

Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Aliran dan Harga Penggunaan Air PDAM menggunakan Arduino dan LabVIEW

Habibi Abdullah^{1,a)}, Sri Hartati^{2,b)}, Ahmad Suaif^{1,c)} dan Hendro^{1,d)}

¹Laboratorium 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

²Laboratorium Material Elektronik,
Kelompok Keilmuan Fisika Material Elektronik,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

^{a)}habibi.abdillah@students.itb.ac.id

^{b)}srihartati@students.itb.ac.id

^{c)}ahmadsuaif@students.itb.ac.id

^{d)}hendro@fi.itb.ac.id

Abstrak

Penggunaan air Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) saat ini dihitung dengan menggunakan flowmeter konvensional yang menggunakan counter. Flowmeter ini hanya bisa memberikan data penggunaan volume air, tidak dapat memberikan data harga penggunaan air secara langsung. Pada penelitian ini, dirancang sebuah sistem monitoring aliran air menggunakan sensor aliran air elektronik. Data aliran diteruskan ke mikrokontroler Arduino dan diolah menjadi harga penggunaan air yang selanjutnya hasil ditampilkan di LabVIEW. Alat ini diharapkan menjadi alat tambahan yang dapat memberikan informasi penggunaan air PDAM kepada pelanggan secara real time, sehingga manajemen penggunaan air PDAM bisa lebih baik

Kata-kata kunci: flowmeter, debit air, Arduino, frekuensi

PENDAHULUAN

Sebagian besar kebutuhan air masyarakat Indonesia dipenuhi oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Setiap liter pemakaian air diukur menggunakan *flowmeter* konvensional berbasis *analog counter*. *Flowmeter* ini memiliki keterbatasan, yaitu hanya dapat memberikan informasi berupa data debit, sehingga konsumen tidak dapat melihat harga penggunaan air secara langsung. Sebelumnya pernah dilakukan pembuatan alat untuk pemantauan kualitas air seperti temperatur, pH, *dissolved oxygen* (DO), konduktivitas, *total dissolved solids* (TDS) dan salinitas secara *real time* [1]. Selain itu juga pernah dilakukan penelitian untuk melakukan *monitoring* dan kontrol ketinggian air secara *real time* untuk meningkatkan efisiensi jaringan air minum dengan mengukur penggunaan air, energi yang terpakai, minimisasi kebocoran air dan jaminan kualitas air [2]. Penelitian ini berhasil membuat alat yang dapat mengukur semua parameter yang disebutkan dalam jaringan air minum pada skala kota besar. Pusat Penelitian Fisika – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) juga pernah membuat alat yang dapat memantau ketinggian permukaan air dari dua bak penampungan yang berada di menara air ke penjernihan air setiap 30 detik yang dinyalakan dan dimatikan oleh operator. Alat yang dibuat

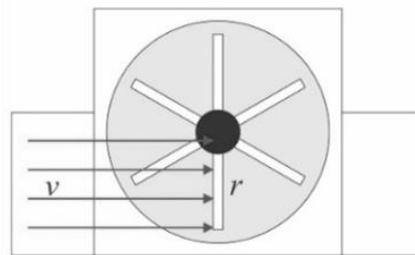
juga melakukan pencatatan debit air yang didistribusikan sehingga dapat diketahui konsumsi air yang dibutuhkan oleh perumahan dan perkantoran setiap hari [3].

Pada penelitian ini akan dirancang sebuah alat yang dapat menghitung volume dan harga penggunaan air PDAM secara *real time*. Alat ini dirancang dengan menggunakan *flowmeter* elektronik, mikrokontroler Arduino, dan sistem antarmuka LabVIEW. Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Bahasa pemrograman Arduino memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C [4]. *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench* (LabVIEW) atau yang sering disebut dengan *virtual instrument* (VI) merupakan program untuk pemrosesan dan visualisasi data dalam bidang akuisisi data, kendali instrumentasi serta automasi [5]. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam LabVIEW merupakan bahasa pemrograman *dataflow*. Eksekusi data ditentukan oleh struktur grafik diagram blok (*LabView-source code*) yang terhubung dengan fungsi *node* atau cabang yang berbeda dengan gambar. LabVIEW menghubungkan kreasi dari *userinterface* (*front panel*) ke dalam siklus pengembangan [6]. Alat ini juga dilengkapi dengan sistem kontrol yang dapat mengatur aliran air pada pipa. Alat ini diharapkan dapat membantu konsumen air PDAM dalam memantau penggunaan air dan membantu dalam penghematan penggunaan air.

