

RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI POLA FRINJI UNTUK INTERFEROMETER MICHELSON

Eka Buanti*, Minarni, Walfred Tambunan

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia

*ekabuanti388@yahoo.com

ABSTRACT

Instrument used to precisely measure the wavelength of a laser light is known as a wavemeter. One of very important wavemeter parts is a fringe counting circuit. In this research a fringe counting circuit has been built and characterized using a Michelson Interferometer. The circuit system contained three parts i.e a current to voltage converter circuit for a photodiode, a TTL converter circuit, and a counting circuit. The circuits were characterized using two He-Ne laser with two different laser powers 1 mW and 5 mW which were used as the light source for a Pasco Michelson Interferometer. Two photodiodes with two different sensitive areas 100 mm^2 and 7.5 mm^2 were used. The research results showed that 1 mW Pudar He Ne laser resulted $2 \mu\text{A}$ for dark fringe and $8 \mu\text{A}$ for bright fringe when using 7.5 mm^2 photodiode active area, then $3 \mu\text{A}$ for dark fringe and $400 \mu\text{A}$ for bright fringe when using 100 mm^2 photodiode. The results for Meredith He Ne laser resulted $2 \mu\text{A}$ for dark fringe and $14 \mu\text{A}$ for bright fringe when using 7.5 mm^2 photodiode, then $50 \mu\text{A}$ for dark fringe and $8000 \mu\text{A}$ for bright fringe when using 100 mm^2 photodiode. The I to V converter which was designed produced voltage bigger than 5 V when using 100 mm^2 photodiode. The counter circuit resulted 3.2 V TTL signal output for 200 mV TTL signal input with the same frequency.

Keywords: Wavemeter, Michelson interferometer, fringe pattern, fringe counting circuit

ABSTRAK

Alat yang digunakan untuk mengukur panjang gelombang sinar laser secara akurat dikenal sebagai *wavemeter*. Salah satu bagian *wavemeter* yang sangat penting adalah rangkaian penghitung pola frinji. Dalam penelitian ini, rangkaian penghitung pola frinji telah dibangun dan dikarakterisasi menggunakan Interferometer Michelson. Sistem deteksi pola frinji terdiri dari tiga bagian, yaitu rangkaian pengubah arus menjadi tegangan (*I to V converter*) untuk fotodiode, rangkaian konverter TTL, dan rangkaian *counter*. Rangkaian-rangkaian ini dikarakterisasi menggunakan dua laser He-Ne dengan daya laser yang berbeda, yaitu sebesar 1 mW dan 5 mW, dan menggunakan fotodiode dengan dua daerah sensitif yang berbeda yaitu 100 mm^2 dan 7.5 mm^2 . Pola frinji diperoleh menggunakan Interferometer Michelson merk Pasco. Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa laser He-Ne merek Pudar dengan daya 1 mW menghasilkan $2 \mu\text{A}$ untuk frinji gelap dan $8 \mu\text{A}$ untuk frinji terang ketika menggunakan fotodiode dengan daerah sensitif 7.5 mm^2 , kemudian menghasilkan $3 \mu\text{A}$ untuk frinji gelap dan $400 \mu\text{A}$ untuk frinji terang ketika menggunakan fotodiode 100 mm^2 . Hasil pengukuran untuk laser He Ne merek Meredith dengan daya 5 mW menghasilkan $2 \mu\text{A}$ untuk frinji gelap

dan 14 μA untuk frinji terang ketika menggunakan fotodioda 7.5 mm^2 , kemudian menghasilkan 50 μA untuk frinji gelap dan 8000 μA untuk frinji terang ketika menggunakan fotodioda 100 mm^2 . Rangkaian *I to V converter* yang dibuat menghasilkan tegangan keluaran besar dari 5 V ketika menggunakan fotodioda 100 mm^2 . Rangkaian *counter* menghasilkan sinyal keluaran TTL sebesar 3,2 V untuk sinyal TTL masukan 200 mV dengan frekuensi yang sama.

Kata Kunci : *Wavemeter*, Interferometer Michelson, Pola Frinji, Rangkaian penghitung pola frinji

PENDAHULUAN

Laser merupakan sumber cahaya koheren dan monokromatik, sifat koheren terjadi karena adanya kesamaan fase dan sifat monokromatik terjadi karena adanya kesamaan frekuensi sehingga menghasilkan intensitas cahaya yang sangat tinggi dan energinya terpusat. Secara umum berdasarkan medium penguatnya, laser terdiri dari beberapa jenis yaitu laser zat padat, laser zat cair, laser gas, dan laser semikonduktor (Pikatan, 1991).

