

## Perancangan Sistem *Laser Based Automatic Tank Gauging* dengan Pelampung Serta Penggunaannya dalam Sistem Kontrol Ketinggian Cairan

Nina Margareth Theresia dan Endang Juliastuti

Program Studi Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung

Jalan Ganesha No 10 Bandung

Email : [nina.margareth@yahoo.com](mailto:nina.margareth@yahoo.com)

### Abstrak

Pada penelitian ini, dibuat suatu perangkat pengukur ketinggian cairan pada tangki secara otomatis dengan menggunakan *Laser Distance Meter* (LDM) dan pelampung. Perangkat ini dinamakan *Laser Automatic Tank Gauging* (LATG). Kelebihan LATG yaitu memiliki ketelitian sebesar 1-2mm dan waktu pengukuran yang cepat. Hal tersebut membuat LATG menjadi dapat digunakan untuk pengontrolan ketinggian cairan yang baik pada tangki. Pembuatan perangkat LATG dimulai dari menghubungkan LDM dengan LR4 *interface board* agar serial output dapat terbaca. Kemudian LDM dan LR4 *interface board* ini dihubungkan dengan mikrokontroler untuk mengirimkan dan menerima serial data. Selanjutnya data yang didapatkan diolah pada perangkat lunak Matlab<sup>TM</sup> dan dibuat tampilan antarmuka. Untuk pembuatan pelampung agar menghasilkan nilai pengukuran paling baik, maka dilakukan pengujian pada variasi warna pelampung, kekasaran permukaan pelampung dan intensitas cahaya lingkungan saat pengujian. Didapatkan bahwa pelampung yang menghasilkan nilai pengukuran terbaik yaitu pelampung dengan warna putih dan permukaannya paling halus, juga intensitas cahaya lingkungan yang kecil akan mengurangi noise dalam pengukuran.

*Kata kunci* : *automatic tank gauging, laser distance meter, pemantulan cahaya, pelampung, kontrol level.*

### Abstract

In this study an automatic device to measure the liquid level in a tank by using Laser Distance Meter (LDM) and a floating reflector was developed. This device is called Laser Automatic Tank Gauging (LTAG). This LTAG has 1-2 mm accuracy and a fast measurement time. Therefore, this LTAG can be used in a liquid level control system. The system was implemented by connecting LDM with LR4 serial output interface board. The board was connected to microcontroller for data acquisition. This data was processed and displayed through used interface programmed in Matlab software. In order to get a floating reflector that produce the most accurate measurement, some experiments were conducted on colors, surface's condition and ambient lighting condition. It was found that the best measurement is produced by floating reflector that of white color, smooth surface and low ambient lighting.

*Keywords* : *automatic tank gauging, laser distance meters, the reflectance of light, floating reflector, level control.*

## 1 Pendahuluan

Pengukuran ketinggian cairan pada tangki di industri sangatlah penting, karena ketelitian dari alat pengukuran dan waktu pengukuran yang cepat sangat dibutuhkan. Sejauh ini metode pengukuran ketinggian cairan yang digunakan oleh industri adalah menggunakan *diptape* dan ATG motor servo. Metode *diptape* dioperasikan secara manual sehingga ketelitiannya rendah dan memiliki kemungkinan *human error* yang tinggi adapun ATG motor servo dioperasikan secara otomatis namun pengukurannya membutuhkan waktu

yang lama dan memiliki ketelitian 2-3mm. Tak hanya itu, ATG motor servo juga membutuhkan perawatan yang rutin agar hasil pengukuran tetap akurat. Oleh karena itu, dibuatlah suatu sistem alat pengukur ketinggian cairan yang baru yaitu dengan menggunakan *Laser Distance Meter* (LDM) yang memiliki ketelitian 1-2mm dan waktu pengukuran yang cepat dengan bantuan pelampung.

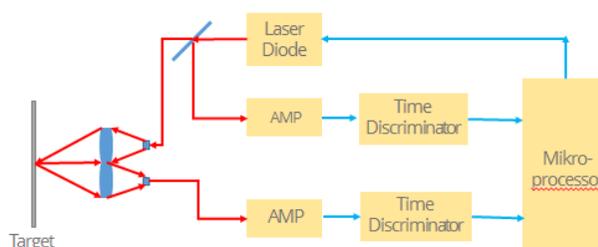
Pelampung digunakan untuk membantu pengukuran agar pemantulan dapat terjadi lebih teratur. Hal ini dibutuhkan karena pada pengujian pengukuran ketinggian cairan yang dilakukan secara langsung dengan menggunakan LDM tidak menghasilkan nilai ketinggian cairan yang akurat dan presisi. Selain itu pengujian ini juga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai sejumlah data sampel yang diinginkan karena terjadinya kegagalan pengukuran data. Untuk itu, dilakukan pula pengujian kinerja LDM menggunakan berbagai warna dan kehalusan permukaan pelampung.