KONSEP DASAR PENGUKURAN

Pengukuran Debit Air dengan *Flowmeter* Berbasis Efek Hall

Pada penelitian ini digunakan turbin *flowmeter* yang bekerja dengan memanfaatkan fenomena efek Hall. Efek Hall adalah fenomena terjadinya perubahan tegangan listrik akibat pengaruh dari medan magnet. *Flowmeter* yang digunakan memiliki rotor yang jika berputar menghasilkan perubahan medan magnet. Perubahan medan magnet yang dihasilkan dari rotor akan menghasilkan perubahan beda potensial pada tegangan keluaran *flowmeter*. Gambar 1 menggambarkan bagian dalam *flowmeter* yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 1 Bagian Dalam *Flowmeter*

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa jika kecepatan aliran v , kecepatan sudut putar rotor ω , dan jari-jari rotor r maka kecepatan aliran v memenuhi persamaan

$$v = \omega r \tag{1}$$

Kecepatan sudut putar rotor ω memenuhi persamaan

$$\omega = 2\pi f \tag{2}$$

dengan f adalah frekuensi putar rotor, sehingga diperoleh

$$v = 2\pi f r \tag{3}$$

Persamaan debit air Q yang melewati suatu luas penampang A dengan kecepatan v adalah

$$Q = Av \tag{4}$$

substitusi persamaan (3) kedalam persamaan (4), sehingga diperoleh hubungan antara debit aliran dengan frekuensi putar rotor.

$$Q = 2\pi A r f \tag{5}$$

Sinyal keluaran dari turbin *flowmeter* berupa sinyal kotak yang frekuensinya (f_s) sebanding dengan frekuensi putar rotor (f)

$$f_s = C f \tag{6}$$

dengan C adalah suatu konstanta pengali.

Dengan mensubstitusikan persamaan (6) ke persamaan (5) diperoleh hubungan debit aliran air Q dengan frekuensi sinyal turbin *flowmeter* f_s

$$Q = 2C\pi A r f_s \tag{7}$$

Atau jika dimisalkan

$$k = 2C\pi Ar$$

maka persamaan (7) dapat ditulis sebagai

$$Q = kf_s \tag{8}$$

Jika N_s didenifisikan sebagai jumlah sinyal atau cacahan dari *flowmeter* yang memenuhi persamaan

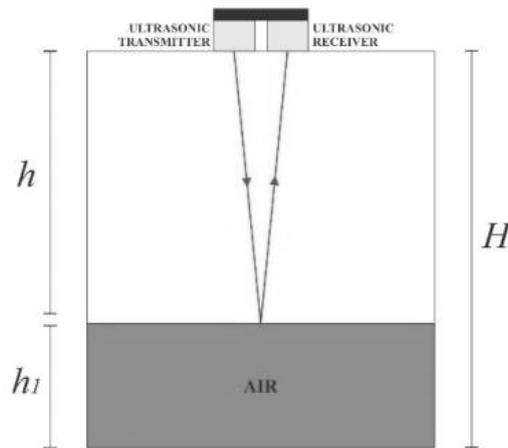
$$N_s = f_s \Delta t$$

dengan Δt adalah selang waktu, maka persamaan volume air V yang melewati *flowmeter* memenuhi

$$V = kN_s \tag{9}$$

Pengukuran Ketinggian dengan Ultrasonik

Alat yang dibuat dilengkapi dengan sistem kontrol aliran menggunakan *solenoid valve*. *Solenoid valve* akan mengatur aliran air sesuai data ketinggian yang diukur menggunakan ultrasonik. Prinsip dasar pengukuran ketinggian adalah pemantulan gelombang ultrasonik. Gambar 2 berikut menjelaskan peristiwa pemantulan gelombang ultrasonik ketika bertemu dengan permukaan air.



