-95.397	0.006/95.397	68.462/32.136	0.340/31.762
327.0 MHz	44.285/-35.277	0.006/-96.290	0.006/93.986	69.232/30.510	0.359/30.070
328.0 MHz	43.610/-33.800	0.006/-97.199	0.006/92.551	69.997/28.860	0.378/28.322
329.0 MHz	42.966/-32.235	0.006/-98.120	0.006/91.092	70.754/27.186	0.397/26.515
330.0 MHz	42.359/-30.579	0.006/-99.061	0.006/89.610	71.502/25.489	0.416/24.641
331.0 MHz	41.793/-28.828	0.006/-100.019	0.007/88.104	72.239/23.767	0.435/22.694
332.0 MHz	41.273/-26.980	0.007/-100.996	0.007/86.574	72.962/22.031	0.454/20.665
333.0 MHz	40.807/-25.034	0.007/-101.982	0.007/85.020	73.669/20.281	0.472/18.540
334.0 MHz	40.400/-22.980	0.007/-102.977	0.007/83.443	74.359/18.508	0.490/16.305
335.0 MHz	40.058/-20.840	0.007/-103.980	0.007/81.843	75.021/16.642	0.507/13.941
336.0 MHz	39.780/-18.614	0.007/-104.991	0.007/80.220	75.662/14.803	0.524/11.419
337.0 MHz	39.563/-16.290	0.007/-111.675	0.007/78.575	76.276/12.941	0.541/8.703
338.0 MHz	39.405/-13.863	0.007/-118.108	0.007/76.910	76.869/11.059	0.557/5.741
339.0 MHz	39.303/-11.404	0.007/-124.533	0.007/75.224	77.439/9.156	0.573/2.458
340.0 MHz	39.257/-8.863	0.007/-130.971	0.007/73.518	77.982/7.234	0.589/-0.258
341.0 MHz	39.264/-6.274	0.007/-137.407	0.007/71.795	78.507/5.293	0.605/-2.596
342.0 MHz	40.162/-3.653	0.007/-143.833	0.007/70.054	78.930/3.335	0.621/-4.906
343.0 MHz	40.629/-1.016	0.007/-150.237	0.007/68.298	79.218/1.381	0.637/-7.143
344.0 MHz	41.231/-18.361	0.007/-156.629	0.007/66.529	79.560/0.426	0.652/-9.261
345.0 MHz	41.976/-15.707	0.007/-163.003	0.007/64.746	79.852/-1.506	0.667/-11.300
346.0 MHz	42.870/-13.193	0.007/-169.359	0.007/62.944	80.094/-4.637	0.681/-13.253
347.0 MHz	43.917/-10.674	0.007/-175.692	0.007/61.123	80.293/-7.696	0.695/-15.119
348.0 MHz	45.122/-8.229	0.008/-182.003	0.007/59.285	80.447/-10.683	0.708/-16.892
349.0 MHz	46.491/-5.872	0.009/-188.288	0.007/57.429	80.559/-13.714	0.720/-18.564
350.0 MHz	48.026/-3.616	0.009/-194.542	0.007/55.557	80.619/-16.748	0.732/-20.236
351.0 MHz	49.722/-1.474	0.009/-200.762	0.007/53.669	80.643/-19.783	0.744/-21.908
352.0 MHz	51.611/0.554	0.017/-16.945	0.007/51.768	80.565/-16.815	0.756/-19.582
353.0 MHz	53.604/2.624	0.027/33.325	0.007/49.847	80.393/-13.847	0.767/-17.254
354.0 MHz	55.504/4.218	0.067/33.325	0.007/47.914	80.044/-10.868	0.778/-14.314
355.0 MHz	58.324/5.849	0.092/33.392	0.007/46.078	79.786/-7.894	0.789/-11.387

Tabel di atas menunjukkan bahwa frekuensi tengah setiap frekuensi kerja LNA harus disesuaikan dengan masukan sumber  $R_s = 50 \Omega$  untuk mendapatkan nilai rugi balik yang kecil ( $S_{11}$ ) sesuai dengan spesifikasi LNA ( $\leq 10$  dB).