Salah satu jenis laser yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi adalah laser semikonduktor atau laser dioda. Laser dioda banyak digunakan dalam bidang industri seperti *scanner* laser, *printer* laser, pembaca harga dan *DVD player*. Saat ini, secara komersial laser dioda tersedia dengan berbagai ukuran, dimana panjang gelombangnya dapat dipilih (*tunable*) dan dengan harga yang relatif murah bergantung pada panjang gelombang dan daya lasernya (Minarni, 2009).

Beberapa cara dapat digunakan untuk mengukur panjang gelombang cahaya laser, salah satunya menggunakan Interferometer Michelson. Pada umumnya Interferometer Michelson paling banyak digunakan untuk mengukur panjang gelombang cahaya

laser karena lebih teliti dan tingkat keakuratannya tinggi (Potuluri *et al.*, 2004). Sistem yang lengkap digunakan untuk mengukur panjang gelombang cahaya laser sering disebut *Wavemeter*. *Wavemeter* merupakan perangkat optik yang digunakan untuk mengukur panjang gelombang cahaya laser dari sumber yang koheren dengan panjang gelombang yang dapat diubah (*tunable*). Pengukuran panjang gelombang dengan wavemeter terdiri dari berbagai cara tergantung tingkat ketelitian yang diinginkan (Fox *et al.*, 1999).

Pada penelitian ini, sistem deteksi pola frinji untuk Interferometer Michelson didesain dan dibuat menggunakan sebuah fotodioda sebagai detektor, sebuah rangkaian pengubah arus menjadi tegangan (I to V), satu rangkaian konverter yang mengubah sinyal analog menjadi digital, dan satu rangkaian *counter*. Fotodioda digunakan sebagai sensor cahaya untuk menangkap cahaya foton dari pola terang gelap (frinji). Pola frinji yang dihasilkan dari hasil interferensi diubah oleh fotodioda menjadi sinyal listrik. Pergeseran pola frinji tersebut dapat dihitung menggunakan rangkaian pencacah (*counter*). Karakterisasi tegangan keluaran setiap rangkaian dianalisa.

METODE PENELITIAN

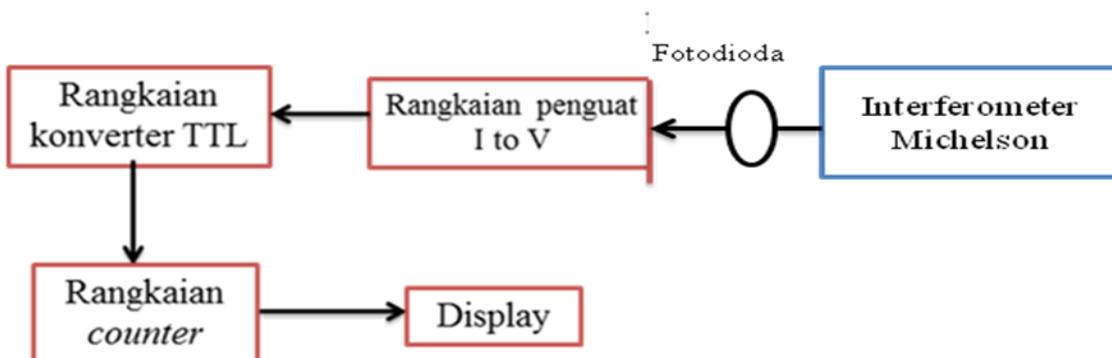
Penelitian ini menggunakan Interferometer Michelson merk Pasco untuk menguji dan mengkarakterisasi sistem deteksi pola frinji yang dibuat menggunakan sebuah fotodioda sebagai detektor, rangkaian pengubah arus menjadi tegangan (I to V) dari fotodioda, rangkaian konverter TTL yang mengubah sinyal analog menjadi digital, dan rangkaian penghitung perubahan pola frinji (*fringe counter*) seperti ditunjukkan pada gambar 1. Rangkaian pengubah arus menjadi tegangan dibuat berdasarakan rangkaian Burr Brown (1995), rangkaian TTL konverter dan *counter* berdasarakan rangkaian Digangi (2006). Sumber cahaya yang digunakan adalah laser He-Ne merk Meredith Instrument Inc dengan daya maksimal sebesar 5 mW dan laser He-Ne merk Pudak dengan daya sebesar 1 Mw.

