Rancang Bangun Alat Ukur Panjang Objek di Dalam Air Berbasis *Photogate* dan Sensor Ultrasonik

Duwi Hariyanto[1,a)], Pesta Indra Sigalingging[1,b)], dan Hendro [1,c)]

[1]Laboratorium Fisika Instrumentasi,
Kelompok Keilmuan Fisika Teoretik Energi Tinggi dan Instrumentasi,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

[a)]duwi_hariyanto@students.itb.ac.id (corresponding author)
[b)]pesta@students.itb.ac.id
[c)]hendro@fi.itb.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat ukur panjang objek di dalam air secara tak sentuh berbasis photogate dan sensor ultrasonik. Rancangan alat ukur panjang objek di dalam air menggunakan photogate yang disusun dari laser sebagai sumber cahaya dan sensor photodiode sebagai pendeteksi sumber cahaya, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi jarak, motor DC sebagai penggerak, serta mikrokontroler Arduino sebagai pengolah sinyal keluaran rangkaian sensor dan pegendali motor DC melalui IC driver L293D. Hasil pengukuran objek di dalam air menggunakan alat dibandingkan dengan hasil pengukuran objek di ruang terbuka menggunakan penggaris. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa rata-rata persentase error pengukuran objek dengan panjang 6 cm sampai dengan 25 cm di dalam air yaitu sebesar 1,11%. Dengan demikian, disimpulkan bahwa rancangan alat ukur panjang objek di dalam air berbasis photogate dan sensor ultrasonik mampu mengestimasi panjang objek yang memiliki panjang minimum 6 cm sesuai dengan hasil pengukuran menggunakan penggaris di ruang terbuka. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan dalam pengukuran panjang hewan akuatik seperti ikan, udang, dan kepiting, sebagai faktor kualitas pertumbuhan di bidang akuakultur maupun kualitas produk di bidang pangan.

Kata-kata kunci: photogate, sensor ultrasonik, mikrokontroler, akuakultur

PENDAHULUAN

Perkembangan komponen elektronik menyebabkan kemajuan di semua aspek kehidupan termasuk dalam bidang pengukuran. Kemajuan ini membuat peneliti makin kreatif dalam mengembangkan alat-alat ukur. Salah satu kegunaan alat ukur yaitu untuk memperoleh parameter keberhasilan suatu produksi maupun kualitas suatu produk. Di bidang akuakultur, pengamatan pertumbuhan panjang ikan penting sebagai parameter dasar keberhasilan kegiatan budidaya ikan [1]. Pemantauan dalam kegiatan budidaya ikan dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meningkatkan keberlanjutan dan profitabilitas [2]. Oleh sebab itu, sistem pemantauan pertumbuhan ikan berbasis otomatis sangat berperan dalam efisiensi kegiatan ilmiah di bidang akuakultur [3]. Adapun penelitian terkait pengukuran panjang ikan berbasis otomatis menggunakan pengolahan citra dari foto dan pemodelan matematika telah dilakukan pada makalah [4] dan [5].

Pengukuran panjang objek di dalam air secara langsung dan tak sentuh dengan hanya menggunakan alat ukur panjang seperti penggaris sangat sulit dilakukan. Hal ini disebabkan oleh adanya pembiasan cahaya pada batas antara udara dan air sehingga dapat mengakibatkan kesalahan dalam pengukuran [6]. Pengukuran panjang benda secara tak sentuh atau *non*-kontak dapat dilakukan menggunakan sensor optik. Dalam pemanfaatan sensor *non*-kontak, pengukuran tidak akan merusak objek yang diukur [7]. Contohnya,

penelitian pada makalah [8] yang menggunakan sensor optik jenis reflektor untuk mengukur panjang benda yang lewat diatas konveyor.