Gambar 2 Pemantulan Gelombang Ultrasonik oleh Permukaan Air

Berdasarkan Gambar 2, jika jarak antara *ultrasonic transmitter* dan *ultrasonic receiver* adalah dekat, maka jarak yang ditempuh gelombang ultrasonik bernilai $2h$. Jika waktu tempuh gelombang dari *transmitter* ke *receiver* adalah Δt dan kecepatan gelombang di udara adalah v , maka ketinggian h dapat diperoleh dengan persamaan

$$2h = v \cdot \Delta t$$

$$h = \frac{v \cdot \Delta t}{2} \tag{10}$$

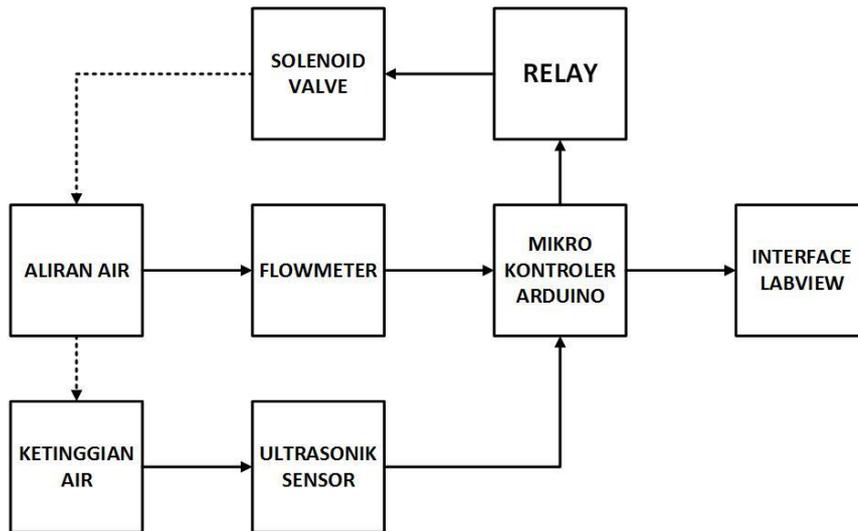
ketinggian air dapat diperoleh dengan persamaan

$$h_1 = H - h \tag{11}$$

dengan h_1 adalah ketinggian air dan H adalah ketinggian dari bak penampungan air.

