



Sistem Pendistribusian Air Bersih Metode Prabayar Terkendali Mikrokontroler Berbasis *IoT*

Efrizon¹, Muhammad Irmansyah², Anggara Nasution³, Era Madona⁴, Anggi Lifya Rani⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang

¹efrizonsyofyan@gmail.com, ²anggara@pnp.ac.id, ³emadona38@gmail.com

Abstract

A number of problems sometimes often arise regarding the flow of clean water from Regional Drinking Water Companies (PDAMs) to customers, such as the flow of water stops suddenly or there is no water at all, so it is necessary to manufacture a prototype system for monitoring the distribution of clean water with a microcontroller-controlled prepaid method. *IoT* based. The distribution of PDAM water that is channeled to consumers can be monitored online through the Internet network. The objectives of this research are (a) to make a prototype (prototype) of a prepaid clean water distribution system controlled by a microcontroller based on *IoT*, (b) to program an Arduino IDE-assisted system, and (c) to measure system performance. The research method starts from making a prototype physical form of clean water distribution assisted by a microcontroller, programming the microcontroller and Wi-Fi module, and measuring system performance. The results of measuring system performance are indicated by an error in the ultrasonic sensor reading HC-SR04 that occurs when the water level is low and too high with a maximum measured water level of 95%. The error when measuring the waterflow sensor at the water level is lower than 49% which is influenced by the water speed from the low pressure pump when the water level is below that value. The accuracy level of the waterflow sensor is 96.96% which is based on the sensor measurement results which are compared to the measurement results with a measuring cup. The system can monitor data readings from the waterflow sensor by using the NodeMCU ESP8266 on a web server from ThinkSpeak via the smartphone screen. Overall the tool can function well.

Keywords: NodeMCU ESP8266, *IoT*, microcontroller, prepaid method water distribution.

Abstrak

Sejumlah masalah terkadang sering timbul berkenaan dengan pengaliran air bersih dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) ke pelanggan, seperti aliran air terhenti secara tiba-tiba atau ketiadaan air sama sekali, sehingga perlu dilakukan pembuatan purwarupa sistem untuk pemantauan pendistribusian air bersih metode prabayar terkendali mikrokontroler berbasis *IoT*. Pendistribusian air PDAM yang teralirkan ke konsumen dapat dipantau secara *online* melalui jaringan *Internet*. Sasaran penelitian ini, yaitu (a) membuat sebuah purwarupa (prototipe) sistem pendistribusian air bersih metode prabayar terkendali mikrokontroler berbasis *IoT*, (b) memrograman sistem berbantuan Arduino IDE, dan (c) mengukur kinerja sistem. Metode penelitian dimulai dari pembuatan wujud fisik purwarupa distribusi air bersih berbantuan mikrokontroler, pemrograman terhadap mikrokontroler dan modul *Wi-Fi*, dan pengukuran kinerja sistem. Hasil pengukuran kinerja sistem ditunjukkan dengan kesalahan pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 terjadi saat level air kondisi rendah dan terlalu tinggi dengan ketinggian air terukur maksimal sebesar 95%. Kesalahan saat pengukuran sensor *waterflow* pada ketinggian air lebih rendah dari 49% yang dipengaruhi oleh kecepatan air dari pompa dengan tekanan rendah saat ketinggian air di bawah nilai tersebut. Tingkat akurasi sensor *waterflow* sebesar 96,96% yang didasarkan kepada hasil pengukuran sensor yang dibandingkan terhadap hasil ukur dengan gelas ukur. Sistem dapat untuk pemantauan pembacaan data dari sensor *waterflow* dengan penggunaan NodeMCU ESP8266 pada *web server* dari ThinkSpeak melalui layar *smartphone*. Secara keseluruhan alat dapat berfungsi dengan baik.

Kata kunci: NodeMCU ESP8266, *IoT*, mikrokontroler, pendistribusian air dengan metode prabayar.

1. Pendahuluan

Pendistribusian air bersih selama ini diselenggarakan oleh pemerintah melalui Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Sejumlah masalah terkadang sering timbul berkenaan dengan pengaliran air bersih dari PDAM ke rumah warga (pelanggan, konsumen), seperti aliran air terhenti secara tiba-tiba atau ketiadaan air sama sekali, sehingga konsumen sering komplain dan kecewa terhadap pelayanan dari perusahaan tersebut. Berdasarkan kondisi tersebut, dipabrikasi alat

pemantauan (*monitoring*) penggunaan air PDAM yang teralirkan ke konsumen, sehingga dapat dipantau secara *online* melalui jaringan *Internet*. Pabrikasi alat pemantauan juga didukung oleh perkembangan teknologi informasi melalui kehadiran inovasi teknologi, salah satunya berupa *Internet of thing (IoT)* [1]. Saat ini *IoT* telah diimplementasi pada bidang pertanian [2], kesehatan [3], *monitoring* parkir [4], dan industry [5] dengan dukungan teknologi *IoT* untuk pemantauan [6] dan pengendalian [7].

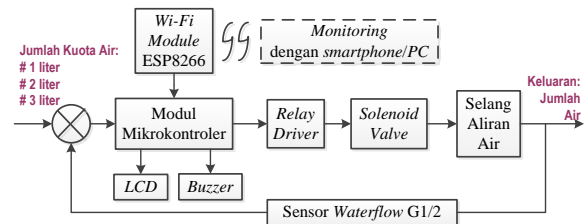
Penelitian terkait dengan distribusi air telah dilakukan sebelumnya, seperti sistem pemantauan air secara *real-time* berbasis *web*[8] dengan penempatan sensor MPX5700AP untuk pengukuran tekanan air. Modul *Global System for Mobile Commuication/General Packet Radio Service (GSM/GPRS)* digunakan untuk komunikasi antara sistem dan *server* melalui jaringan *GSM/GPRS*. Penunjukan hasil penelitian berupa nilai pengukuran tekanan air dan grafik tertampilkan pada *web*. Penelitian lain berupa pembuatan prototipe untuk sistem pemantauan air berbasis model berbasis *IoT*[9]. Prototipe terpabrikasi berbantuan sensor *ultrasonik* untuk deteksi level air, modul *GSM* untuk kirim pesan ketika terdapat aktivitas pada pompa air.

Pembuatan sistem *monitoring* dan pengendalian berbasis *NodeMCU ESP8266* untuk pendistribusian air melalui pengaturan debit air dan zona waktu untuk pendistribusian air ke konsumen [10]. Debit air dideteksi oleh sensor *waterflow*, sedangkan *valve* terhubung dengan motor servo, dan modul RTC DS1307 untuk penunjukan zona waktu. Penelitian terkait dengan pemantauan level air telah direalisasikan melalui *Smart Water Level Controlling System [WLCS]* berbasis *IoT* untuk pengukuran level air dan pengontrolan pengisian ke tangki air [11]. Penelitian serupa untuk pemantauan ketinggian air secara otomatis [12]. Sensor ultrasonik HC-SR04 untuk deteksi ketinggian air, jika tandon air penuh atau level 100% tercapai, maka sensor pendeteksi ketinggian air dan pompa *supply* air otomatis berhenti beroperasi.

Pembuatan prototipe sistem keran air otomatis untuk gedung bertingkat [13] dengan hasil berupa penunjukan sistem kontrol untuk pengaturan jadwal buka atau tutup keran air secara otomatis maupun manual dan pembatasan volume air pada masing-masing keran. Sensor *flowmeter* digunakan untuk menghitung debit air. Volume air dihitung dengan menambahkan debit air yang melewati sensor. Komunikasi serial digunakan untuk mengirimkan data dari arduino ke *personal computer (PC)*.