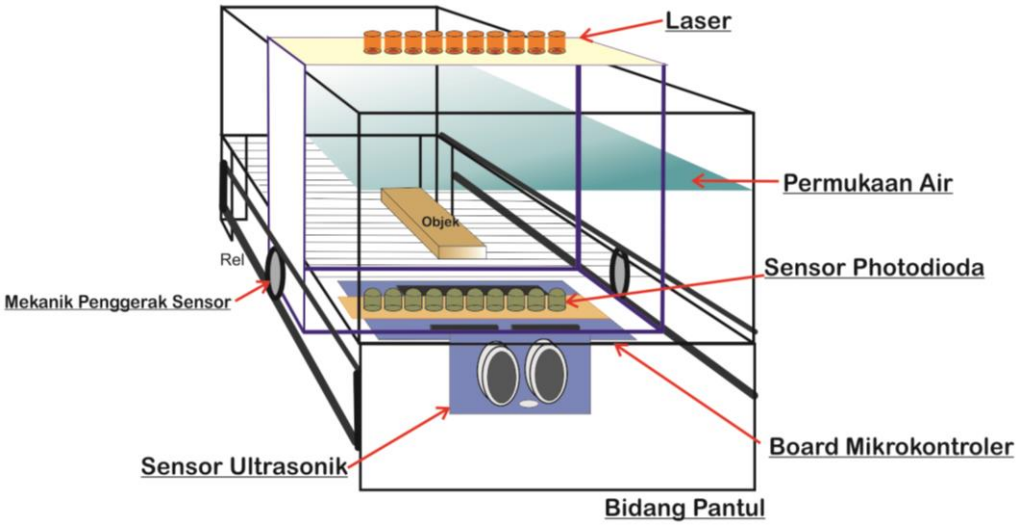
Salah satu sensor optik lain yaitu *photogate*. Prinsip kerja sensor *photogate* yaitu setiap kali sebuah objek bergerak melalui blok sinar cahaya antara sumber dan detektor maka sinyal yang dihasilkan dapat digunakan untuk memulai dan menghentikan suatu operasi [9]. Oleh sebab itu, *photogate* dapat dimanfaatkan untuk mengukur panjang benda [10]. Sensor lain yang dapat digunakan dalam pengukuran panjang yaitu sensor ultrasonik [11]. Keunggulan sensor ultrasonik yaitu ketika dihubungkan dengan mikrokontroler yang merupakan sistem kontrol dan penginderaan, pengukuran per jarak dapat diperoleh secara tepat [12].

Berdasarkan hal tersebut, dilakukan inovasi dengan memanfaatkan *photogate* dan sensor ultrasonik untuk merancang alat ukur panjang objek di dalam air secara tak sentuh (*non-contact measurement*). *Photogate* disusun dari laser sebagai sumber cahaya dan sensor *photodiode* sebagai pendeteksi sumber cahaya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan dalam pengukuran panjang hewan akuatik seperti ikan, udang, dan kepiting sebagai faktor kualitas pertumbuhan di bidang akuakultur maupun faktor kualitas produk di bidang pangan.

METODE PENELITIAN

Rancangan Perangkat Keras

Gambar 1 merupakan rancangan alat ukur panjang objek di dalam air menggunakan *photogate* yang disusun dari laser 5 mm sebagai sumber cahaya dan sensor *photodiode* 5 mm sebagai pendeteksi sumber cahaya, serta sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi jarak. Objek yang akan diukur berada di dalam akuarium transparan. Mikrokontroler Arduino berfungsi sebagai pengolah data sinyal keluaran sensor *photodiode* dan sensor ultrasonik serta mengontrol sistem mekanik melalui *Integrated Circuit* (IC) *driver* L293D.