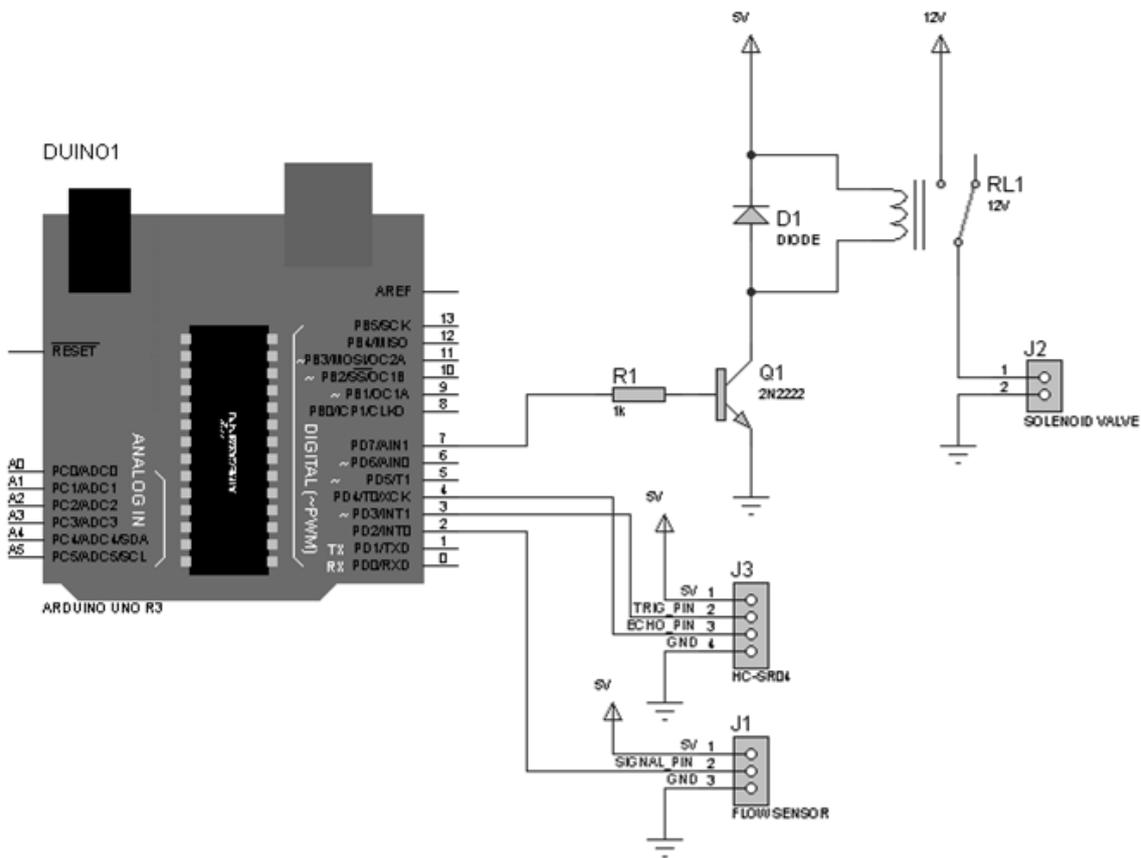
RANCANG BANGUN SISTEM

Gambar 3 menjelaskan diagram blok rancangan sistem *monitoring* dan kontrol secara umum. Diagram tersebut memperlihatkan aliran data dan pengaruh suatu besaran terhadap besaran lainnya.