### 3.4 Simulasi Kestabilan (K)

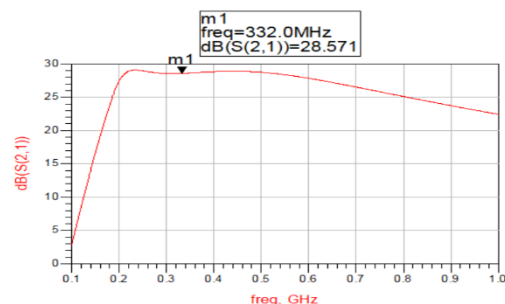
Dalam perancangan rangkaian penguat gelombang mikro, salah satu faktor kritis yang perlu dipertimbangkan adalah faktor stabilitas. Stabilitas sangat menentukan kondisi penguat, yaitu apakah penguat berada dalam kondisi stabil atau berosilasi. Berdasarkan hasil perhitungan faktor K, stabilitas faktor K pada frekuensi 332,0 MHz lebih tinggi dari 1 (1,411). Hal ini menunjukkan bahwa transistor berada dalam kondisi stabil. Representasi grafis stabilitas faktor K terkait dengan frekuensi ditunjukkan pada Gambar 2



**Gambar 2 Hasil simulasi kestabilan (K)**

Sementara itu, simulasi penguatan ( $S_{21}$ ) menghasilkan hasil lebih besar dari 20 dB pada frekuensi kerja, yang berarti spesifikasi LNA yang

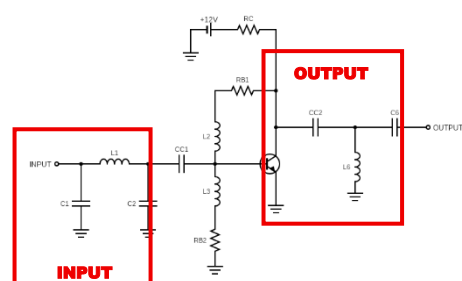
dirancang sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 telah terpenuhi. Representasi grafis simulasi  $S_{21}$  pada transistor bias disajikan pada Gambar 3



**Gambar 1 Hasil simulasi gain DC Bias**

### 3.5 Input dan Output Matching Impedansi

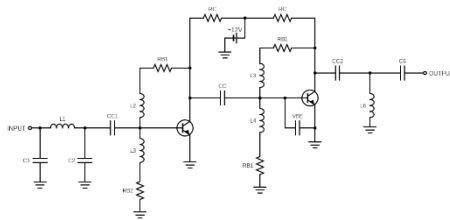
Jaringan pencocokan impedansi (*matching network*) dirancang untuk mengoptimalkan transfer daya antara sumber dan beban serta meminimalkan rugi pantul pada input dan output *Low Noise Amplifier (LNA)*. Dalam penelitian ini digunakan konfigurasi *Pi network* pada bagian input dan *T network* pada bagian output. Pemilihan *Pi network* pada input bertujuan untuk mendapatkan *bandwidth* yang sempit dan *noise figure* rendah, sedangkan *T network* pada output digunakan untuk memenuhi kebutuhan *bandwidth* yang lebih lebar. Kedua konfigurasi ini disusun menggunakan komponen pasif *lumped* berbasis SMD, dan didesain berdasarkan hasil normalisasi impedansi terhadap saluran transmisi 50 Ohm serta konjugasi impedansi kompleks pada frekuensi kerja 332 MHz.



**Gambar 2 Rangkaian matching impedance**

Berdasarkan diagram alir yang dikembangkan, rangkaian akan disimulasikan dengan ADS, dan hasil simulasi stabilitas, angka derau, rugi balik masukan ( $S_{11}$ ), penguatan ( $S_{21}$ ), dan VSWR akan dibahas di bagian Hasil Simulasi Rangkaian.

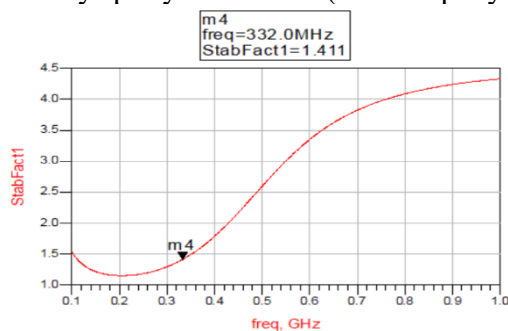
### 3.6 Hasil Simulasi Rangkaian



Gambar 5 Rangkaian multistage LNA

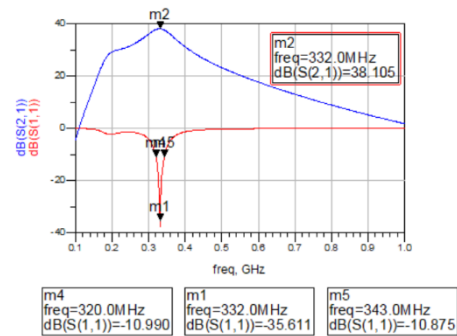
Bagian ini akan membahas hasil simulasi LNA pada frekuensi tengah 332,0 MHz. Simulasi dilakukan dengan perangkat lunak Advanced Design System (ADS). **Hasil Simulasi Stabilitas:** Hasil simulasi stabilitas disajikan pada Gambar 6, Nilai ini diperoleh dari simulasi parameter-S dengan perangkat lunak ADS.