Berdasarkan sejumlah hasil penelitian tersebut, maka dipabrikasi sistem pengontrol pendistribusian air PDAM dengan mekanisme prabayar melalui sistem pengendalian berbasis mikrokontroler untuk pengaliran air ke ke konsumen sesuai kuota air terbeli dan pemantauan kondisi dimaksud melalui *Wi-Fi module*

ESP8266. Diagram skematis sistem pengontrol pendistribusian air PDAM prabayar, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



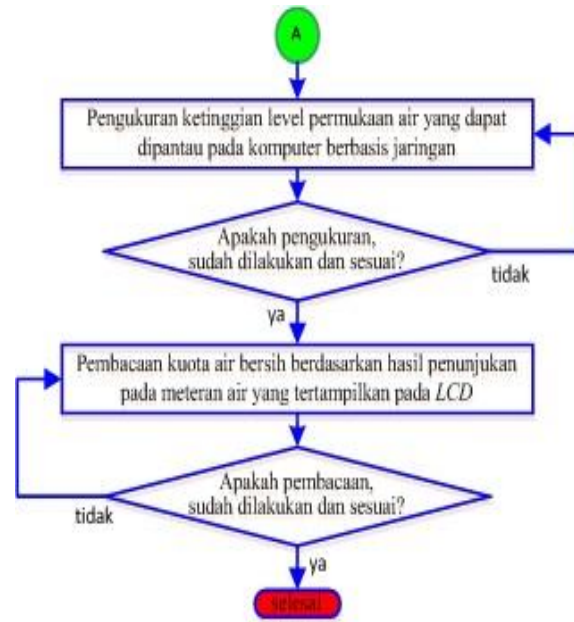
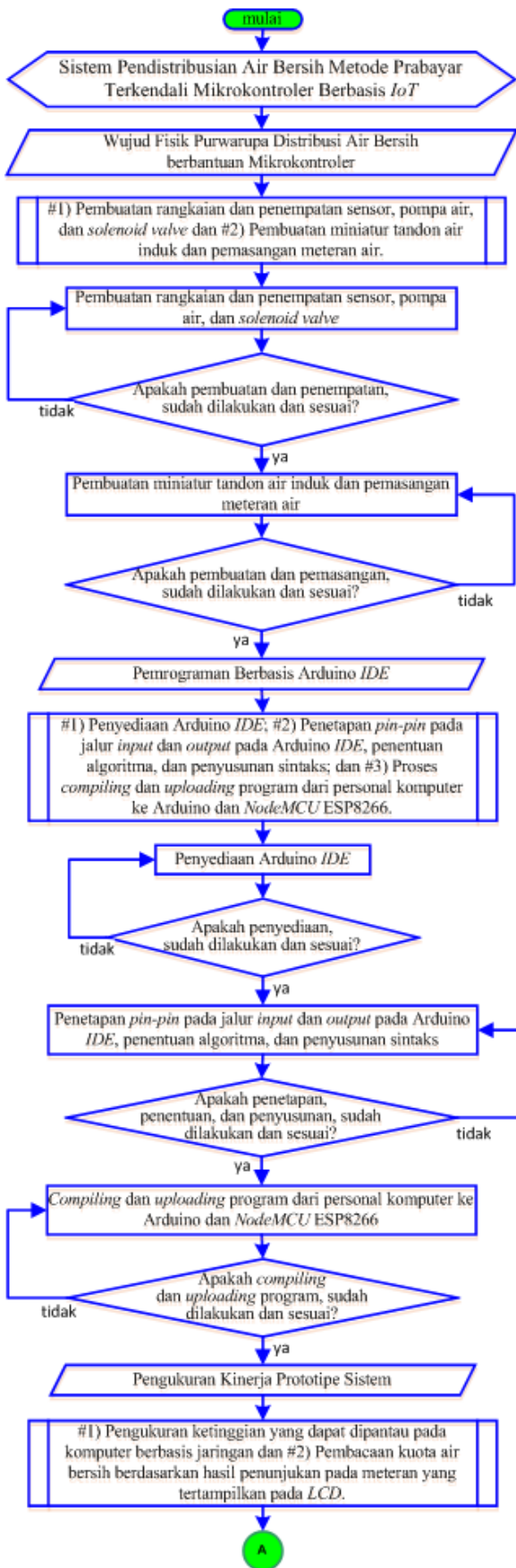
Gambar 1. Diagram skematis sistem pengontrol pendistribusian air PDAM prabayar

Berdasarkan Gambar 1 dapat dijelaskan, bahwa sensor *waterflow* dipasang untuk pengukuran debit air berdasarkan kecepatan aliran air dan sisa kuota air di masing-masing pelanggan dan ditampilkan dalam bentuk digital, terkendali mikrokontroler. Pendistribusian air bersih PDAM berdasarkan pembelian kuota air sesuai harga jual di lingkungan PDAM dengan satuan meter kubik (m^3) atau seribu liter. Satuan pada prototipe sistem diverifikasi melalui satuan liter air yang setara dengan satu meter kubik, melalui miniatur penyediaan air pada galon berukuran 19 liter untuk perolehan hasil pengukuran kinerja prototipe sistem melalui simulasi.

Berpedoman kepada proses peng-*input*-an kuota air dari serial monitor pada aplikasi Arduino diubah melalui halaman *web* dengan jaringan *Local Area Network (LAN)*, penambahan mekanisme pengendalian pompa air, dari kondisi selalu aktif menjadi nonaktif, ketika kepemilikan kuota air dan aliran air terhenti saat kuota air habis [10]. Pemantauan volume air sesuai kuota dilakukan melalui *NodeMCU ESP8266* berbasis aplikasi Thingspeak, sehingga ditetapkan tujuan penelitian yang meliputi (a) membuat sebuah prototipe sistem pendistribusian air bersih metode prabayar terkendali mikrokontroler berbasis *IoT*, (b) pemrograman sistem berbantuan Arduino IDE, dan (c) mengukur kinerja sistem berupa hasil pengukuran terhadap ketinggian air dan dapat dipantau di komputer berbasis jaringan, dan penampilan pembacaan kuota air bersih yang terdapat di meteran air pada *Liquid Crystal Display (LCD)*.

