

PROTOTYPE PENGATURAN PEMAKAIAN AIR KOMERSIAL DENGAN SISTEM PRABAYAR MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER DAN KONEKSI HANDPHONE VIA BLUETOOTH

PROTOTYPE OF A PREPAID BASED COMMERCIAL WATER USAGE USING MICROCONTROLLER AND HANDPHONE CONNECTION VIA BLUETOOTH

¹Asep Najmurrokhman, ²Kusnandar, ³Fauzan Ahman Wiguna

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Jenderal Achmad Yani

email : ¹asepnajmu@yahoo.com; ²koes_kusnandar@yahoo.com; ³fauzahmanwiguna@gmail.com

Abstract. Water is a basic human need in fulfilling the daily needs of life. To meet the needs of clean water in big cities, the city government has a regional water company that handles the distribution of clean water to household or industrial consumers. Until now, the system of payment of water usage is a post-paid billing system. Consumers pay a monthly water usage billing. This paper describes the prototype of a prepaid based commercial water usage using the microcontroller, flow sensor, and bluetooth communication module. The maximum water volume can be determined via a keypad or keypad via a connected phone to the device using the bluetooth module. Flow sensors detect the volume of water used at any time and the information is displayed in the LCD. If the water quota is low, the buzzer will sound. The solenoid valve will break the flow of water when the water quota runs out. The experimental results show that the prototype works well. Microcontrollers can process water volume data detected by the flow sensor and display on the LCD and can break the flow of water when the water quota runs out. Accuracy measurement of the flow sensor is relatively good with error deviation for testing 100 liters of 1.144% and for 10 liters of 1.24%.

Keywords: *bluetooth, flow sensor, water limitation, microcontroller, prepaid system.*

Abstrak. Air merupakan kebutuhan pokok manusia dalam memenuhi hajat hidup setiap hari. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih di kota besar, pemerintah kota memiliki perusahaan daerah air minum yang menangani distribusi air bersih kepada konsumen rumah tangga atau industri. Sampai saat ini, sistem pembayaran pemakaian air dilakukan secara pasca bayar. Konsumen membayar biaya pemakaian air setelah digunakan selama satu bulan. Makalah ini memaparkan prototipe sistem pengatur pemakaian air komersial dengan sistem prabayar. Realisasi sistem menggunakan perangkat utama mikrokontroler, flow sensor, dan modul komunikasi bluetooth. Volume air yang diinginkan dapat ditentukan melalui papan tekan (keypad) atau dientri melalui handphone yang terkoneksi ke perangkat menggunakan modul bluetooth. Flow sensor mendeteksi volume air yang digunakan setiap saat dan informasinya ditampilkan dalam penampil LCD. Jika kuota air hampir habis, maka buzzer akan berbunyi. Katup solenoid akan memutuskan aliran air saat kuota air habis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe bekerja dengan baik. Mikrokontroler dapat memproses data volume air yang dideteksi oleh flow sensor dan menampilkan di LCD serta dapat memutus aliran air saat kuota air habis. Akurasi pengukuran flow sensor relatif baik dengan simpangan kesalahan untuk pengujian 100 liter sebesar 1,144 % dan untuk 10 liter sebesar 1,24 %.

Kata Kunci: *bluetooth, flow sensor, kuota air, mikrokontroler, sistem prabayar.*