Perhitungannya seperti yang dijelaskan di bagian Tinjauan Teoritis dan Kerangka Kerja. Dari pengukuran stabilitas, nilai K pada frekuensi 332,0 MHz adalah 1,411. Nilai  $K > 1$  menunjukkan terpenuhinya persyaratan LNA (stabil tanpa syarat).



Gambar 6 Hasil simulasi kestabilan (K)

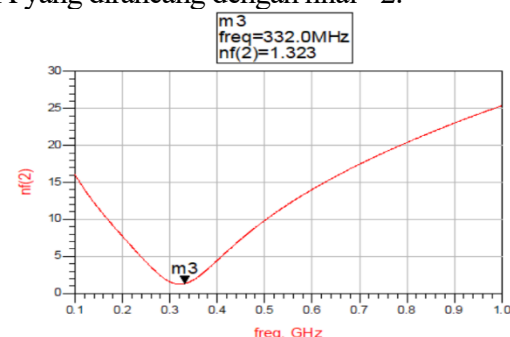
**Hasil Simulasi S11 dan S21:** Hasil simulasi S11 dan S21 sebagai rugi-rugi dan penguatan balik masukan sistem LNA adalah parameter-S pada gambar rangkaian lengkap di atas. Seperti ditunjukkan pada Gambar 7, nilai S11 dan S21 yang diukur pada frekuensi 332,0 MHz masing-masing adalah  $-35,611$  dB dan  $38,105$  dB, dan lebar pita yang dicapai pada ambang batas  $S_{11} < -10$  dB adalah sekitar 10 MHz. Nilai rugi-rugi balik masukan memenuhi persyaratan desain LNA. Demikian pula, hasil simulasi S21 juga memenuhi spesifikasi desain, yaitu mampu menghasilkan nilai lebih besar dari 30dB.



Gambar 7 Hasil simulasi S21 dan S11

**Hasil Simulasi Noise Figure (NF):** Pengukuran lain yang sama pentingnya adalah angka derau, karena sangat menentukan kualitas sinyal (SNR) yang dihasilkan pada keluaran penerima. Oleh karena itu, penting agar nilai NF

minimal. Dalam simulasi ini, nilai NV yang dihasilkan pada frekuensi tengah 332,0 MHz adalah 1,323 dB. Nilai ini juga telah memenuhi persyaratan LNA yang dirancang dengan nilai  $< 2$ .

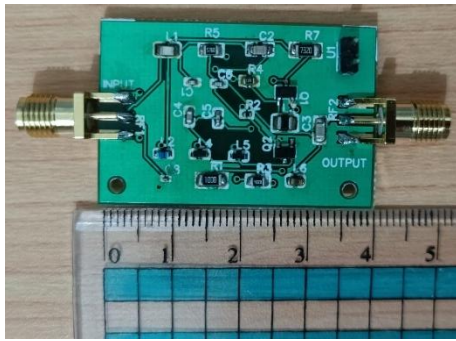


Gambar 8 Hasil simulasi noise figure (NF)

### 3.7 Realisasi Prototipe (pabrikasi)

Proses fabrikasi dan pengujian *Low Noise Amplifier (LNA)* dilakukan berdasarkan desain konvensional yang direalisasikan pada papan sirkuit cetak (*Printed Circuit Board / PCB*) dua lapis menggunakan substrat FR4 dengan konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) sebesar 4,3 dan ketebalan 1,6 mm. Tata letak PCB dirancang menggunakan perangkat lunak *EasyEDA* dan dicetak oleh penyedia jasa fabrikasi *Spectra* di Bandung. Dalam implementasinya, saluran transmisi yang digunakan merupakan jenis *coplanar waveguide* yang dibumikan (*grounded coplanar waveguide*), dengan penambahan bidang tanah (*ground plane*) di sisi bawah PCB. Jalur sinyal utama pada PCB memiliki lebar sebesar 0,254 mm, sedangkan jarak celah antara jalur tersebut dengan bidang tanah di sisi atas dirancang sebesar 0,400 mm, guna menjamin konsistensi impedansi karakteristik serta mengurangi efek interferensi elektromagnetik selama transmisi sinyal RF.

