

# ANALISIS *SIGNAL TO NOISE RASIO* PADA SISTEM PENSTABIL SISTEM DAN PENERIMA SUMBER CAHAYA LASER He-Ne

Wiwis Sasmitaninghidayah

**Abstrak:** Telah dilakukan penstabilan sumber cahaya laser He-Ne berdasarkan pada sistem optis. Sistem optis ini terdiri dari polarisator, pelat  $\lambda/4$ , analisator, fotodetektor dan multimeter digital. Variasi dilakukan dengan penggunaan satu pelat  $\lambda/4$  dan dua pelat  $\lambda/4$ . Sudut cepat retardasi pada masing-masing pelat  $\lambda/4$  divariasikan dengan sudut  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $-30^\circ$ ,  $-45^\circ$ ,  $-60^\circ$ , dan  $-90^\circ$ . Hasil analisis nilai SNR menunjukkan bahwa sistem yang memiliki tingkat kestabilan paling tinggi pada Tingkat kestabilan sistem dilihat dari nilai analisis SNR dari tegangan keluaran fotodetektor. Eksperimen menunjukkan bahwa sistem penstabil yang paling efektif adalah sistem penstabil satu pelat  $\lambda/4$  pada sudut pelat  $\lambda/4$   $60^\circ$ . Sistem pada keadaan ini memiliki tingkat kestabilan dalam jangka waktu pengukuran 113 sekon sebesar  $41,0403 \pm 0,0328$  dB, dengan simpangan terhadap tegangan awal sebesar 0,025 mV. Sehingga selama pengukuran nilai intensitas laser He-Ne yang diterima fotodetektor memiliki nilai yang mendekati konstan, yaitu pada angka  $34,786 \pm 0,025$  mV.

**Kata Kunci:** Metode penstabil Laser He-Ne, pelat  $\lambda/4$ , dan *Analisis Signal to Noise Rasio*

## PENDAHULUAN

Penggunaan sumber cahaya laser He-Ne yang stabil diharapkan menghasilkan output dengan tingkat kesalahan minimal. Beberapa penelitian yang terkait dengan penstabilan berkas laser He-Ne antara lain: iodine penstabil laser He-Ne pada MRI dengan menambahkan sel iodine pada laser MRI3 [1], metode pengukuran optis dengan menggunakan sel bragg [2], respon suhu polarisator sebagai penstabil laser He-Ne dengan menggunakan variasi temperatur [3], *integrated acoustooptic heterodyne* interferometer dalam  $\text{LiNbO}_3$  dengan menggunakan isolator

optis [4], dua sumbu *scanning* laser vibrometer untuk teknik pengukuran dengan menggunakan *deflector acusto-optic* [5], vibrasi otomatis model bertingkat menggunakan *scanning* laser doppler vibrometer dengan menggunakan transmitter [6], identifikasi sumber akustik menggunakan laser doppler vibrometer dengan menggunakan modifikasi interferometer Mach-Zender [7], karakterisasi aliran menggunakan laser doppler vibrometer dengan modifikasi interferometer Mach-Zender dalam medium [8], dan desain dan fabrikasi laser vibrometer [9]. Penelitian di atas memakai cara yang

berbeda-beda dalam menstabilkan sumber cahaya yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa penstabilan sumber cahaya sangat penting dilakukan dalam pengurangan efek pemantulan cahaya dan diharapkan dapat meminimalkan kesalahan dalam penelitian.

SNR merupakan perbandingan sinyal yang diterima dengan noise yang diterima fotodetektor dan dinyatakan dalam decibels. SNR didefinisikan sebagai

$$SNR = \frac{\text{Daya Sinyal}}{\text{Total Daya Noise}} \quad (1)$$

Umumnya dituliskan dalam satuan dB sebagai

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{P(\text{sinyal})}{P(\text{derau})} \quad (dB) \quad (2)$$

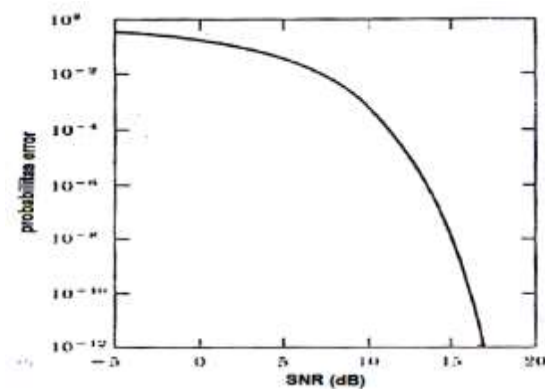
atau

$$\frac{S}{N} = 20 \log \frac{v(\text{sinyal})}{v(\text{derau})} \quad (3)$$

SNR merupakan parameter penting untuk mengukur kualitas informasi dalam sinyal. Gambar 1 menggambarkan hubungan antara nilai SNR dengan kemungkinan error sinyal. Sistem tertentu dapat memiliki kemungkinan error  $10^{-9}$  atau kurang dari  $10^{-9}$  jika nilai SNR yang dihasilkan 16 dB atau lebih besar.