1. Pendahuluan

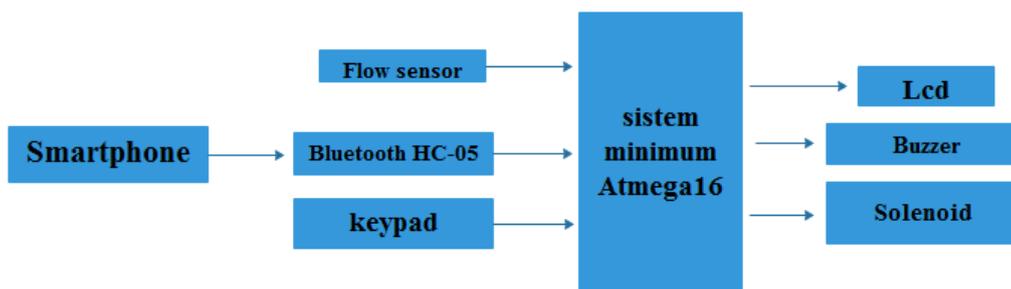
Air merupakan kebutuhan pokok manusia dalam memenuhi hajat hidup setiap hari. Manusia tidak bisa melepaskan kehidupannya dari air, baik sebagai barang konsumsi atau untuk membantu dalam menjaga kebersihan pakaian dan tempat tinggal. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih di kota besar, pemerintah kota umumnya memiliki perusahaan daerah air minum (PDAM) yang menangani distribusi air bersih kepada konsumen rumah tangga atau industri (Agustriani, 2017). Setiap pemakai air bersih ini akan membayar biaya pemakaiannya berdasarkan volume air yang digunakan. Jumlah air yang dipakai dapat dihitung melalui alat penghitung yang terpasang di tempat pemakai. Sampai saat ini, perhitungan jumlah air yang digunakan oleh setiap konsumen dilakukan oleh petugas yang datang kemudian mencatat volume air saat itu yang terbaca dari alat ukurnya. Volume air yang digunakan oleh setiap konsumen tiap bulannya diperoleh dengan cara mengurangkan angka penunjukan meter air dengan volume pemakaian air bulan sebelumnya. Dengan tarif per meter kubik yang telah ditetapkan oleh pemerintah kota, konsumen membayar harga pemakaian air setiap bulan berdasarkan tarif tersebut.

Seiring dengan jumlah konsumen yang dilayani oleh PDAM semakin banyak, kebutuhan pasokan air yang akan diolah PDAM untuk dijadikan air bersih semakin meningkat. Sementara itu, sumber air di perkotaan semakin lama semakin berkurang akibat pengambilan air tanah yang berlebihan oleh industri besar (Hastuti & Nuraeni, 2017). Hal ini menyebabkan PDAM harus mengatur ulang distribusi air bersih dengan cara bergilir. Cara tersebut hampir sama dengan prinsip pemadaman bergilir yang dilakukan oleh PLN dalam mengatur pemakaian energi listrik di perkotaan karena terbatasnya pasokan energi listrik. Selain pemadaman bergilir, cara lain untuk meningkatkan efektivitas pemakaian energi listrik adalah perubahan metode transaksi pembayaran listrik dari pasca bayar menjadi prabayar. Dengan metode prabayar, jumlah energi listrik yang digunakan oleh konsumen dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Dalam konteks yang lebih luas, metode prabayar ini bertujuan meningkatkan efektivitas pemakaian energi listrik secara regional dan nasional (Budianto & Saragih, 2011).

Makalah ini menguraikan tentang prototipe alat untuk mengatur pemakaian air bersih yang dialirkan melalui pipa saluran air. Prototipe tersusun oleh peralatan elektronik utama berupa sensor pendeteksi aliran air (*flow sensor*), pemroses sinyal berbentuk mikrokontroler, dan koneksi *bluetooth* antara *handphone* dan mikrokontroler. Volume air yang akan dialirkan dalam pipa ditentukan dari awal dengan cara menyimpan nilai volume tersebut dalam memori mikrokontroler. Nilai volume air tersebut dikirim dari *handphone* dan ditransmisikan kepada perangkat dengan koneksi *bluetooth*. Metode penentuan volume air dengan cara tersebut merealisasikan sistem pemakaian air secara prabayar. *Flow sensor* akan mendeteksi jumlah volume air secara *real time*. Kran pengatur buka tutup saluran air akan menutup saluran tersebut ketika volume air yang terdeteksi oleh *flow sensor* mencapai jumlah volume yang ditetapkan dari awal. Kran akan terbuka kembali saat “pulsa” air dibeli dan dikirimkan kembali kepada sistem tersebut.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, sebuah prototipe sistem pengaturan pemakaian air prabayar direalisasikan dengan menggunakan mikrokontroler dan komponen pendukung lainnya. Diagram blok sistem yang direalisasikan diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem yang direalisasikan

Prototipe ini tersusun oleh peralatan sensor berupa flow sensor, mikrokontroler Atmega 16 sebagai pusat pengendali sistem, penampil LCD untuk memperlihatkan volume air yang belum terpakai, dan buzzer sebagai penanda saat kuota air semakin sedikit. Selain itu, prototipe dilengkapi dengan papan tekan (keypad) yang digunakan untuk memasukkan data volume air yang akan digunakan. Kuota air yang akan digunakan juga dapat dientri ke dalam sistem dengan menggunakan handphone via koneksi bluetooth. Pada alat ini, mikrokontroler Atmega 16 mendapat input dari flow sensor. Sensor tersebut mendeteksi kecepatan aliran air yang dikonversikan menjadi jumlah pemakaian air dalam satuan liter dan nilai tersebut ditampilkan dalam LCD. Jika pemakaian air mendekati batas maksimum maka buzzer akan berbunyi. Dering buzzer akan bertambah cepat ketika jatah air yang tersisa semakin sedikit. Katup solenoid akan menutup jika kuota air sudah habis dan akan terbuka kembali saat “pulsa” air diisi kembali melalui entri data dari handphone atau keypad.