## 2 Konsep / Teori Dasar

### 2.1 Laser Distance Meter

Seperti pada Gambar 1, *Laser Distance Meter* (LDM) terdiri dari tiga komponen utama yaitu *transmitter*, *receiver* dan *time interval measurement*. *Transmitter* terdiri dari laser dioda yang mengeluarkan sinar laser. *Receiver* terdiri dari amplifier dan *time discriminator*. Seluruh komponen ini terintegrasi dalam kerja LDM menggunakan metode *time of flight*.

Ketika LDM dinyalakan maka mikroprosesor akan mencatu laser dioda sehingga mengeluarkan sinar yang akan melewati reflektor. Sinar ini akan terbagi menjadi dua yaitu sinar yang dipantulkan dan sinar yang diteruskan. Sinar yang dipantulkan akan masuk ke dalam *amplifier* dan waktu kejadian *start* akan dicatat oleh *time discriminator*. Adapun sinar yang diteruskan akan melewati lensa *transmitter* lalu menembak target kemudian dipantulkan dan diterima oleh lensa penerima yang merupakan lensa cembung. Sinar yang dikumpulkan kemudian masuk ke *amplifier* dan waktu kejadian *stop* dicatat di *time discriminator*. Dengan ini didapatkan periode waktu yang bila dimasukkan ke Persamaan (1) akan didapatkan jarak dari LDM ke target [2][5][6][7].



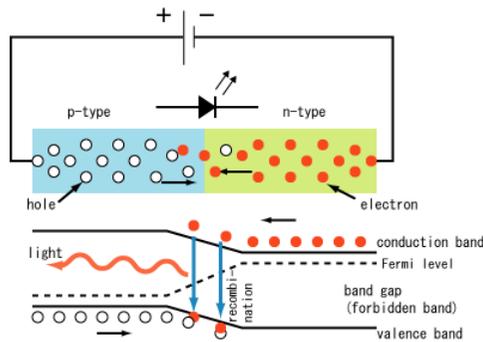
Gambar 1. Prinsip kerja laser distance meter

$$S = v \times \frac{t}{2} \quad (1)$$

Disini S adalah jarak tempuh sinar laser (m), v adalah kecepatan cahaya ( $3 \cdot 10^8 \text{m/s}^2$ ) dan t adalah durasi penjalaran gelombang cahaya dari *transmitter* ke *receiver* (s).

## 2.2 Laser Dioda

Laser dioda dibentuk dari material semikonduktor Aluminium Gallium Indisium Phospide (AlGaInP) yang didoping sehingga menghasilkan bagian bertipe-p dan bagian bertipe-n. Apabila sambungan bagian p dan n ini mendapatkan tegangan bias maju, maka elektron bebas akan mendapat energi untuk berpindah dari bagian-n ke bagian-p. Pada saat elektron mengisi *hole* dari bagian-p, maka ia melepaskan sebagian energinya dalam bentuk cahaya laser dengan panjang gelombang 635 nm. [5], [6], [7], [8].



Gambar 2. Prinsip kerja laser dioda

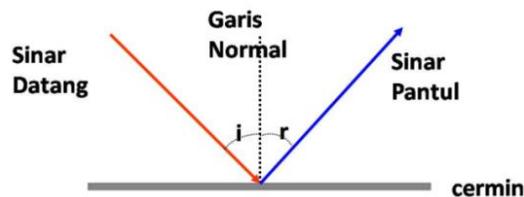
## 2.3 Pemantulan Cahaya

Pemantulan cahaya laser merupakan aspek yang menentukan akurasi LATG ini. Jenis-jenis pemantulan yang terlibat adalah pemantulan spekular, pemantulan baur dan pemantulan Fresnel.

### 1. Pemantulan spekular

Pemantulan spekular adalah pemantulan yang terjadi ketika sinar datang mengenai bidang yang permukaannya rata sehingga sinar terpantulkan secara teratur. Pemantulan spekular memiliki sifat sinar pantul mempunyai sudut yang sama dengan sudut ketika sinar datang.