2. Metode Penelitian

Sejumlah piranti elektronika dibutuhkan pada penelitian ini, yaitu *Ethernet shield*, ESP8266, *solenoid valve*, sensor *waterflow*, sensor ultrasonik, LCD, dan *buzzer*. Tahapan-tahapan untuk pencapaian setiap sasaran penelitian pada metode penelitian dibuat dalam bentuk diagram alir (*flowcart*). Diagram alir metode penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



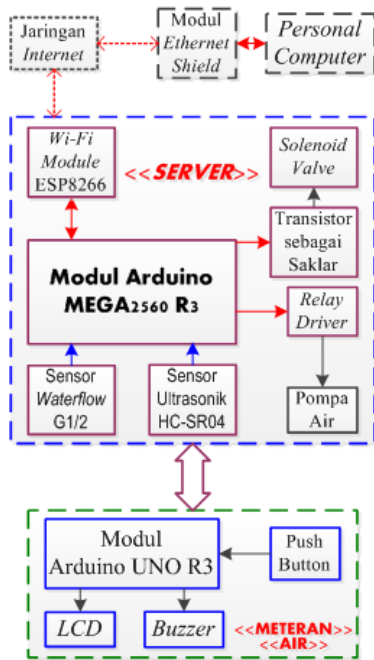
Gambar 2. Diagram alir metode penelitian

Berdasarkan Gambar 2 dapat dijelaskan, penelitian ini terdiri atas tiga sasaran penelitian. Sasaran penelitian pertama untuk perwujudan fisik prototipe sistem distribusi air bersih berbasis mikrokontroler dilakukan melalui (i) tahapan pembuatan rangkaian dan penempatan sensor, pompa air, dan solenoid valve dan tahapan pembuatan miniatur tandon air induk dan meteran air. Pemrograman sistem berbantuan Arduino IDE merupakan sasaran penelitian kedua yang dilakukan melalui (i) penyediaan Arduino IDE, (ii) penetapan pin-pin pada port masukan dan keluaran, penentuan algoritma, dan penyusunan sintaks, dan (iii) compiling dan uploading program dari PC ke mikrokontroler. Sasaran penelitian ketiga berupa pengukuran kinerja sistem dilakukan melalui (i) tahapan pengukuran terhadap ketinggian permukaan air pada tandon air induk yang dapat dipantau di komputer berbantuan jaringan dan (ii) tahapan pembacaan kuota air bersih berdasarkan penunjukan di meteran air yang tertampilkan pada LCD.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Purwarupa Sistem Pendistribusian Air Bersih Metode Prabayar Berbantuan Mikrokontroler

Pembuatan perangkat untuk sistem pendistribusian air bersih metode prabayar berbantuan mikrokontroler, dilakukan dengan tahapan-tahapan (i) pembuatan rangkaian dan penempatan sensor, pompa air, solenoid valve, dan (ii) pembuatan miniatur tandon air induk dan pemasangan meteran air. Diagram skematis purwarupa sistem pendistribusian air bersih metode prabayar berbantuan mikrokontroler, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

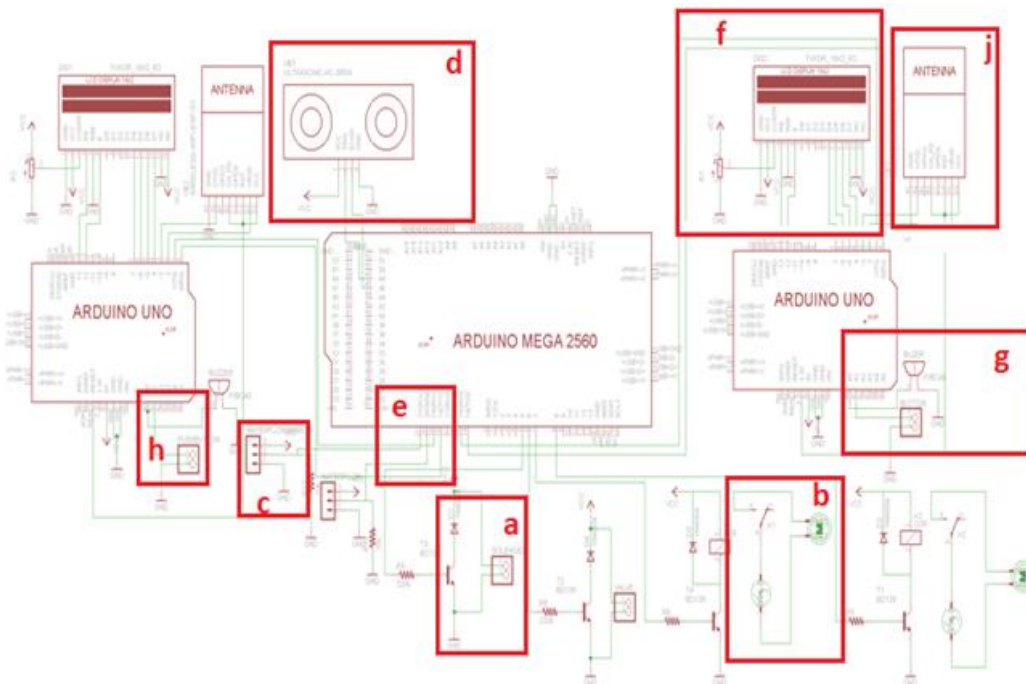


Gambar 3. Diagram skematis purwarupa sistem pendistribusian air bersih metode prabayar berbantuan mikrokontroler

Berdasarkan Gambar 3 dapat dijelaskan, bahwa perangkat terkendali oleh dua modul Arduino. Modul Arduino MEGA2560 R3 difungsikan sebagai *server* untuk pemasukan air bersih sesuai kode rumah warga melalui jaringan *Local Area Network (LAN)* ke *solenoid valve* yang difungsikan sebagai kran otomatis. Pompa air dan *solenoid valve* diaktifkan dengan penekanan *push button* yang terdapat di meteran air rumah warga. Data

ush button diterima oleh modul Arduino UNO R3 yang difungsikan sebagai meteran air tipe digital yang dikirim ke modul Arduino MEGA2560 R3 untuk pengaktifan pompa air dan *solenoid valve*. Untuk kondisi ketika kuota air habis, secara otomatis *solenoid valve* “menutup” dan pelanggan harus lakukan pengadaaan kuota air kembali untuk pembukaan *solenoid valve* tersebut. Penghitungan volume air yang masuk ke rumah pelanggan digunakan sensor *waterflow* G1/2, data sensor dikirimkan ke modul Arduino UNO R3 dan ditampilkan pada *LCD* dan *smartphone* sebagai pembacaan kuota air. Sensor kirim logika *LOW* pada modul Arduino MEGA2560 untuk penutupan *solenoid valve*, jika kuota air habis dan pengaktifan *buzzer* untuk pemberitahuan kepada pelanggan.

Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk pembacaan ketinggian permukaan air. Penampungan air pada tendon air induk tidak boleh di level lebih kecil dari 50% dan lebih besar dari 90% dari ketinggian galon, dan harus pada level 80% hingga 95%. Level air berada dibawah 50% pompa air cepat menjadi panas dan berpotensi cepat rusak. Informasi ketinggian permukaan air dikirimkan dari modul Arduino MEGA2560 R3 dan ditampilkan pada halaman *website*, jika level air kecil 50% ditampilkan informasi “Air Digalon Induk Tinggal Sedikit, Segera Ditambahkan Kembali Sebelum Habis”. Untuk kondisi level air besar dari 90% ditampilkan informasi “Air di Galon Hampir Penuh”. Rangkaian keseluruhan pengawatan terintegrasi *prototipe* sistem pendistribusian air PDAM metode prabayar berbasis *IoT* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengawatan terintegrasi prototipe sistem pendistribusian air PDAM metode prabayar berbasis IoT

#A) Rangkaian dan penempatan sensor, pompa air, dan solenoid valve

Tahapan ini dilakukan pembuatan rangkaian elektronika yang terdiri atas rangkaian (a) transistor *switching*, (b) *relay driver*, (c) sensor *waterflow* G1/2, (d) sensor ultrasonik HC-SR04, (e) komunikasi *serial* antara Arduino UNO R3 dan MEGA2560 R3, (f) *LCD* 2x16, (g) alarm peringatan kuota telah habis (Pelanggan), (h) kode pengaktifan kuota air, (i) *Ethernet Shield* ke Arduino MEGA2560 R3, dan (j) *NodeMCU* ESP8266.