Gambar 1 menunjukkan sistem deteksi pola frinji dihasilkan interferometer Michelson merk Pasco model OS 801 mengenai fotodioda dan diteruskan pada rangkaian pengubah arus menjadi tegangan, selanjutnya diteruskan lagi pada rangkaian konverter TTL yang terdiri dari 2 op-amp, op-amp

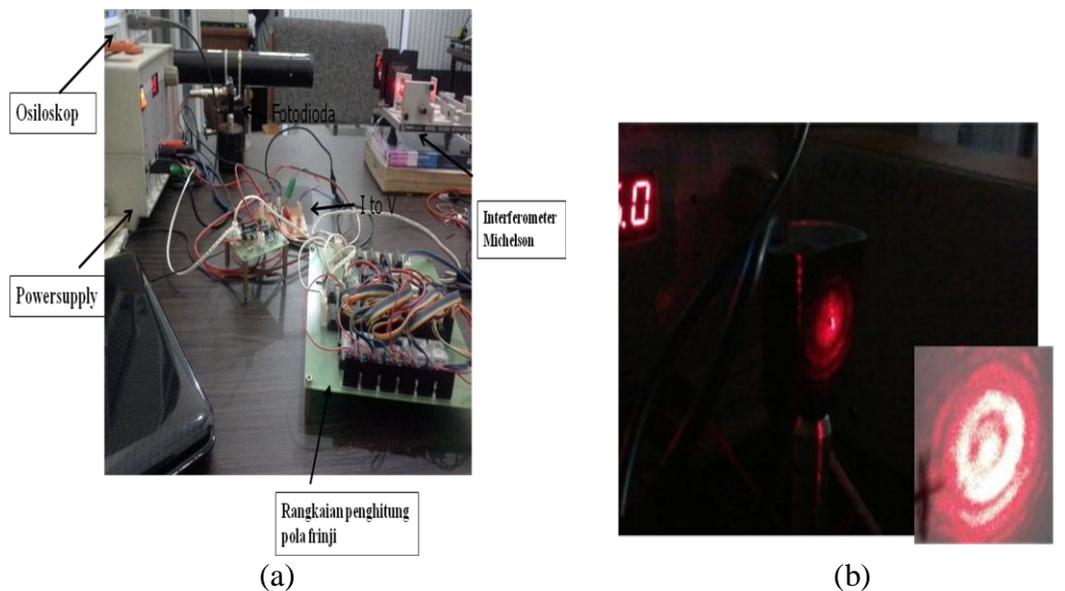
pertama berfungsi memperkuat sinyal pola frinji sinusoida sedangkan yang kedua berfungsi sebagai pembanding atau komperator untuk menghasilkan TTL pulsa. Sinyal keluaran dari TTL konverter dibaca oleh rangkaian *counter*. Keluaran masing-masing rangkaian dikarakterisasi menggunakan osiloskop dan sinyal keluaran dari fotodioda yang berupa arus diukur menggunakan multitester atau amperemeter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem deteksi pola finji untuk Interferometer Michelson telah berhasil dibuat dan dikarakterisasi. Sistem ini diuji menggunakan Interferometer Michelson merk Pasco untuk menghasilkan pola frinji. Karakterisasi pola frinji menggunakan dua fotodioda, yaitu fotodioda merek Edmund optik dan fotodioda merek Element 14 dengan luas area sensitivitas yang berbeda masing-masing sebesar 100 mm^2 dan $7,5 \text{ mm}^2$. Gambar 2a menunjukkan skema pengujian rangkaian penghitung pola frinji dengan Interferometer Michelson. Pola frinji yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2b.



Gambar 1. Skema alat untuk menghitung keluaran pola frinji dari fotodioda.



Gambar 2. Skema pengujian rangkaian penghitung pola frinji dengan Interferometer Michelson (a) dan pola frinji yang dihasilkan (b).

Karakterisasi pola frinji dilakukan dengan menutup fotodioda dengan selotip berlubang yang berdiameter sama, yaitu 3 mm. Karakterisasi pola frinji menggunakan fotodioda Edmund menghasilkan arus yang lebih besar dibandingkan dengan fotodiopda Element 14 karena sensitivitasnya lebih besar. hanya saja pada fotodioda Element14 yang ditutupi selotip dengan ukuran lubang 3 mm, besarnya pola terang lebih besar dari diameter daerah

sensitifnya sehingga sebagian pola terang tidak terekam oleh fotodioda tersebut.