Penelitian desain dan fabrikasi laser vibrometer berbasis interferometer sebagai sensor getaran menggunakan laser He-Ne sebagai sumber cahaya dan

memerlukan pengembangan metode penstabil laser He-Ne untuk menstabilkan sumber cahaya yang digunakan. Oleh karena itu, pengembangan metode penstabilan sistem dan penerima sumber cahaya laser He-Ne dilakukan untuk memperoleh sumber cahaya yang stabil.



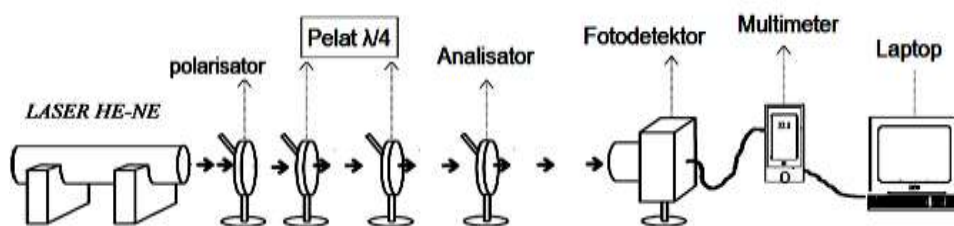
Gambar 1. Probabilitas error dalam *binary decisions* fungsi SNR (Jones, 1988)

## METODE

### Perancangan Alat

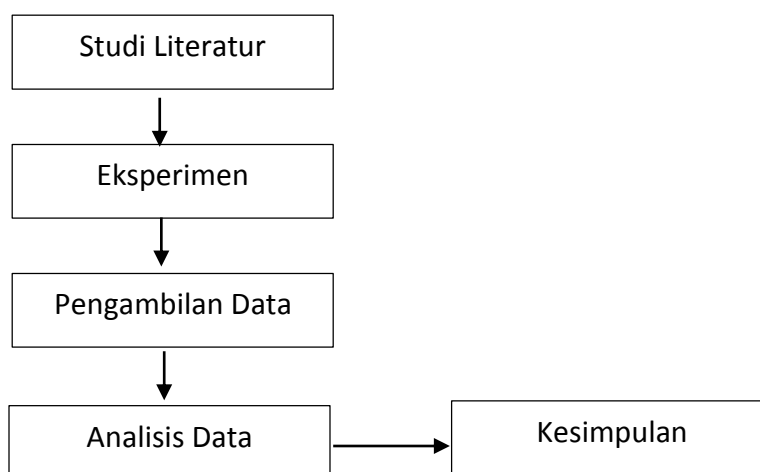
Peralatan yang digunakan dalam penelitian pengembangan penstabil Laser He-Ne ini disusun seperti gambar 2. Sumber cahaya laser He-Ne menghasilkan berkas laser yang kemudian dilewatkan polarisator. Polarisator ditentukan pada sumbu  $0^\circ$ , sehingga berkas terpolarisasi vertikal. Berturut-turut berkas kemudian dilewatkan pada pelat  $\lambda/4$  yang divariasikan sudutnya pada sudut  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $-30^\circ$ ,  $-45^\circ$ ,  $-60^\circ$ , dan  $-90^\circ$  dan kemudian

dilewatkan ke analisator yang ditangkap oleh fotodetektor yang ditentukan pada sudut 90°. Berkas dihubungkan dengan multimeter.



Gambar 2. Desain alat

### Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Data hasil eksperimen dianalisis dengan menggunakan program Matlab 7.0 untuk mengetahui daya sinyal dan daya noise. Kedua daya output ini digunakan untuk menentukan stabil atau tidaknya sistem yang diuji, berdasarkan persamaan 1 atau 2.