#a) Rangkaian transistor *switching*

Rangkaian transistor *switching* digunakan untuk pengendalian *solenoid valve* 12 Vdc yang dihubungkan ke *pin* 6 dan *pin* 5 pada modul Arduino MEGA2560 R3. Saat *pin* pada modul Arduino diberikan logika *HIGH*, maka *solenoid valve* terbuka (*normally open*). Rangkaian *LED* dihubungkan ke transistor *switching* sebagai indikator aktif atau tidak aktif *solenoid valve*. Keterhubungan *pin* Arduino MEGA2560 R3 ke solenoid valve dan *LED*, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Keterhubungan *pin* Arduino MEGA2560 R3 ke solenoid valve dan *LED*

Pin Arduino MEGA2560	Komponen	Solenoid Valve, 12 Vdc	LED	Keterangan
5	Transistor <i>switching</i>	Terbuka (Aktif)	ON	<i>solenoid valve</i> , untuk rumah 1
6	Transistor <i>switching</i>	Tertutup (Nonaktif)	OFF	<i>solenoid valve</i> , untuk rumah 2

#b) Rangkaian *relay driver*

Rangkaian *relay driver* digunakan untuk pengendalian kondisi ON/OFF pompa air 220V ac yang dihubungkan ke *pin* 7 dan *pin* 8 pada modul Arduino MEGA2560 R3. Saat *pin* pada Arduino diberikan logika *HIGH*, pompa diaktifkan. Indikator pompa air telah ON/OFF ditandai olehnyala/padam dari *LED*.

#c) Rangkaian sensor *waterflow* G1/2, sensor ultrasonik HC-SR04, dan *LCD*

Rangkaian sensor *water flow* G1/2 difungsikan untuk penghitungan jumlah debit air dihubungkan ke *pin* 20 dan *pin* 21 pada modul Arduino MEGA2560 R3. *Pin* untuk *trigger* sensor ultrasonik HC-SR04 dihubungkan ke *pin* 48, sedangkan *pin* echo dihubungkan ke *pin* 46 pada modul Arduino MEGA2560 R3. Rangkaian *LCD* digunakan untuk penampilan kuota pembelian dan volume air yang dihubungkan ke modul Arduino UNO R3. Keterhubungan antar *pin* pada modul Arduino, sensor, dan *LCD*, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Keterhubungan antar *pin* pada modul Arduino, sensor, dan *LCD*

Komponen	Pin	Keterangan
Sensor <i>Waterflow</i> G1/2	20 (Arduino MEGA2560 R3)	perhitungan debit air untuk rumah 1
	21 (Arduino MEGA2560 R3)	perhitungan debit air untuk rumah 2
Sensor Ultrasonik HC-SR04	Echo (46) Trigger (48)	<i>input</i> <i>output</i>
<i>LCD</i>	2, 3, 5, 11, 12 (Arduino UNO R3)	Tampilan Kuota Air

#d) Rangkaian komunikasi *serial*, *Ethernet Shield* dan *NodeMCU* ESP8266.

Rangkaian komunikasi *serial* difungsikan untuk mengirimkan data sensor *water flow* G1/2 pada arduino mega 2560 sebagai server ke arduino uno R3 untuk mengetahui air yang telah dialirkan dan ditampilkan pada *LCD*. *Ethernet shield* difungsikan untuk komunikasi arduino mega2560 dengan jaringan LAN dihubungkan pada *pin* 10,11,12 dan 13 arduino. Rangkaian ESP8266 digunakan untuk untuk komunikasi arduino uno dengan jaringan *wireless*. Penempatan *pin* ditunjukkan pada tabel 3 dan tabel 4.

Tabel 3. Penempatan Pin Arduino pada *Ethernet Shield*

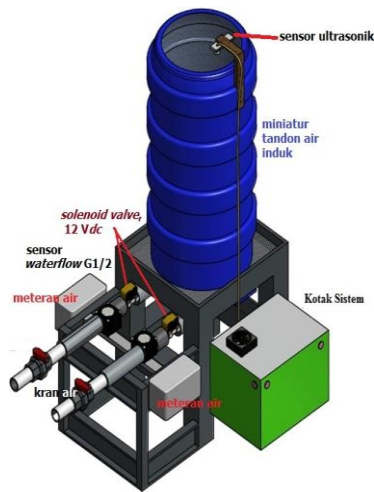
Pin pada Arduino MEGA2560	Pin pada Ethernet Shield
10	SS
11	MOSI
12	MISO
13	SCK

Tabel 4. Penempatan keterhubungan *pin* Arduino pada ESP8266

Pin Arduino Uno	Pin ESP8266
10	VCC
3.3 V	RST
3.3 V	CH_PD
3.3 V	GND
GND	URXD
2	UTXD
3	VCC

#B) Miniatur tandon air induk dan meteran air

Alat yang dibuat pada sistem ini menggunakan 1 buah galon induk berukuran 19 liter air, besi L digunakan untuk kedudukan galon dan pipa. Untuk rangkaian sistem elektronika ditempatkan di dalam kotak (boks). Purwarupa sistem pendistribusian air bersih metode prabayar berbasis *IoT*, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Purwarupa sistem pendistribusian air bersih metode prabayar berbasis IoT

3.2. Pemrograman Sistem

Sejumlah tahapan dilakukan pada pemrograman sistem, yaitu (i) penyediaan Arduino IDE, (ii) penetapan *pin-pin* pada *port* masukan, keluaran, dan penetapan algoritma, dan (iii) pengunggahan program dari PC ke modul mikrokontroler. Arduino IDE versi 1.8.13 digunakan untuk pemrograman pada penelitian ini. Tahapan pada proses penyediaan Arduino IDE yaitu, (i) pengunduhan Arduino IDE, (ii) proses pemasangan (penginstalan), dan (iii) pemilihan tipe mikrokontroler.

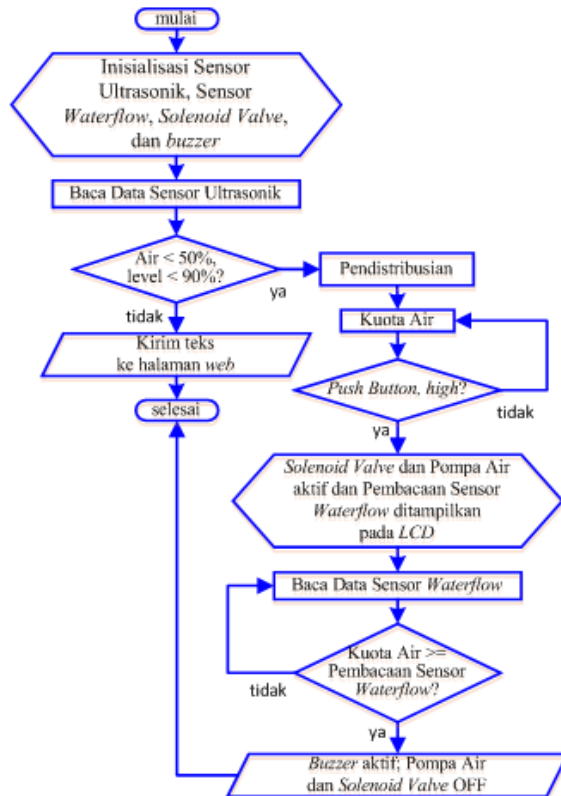
Penetapan *pin-pin* pada jalur *input/output* dan penentuan algoritma, dilakukan untuk kemudahan dalam pemrograman. Penetapan *pin-pin* pada *port* masukan dan keluaran, seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Penetapan *pin-pin* pada *port* masukan dan keluaran

Mikrokontroler	Port dan Pin	Komponen	Keterangan
Arduino MEGA2560 R3	PE3 - Digital pin 5	Transistor switching	output
	PE4 - Digital pin 6	Transistor switching	output
	PB1 - Digital pin 20	Sensor Waterflow G1/2	input
	PB2 - Digital pin 21	Sensor Waterflow G1/2	input
	PD3 - Digital pin 46	Sensor Ultrasonik HC-SR04	input
Arduino UNO R3	PD5 - Digital pin 48	Sensor Ultrasonik HC-SR04	output
	Digital Pin 6 dan 13	Buzzer	output
	Digital Pin 2, 3, 5, 11, dan 12	LCD	output

Setelah penetapan *pin-pin* pada port masukan/keluaran, dilanjutkan dengan penetapan algoritma pemrograman.