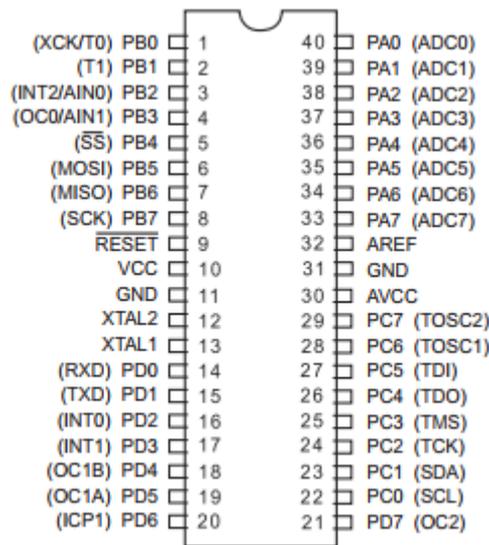
Flow sensor yang digunakan dalam prototipe ini adalah sensor untuk mendeteksi jumlah air yang mengalir dalam sebuah pipa saluran air (Aleksić, Nikolić, Luković, Stanimirović, Stanimirović, & Sibinoski, 2016). Sensor ini terbuat dari plastik yang didalamnya terdapat rotor dan sensor Hall effect. Saat air mengalir melewati rotor, rotor akan berputar. Kecepatan putaran ini akan sesuai dengan volume air yang mengalir. Sensor berbasis Hall effect ini dapat digunakan untuk mendeteksi laju aliran air hingga 30 liter/menit yang dapat digunakan dalam pengendalian aliran air pada sistem distribusi air, sistem pendinginan berbasis air, dan aplikasi lainnya yang membutuhkan pengecekan terhadap debit air yang dialirkan. Sensor ini dapat disegel dari pipa air dan memungkinkan sensor untuk tetap aman dan kering. Flow sensor yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flow sensor

Spesifikasi teknis dari flow sensor yang digunakan memiliki kemampuan mengukur debit air sampai 30 liter/menit dan dapat menahan tekanan air sampai 2 MPa. Sementara itu, tekanan hidrostatis yang dimiliki oleh sensor tersebut kurang dari 1,75 MPa. Flow sensor bekerja dengan catu daya antara 4,5 Volt hingga 18 Volt DC. Arus yang mengalir sebesar 15 mA untuk tegangan Vcc 5 V. Suhu air maksimum yang masih dapat ditoleransi sehingga pengukuran berjalan efektif adalah sampai sebesar 80°C. Rentang kelembaban saat beroperasi yang masih dapat diterima antara 35% sampai 90%. Periode sinyal yang dihasilkan oleh sensor tersebut sebesar 0,04 μ s untuk rise time dan 0,18 μ s saat fall time, sehingga durasi pengukuran sangat cepat. Dimensi fisik dari sambungan sebesar 0,5 inch (sekitar 1,25 cm) dan kekuatan elektriknya sebesar 1250 V/menit dengan resistansi insulasinya lebih dari 100 M Ω . Prinsip kerja sensor ini adalah dengan memanfaatkan fenomena Hall effect. Hall effect ini didasarkan pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan yang bergerak. Ketika ada arus listrik yang mengalir pada divais yang ditempatkan dalam medan magnet yang arahnya tegak lurus arus listrik, pergerakan pembawa muatan akan berbelok ke salah satu sisi dan menghasilkan medan listrik. Medan listrik terus membesar hingga gaya Lorentz yang bekerja pada partikel menjadi nol. Perbedaan potensial antara kedua sisi divais tersebut disebut potensial Hall. Potensial Hall ini sebanding dengan medan magnet dan arus listrik yang melalui divais. Sensor berbasis Hall effect sering digunakan dalam aplikasi industri berdaya rendah untuk mendeteksi arus, posisi, dan pensaklaran tak kontak (Paun, Sallese, & Kayal, 2013).