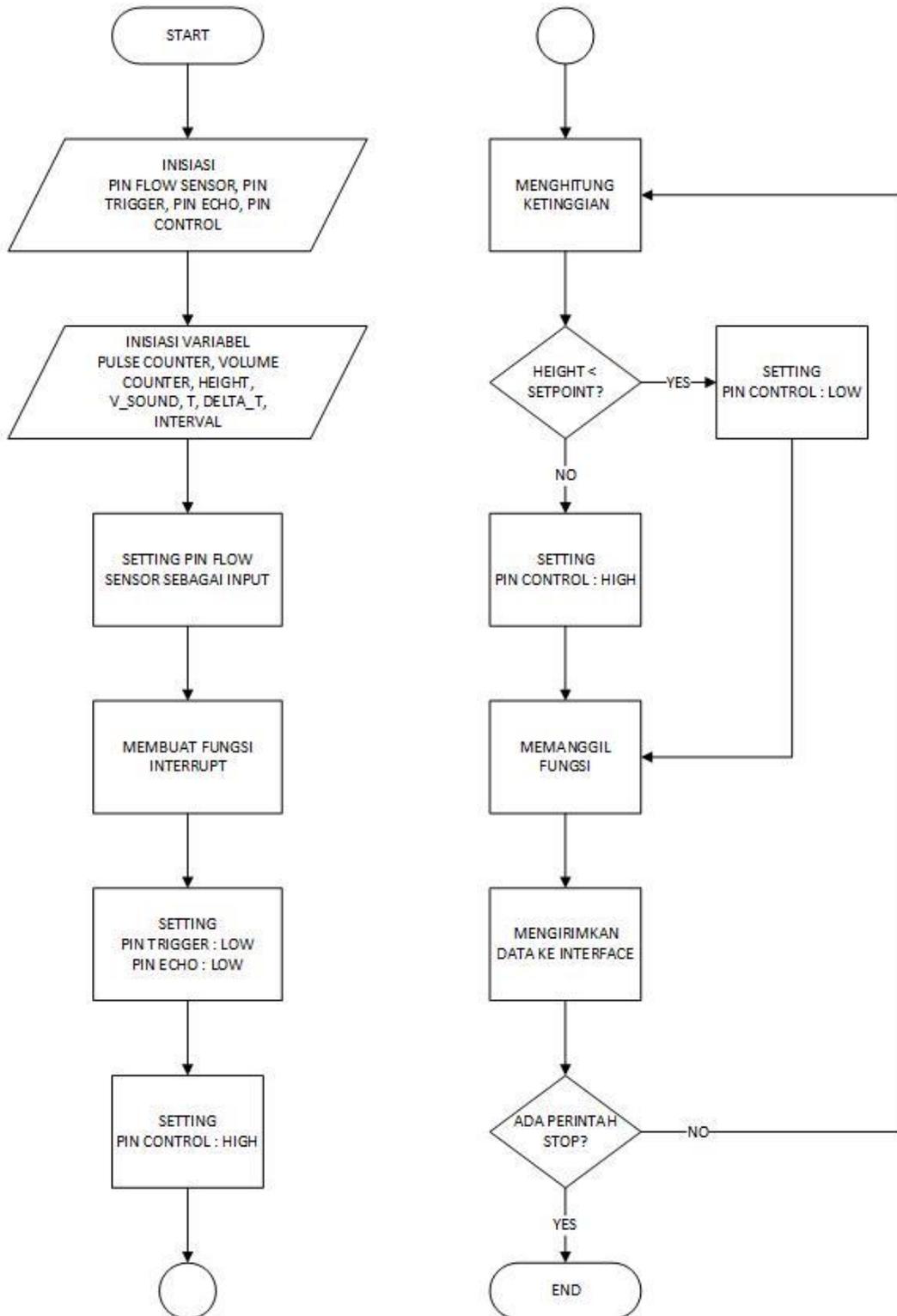
Gambar 3 Diagram Blok Sistem

Skema rangkaian alat dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4 Skema Rangkaian Alat

Algoritma program yang digunakan pada mikrokontroler Arduino dan LabVIEW dapat dilihat seperti pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5 Flowchart Program Arduino



Gambar 6 Flowchart Program LabVIEW

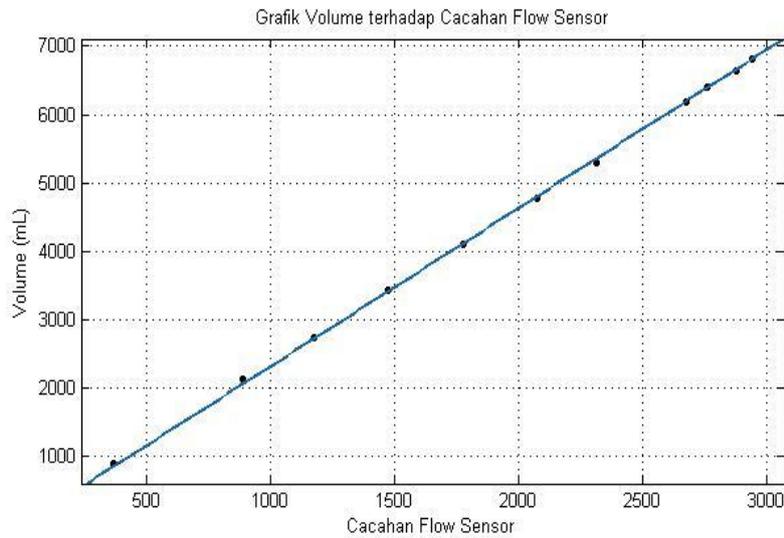
Sistem ini secara umum dibagi menjadi dua bagian, yaitu sistem *monitoring* aliran air dan sistem kontrol aliran air. Sistem *monitoring* aliran terdiri dari *flowmeter* dan mikrokontroler Arduino. Sistem kontrol aliran air terdiri sensor ultrasonik, mikrokontroler Arduino, *relay*, dan *solenoid valve*. *Flowmeter* yang digunakan adalah turbin *flowmeter* YF-S201 dengan spesifikasi tegangan 5 – 18V. Tipe keluarannya adalah 5V TTL dan bekerja pada tingkat aliran 1-30 L/ menit. Akurasi dari sensor aliran air YF-S201 ini adalah $\pm 10\%$ [7]. *Solenoid valve* yang digunakan adalah model APL-1/2-12VDC dengan tegangan kerja 12V DC. Jenis sensor ultrasonik yang digunakan dalam penelitian ini adalah modul ultrasonik HC-SR04. Sensor ini berfungsi pada rentang jarak 2 cm sampai 4 m. Sensor ultrasonik ini bekerja pada tegangan 5V dan frekuensi kerja 40 kHz [8]. Berdasarkan *datasheet*, *flowmeter* bekerja dengan fungsi transfer

$$V = 2.381N_s \quad (12)$$

dengan V adalah volume yang melewati *flowmeter* dan N_s adalah jumlah cacahan sinyal yang dihasilkan *flowmeter*. Pada penelitian ini, selain digunakan fungsi transfer dari *datasheet* diperoleh fungsi transfer berdasarkan kalibrasi manual. Grafik kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 7.