Kedua hasil konversi pola terang gelap ke arus menjadi sinyal masukan dari rangkaian pengubah arus menjadi tegangan (*I to V converter*) dan selanjutnya menjadi sinyal masukan untuk rangkaian konverter TTL. Karakterisasi pola frinji ditunjukkan pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 1. Karakteristik optik dan listrik dari pola frinji yang dihasilkan

| Laser yang digunakan | Daya (mW) | | Arus Fotodioda (mA) | | | |
|----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|-------|------------------|-------|
| | Sebelum Interferometer | Sebelum Fotodioda | Fotodioda Element14 | | Fotodioda Edmund | |
| | | | Terang | Gelap | Terang | Gelap |
| He Ne MerkPudak | 0,072 | 0,018 | 0,008 | 0,002 | 0,4 | 0,003 |
| He Ne Merk Meredith | 4,32 | 3,5 | 0,014 | 0,002 | 8,0 | 0,05 |

Tabel 2. Karakteristik rangkaian *I to V converter* dengan memvariasikan nilai resistansi Rf untuk IC LM741 dan AD8031.

| Rf (kΩ) | Tegangan keluaran | |
|---------|-------------------|-----------|
| | IC LM741 | IC AD8031 |
| 1 | 4,6 mV | 5,80 V |
| 10 | 48 mV | 4,80 V |
| 100 | 3,92 V | 5,20 V |

Tabel 2 menunjukkan hasil karakterisasi rangkaian *I to V converter* dengan memvariasikan nilai resistansi keluaran (Rf), yaitu 1 kΩ, 10 kΩ, dan 100 kΩ. Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran untuk karakterisasi rangkaian pengubah arus menjadi tegangan (*I to V converter*) dengan menggunakan dua jenis IC yang berbeda tingkat sensitifitasnya, yaitu IC LM741 dan IC AD8031, sinyal yang dihasilkan oleh IC LM741 lebih sensitif dibanding IC AD8031.

Pengujian rangkaian *counter* menggunakan sinyal generator dilakukan dengan memvariasikan nilai frekuensi yang keluar dari TTL output dari sinyal generator dan menjadi masukan pada rangkaian *counter*. Sinyal keluaran yang dihasilkan dari rangkaian *counter* ditampilkan pada osiloskop. Sinyal generator yang digunakan pada rangkaian *counter* ini, adalah sebagai pengganti dari rangkaian TTL konverter. Hal ini dikarenakan arus yang dihasilkan pada fotodiode sangat kecil yaitu 0,014 mA dan menghasilkan sinyal keluaran pada rangkaian TTL konverter juga sangat kecil, sehingga tidak dapat mengoperasikan rangkaian *counter* secara maksimal.

Rangkaian *counter* dibangun menggunakan IC 74LS193 untuk menghitung jumlah sinyal TTL yang dihasilkan dari perubahan pola Sinyal keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian

counter pada IC 74LS193 menghasilkan sinyal tegangan keluaran sebesar 3,20 volt pada frekuensi 5 Hz atau 5 pulsa persekon untuk 200 mV TTL masukan, sedangkan tegangan masukan yang diperlukan agar rangkaian *counter* dapat beroperasi secara maksimum haruslah $\leq 5V$.

KESIMPULAN

Rangkaian penghitung pola frinji telah berhasil dibangun dan dikarakterisasi menggunakan Interferometer Michelson. Karakterisasi rangkaian konverter TTL dan rangkaian pengubah arus menjadi tegangan telah dilakukan dengan memvariasikan nilai resistansi keluaran (Rf). Karakterisasi rangkaian *counter* menggunakan sinyal generator dilakukan dengan memvariasikan nilai frekuensi *TTL output* dari sinyal generator dan menjadi masukan pada rangkaian *counter*. Penggunaan IC op-amp dengan *bandwidth* yang lebar diperlukan untuk sensitifitas deteksi perubahan pola frinji, disini IC LM741 lebih responsif dibanding IC AD8031. Nilai resistansi yang memberikan respon terbaik pada rangkaian *I to V converter* adalah 10 kΩ. Pada rangkaian *counter* IC 74LS193 menghasilkan sinyal tegangan keluaran sebesar 3,20 V pada frekuensi 5 Hz. Tegangan masukan yang diperlukan agar rangkaian *counter* dapat beroperasi secara maksimum haruslah $\leq 5 V$.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, B Inc. 1995. Photodiode be Amplifire Characterize Apply Bull AB075, pg 1-11.
- Digangi, J. P. 2006. Inexpensive Interferometer Wavemeter for Visible/NIR laser and revibronic spectrum of the A-X-2-1 Band of N_2^+ Utilizing Cavity Ringdown Spectroscopy, Thesis for Degree of Bachelor of Science. Chemistry Department University of illinoui.
- Fox, P.J *et al.*, 1998. Realiabile, compact and low cost Michelson wavemeter for laser wavelength measurement, Am. J. Phys. 67, pg 624-630.
- Minarni. 2009. *Laporan Penelitian Hibah Kompetensi*. Lembaga Penelitian, Universitas Riau.
- Potuluri, P *et al.*, 2004. Measurement-efficient Optical Wavemeters, Op.Soc. 67, 624-630, Optical Express, Vol 12, No 25, pp 6219-6229.
- Pikatan, S. 1991. Laser Seminar international. Fakultas Teknik. Universitas Ubaya.