Tinggi rendah nilai SNR menentukan kualitas sinyal dan noise yang ditangkap fotodetektor. Semakin tinggi nilai SNR maka sistem yang diuji menghasilkan sinyal yang tingkat

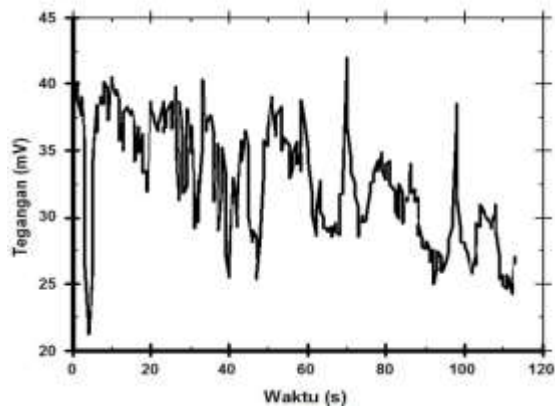
kestabilannya tinggi, demikian pula sebaliknya, apabila SNR yang diperoleh bernilai rendah, maka kemampuan penstabilan sistem yang diuji rendah.

### HASIL PENELITIAN

#### Data Hasil Eksperimen

##### a. Berkas Laser tanpa Sistem Penstabil

Berkas laser tanpa sistem penstabil menghasilkan distribusi tegangan seperti tampak pada gambar 4.



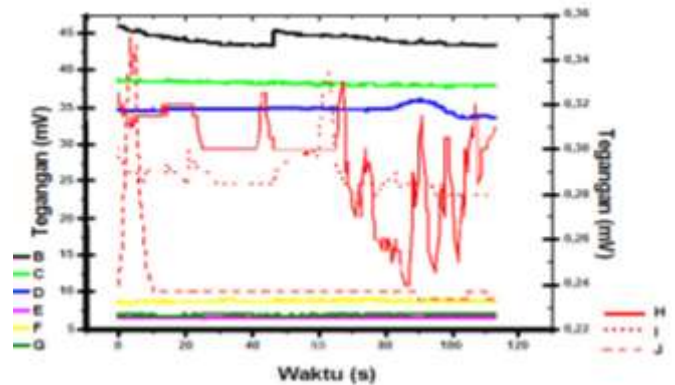
Gambar 4. Sinyal Laser He-Ne tanpa Sistem Penstabil

Berkas laser He-Ne yang diterima fotodetektor tanpa menggunakan sistem penstabil diperoleh seperti gambar 4. Gambar ini menunjukkan bahwa berkas laser He-Ne memiliki nilai intensitas yang berubah-ubah setiap waktu. Sistem penstabil digunakan diharapkan dapat menstabilkan berkas laser He-Ne, dengan nilai intensitas mendekati konstan pada setiap waktu.

#### b. Berkas Laser pada Sistem Penstabil Satu Pelat $\lambda/4$

Eksperimen menggunakan satu pelat  $\lambda/4$  sebagai sistem penstabil menghasilkan data hasil pengamatan seperti gambar 5. Intensitas berkas Laser He-Ne yang ditangkap fotodetektor pada penggunaan satu pelat  $\lambda/4$  sebagai sistem penstabil diperoleh seperti gambar 5. Gambar 5 menunjukkan bahwa intensitas laser He-Ne dengan menggunakan satu

pelat  $\lambda/4$  sebagai sistem penstabil memiliki tingkat kestabilan lebih tinggi dibandingkan dengan berkas laser He-Ne tanpa sistem penstabil. Tingkat kestabilan ini diuji lebih mendalam dengan menggunakan nilai SNR dan *error*.



Gambar 5. Tegangan Laser He-Ne pada Sistem Penstabil Satu Pelat  $\lambda/4$ ; sudut pelat B: 30°; C: 45°; D: 60°; E: -30°; F: 45°; G: -60°; H: 0°; I: 90°, dan J: -90°.

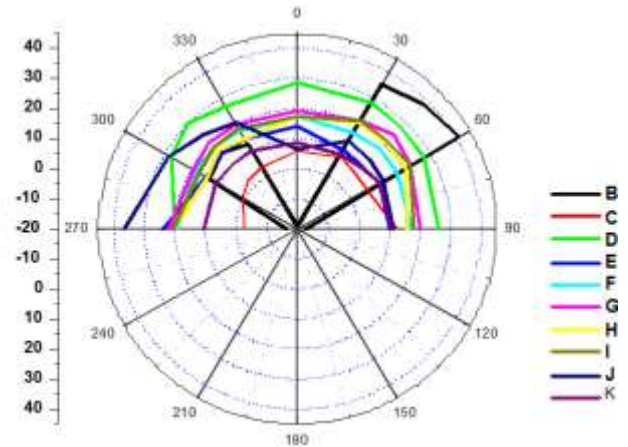
#### c. Berkas Laser dengan Sistem Penstabil Dua Pelat $\lambda/4$