Ilustrasi perbandingan sudut sinar datang dan sinar pantul ditunjukkan pada Gambar 3, dan hubungan antara sudut sinar datang  $i$  dan sudut sinar pantul  $r$  diberikan pada Persamaan 2.

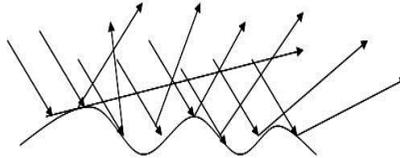


Gambar 3. Pemantulan spekular

$$\sin(i) = \sin(r) \tag{2}$$

## 2. Pemantulan baur/diffuse

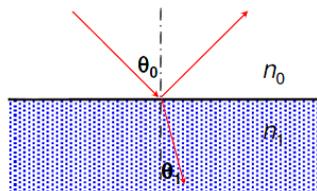
Pemantulan baur/diffuse terjadi ketika sinar datang mengenai bidang yang permukaannya tidak rata sehingga sinar terpantulkan secara tidak teratur. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemantulan baur

## 3. Pemantulan Fresnel

Pemantulan Fresnel terjadi ketika sinar datang dari suatu medium dengan indeks bias tertentu mengenai suatu medium lainnya yang berbeda indeks biasnya. Sinar ini kemudian akan mengalami pemantulan (refleksi) dan pembiasan (refraksi), seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemantulan Fresnel

# 3 Percobaan

## 3.1 Pembuatan Perangkat

Sebuah perangkat pengukuran terdiri dari sensor, transmitter data, pengolah data dan tampilan antarmuka. Sensor dalam penelitian ini adalah LDM yaitu Fluke 414D dan pelampung. Transmitter data yang digunakan adalah LR4 interface board [3]. Pengolah data yang digunakan adalah mikrokontroler Arduino dan perangkat lunak Matlab. Hasil pengukuran ditampilkan dalam GUI Matlab dan data disimpan dalam bentuk *Comma Separated Value* (CSV).



Gambar 6. Alur pembuatan perangkat LATG

### 3.2 Perancangan Desain Permukaan Pelampung

Pelampung dibuat dari bahan akrilik. Untuk mendapatkan permukaan pelampung yang menghasilkan nilai pengukuran paling optimum, maka dilakukan beberapa pengujian terhadap variasi yang dianggap dapat mempengaruhi hasil pengukuran sebagai berikut

- A. Variasi warna: merah, putih, hijau dan hitam.
- B. Variasi kekasaran permukaan : kekasaran permukaan dikuantifikasi dengan menghitung entropi dari permukaan masing-masing pelampung dan didapatkan entropi sebesar: 2.54, 3.08, 3.69.
- C. Variasi intensitas cahaya lingkungan: pengukuran dilakukan pada kondisi cahaya lingkungan yang berbeda-beda yang intensitasnya sebesar: 2 lux, 113 lux dan 1200 lux.

### 3.3 Metode Pengambilan Data Pengujian Karakteristik LDM dan Pelampung

Pengambilan data untuk pengujian karakteristik LDM dan pelampung tanpa cairan dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pengukuran dilakukan dengan bantuan garis dengan meteran sepanjang 10m dengan ketelitian 1mm.
2. Perangkat pengukuran LDM ditaruh pada titik 0m di penggaris.
3. Pelampung diletakkan tegak lurus dengan keluaran sinar laser pada titik-titik pengukuran dimulai dari yang terdekat yaitu 5cm sampai dengan 10m dengan titik pengukuran per 50cm secara bergantian.
4. Di setiap titik pengukuran diambil sampel data sebanyak 30 buah untuk setiap variasi warna, kekasaran permukaan dan intensitas cahaya.



Gambar 7. Metode pengukuran pengambilan data pengujian karakteristik LDM dan pelampung

### 3.4 Metode Pengambilan Data Kontrol Ketinggian Cairan

Pengambilan data kontrol ketinggian cairan dilakukan dengan tahap seperti berikut.

1. Air dimasukkan ke dalam tangki reservoir hingga hampir penuh.
2. Pelampung dan tiang penyangga dimasukkan ke dalam tangki dan LATG diletakkan di atasnya.
3. LATG dan aktuator dihubungkan dengan relay.
4. Aktuator dihubungkan dengan relay.
5. Konfigurasi relay pada Arduino diatur
6. Valve-shut Set Point pada Arduino diset pada nilai 30
7. Pump-off Set Point pada Arduino diset pada nilai 90

8. Dilakukan 30 kali *pump-drain*.
9. Langkah 8 diulangi dengan Pump-off Set Point 89, 88.
10. Ulangi poin 8 dan 9 dengan mengubah Valve-shut Set Point 40, 50, 60, 70 dan 80.