Algoritma pemrograman sistem pendistribusian air bersih metode prabayar terkendali mikrokontroler berbasis IoT, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Algoritma pemrograman sistem pendistribusian air bersih metode prabayar terkendali mikrokontroler berbasis IoT

Berdasarkan Gambar 6 dapat dijelaskan, bahwa sensor pembaca level air di tandon air induk dengan level air 90% air didistribusikan dan tertampilkan halaman *web* untuk pengisian kuota air. Harga air dibuat sesuai harga sebenarnya pada PDAM. Biaya pemakaian air per meter kubik pada prototipe dikonversi ke satuan liter, seperti ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Biaya pemakaian air per meter kubik pada prototipe dikonversi ke satuan liter

Jenis Tarif	Harga 0–10 m ³ (Rp.)	Dana Meter (Rp.)	Biaya Admin. (Rp.)	Retribusi Sampah (Rp.)	Total (Rp./m ³)
2c	2.185,00	4.500,00	3.000,00	5.000,00	15.000,00

Berdasarkan Tabel 6 dapat dijelaskan, bahwa kategori harga air, meliputi (a) Rp.15.000,00 untuk satu liter air, (b) Rp.17.000,00 untuk dua liter air, dan (c) Rp.19.000,00 untuk tiga liter air. Tahapan lanjutan dilakukan pemrograman berbantuan Arduino IDE yang dimulai dari akuisisi data, pengontrolan, dan komunikasi data. *Listing program* untuk keterhubungan sensor

ultrasonik dan *waterflow* melalui ESP8266, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

```

//Sensor Ultrasonik
int trigPin = 46; //variabel untuk trigPin disambungkan ke pin 52
int echoPin = 48; //variabel untuk echoPin disambungkan ke pin 50
pinMode(trigPin, OUTPUT); // Perintah ini menyatakan bahwa trigPin sebagai output
pinMode(echoPin, INPUT); // Perintah ini menyatakan bahwa echoPin sebagai input
    
```

a) Sensor Ultrasonik

```

//. Sensor Water flow
byte sensorPin = 20; //variabel untuk echoPin disambungkan ke pin 50
float calibrationFactor = 5,9; // aliran output sensor hall-effect kira-kira 4.5 pulsa per detik
// aliran dari liter/menit
volatile byte pulseCount; //Perintah ini menunjukkan hasil pengukuran dari sensor ini dalam bentuk pulsa
    
```

b) Sensor waterflow

```

void makeHttpRequest() {
    WiFiClient client;
    int retries = 5;
    while(!client.connect(server, 80) && (retries-- )) {
        ;
    }
    }
    
```

c) ESP8266 sebagai client

Gambar 7. Listing program untuk keterhubungan sensor ultrasonic dan *waterflow* melalui ESP8266

Setelah algoritma dan penulisan sintaks untuk pemrograman, dilanjutkan tahapan *compiling* dan *uploading*.

Sintaks program kemudian di-*compile* untuk dikonversi menjadi *file .hex*. Tampilan proses *compiling*, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.

```

MeteranOK_b | Arduino 1.8.13
File Edit Sketch Tools Help
MeteranOK_b
Serial.write('b'); //SYNC char
Serial.write(wall);
delay(50);

int in = digitalRead(pushbutton);
if (in == 0)
{
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Kuota Air Telah");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(" Ditambahkan");
    delay(500);
    air = 0;
    lcd.clear();
}

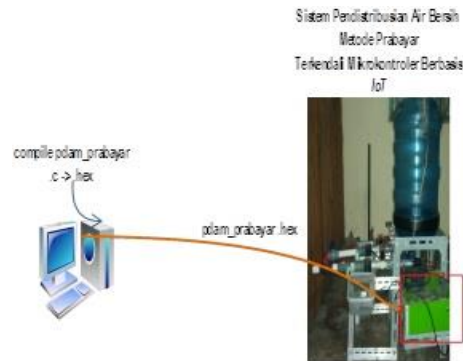
if (Serial.available()>0)
{
    //while (Serial.available()>0)
    
```

Compiling sketch...
 Linking everything together...
 "C:\Program Files (x86)\Arduino\hardware\tools\avr\bin\avr-g++"

Gambar 8. Tampilan proses *compiling*

Berpedoman kepada hasil pada Gambar 8, maka dilanjutkan Sintaks program kemudian di-*compile* untuk

dikonversi menjadi *file .hex* dan diunggah ke mikrokontroler dari *PC* berbantuan kabel *USB*. Tampilan diagram skematis proses *uploading* sintaks program dari *PC* ke dalam mikrokontroler, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan diagram skematis proses *uploading* sintaks program dari *PC* ke dalam mikrokontroler

3.3 Pengukuran Kinerja Sistem

Pengukuran kinerja sistem dilakukan pada 2 (dua) kondisi, yaitu (1) ketinggian air bersih pada tandon air induk yang dapat dipantau di komputer berbasis jaringan dan (2) tampilan pembacaan kuota air bersih pada *Liquid Crystal Display (LCD)* yang terdapat di meteran air.

1) Pengukuran ketinggian permukaan air bersih yang dapat dipantau di komputer berbasis jaringan

Pengukuran dilakukan dengan tahapan, yaitu (i) pengukuran pada rangkaian transistor *switching*, (ii) pengukuran pada rangkaian *relay driver*, (iii) pengukuran level permukaan air dengan sensor ultrasonik HC-SR04, (iv) pengukuran rangkaian sensor water flow g1/2

1a) Pengukuran pada rangkaian transistor *switching*

Pengukuran dilakukan terhadap transistor yang digunakan sebagai saklar untuk pengaktifkan *solenoid valve* berbantuan koil 12 *Vdc*. Nilai tegangan hasil pengukuran pada transistor *switching*, seperti ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai tegangan hasil pengukuran pada transistor *switching*

Pengukuran				Kondisi Transistor
V_{in}	V_{BE}	V_{CE}	V_{CC}	
4,5 V	0,72 V	0,01 V	11,2 V	Saturasi
0,01 V	0,01 V	11,2 V	0 V	cut-off

Berdasarkan pada Tabel 7 didapatkan hasil saat pin arduino berlogika *LOW* tegangan terukur sebesar 0,01 V yang merupakan pencatu transistor. Saat *pin* berlogika *HIGH* transistor menjadi terkonduksi saturasi, sehingga tegangan pada V_{BE} sebesar 0,72 V dan pada V_{CE} sebesar 0,01 V. Kondisi tersebut sebagai pemicu kondisi

solenoid valve dalam keadaan terbuka, karena *solenoid valve* terhubung dengan V_{CC} dan V_{CE} . Saat *pin* pada Arduino berlogika *LOW*, transistor dalam keadaan *cut-off*, sehingga tegangan V_{BE} terukur 0,01V dan tegangan V_{CE} menjadi bernilai sama dengan tegangan sumber V_{CC} sebesar 11,24 V. Hal itu berakibat kepada kondisi *solenoid valve* kembali ke kondisi normal, karena tegangan pada V_{CE} bernilai sama dengan V_{CC} .