Hasil Eksperimen dengan sistem penstabil dua pelat  $\lambda/4$  menunjukkan bahwa intensitas berkas laser He-Ne yang diterima fotodetektor memiliki tingkat kestabilan lebih tinggi daripada intensitas berkas laser He-Ne yang dilewatkan pada sistem penstabil satu pelat  $\lambda/4$ . Sistem penstabil dua pelat  $\lambda/4$  menggunakan dua pelat  $\lambda/4$  yang divariasikan sudutnya sebagai perangkat penstabilan berkas laser He-Ne. Kombinasi sudut pada 2 pelat  $\lambda/4$  diharapkan dapat menghasilkan efek penstabilan yang lebih besar. Kombinasi

sudut pada pelat  $\lambda/4$  pertama 0 dan sudut pelat  $\lambda/4$  kedua pada sudut  $60^\circ$  dan  $270-330^\circ$ , serta kombinasi sudut pelat  $\lambda/4$  pertama pada sudut  $300^\circ$  dan pelat  $\lambda/4$  kedua pada sudut  $60-90^\circ$ , memiliki tingkat kestabilan lebih tinggi dibandingkan dengan kombinasi sudut lain. Namun, tingkat kestabilan yang teramati dari Gambar hubungan tegangan keluaran fotodetektor dengan waktu pengambilan data pada data diatas diuji lebih dalam melalui analisis SNR.

**Analisis SNR**

Tingkat kestabilan yang diperoleh diuji dengan nilai SNR untuk mendapatkan kombinasi sudut pelat  $\lambda/4$  yang memiliki tingkat kestabilan paling tinggi. Semakin tinggi nilai SNR menunjukkan bahwa sinyal yang diterima fotodetektor memiliki *noise* yang rendah. Nilai SNR dari masing-masing sistem penstabil disajikan dalam gambar 6, menyatakan bahwa sistem penstabil yang tersusun dari polarisator, pelat  $\lambda/4$ , dan analisator memiliki *output* berkas laser He-Ne yang memiliki tingkat kestabilan lebih tinggi daripada berkas laser tanpa sistem penstabil. Analisis Nilai SNR disajikan pada tabel 1 dan table 2.



Gambar 6. Nilai SNR, B:1 pelat Nilai SNR, B: 1 pelat $\lambda/4$ ; 2 pelat  $\lambda/4$  pada C :  $0^\circ$ ,  $\rho$ ; D :  $30^\circ$ ,  $\rho$ ; E:  $45^\circ$ ,  $\rho$ ; F:  $60^\circ$ ,  $\rho$ ; G:  $90^\circ$ ,  $\rho$ ; H:  $330^\circ$ ,  $\rho$ ; I:  $315^\circ$ ,  $\rho$ ; J:  $300^\circ$ ,  $\rho$ ; K :  $270^\circ$ ,  $\rho$ .

Tabel 1. Nilai SNR pada Sistem Penstabil dengan Satu Pelat  $\lambda/4$

No.	$\rho$ ( $^\circ$ )	SNR (dB)
1.	90	-17,0784
2.	60	41,0403
3.	45	38,6464
4.	30	35,0494
5.	0	-18,6664
6.	-30	12,0613
7.	-45	15,2629
8.	-60	12,6382
9.	-90	-16,8646

Sudut  $60^\circ$  pada pelat  $\lambda/4$  dapat mengurangi efek refleksi berkas laser lebih baik daripada sudut yang lain dengan nilai SNR 41,0403. Sudut  $45^\circ$  menempati urutan kedua dengan nilai SNR 38,6464. Parvitte<sup>(10)</sup> menggunakan nilai SNR sebagai salah satu cara untuk menentukan tingkatan noise pada Sistem *Heterodyne* Laser Infra Merah.