## 4 Hasil dan Analisis

### 4.1 Pengujian Karakteristik LDM

Pengujian karakteristik LDM yang dilakukan adalah pengujian linieritas dan pengujian pemantulan Fresnel. Pengujian linieritas LDM didapatkan hasil yang linier dengan nilai akurasi sebesar 99% dan presisi sebesar 99%. Sedangkan pengujian pemantulan Fresnel menghasilkan data yang tidak linier dan nilai akurasi sebesar 40.39% dan presisi sebesar 59.88% [9]. Selain itu waktu untuk mengumpulkan 30 sampel data juga lebih lama disebabkan karena terjadinya kegagalan dalam pengukuran.

### 4.2 Pengujian Karakteristik Pelampung

Pengujian karakteristik pelampung yang dilakukan yaitu dengan memberikan variasi pada permukaan pelampung dan didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut.

#### A. Variasi Warna

**Tabel 1. Hasil pengukuran pengujian variasi warna pelampung**

| Variasi Warna | Akurasi (%) | Presisi (%) |
|---------------|-------------|-------------|
| Merah         | 99.72       | 99.76       |
| Hitam         | -           | -           |
| Putih         | 99.8        | 99.82       |
| Hijau         | 99.63       | 99.71       |

Terlihat dari hasil pengujian pada tabel 1 bahwa nilai akurasi dan presisi tertinggi ada pada pelampung dengan warna putih. Hal ini terjadi karena warna putih memiliki sifat yaitu menyerap energi paling sedikit sehingga energi dan intensitas sinar pantul yang diterima menjadi lebih banyak.

#### B. Variasi kekasaran permukaan

**Tabel 2. Hasil pengukuran pengujian variasi kekasaran permukaan**

| Entropi | Akurasi (%) | Presisi (%) |
|---------|-------------|-------------|
| 2.54    | 99.88       | 99.89       |
| 3.08    | 99.83       | 99.85       |
| 3.69    | 99.79       | 99.85       |

Hasil pengujian pada tabel 2 menunjukkan bahwa nilai akurasi dan presisi tertinggi yaitu pada pelampung dengan nilai entropi terkecil ( $e = 2.54$ ) karena pemantulan sinar terjadi secara hampir sempurna. Permukaan kasar dan berentropi besar akan menyebabkan pemantulan terjadi secara difus sehingga intensitas sinar yang diterima menjadi lebih sedikit. (Entropi merupakan derajat

ketidakteraturan dimana permukaan yang halus memiliki nilai entropi yang rendah sedangkan permukaan kasar memiliki nilai entropi yang tinggi)

### C. Variasi Intensitas Cahaya Lingkungan

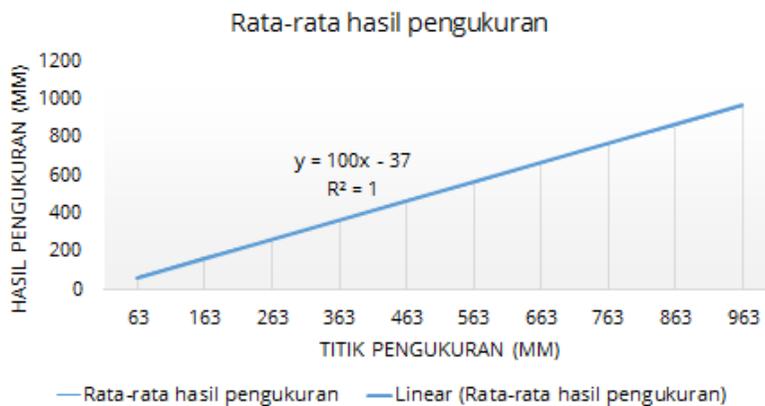
**Tabel 3. Hasil pengukuran pengujian variasi intensitas cahaya lingkungan**

| Intensitas Cahaya Lingkungan (lux) | Akurasi (%) | Presisi (%) |
|------------------------------------|-------------|-------------|
| 2                                  | 99.88       | 99.89       |
| 113                                | 99.80       | 99.82       |
| 1200                               | 99.79       | 99.81       |

Dari tabel 3 terlihat bahwa semakin kecil intensitas cahaya lingkungan, nilai akurasi dan presisi pengukuran semakin baik. Hal ini disebabkan karena *noise* pada pengukuran lebih sedikit sehingga intensitas sinar pantul yang diterima akan lebih banyak jika intensitas cahaya lingkungan kecil.