1b) Pengukuran pada blok rangkaian *relay driver* untuk pompa air

Rangkaian *relaydriver* juga dengan rangkaian transistor *switching* untuk pengaktifan dan penonaktifan relai. Titik pengukuran sama dengan pengukuran untuk rangkaian transistor *switching*. Hasil pengukuran pada blok *relay driver*, seperti ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengukuran pada blok *relay driver*

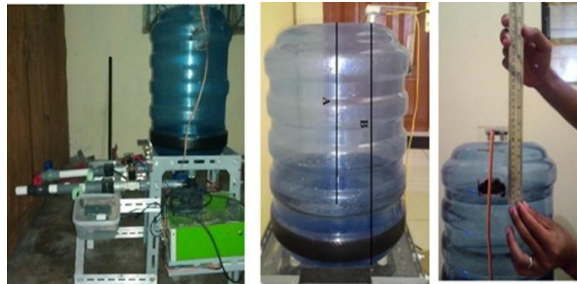
Pengukuran				Posisi Relai
V_{in}	V_{BE}	V_{CE}	V_{ac}	
4,44 V	0,7 V	0,03 V	210 V	ON
0,01 V	0,01 V	11,2 V	0 V	OFF

Berdasarkan Tabel 8 dapat dijelaskan, bahwa rangkaian *relaydriver* dengan rangkaian transistor *switching* yang digunakan untuk pengoperasian *solenoid valve*, saturasi saat tegangan V_{BE} 0,71 V dan *cut-off* saat tegangan V_{BE} 0,01V, sesuai dengan bahan transistor dari silicon, yaitu tegangan saat saturasi pada V_{BE} bernilai 0,7 V dan saat *cut-off* tegangan V_{BE} bernilai lebih kecil dari 0,7 V. Saat transistor dalam keadaan saturasi, keluaran di *pin* modul Arduino dengan pasokan tegangan sebesar 4,44 V, agar relai aktif dan pompa air beroperasi, dan tegangan V_{CE} menjadi 0,03 V. Tegangan sebesar 4,44 V dari *pin* Arduino merupakan tegangan keluaran saat berlogika *HIGH*, berdasarkan *datasheet* Arduino tegangan *output* dari masing-masing *pin* pada *port* keluaran modul Arduino sebesar 5 V, tetapi tegangan terukur sebesar 4,44 V. Hal itu disebabkan oleh ketidakstabilan nilai masukan yang digunakan saat proses pengukuran. Nilai tegangan tersebut tidak berpengaruh terhadap operasi relai, karena nilai tegangan V_{BE} sudah tercapai pada 0,7 V, sebagaimana hasil penelitian Baszynski-Pirot dan Perkasa, *et al.*

1c) Pengukuran pada modul sensor ultrasonik HC-SR04 dan Arduino MEGA2560 R3

Pengukuran dilakukan pada modul sensor ultrasonik HC-SR04 untuk penunjukan kinerja sensor pada saat digunakan untuk pengiriman data ketinggian permukaan air pada tandon air induk dalam satuan centimeter kemudian dikalkulasikan menjadi ketinggian permukaan air pada mikrokontroler. Pengukuran dilakukan pada sensor dengan pengukuran ketinggian permukaan air yang terbaca oleh sensor *ultrasonik* HC-SR04 dan dibandingkan terhadap mistar ukur.

Pengukuran ketinggian permukaan air pada tandon air induk, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



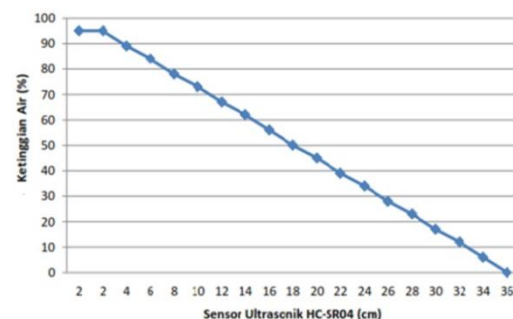
Gambar 10. Pengukuran ketinggian permukaan air pada tandon air induk

Berdasarkan Gambar 10 dapat dijelaskan, bahwa data terukur oleh sensor diubah menjadi ketinggian permukaan air dalam satuan persen. Ekuivalensi data terukur pada ketinggian permukaan air, seperti ditunjukkan Tabel 9.

Tabel 9. Ekuivalensi data terukur pada ketinggian permukaan air

Jarak Terbaca Sensor Ultrasonik (cm)	Jarak Sebenarnya (cm)	Error Pengukuran Jarak (%)	Ketinggian Permukaan Air (%)
2	1	-100	95
2	2,5	20	95
4	4,5	11,11	95
6	6	0	84
8	8	0	84
10	10	0	73
12	12	0	67
14	14	0	62
18	18	0	50

Berdasarkan Tabel 9 dapat dibuat kurva hubungan antara persen ketinggian permukaan air dan ketinggian permukaan air terdeteksi oleh sensor ultrasonik HC-SR04. Kurva hubungan antara persen ketinggian permukaan air dan hasil pendeteksian sensor ultrasonik, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Kurva hubungan antara persen ketinggian permukaan air dan hasil pendeteksian sensor ultrasonik

Sensor ultrasonik beroperasi berdasarkan prinsip gelombang ultrasonik. Jarak terukur berdasarkan hasil

pendeteksi sensor ultrasonik, diperoleh dengan pen-*trigger*-an pada *pin* “*trigger*”, sehingga dipancarkan gelombang ultrasonik dan dipantulkan oleh objek permukaan air dan diterima melalui *pin* “*echo*” pada sensor ultrasonik. Selisih waktu antara pemancaran gelombang ultrasonik dan penerimaan, merupakan pulsa dan dikonversikan oleh Arduino untuk dihasilkan data dari jumlah kapasitas air. Persamaan untuk pemrograman berupa konversi pulsa diterima oleh “*echo*”, adalah $cm = duration * 0,034/2$.

Data *error* pada Tabel 9 disebabkan oleh bidang pantul dari sinyal *transmitter* ke *receiver* berbeda dengan data lainnya. Pantulan yang didapatkan Tabung penampungan air tidak selindris, sehingga saat sinyal *transmitter* bidang tersebut, pantulan diperoleh bukan dari permukaan air, melainkan dari dinding berbentuk cekung, sehingga berdasarkan cara operasi sensor ultrasonik dengan selisih waktu sinyal *transmitter* dan sinyal *receiver* menjadi lebih singkat. Saat lama waktu tersebut dikonversikan ke jarak, maka nilai diperoleh menjadi lebih kecil dibandingkan dengan nilai dari alat ukur. Waktu lebih singkat merupakan penyebab data jarak yang diperoleh menjadi lebih kecil. *Error* tidak terjadi saat pembacaan di tengah tabung, hal ini sebagai bukti, bahwa lengkungan pada bagian bawah dan atas berpengaruh terhadap hasil pembacaan.