Gambar 1. Rancang Bangun Alat Ukur Panjang Objek di Dalam Air

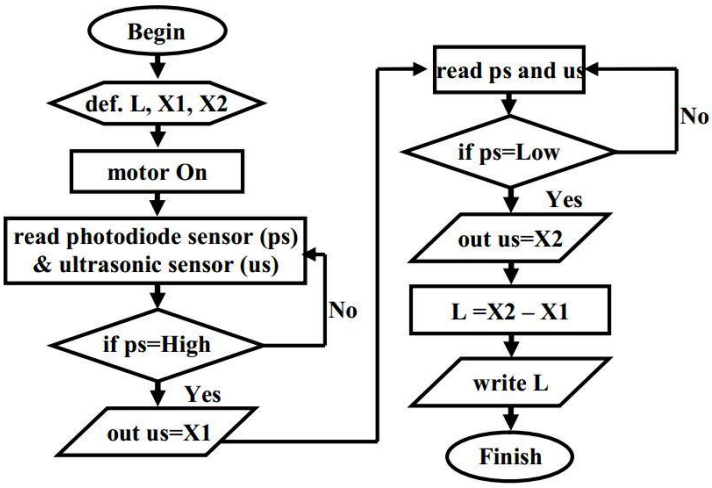
Laser berada di bagian atas akuarium sedangkan sensor *photodiode* tepat berada di bawah laser seperti ditunjukkan pada gambar 1. Posisi laser dan sensor *photodiode* saling berhadapan dan dikaitkan dengan statif yang akan digerakkan oleh sistem mekanik dengan motor DC. Sensor ultrasonik yang diintegrasikan dengan mikrokontroler dan sensor *photodiode* diletakkan di bawah akuarium dan berhadapan dengan bidang pantul. Keempat bagian yaitu mikrokontroler, laser, sensor *photodiode*, dan sensor ultrasonik akan digerakkan oleh motor DC melewati objek yang berada di dalam akuarium.

Mekanisme pengukuran panjang dalam penelitian ini yaitu saat pertama sinar laser menuju sensor *photodiode* terhalang oleh objek maka sensor *photodiode* akan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler. Kemudian, mikrokontroler membaca keluaran sensor ultrasonik yang berupa jarak antara sensor dengan bidang pantul dan menetapkan titik tersebut sebagai titik awal pengukuran X_1. Selanjutnya, motor DC bergerak maju hingga sinar laser menuju sensor *photodiode* tidak terhalang oleh objek. Sensor *photodiode* akan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler, selanjutnya mikrokontroler membaca keluaran sensor

ultrasonik dan menetapkan titik tersebut sebagai titik akhir pengukuran X_2. Panjang objek dihitung sebagai selisih antara titik akhir pengukuran X_2 dengan titik awal pengukuran X_1.

Rancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak pemrograman mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Arduino *Software* (*Integrated Development Environment*/IDE) 1.8.5. Dalam hal ini, mikrokontroler Arduino diprogram agar dapat mengolah sinyal keluaran rangkaian sensor *photodiode* dan sensor ultrasonik serta mengendalikan motor DC melalui IC *driver* L293D. Pemrograman mikrokontroler dibuat berdasarkan diagram flowchart yang ditunjukkan gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram Flowchart Program Pengukuran Objek di Dalam Air

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan objek gelap yang telah diukur panjangnya menggunakan penggaris di ruang terbuka. Objek diletakkan di dalam akuarium berisi air. Data hasil pengukuran panjang objek di dalam air menggunakan alat ukur berbasis *photogate* dan sensor ultrasonik ditunjukkan tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Panjang Objek di Dalam Air

Panjang Objek (cm)	Pengukuran ke-				Persentase *error* (%)
	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	Rata-rata (cm)	
3	3	4	3	3,3	10,00
4	5	4	5	4,7	14,29
5	5	6	5	5,3	6,25
6	6	6	6	6,0	0,00
7	7	7	7	7,0	0,00
8	8	8	9	8,3	4,00
9	9	9	9	9,0	0,00
10	10	10	10	10,0	0,00
11	11	11	11	11,0	0,00