**Tabel 2.** Nilai SNR pada sistem penstabil dua pelat  $\lambda/4$ 

$\rho_1(^{\circ})$	$\rho_2(^{\circ})$	SNR (dB)	$\rho_1(^{\circ})$	$\rho_2(^{\circ})$	SNR (dB)
0	90	12.8299	90	-45	20.6097
	60	6.5782		-60	19.2366
	45	6.5319		-90	21.7173
	30	7.6314	-30	90	16.3394
	0	5.5574		60	20.5802
	-30	3.8218		45	20.2535
	-45	2.6431		30	20.3131
	-60	0.4071		0	17.3736
	-90	-2.7882		-30	14.7470
30	90	26.1652	-30	-45	16.6097
	60	28.0729		-60	13.2366
	45	27.6942		-90	20.7173
	30	28.4279	-45	90	18.1770
	0	28.4189		60	22.2456
	-30	26.8820		45	21.5351
	-45	29.9837		30	21.3222
	-60	27.6332		0	17.2626
	-90	19.7949		-30	18.0122
45	90	10.1697	-60	-45	18.5294
	60	10.9926		-60	16.5592
	45	9.6259		-90	20.8392
	30	10.0436	-90	90	11.3933
	0	13.8702		60	12.3160
	-30	14.5042		45	13.0388
	-45	14.4499		30	13.7162
	-60	14.9205		0	6.7759
	-90	24.1209		-30	20.2719
60	90	17.5568	-90	-45	23.6714
	60	17.6445		-60	28.3079
	45	17.8679		-90	36.6812
	30	16.5402	-90	90	10.6283
	0	17.2478		60	10.6283
	-30	17.2700		45	10.5340
	-45	18.3683		30	8.9516
	-60	18.4843		0	8.6309
	-90	19.0408		-30	10.0239
90	90	19.7480	-90	-45	10.1518
	60	22.5654		-60	10.5492
	45	23.9044		-90	10.5686
	30	21.5360			
	0	19.2080			
	-30	19.9027			

## KESIMPULAN

Pelat  $\lambda/4$  dapat menstabilkan intensitas berkas laser He-Ne yang diterima oleh fotodetektor. Tingkat

kestabilan sistem dilihat dari nilai analisis SNR dari tegangan keluaran fotodetektor. Eksperimen menunjukkan bahwa sistem penstabil yang paling

efektif adalah sistem penstabil satu pelat  $\lambda/4$  pada sudut pelat  $\lambda/4$   $60^\circ$ . Sistem pada keadaan ini memiliki tingkat kestabilan dalam jangka waktu pengukuran 113 sekon sebesar  $41,0403 \pm 0,0328$  dB, dengan simpangan terhadap tegangan awal sebesar 0,025 mV. Sehingga selama pengukuran nilai intensitas laser He-Ne yang diterima fotodetektor memiliki nilai yang mendekati konstan, yaitu pada angka  $34,786 \pm 0,025$  mV.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hu, J., Ahola, T., dan Ikonen, E. (1995), "Development of Iodine Stabilized He-Ne Lasers at MRI", *Measurement*, Vol.16, hal.187-193.
- [2] Varaic, P., dan Cretin, B. (1996), "New Structures for Heterodyne Interferometric Probes using Double-Pass", *Optics Communications*, 132, 19-23.
- [3] Mäkinen, J., dan Ståhlberg, B. (1998), "Long-Term Frequency Stability and Temperature Response Of a Polarization-Stabilized He-Ne Laser", *Measurement*, Vol. 24, hal. 179-185.
- [4] Rubiyanto, A. (2002), *Integriet akustooptisches Heterodyn interferometer in LiNbO<sub>3</sub>*, Desertasi Doktorat, Paderborn University, Paderborn.
- [5] Venkatakrisnan, K., Tan, B., dan Ngoi, B.K.A. (2002), "Two-Axis-Scanning Laser Doppler Vibrometer for Precision Engineering", *Optics and Lasers in Engineering*, 38, 153-171.
- [6] Vanlanduit, S., Cauberghe, B., Guillaume, P., dan Verboven, P. (2003), "Automatic Vibration Mode Tracking using a Scanning Laser Doppler Vibrometer", *Optics and Lasers in Engineering*, 42, 315-326.
- [7] Vanherzeele, Joris., et. al. (2006), "Flow Characterization using a Laser Doppler Vibrometer", *Optics and Lasers in Engineering*, 45, 19-26.
- [8] Vanherzeele, J., Vanlanduit, S., dan Guillaume, P. (2006), "Acoustic Source Identification using a Scanning Laser Doppler Vibrometer", *Optics and Lasers in Engineering*, 45, 742-749.
- [9] Rubiyanto, A. (2009), *Desain dan Fabrikasi Laser Vibrometer Berbasis Interferometer sebagai Sensor Getaran*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [10] Parvitte, B., Zéninari, V., Thiébeaux, C., Delahaigue, A., dan Courtois, D. (2004), "Infrared laser heterodyne systems", *Spectrochimica Acta Part A*, Vol. 60, hal. 1193–1213.