Saat pembacaan sensor tetap sebesar dua cm padahal jarak yang diperoleh dengan alat ukur sudah kecil dari dua cm. Hal itu disebabkan oleh kemampuan sensor ultrasonik sesuai *datasheet* perihal penjelasan pembacaan jarak minimal sensor ultrasonik sebesar dua cm, setelah sensor tidak mampu lagi dalam pembacaan. Nilai *error* diperoleh berdasarkan hasil pembacaan pada bawah tabung, sehingga sebagai bukti, bahwa semakin cekung suatu bidang, maka pantulan sinyal menjadi lebih cepat. Bidang cekung menjadi linear kembali, melalui penunjukan nilai *error* menjadi semakin berkurang. Nilai *error* terbesar bernilai 100%, saat sensor berkemampuan minimal.

Ketinggian permukaan air merupakan kebalikan dari jarak terukur oleh sensor. Jarak terukur oleh sensor semakin kecil, maka ketinggian permukaan air semakin besar, begitu juga kondisi sebaliknya. Nilai tersebut sebagai penanda, bahwa jika ketinggian permukaan air semakin dekat ke sensor ultrasonik yang dipasang pada bagian atas tandon air induk, maka jarak air terukur semakin dekat dengan sensor atau permukaan air dalam tandon air induk semakin tinggi. Ketinggian permukaan air tidak dapat tercapai hingga 100%, karena kinerja sensor dibatasi oleh pembacaan jarak permukaan air terbaca pada jarak minimal dua cm dari sensor ultrasonik. Ketinggian permukaan air hanya dapat terbaca pada nilai maksimal sebesar 95%, hal ini sesuai

dengan penelitian Akbar dan Rachmat. Kenaikan ketinggian permukaan air dengan jarak pada sensor terdapat perbedaan nilai, yaitu rentang jarak sensor per 2 cm, sedangkan rentang kenaikan ketinggian permukaan air lima dan enam cm.

1d) Pengukuran rangkaian sensor *waterflow* G1/2

Pengukuran dilakukan untuk penunjukan kinerja sensor *waterflow* G1/2 dalam pengukuran debit air. Tegangan keluaran sensor sebesar 3,5-3,9 V saat dialiri air. *Stopwatch* digunakan untuk penunjukan waktu yang dibutuhkan dalam pencapaian kuota peng-*input*-an. Kuota terdistribusikan ke rumah-rumah dengan pilihan satu, dua, dan tiga liter. Hasil pengukuran sensor *waterflow* G1/2, seperti ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil pengukuran sensor *waterflow* G1/2

<i>Input</i> (liter)	Ketinggian Air	Waktu (s)	Gelas Ukur (ml)	Debit Air Terukur oleh Sensor (ml)	<i>Error</i> (%)
1 liter	95	12,66	1000	1034	3,29
	90	12,55	970	994	2,41
	87	12,51	1000	1022	2,15
	82	12,45	1000	1025	2,44
	76	13,06	1050	1067	1,59
	71	12,72	1000	1043	4,12
	65	13,06	1000	1058	5,48
	60	13,26	950	1014	6,31
	52	13,01	1000	1041	3,94
	49	12,5	950	981	3,16
	25	14,59	960	993	3,32
	19	13,98	940	971	3,19
	9	13,89	925	970	4,64

Berdasarkan Tabel 10 dapat dijelaskan, bahwa saat ketinggian permukaan air mulai terjadi pengurangan, maka debit air yang dihasilkan berkurang dari kuota dan waktu yang dibutuhkan lebih dari rata-rata, sebesar satu detik. Persamaan untuk penghitungan laju aliran, yaitu

$$flowRate = \frac{\left(\frac{1000.0}{(millis() - oldTime)}\right) * pulseCount}{CalibrationFactor} \quad (1)$$

Persamaan pada program juga dilakukan proses kalibrasi berdasarkan jumlah gelombang per detik per unit ukuran (liter/menit dalam kasus ini) dari sensor. Kalibrasi dilakukan bertujuan untuk perolehan jumlah pulsa per detik untuk ukuran per liter air sesuai dengan kecepatan air. Kalibrasi juga dilakukan dengan memasukan nilai untuk perolehan hasil keluaran debit air sesuai dengan pembacaan dari kalkulasi program. Setelah diperoleh laju aliran dalam liter per menit, laju aliran diubah menjadi mililiter per detik dengan persamaan:

$$flow_{milliLitres} = \left(\frac{flow_{rate}}{60} \right) * 1.000. \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan tersebut kecepatan aliran dibagi enam puluh detik dikalikan dengan 1.000 ml. Setelah diperoleh data debit aliran dalam milliliter per detik, data tersebut selalu ditambahkan, sehingga diperoleh data pembacaan sensor *waterflow* dengan penggunaan sintaks program:

totalMilliLitres += flowMilliLitres;

Berdasarkan data tersebut, diperoleh nilai debit air dari laju kecepatan air. Sensor penghitung debit air yang digunakan tidak selalu sesuai, karena penambahan total milliliter air untuk pencapaian data yang diinginkan tidak akan selalu sama. Data dari sensor ditampilkan pada *LCD*. Tampilan data pada *LCD*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Tampilan data pada *LCD* untuk pemantauan air satu liter air

2) Tampilan pembacaan kuota air bersih

Tampilan ini bertujuan untuk pengukuran kinerja *Ethernet shield* dan ESP8266 pada purwarupa sistem pendistribusian air bersih. *Ethernet shield* difungsikan sebagai *web server*. Pemrograman jaringan berbasis HTML diprogram di modul Arduino. Pengukuran kinerja Arduino *web server* dilakukan dengan cara penghubungan *web server* ke *PC*, kemudian alamat *IP* dari komputer dikonfigurasi untuk keterhubungan *web server*. Pengiriman data digunakan instruksi program `if(Readstring.indexOf //halaman yang dibaca Arduino)`. Tahapan setelah ini yang dilakukan Arduino, misalkan peng-input-an kuota air satu liter dan aksi berdasarkan program dengan pemberian data 1000, maka data tersebut diolah oleh Arduino sesuai dengan program. Tampilan proses peng-input-an kuota air, ditunjukkan pada pada Gambar 13.



Gambar 13. Tampilan proses peng-input-an kuota air

Pengukuran kemampuan monitoring dengan ESP 8266 berbantuan aplikasi *Thingspeak* dilakukan untuk penunjukan ESP8266 yang terhubung ke *Wi-Fi* berfungsi untuk pemantauan debit air yang dialirkan. Untuk pengaksesan hasil pemantauan, ESP8266 dihubungkan dengan *pin* pada Arduino dengan tegangan 3,3V. *Listing program* untuk keterhubungan ESP8266 dengan jaringan *Internet* dan akun *Thingspeak*, seperti ditunjukkan Gambar 14.

```
File Edit Sketch Tools Help
MeteranOk $
const char* ssid = "OPPO A37f";
const char* password = "98765xxxx";
const char* apiKey = "8UUL5GBIDIYAVSxx";
const char* resource = "/update?api_key=";
// Thing Speak API server
const char* server = "api.thingspeak.com";
```

Gambar 14. *Listing program* untuk keterhubungan ESP8266 dengan jaringan *Internet* dan akun *Thingspeak*

Pengiriman data pemantauan pada aplikasi *Thingspeak* dikirim dari Arduino ke ESP8266 melalui keterhubungan *pin* RX dan TX pada ESP8266 ke *pin* pada modul Arduino. Tampilan volume kuota air pada *smartphone*, seperti ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Tampilan volume kuota air pada *smartphone*

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sesuai sasaran penelitian. Purwarupa dikendalikan oleh dua modul Arduino, yaitu Arduino MEGA2560 R3 difungsikan sebagai *server* untuk *input*-an air sesuai kode rumah warga melalui jaringan *Lokal Area Network* (LAN) dan Arduino UNO R3 difungsikan sebagai meteran pelanggan. Pembuatan purwarupa untuk pendistribusian air bersih metode prabayar terkendali mikrokontroler, dilakukan dengan tahapan-tahapan (i) pembuatan rangkaian dan penempatan sensor, pompa air, *solenoid valve*, dan (ii) pembuatan miniatur tandon air induk dan meteran air.