 ISBN: 978-602-61045-4-0

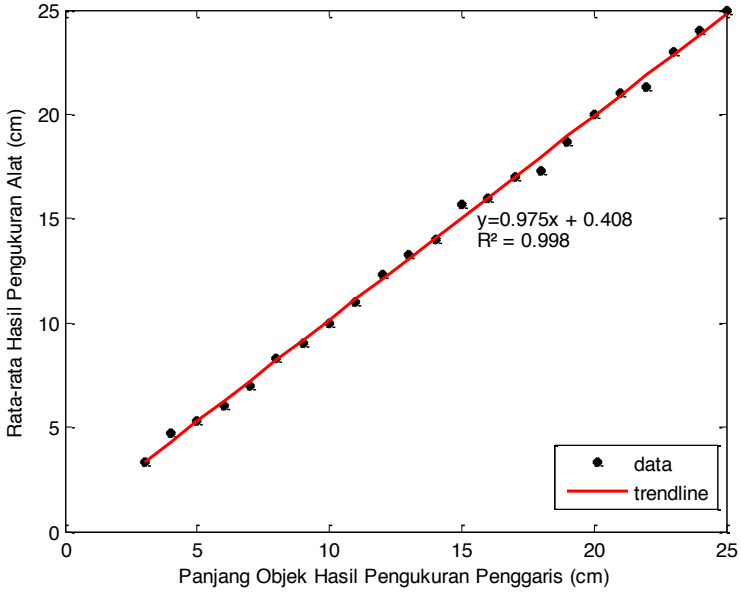
12	12	12	13	12,3	2,70
13	13	14	13	13,3	2,50
14	14	14	14	14,0	0,00
15	16	15	16	15,7	4,26
16	16	16	16	16,0	0,00
17	17	17	17	17,0	0,00
18	17	17	18	17,3	3,85
19	19	19	18	18,7	1,79
20	20	20	20	20,0	0,00
21	21	21	21	21,0	0,00
22	22	21	21	21,3	3,13
23	23	23	23	23,0	0,00
24	24	24	24	24,0	0,00
25	25	25	25	25,0	0,00

Tabel 1 menunjukkan persentase *error* terbesar terjadi pada pengukuran objek 4 cm yaitu sebesar 14,29%, kemudian 3 cm yaitu sebesar 10,00%, dan 5 cm yaitu sebesar 6,25%. Dalam hal ini, ketidakpastian relatif pada pengukuran panjang objek 5 cm, 4 cm, dan 3 cm berturut-turut yaitu 6,62%, 7,57%, dan 10,60%. Hal ini mengungkapkan bahwa alat ukur berbasis *photogate* dan sensor ultrasonik memiliki keterbatasan dalam pengukuran objek yang pendek. Keterbatasan tersebut dapat disebabkan oleh karakteristik sensor ultrasonik yang memiliki ketelitian yang rendah pada pengukuran jarak dekat.

Rata-rata persentase *error* dari pengukuran objek dengan panjang 6 cm sampai dengan 25 cm yaitu sebesar 1,11%. Pengukuran objek dengan panjang diatas 10 cm menghasilkan persentase *error* terbesar pada pengukuran panjang objek 15 cm yaitu sebesar 4,26%, kemudian 18 cm yaitu sebesar 3,85% dan 22 cm yaitu sebesar 3,13%. Selain pengukuran pada panjang objek tersebut menghasilkan persentase *error* dibawah 3,00% dengan nilai persentase minimum sebesar 0%. Dalam hal ini, nilai persentase minimum terjadi pada pengukuran objek dengan panjang 10 cm, 11 cm, 14 cm, 16 cm, 17 cm, 20 cm, 21 cm, 23 cm, 24 cm, dan 25 cm. Hasil ini mengungkapkan bahwa keakurasian alat ukur berbasis *photogate* dan sensor ultrasonik mencapai 100% pada pengukuran panjang objek dengan panjang tertentu.

Grafik hubungan antara hasil pengukuran objek menggunakan penggaris dan alat ukur berbasis *photogate* dan sensor ultrasonik ditunjukkan gambar 3. Grafik hubungan tersebut dapat dihampiri menggunakan *trendline* linier dengan persamaan y=0,975x+0,408. Hal ini menunjukkan bahwa alat ukur berbasis *photogate* dan sensor ultrasonik mampu mengestimasi panjang objek di dalam air dengan hasil mendekati hasil pengukuran panjang objek menggunakan penggaris di ruang terbuka.