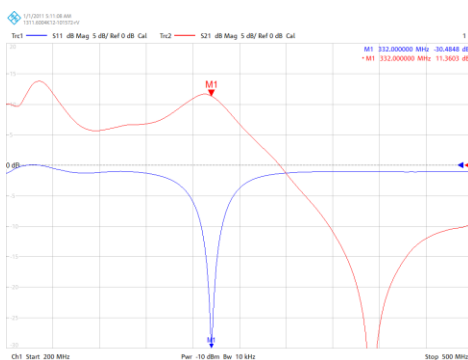




Gambar 9 Hasil pabrikan LNA multi stage

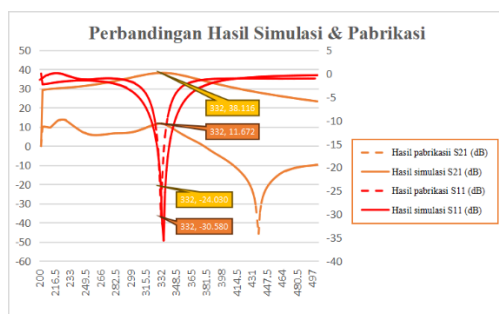
### 3.8 Pengujian dan validasi

Proses pengujian atau pengukuran terhadap rangkaian *Low Noise Amplifier* (LNA) yang telah dipabrikan dilakukan secara sistematis melalui serangkaian tahapan yang saling berkesinambungan. Setiap tahapan dirancang untuk memastikan bahwa perangkat diuji secara menyeluruh terhadap parameter-parameter utama kinerja, seperti *gain* ( $S_{11}$ ) dan *input return loss* ( $S_{21}$ ), yang diukur pada frekuensi kerja *single-band* sebesar 332 MHz.



Gambar 10 Hasil pengukuran S21 dan S11 menggunakan *Vector Network Analyzer*

Rangkaian yang telah dipabrikan kemudian diuji menggunakan perangkat pengukuran *network analyzer* untuk mengetahui parameter S secara nyata. Hasil pengukuran dibandingkan dengan hasil simulasi dan ditampilkan pada grafik berikut.



Gambar 11 Grafik perbandingan hasil simulasi dan pabrikan

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa meskipun nilai *return loss* masih dalam batas spesifikasi teknis ( $< -10$  dB), terdapat penurunan signifikan pada nilai *gain* ( $S_{21}$ ), yakni hanya mencapai 11,360 dB. Selisih tersebut mengindikasikan adanya penurunan performa saat implementasi fisik dibandingkan dengan simulasi.

### 3.9 Analisis Penyebab Perbedaan Gain

Perbedaan antara simulasi dan pengukuran dijelaskan melalui analisis teknis berikut:

- Variasi  $\epsilon_r$  FR-4 sebesar  $\pm 0,2-0,3$  menyebabkan pergeseran impedansi dan titik resonansi jaringan *matching*.
- Toleransi komponen SMD ( $\pm 5-10\%$ ) menghasilkan pergeseran nilai induktansi/kapasitansi yang memengaruhi frekuensi kerja.
- Parasitik soldering* dan *pad* memberikan tambahan induktansi 0,6–1,2 nH serta kapasitansi 0,2–0,4 pF.
- Rugi jalur PCB FR-4 sekitar 0,25–0,35 dB/inci menyebabkan penurunan gain akumulatif.
- Skin effect* meningkatkan resistansi jalur tembaga pada frekuensi tinggi, sehingga mengurangi efisiensi penguatan.

Analisis kuantitatif ini menunjukkan bahwa penurunan gain merupakan dampak gabungan dari faktor fabrikasi dan non-idealitas komponen.

## 4. PENUTUP

### 4.1. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan merealisasikan *Low Noise Amplifier* dua tingkat penguatan untuk meningkatkan sinyal antenna *nearfield* pada sistem ILS *Glide Path*. Hasil simulasi menunjukkan kinerja optimal dengan gain tinggi, *return loss* rendah, *noise figure* rendah, dan stabilitas baik. Pengujian prototipe menunjukkan penurunan gain dibandingkan simulasi, yang disebabkan oleh faktor fabrikasi, toleransi komponen, dan efek parasitik. Meskipun demikian, LNA tetap mampu meningkatkan sinyal lemah sehingga dapat digunakan sebagai solusi pengganti modul monitor yang rusak.