Pemograman sistem berbasis Arduino *IDE* dilakukan dengan tiga tahapan, yaitu (i) penyediaan Arduino *IDE*, (ii) penetapan *pin*-pin pada *port* masukan/keluaran dan pembuatan algoritma, dan (iii) pengunggahan program dari *PC* ke modul Arduino berbantuan kabel *USB*.

Penampungan air pada tandon air induk tidak boleh pada ketinggian (level) lebih kecil dari 50% dan lebih besar dari 90% dari ketinggian permukaan air tandon air induk. Kesalahan pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 terjadi saat level permukaan air terlalu rendah dan tinggi, karena pembacaan minimal sensor ultrasonik HC-SR04 tidak boleh kurang dari 2 cm. Ketinggian permukaan air yang dapat terukur secara maksimal sebesar 95%. Saat penghitungan perbandingan antara debit air terbaca oleh sensor dan terukur melalui gelas ukur, diperoleh hasil yang selalu berbeda. Nilai *error* dipengaruhi oleh kecepatan air yang dipompakan oleh pompa air, dengan kondisi pompa air bertekanan rendah saat ketinggian permukaan air lebih kecil dari 49%. Sistem dapat digunakan untuk pemantauan pembacaan data dari sensor *waterflow* berbantuan ESP8266 terpantau pada *web server* berbasis aplikasi *Thinkspeak* melalui layaur *smartphone*.

Saran pengembangan terhadap penelitian ini, disarankan untuk penambahan proses komunikasi antara mikrokontroler dan sensor *waterflow* G1/2, sebelumnya dengan komunikasi serial dikembangkan dengan penggunaan jaringan *Internet*, sehingga pengiriman data tidak perlu lagi dengan kabel penghubung. Peng-*input*-an kuota air dan pemantauan dapat dikembangkan dari jaringan *LAN* menjadi jaringan *World Area Network* (WAN). Penambahan kontrol air pada tandogalon air induk untuk penjagaan ketinggian permukaan air antara 80% hingga 90%, agar kecepatan pemompaan air dalam kondisi konstan.

Daftar Rujukan

[1] M. H. Miraz, M. Ali, P. S. Excell, and R. Picking, "A review on Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE) and Internet

of Nano Things (IoNT)," *2015 Internet Technol. Appl. ITA 2015 - Proc. 6th Int. Conf.*, pp. 219–224, 2015, doi: 10.1109/ITechnA.2015.7317398.

[2] M. S. Farooq, S. Riaz, A. Abid, K. Abid, and M. A. Naeem, "A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 156237–156271, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2949703.

[3] S. M. R. Islam, D. Kwak, M. H. Kabir, M. Hossain, and K. S. Kwak, "The internet of things for health care: A comprehensive survey," *IEEE Access*, vol. 3, pp. 678–708, 2015, doi: 10.1109/ACCESS.2015.2437951.

[4] M. Irmansyah, E. Efrizon, E. Madona, and R. Putra, "Perancangan Sistem Monitoring Parkir Mobil Berbasis Web," *Elektron J. Ilm.*, vol. 10, no. 2, pp. 11–14, 2018, doi: 10.30630/eji.10.2.72.

[5] F. Christoulakis and K. Thramboulidis, "IoT-based integration of IEC 61131 industrial automation systems: The case of UML4IoT," *IEEE Int. Symp. Ind. Electron.*, vol. 2016–November, pp. 322–327, 2016, doi: 10.1109/ISIE.2016.7744911.

[6] M. A. Ali, A. H. Miry, and T. M. Salman, "IoT Based Water Tank Level Control System Using PLC," *Proc. 2020 Int. Conf. Comput. Sci. Softw. Eng. CSASE 2020*, pp. 7–12, 2020, doi: 10.1109/CSASE48920.2020.9142067.

[7] S. R. Prathibha, A. Hongal, and M. P. Jyothi, "IoT Based Monitoring System in Smart Agriculture," *Proc. - 2017 Int. Conf. Recent Adv. Electron. Commun. Technol. ICRAECT 2017*, pp. 81–84, 2017, doi: 10.1109/ICRAECT.2017.52.

[8] A. E. U. Salam, Muh, Tola, M. Selintung, and F. Maricar, "Web based real time water pressure monitoring system," *Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci. Informatics*, vol. 1, no. August, pp. 223–227, 2014, doi: 10.11591/eecsi.1.406.

[9] J. G. Natividad and T. D. Palaoag, "IoT based model for monitoring and controlling water distribution," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 482, no. 1, pp. 0–6, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/482/1/012045.

[10] L. Devy, Y. Antonisfia, M. Febrina, and S. Suryadi, "Sistem Pengendalian dan Monitoring Distribusi Air Berbasis Nodemcu 8266," *Elektron J. Ilm.*, vol. 12, no. 1, pp. 16–23, 2020, doi: 10.30630/eji.12.1.153.

[11] S. Shankar and M. Dakshayani, "IoT-Mobile Enabled Smart Water Level Controlling System to Regulate Water Wastage," *2018 Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Informatics, ICACCI 2018*, pp. 2045–2048, 2018, doi: 10.1109/ICACCI.2018.8554373.

[12] R. Wahyuni, J. T. Sentana, M. Muhandi, and Y. Irawan, "Water Level Control Monitoring Based On Arduino Uno R3 Atmega 238p Using Lm016l LCD at STMIK Hang Tuah Pekanbaru," *J. Robot. Control*, vol. 2, no. 4, pp. 265–269, 2021, doi: 10.18196/jrc.2489.

[13] R. Triady and D. Triyanto, "Prototipe Sistem Keran Air Otomatis Berbasis Sensor Flowmeter pada Gedung Bertingkat," *J. Coding Sist. Komput. Untan*, vol. 03, no. 3, pp. 25–34, 2015.

[14] M. Baszynski and S. Pirog, "Unipolar Modulation for a BLDC Motor with Simultaneously Switching of Two Transistors with Closed Loop Control for Four-Quadrant Operation," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 14, no. 1, pp. 146–155, 2018, doi: 10.1109/TII.2017.2723962.

[15] D. B. Perkasa, T. Andromeda, and M. A. Riyadi, "Perancangan Perangkat Keras Alat Uji Bipolar Junction Transistor Berbasis Mikrokontroler," *Transmisi*, vol. 21, no. 1, p. 19, 2019, doi: 10.14710/transmisi.21.1.19-24.

[16] Indoware, "Ultrasonic Ranging Module HC - SR04," *Datasheet*, pp. 1–4, 2013, [Online]. Available: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>.

[17] W. A. Akbar dan H. H. Rachmat, "Rancang Bangun Sistem Pengukur Massa Tubuh dan Panjang Badan Elektronik Terintegrasi untuk Evaluasi Gizi Balita," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 1, p. 125, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i1.125