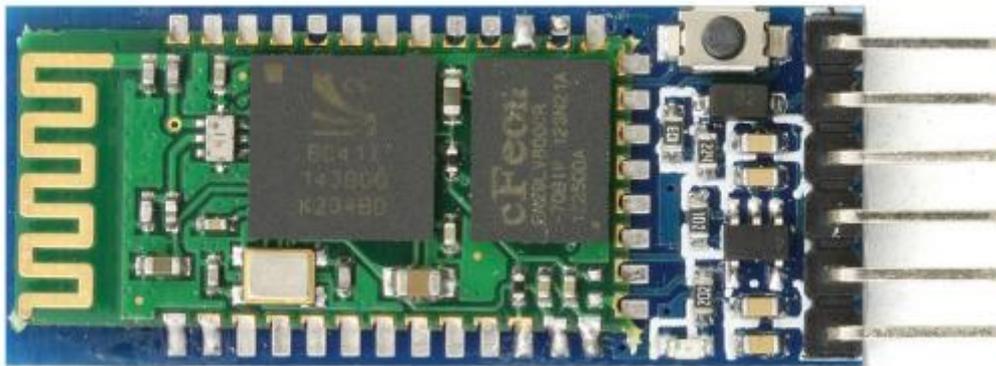
Pemroses sinyal utama dalam prototipe ini menggunakan mikrokontroler. Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih (chip). Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah berisi ROM (Read-Only Memory), RAM (Read-Write Memory), beberapa port masukan dan keluaran, dan beberapa modul seperti pencacah/pewaktu, ADC (Analog to Digital Converter), DAC (Digital to Analog Converter), dan komunikasi serial. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (Reduced Instruction Set Computer) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATMega dan ATtiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fiturnya. Dalam prototipe ini, jenis mikrokontroler yang digunakan adalah ATMega16. Mikrokontroler ini menggunakan arsitektur Harvard yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (concurrent). Dengan arsitektur RISC, kecepatan proses (throughput) mikrokontroler tersebut mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16 MHz. Secara teknis, mikrokontroler memiliki kapasitas flash memory 16 Kbyte, EEPROM 512 byte, dan SRAM 1 Kbyte serta saluran I/O sebanyak 32 buah yang terbagi menjadi port A, port B, port C, dan port D. Unit pemroses utama mikrokontroler tersebut disusun oleh 32 buah register dan dapat diprogram menggunakan user interrupt secara internal dan eksternal. Fitur periferil yang disediakan oleh mikrokontroler ini berupa dua buah 8 bit timer/counter dengan prescaler terpisah dan mode compare serta sebuah 16 bit timer/counter dengan prescaler terpisah, mode compare, dan mode capture. Selain itu, periferil lainnya berupa real time counter dengan osilator tersendiri, empat kanal PWM, dan antarmuka komparator analog. Proses konversi sinyal analog dan digital didukung oleh ADC 10 bit sebanyak delapan kanal. Konfigurasi pin Mikrokontroler ATMega16 diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Konfigurasi pin Mikrokontroler ATmega16

Pin PA7-PA0 adalah port A yang berfungsi sebagai input analog pada konverter A/D. Port A juga dapat difungsikan sebagai port input/output 8 bit dua arah, jika A/D konverter tidak digunakan. Pin PB7-PB0, PC7-PC0, dan PD7-PD0 masing-masing berturut-turut adalah port B, C, dan D yang dapat digunakan sebagai port input/output 8 bit dua arah dengan resistor internal pull-up (yang dipilih untuk beberapa bit). Pin VCC terhubung ke catu daya, sedangkan pin GND dikoneksikan ke ground. Pin RESET digunakan untuk input reset. Sementara itu, pin XTAL1 terhubung ke bagian input osilator sedangkan pin XTAL2 ke bagian outputnya. Pin AVCC adalah pin penyedia tegangan untuk port A dan konverter A/D, sedangkan pin AREF digunakan sebagai pin referensi analog untuk konverter A/D.