Dari grafik pada Gambar 7, dilakukan *curve fitting* dengan menggunakan persamaan $V(N_s) = k N_s$ diperoleh fungsi transfer

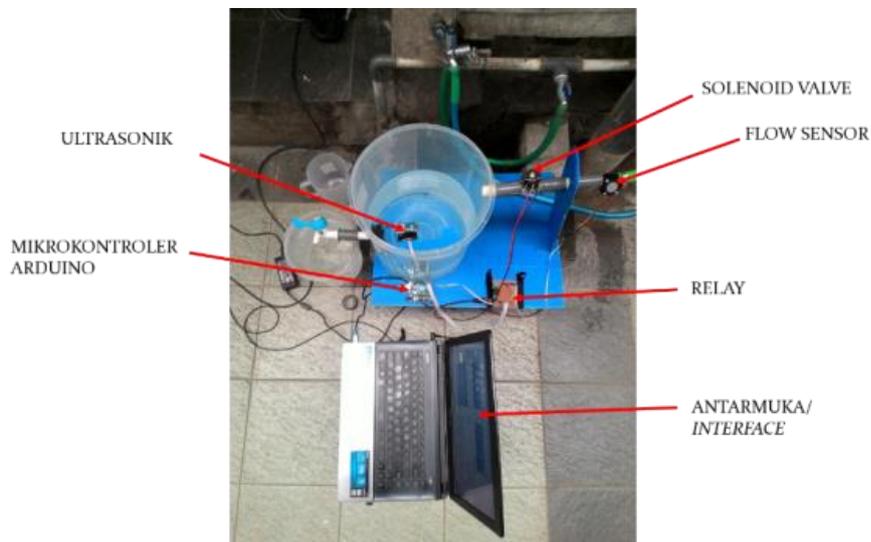
$$V = 2.312N_s \quad (13)$$



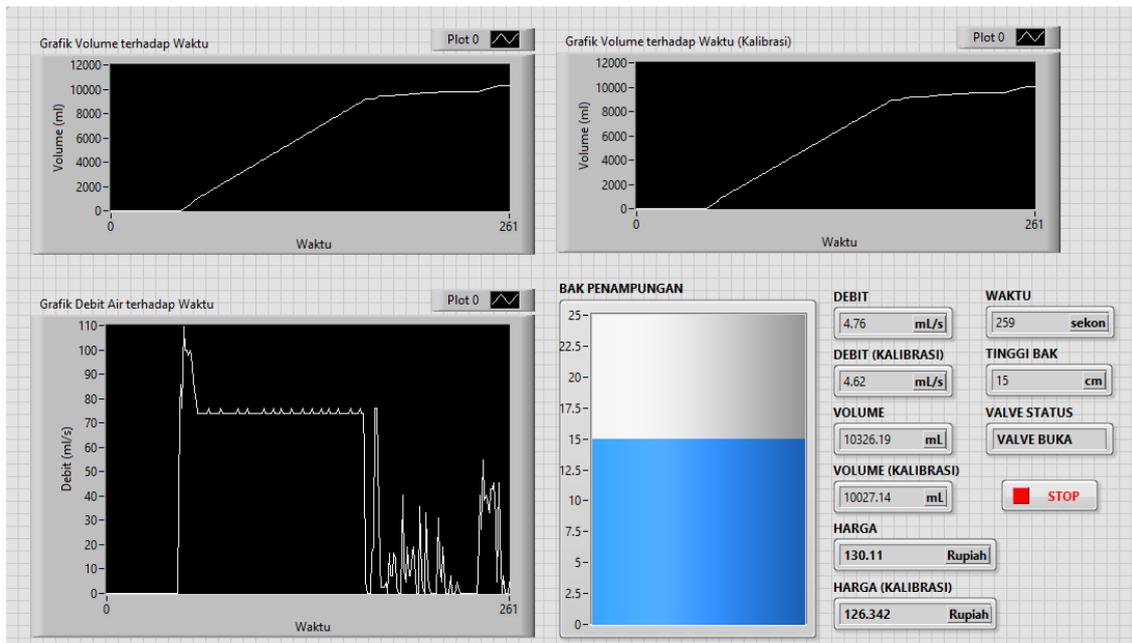
Gambar 7 Grafik Kalibrasi Flowmeter

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan rangkaian alat pada Gambar 4 dapat dibangun sebuah sistem yang dapat memonitor dan mengontrol aliran (Gambar 8). *Graphical User Interface* (GUI) berhasil dibuat menggunakan LabVIEW sebagai antarmuka antara *user* dengan alat. GUI yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 9. Setelah dilakukan kalibrasi *flowmeter*, dilakukan percobaan menghitung volume dan harga air dengan membandingkan tiga data, yaitu data perhitungan manual, data dengan fungsi transfer *datasheet*, dan data dengan fungsi transfer hasil kalibrasi.