## 4.3 Pengujian ATG

Dari hasil pengujian pelampung yang telah dilakukan didapatkan bahwa pelampung yang memberikan nilai hasil pengukuran terbaik yaitu pelampung berwarna putih dengan permukaan halus. Pelampung ini kemudian diuji untuk mengukur ketinggian cairan pada tangki ATG simulasi. Gambar 8 menunjukkan bahwa hasil pengukuran linier dengan nilai akurasi sebesar 99.74% dan presisi sebesar 99.46%

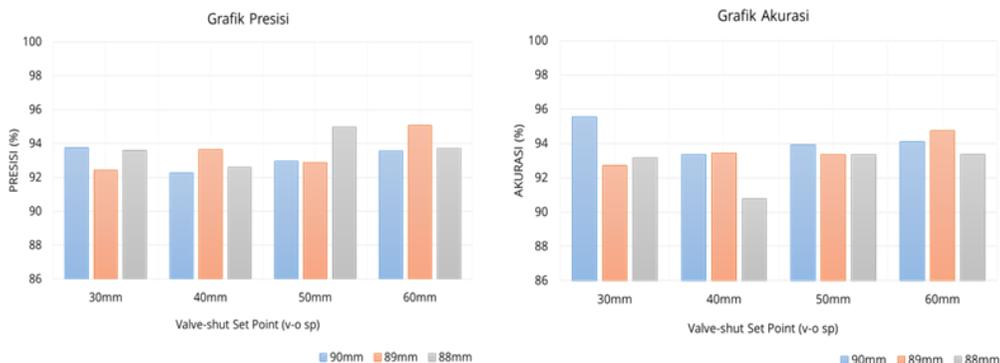


**Gambar 8. Grafik hasil pengukuran pengujian ATG**

## 4.4 Pengontrolan Ketinggian Cairan

Pada pengujian pengontrolan ketinggian cairan didapatkan rata-rata akurasi dan presisi adalah sekitar 90%. Kesalahan yang terjadi sebagian besar disebabkan oleh terdapatnya delay pada pengukuran sebesar 0.3 detik, yang berarti setiap kali data pengukuran diperoleh, maka hasil pengukuran itu merupakan hasil pengukuran sebelumnya. Hal lain

yang menimbulkan kesalahan adalah terdapatnya riak air. Gambar 9 menunjukkan grafik akurasi dan presisi yang dihasilkan pada kontrol ketinggian cairan ini.



Gambar 9 Diagram presisi dan akurasi kontrol ketinggian cairan

## 5 Kesimpulan

Dari seluruh hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan bahwa LATG dengan konfigurasi terbaik adalah yang menggunakan pelampung akrilik berwarna putih dengan permukaan halus.

LATG ini juga dapat digunakan untuk pengukuran pada permukaan apapun. Hal ini ditunjukkan oleh akurasi seluruh hasil pengukuran yang diatas 99% meskipun diberikan variasi warna, kekasaran permukaan dan intensitas cahaya lingkungan.

## 6 Daftar Pustaka

- [1] Honeywell. 2010. *Instruction manual series 854 ATG level gauge*. Enraf manual book.
- [2] Kilpela, Ari. 2004. *Pulsed time-of-flight laser rangefinder techniques for fast, high precision measurement applications*. Department of Electrical and Informatics. University of Oulu, Oulu.
- [3] LR4 Laser Rangefinder Interface. *Product data sheet*, Porcupine Electronics LLC.
- [4] Mangal, Aman. 2012. *Serial Communication between Arduino and Matlab*. IIT Bombay.
- [5] RIEGL Laser Measurement System, Appl. Note AN-GI002 pp. 1/6.
- [6] RIEGL Laser Measurement System, Appl. Note AN-GI003 pp.2/6
- [7] RIEGL Laser Measurement System, Appl. Note AN-GI004 pp.4/6
- [8] Suprijanto, Nadhira V., et al., 2011. *Digital Dermatoscopy Method for Human Skin Roughness Analysis*. *ITB Journal* 5(1), 57-71.
- [9] Taylor, John R.. 1997. *An Introduction to Error Analysis: The study of uncertainties in physical measurements*. California : University Science Books.