### 4.2. Saran

Saran disusun berdasarkan temuan penelitian yang telah dibahas. Perlu dilakukan optimalisasi lebih lanjut melalui peningkatan kualitas fabrikasi, pemilihan substrat dengan karakteristik dielektrik yang lebih stabil, serta penggunaan komponen pasif dengan toleransi rendah dan faktor-

Q tinggi. Selain itu, pengujian di lingkungan operasional nyata sangat direkomendasikan untuk mengukur keandalan sistem secara praktis. Pengembangan menuju desain LNA *multi-band* juga menjadi langkah strategis untuk memperluas cakupan aplikasinya dalam mendukung sistem navigasi udara lain seperti ILS *Localizer* dan VOR.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Capretti, A. (2008) ICAO Annex 10 and Doc 8071: current status and planned developments Presentation overview.
- Das, T. and Semiconductor, F. (2013) Practical Considerations for Low Noise Amplifier Design Freescale Semiconductor White Paper Practical Considerations for Low Noise Amplifier Design.
- Elizabeth Rindi Novitri and Eriyandi (2024) 'Analysis of Alarm in Near Field Monitor ILS Thales 421 at AirNav Semarang Branch', Journal of Electrical, Electronics and Informatics, 8(2).
- Hager, E. et al. (2021) 'Modeling and Analysis of High-Q Resonant-Fin Transistors', IEEE Transactions on Electron Devices, 68(9), pp. 4780–4786. Available at: <https://doi.org/10.1109/TED.2021.3097302>.
- Kesehatan STIKES Bethesda Yakkum Yogyakarta, J. et al. (2024) 'METODE PENELITIAN EKSPERIMENTAL', Jurnal Kesehatan, 11(2).
- Khayrullin, R. (2021) 'Methods and models of calibration of vector network analyzers', Journal of Physics: Conference Series, 1921(1), p. 012122. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1921/1/012122>.
- Martins, J.N.R. et al. (2021) 'Evaluation of Design, Metallurgy, Microhardness, and Mechanical Properties of Glide Path Instruments: A Multimethod Approach', Journal of Endodontics, 47(12), pp. 1917–1923. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.09.003>.
- Ouerghemmi, S., Fakhfakh, A. and Derbel, F. (2025) 'A Low-Power 868 MHz BJT-Based LNA with Microstrip Matching for Wake-Up Receivers in IoT Applications', Electronics, 14(12), p. 2429. Available at: <https://doi.org/10.3390/electronics14122429>.
- Priyanka, C., Ratnam, D.V. and Santosh G, S.K. (2021) 'A Review on design of low noise amplifiers for global navigational satellite system', AIMS Electronics and Electrical Engineering, 5(3), pp. 206–228. Available at: <https://doi.org/10.3934/electreng.2021012>.
- Qu, C. (2018) 'Brief Introduction of a New Kind of Glide Path Antenna', Open Journal of Antennas and Propagation, 06(03), pp. 60–72. Available at: <https://doi.org/10.4236/ojapr.2018.63006>.
- Rahal, M. et al. (2023) 'Performance of RIS-aided near-field localization under beams approximation from real hardware characterization', Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. Available at: <https://doi.org/10.1186/s13638-023-02294-9>.
- ScholarWorks, U., Graduate Theses, U. and Alvarez Arellano, P. (2018) A Power Constrained 433-MHz Low Noise Amplifier. Available at: <https://scholarworks.uark.edu/etd/3598>.
- Teknik, J. et al. (2021) 'Alarm pada Clearance Executive Monitor Instrument Landing System (ILS) Glide Path 36 PERUM LPPNPI Kantor Cabang Manado Alarm on Clearance Executive Monitor Instrument Landing System (ILS) Glide Path 36 PERUM LPPNPI Manado Branch Office', Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi, 4.
- Wang, S. et al. (2022) 'Design of a Differential Low-Noise Amplifier Using the JFET IF3602 to Improve TEM Receiver', Micromachines, 13(12). Available at: <https://doi.org/10.3390/mi13122211>.
- Yichuang Sun and Fidler, J.K. (2023) 'Design of  $\Pi$  impedance matching networks', in Proceedings of IEEE International Symposium on Circuits and Systems - ISCAS '94. IEEE, pp. 5–8. Available at: <https://doi.org/10.1109/ISCAS.1994.409286>.