Gambar 8 Sistem *Monitoring* dan Kontrol Aliran Air PDAM



Gambar 9 Graphical User Interface LabVIEW Sistem Monitoring

Gambar 9 merupakan tampilan *interface* pada monitor yang memantau debit air, volume, dan harga penggunaan air. Data keluaran *interface* dapat diamati pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Data Volume Hasil Percobaan

Volume diukur manual (ml)	Volume berdasarkan fungsi dari <i>datasheet</i> (ml)	Volume berdasar fungsi hasil kalibrasi (ml)	Error I (%)	Error II (%)
900	869.05	843.88	3.44	6.236
2125	2119.05	2057.68	0.28	3.168
2737.5	2792.86	2711.976	2.02	0.932
3425	3514.29	3412.512	2.61	0.365
4110	4226.19	4103.8	2.83	0.151
4770	4945.24	4802.024	3.67	0.671
5290	5504.76	5345.344	4.06	1.046
6180	6369.05	6184.6	3.06	0.074
6410	6569.05	6378.808	2.48	0.487
6650	6854.76	6656.248	3.08	0.094
6810	7009.52	6806.528	2.93	0.051

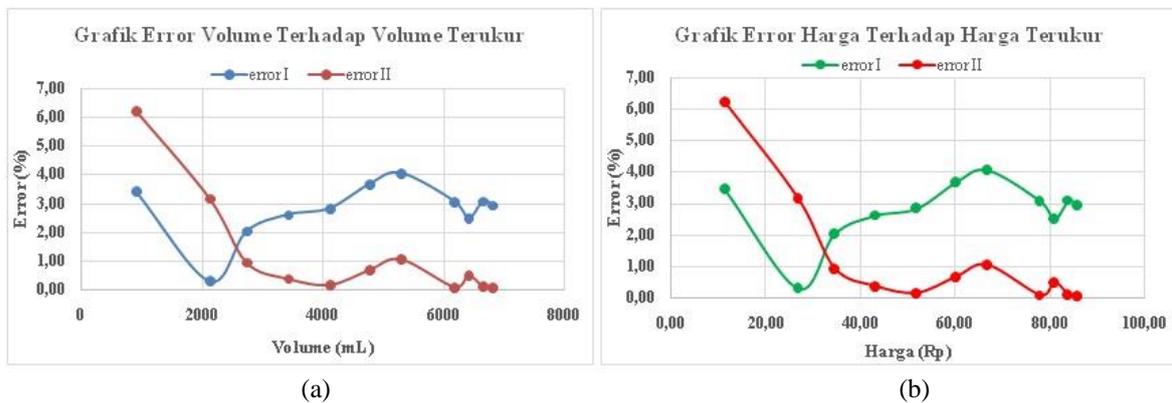
Dari Tabel 1 dapat diamati bahwa dengan alat ini dapat diukur volume air yang melewati *flowmeter* secara detail berdasarkan fungsi dari *datasheet flowmeter*. Terdapat perbedaan antara pengukuran manual dengan pengukuran menggunakan fungsi dari *datasheet*, namun perbedaan ini masih berada dibawah toleransi maksimal *flowmeter* (10%). Volume yang diukur manual merupakan volume air yang diukur dengan gelas ukur.

Di samping itu, dapat juga diamati perbandingan antara pengukuran berdasarkan fungsi dari *datasheet* dengan fungsi hasil kalibrasi yang diperoleh dari persamaan (13). Perhitungan volume dengan fungsi kalibrasi memiliki persentase kesalahan kurang dari 1% untuk volume air lebih dari 6100 ml.