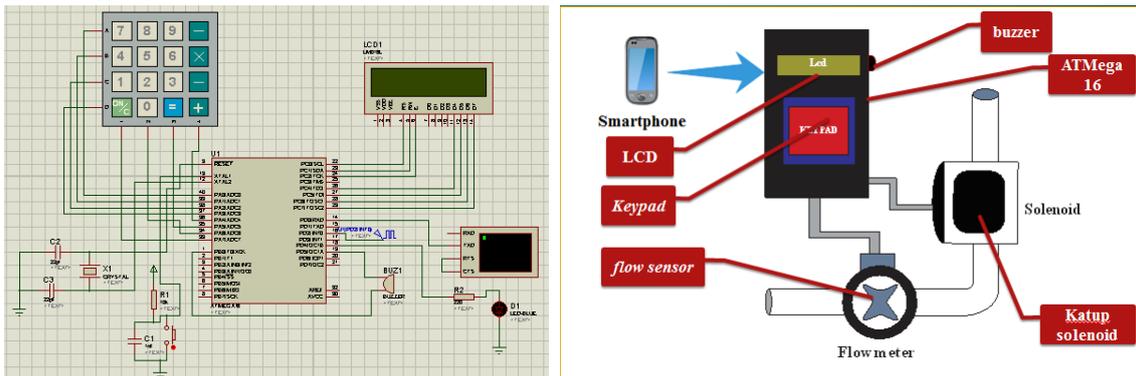
Dalam prototipe yang dibuat, kuota volume air yang digunakan dapat ditentukan dengan dua cara, yaitu melalui papan tekan (keypad) atau melalui handphone yang terkoneksi ke dalam perangkat menggunakan modul bluetooth HC-05. Modul bluetooth HC-05 diperlihatkan pada Gambar 4. Modul tersebut memiliki level tegangan kerja sebesar 3,3 V dan memiliki dua mode pengaturan yaitu auto connect dan pengiriman AT command. Kecepatan transmisi data (baudrate) dapat diatur sesuai kebutuhan pengguna. Sementara itu, frekuensi kerja yang digunakan bernilai 2,5 GHz dan kebutuhan arus saat modul bekerja hanya sekitar 8 mA.



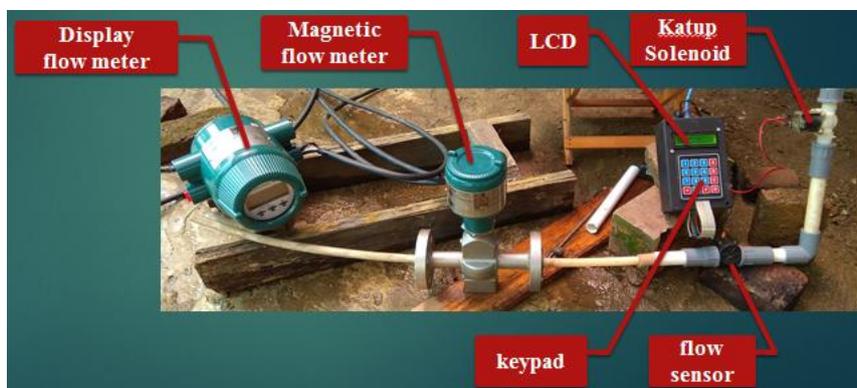
Gambar 4. Modul Bluetooth HC-05

3. Hasil dan Pembahasan

Diagram interkoneksi antar komponen dalam prototipe dan diagram skematika sistemnya diberikan pada Gambar 5, sedangkan realisasi prototipenya diberikan dalam Gambar 6. Dalam Gambar 6, dua komponen yaitu display flow meter dan magnetic flow meter merk Yokogawa dipasang untuk mengukur volume air yang mengalir dalam pipa saluran air yang nantinya angka ini sebagai pembanding dengan hasil deteksi oleh flow sensor.



Gambar 5. Diagram interkoneksi antar komponen dan diagram skematika prototipe



Gambar 6. Realisasi prototipe pengatur volume air dengan sistem kuota

Untuk menguji akurasi *flow sensor* dalam mendeteksi volume air yang dialirkan dalam pipa saluran air, data yang diambil dari sensor dan diolah mikrokontroler

kemudian ditampilkan di LCD dibandingkan dengan data volume air sesungguhnya yang dibaca dari flowmeter merk Yokogawa yang terpasang seperti pada Gambar 6. Pengujian dilakukan untuk dua volume air yaitu 10 L dan 100 L. Hasil pengukuran untuk volume air 10 L diberikan pada Tabel 1, sedangkan untuk volume air 100 L ditampilkan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 1, nilai selisih pembacaan antara *flow sensor* dan flowmeter pembanding untuk volume air 10 L sebesar 1,24 %, sedangkan untuk volume air 100 L diperoleh selisih pembacaan flow sensor dengan flowmeter pembanding sebesar 1,144 %. Angka tersebut menunjukkan bahwa sensor yang digunakan untuk mengukur volume air yang mengalir dalam pipa memberikan tingkat presisi yang tinggi.