 ISBN: 978-602-61045-4-0



Gambar 3. Grafik Hubungan Hasil Pengukuran Objek Menggunakan Penggaris dan Menggunakan Alat

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata persentase *error* dari pengukuran objek dengan panjang 6 cm sampai dengan 25 cm yaitu sebesar 1,11%. Rancangan alat ukur panjang objek di dalam air berbasis *photogate* dan sensor ultrasonik mampu mengestimasi panjang objek yang memiliki panjang minimum 6 cm sesuai dengan hasil pengukuran menggunakan penggaris di ruang terbuka. Alat ukur dapat mengestimasi panjang objek di dalam air secara tak sentuh dan akurat. Alat ukur dapat dikembangkan untuk mengukur panjang hewan akuatik seperti ikan, udang, dan kepiting sebagai faktor kualitas pertumbuhan di bidang akuakultur maupun faktor kualitas produk di bidang pangan.

REFERENSI

1. A. S. A. Gunawan , Subandiyono, dan Pinandoyo, *Pengaruh Vitamin C dalam Pakan Buatan Terhadap Tingkat Konsumsi Pakan dan Pertumbuhan Ikan Nila Merah* (*Oreochromis niloticus*), Journal of Aquaculture Management and Technology, Vol.3, No. 4, 191-198 (2014)
2. L. Parra, S. Sendra, L. García, and J. Lloret, *Design and Deployment of Low-Cost Sensors for Monitoring the Water Quality and Fish Behavior in Aquaculture Tanks during the Feeding Process*, Sensors, Vol. 18, Issue 3, 750 (2018)
3. L. Xu, N. Wang, Y. Feng, D. Bao, and K. Jhorsin, *Design of Aquaculture System based on Wireless Monitoring and its Testing*, International Journal of Online Engineering, Vol. 10, Issue 5, 68-73(2014)
4. Q. Al-Jubouri, W. Al-Nuaimya, M. Al-Taeea, and I. Young, *An Automated Vision System for Measurement of Zebrafish Length Using Lowcost Orthogonal Web Cameras*, Aquacultural Engineering, Vol. 78, 155-162 (2017)
5. P. Muñoz-Benavent, G. Andreu-Garcíaa, Valiente-Gonzáleza, V. Atienza-Vanacloiga, V. Puig-Ponsb, and V. Espinosa, *Enhanced Fish Bending Model for Automatic Tuna Sizing Using Computer Vision*, Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 150, 52-61 (2018)
6. A. Yamashita, H. Higuchi, T. Kaneko, and Y. Kawata, *Three-Dimensional Measurement of Object's Surface in Water Using the Light Stripe Projection Method*, Proceedings Of the 2004 IEEE International Conference on Robotics and Automation (2004)
7. N. Buniyamin, D. Ringgau, Z. Mohamad, and Z. H. Murat, *Non- Destructive Fish Fat Detection Using Infrared Sensor*, International Conference on Food Engineering and Biotechnology, Vol 9, (2011)
8. Zulfikar, *Pengukuran Panjang Benda yang Lewat diatas Konveyor dengan Programmable Logic Controller (PLC)*, Jurnal Rekayasa Elektrika, Vol. 5, No. 2 (2006)

9. F. Sarjani, Yohandri, dan Z. Kamus, *Pembuatan Set Eksperimen Gerak Parabola Digital Berbasis Mikrokontroler Atmega328 untuk Mengukur Parameter Gerak*, Pillar of Physics, Vol. 10, 23-30 (2017)
10. C. Galeriu, *An Arduino-Controlled Photogate*, The Physics Teacher,Vol. 51, 156-158 (2013)
11. L. Koval, J. Vanus, and P. Bilik, *Distance measuring by Ultrasonic Sensor*, International Federation of Automatic Control, Vol 49, Issue 25, 153-158 (2016)
12. CH. N. Soni, CH. Sarita, S. Maheshwari, B. Sahu, B. Jain, and G. Shrivastava, *Distance Measurement using Ultrasonic Sensor and Arduino*, International Journal of Engineering Science and Computing, Vol. 7 Issue 3, 5991-5992 (2017)