Tabel 2 Data Harga Hasil Percobaan

Harga manual (Rp)	Harga berdasarkan fungsi <i>datasheet</i> (Rp)	Harga berdasarkan fungsi kalibrasi (Rp)	Error I (%)	Error II (%)
11.34	10.95	10.63	3.44	6.24
26.78	26.70	25.93	0.28	3.17
34.49	35.19	34.17	2.02	0.93
43.16	44.28	43.00	2.61	0.36
51.79	53.25	51.71	2.83	0.15
60.10	62.31	60.51	3.67	0.67
66.65	69.36	67.35	4.06	1.05
77.87	80.25	77.93	3.06	0.07
80.77	82.77	80.37	2.48	0.49
83.79	86.37	83.87	3.08	0.09
85.81	88.32	85.76	2.93	0.05

Tabel 2 menunjukkan harga yang harus dibayar berdasarkan pengukuran pada Tabel 1. Harga manual merupakan harga untuk pengukuran volume secara manual, harga berdasarkan *datasheet* merupakan harga untuk pengukuran volume berdasarkan fungsi dari *datasheet*, dan harga kalibrasi merupakan harga volume untuk pengukuran menggunakan fungsi kalibrasi. Dari Tabel 2 tersebut, dapat dihitung harga yang harus dibayarkan setiap satu liter pemakaian. Konversi dari volume ke harga diperoleh berdasarkan data tarif PDAM Tirtawening Bandung untuk Kelas Rumah Tangga 2A4 dengan pemakaian lebih dari 30 m³ [9].



Gambar 10 Grafik *Error* Pengukuran Volume (a) dan Grafik *Error* Pengukuran Harga (b)

Berdasarkan grafik pada Gambar 10, untuk penggunaan air dengan volume besar, perhitungan menggunakan fungsi kalibrasi menghasilkan *error* yang kecil (kurang dari 1%). *Error* perhitungan volume disebabkan adanya waktu transien air untuk memenuhi pipa ketika melewati *flowmeter*. Ketika air berada dalam waktu transien memenuhi pipa, volume nyata air yang melewati pipa berbeda dengan volume air yang dideteksi *flowmeter*.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa laju aliran air dapat terukur dengan baik oleh *flowmeter* sehingga didapatkan data debit dan volumenya dengan *error* yang diperoleh masih dalam batas spesifikasi alat yaitu sekitar 5%. Hal ini menunjukkan bahwa alat ini layak digunakan dalam kehidupan nyata oleh pengguna air PDAM. Pengembangan alat dapat dilakukan pada segi penambahan program agar alat dapat diakses melalui internet, sehingga pengguna dapat melakukan *monitoring* dimanapun melalui internet.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada anggota Laboratorium Elektronika Fisika ITB yang telah menyediakan tempat dan memberikan bantuan dalam penelitian, serta pihak-pihak lain yang berkontribusi dalam penulisan paper ini.

REFERENSI

1. Heru. D. W., *Pemantauan Kualitas Air Online dan Realtime di Intake PDAM Taman Kota Cengkareng Drain DKI Jakarta*, JAI Vol.2 (2009)
2. Gabriela.C, Vicenc.P, Carlos.O, et.al, *Real-Time Monitoring And Control For Efficient Management Of Drinking Water Networks: The Barcelona Case Study*, The 11th International Conference on Hydroinformatics HIC 2014, New York City, USA (2014)
3. Rietje.Y, Tomi.B.W, Agus.S, Imam.M, Sulaeman, *Sistem Monitor untuk Level dan Konsumsi Air Bersih Yang Real Time dan Otomatis*, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Pengertian Dasar IPTEK Nuklir, P3TM-BATAN Yogyakarta (2003)
4. Feri Djuandi, *Pengenalan Arduino*, E-book (2011)
5. National Instruments, *LabVIEW*, <http://www.ni.com>, diakses tanggal 29 Mei 2017
6. Hans-Petter Halvorsen, *Data Acquisiton in Labview*, University College of Southeast Norway, Norwegia (2016)
7. YIFA, *Hall Sensor YF Model Product Introduction*, YIFA Ltd (2015)
8. Elec Freaks, *HC-SR04 User Guide*, Elec Freaks Store (2015)
9. PDAM Tirtawening Bandung, *Tarif Air Minum PDAM Tirtawening*, <http://www.pambdg.co.id>, diakses tanggal 10 Oktober 2016