Tabel 1. Pengujian data *flow sensor* dengan flowmeter untuk volume 10 L

| No | Flowmeter | Pembacaan <i>flow sensor</i> | Selisih |
|----|-----------|------------------------------|---------|
| 1 | 10 L | 9,86 L | 0,14 L |
| 2 | 10 L | 9,86 L | 0,14 L |
| 3 | 10 L | 9,84 L | 0,16 L |
| 4 | 10 L | 9,9 L | 0,1 L |
| 5 | 10 L | 9,8 L | 0,2 L |
| 6 | 10 L | 9,94 L | 0,06 L |
| 7 | 10 L | 9,9 L | 0,1 L |
| 8 | 10 L | 9,86 L | 0,14 L |
| 9 | 10 L | 9,86 L | 0,14 L |
| 10 | 10 L | 9,94 L | 0,06 L |

Tabel 2. Pengujian data *flow sensor* dengan flowmeter untuk volume 100 L

| No | Flowmeter | Pembacaan <i>flow sensor</i> | Selisih |
|----|-----------|------------------------------|---------|
| 1 | 100 L | 98,32 L | 2,68 L |
| 2 | 100 L | 99,13 L | 0,87 L |
| 3 | 100 L | 98,65 L | 1,35 L |
| 4 | 100 L | 98 L | 1,59 L |
| 5 | 100 L | 99,13 L | 0,87 L |
| 6 | 100 L | 99,6 L | 0,40 L |
| 7 | 100 L | 99,66 L | 0,34 L |
| 8 | 100 L | 98,41 L | 1,59 L |
| 9 | 100 L | 98,65 L | 1,35 L |
| 10 | 100 L | 98,2 L | 0,40 L |

Pengujian berikutnya dilakukan untuk sistem keseluruhan. Pada saat dimulai pengujian, lampu indikator menyala dan LCD menampilkan tulisan “Pls = 0.00L” yang berarti volume air yang ingin dialirkan dalam saluran masih 0 (nol). Tiga detik berikutnya, display berganti dan tertulis “VCR: _ _ _ _ _” yang berarti saatnya untuk memasukkan kode tertentu yang bersesuaian dengan kuota volume air yang diinginkan. Setelah memasukkan kode kuota, LCD menampilkan jumlah kuota dan pengukuran *flow sensor* setiap saat. Pada saat kuota hampir habis, *buzzer* akan berbunyi dengan jarak antar bunyi selama 2 detik. Sensor mengirimkan sinyal hasil pembacaan ke mikrokontroler untuk diolah pada tampilan LCD. Jika hasil pembacaan sensor menunjukkan kuota air telah habis, maka mikrokontroler memberikan sinyal perintah pada *relay* untuk memutus tegangan 12 V_{DC} pada katup *solenoid* sehingga aliran air

terhenti. Katup akan terbuka kembali setelah kuota air diisi melalui tombol *keypad* atau perintah dari *handphone*. Dengan koneksi melalui *bluetooth*, pengiriman kode melalui *handphone* dapat dilakukan sampai jarak 45 meter tanpa halangan. Sementara itu, jika pengiriman tertutup atau dengan banyak halangan seperti pengiriman di dalam rumah atau terhalang tembok oleh benda atau objek lain, pengiriman kode hanya mampu ditransfer sampai jarak 11 meter.

4. Kesimpulan

Makalah ini telah menguraikan desain dan realisasi sebuah prototipe pengaturan pemakaian air komersial dengan sistem Prabayar. Kuota air yang dibeli dikirimkan melalui kode tertentu dari *handphone* atau *keypad*. Volume air setiap saat dapat dideteksi oleh *flow sensor* dan datanya dikirimkan ke mikrokontroler untuk ditampilkan dalam penampil LCD. Dari hasil pengujian, tingkat akurasi dan presisi dari *flow sensor* relatif baik dengan tingkat *error* sebesar 1,24 % saat diuji coba dengan volume air 10 L dan *error* sebesar 1,144 % saat digunakan volume air 100 L. Pengujian koneksi *bluetooth* untuk memasukkan kode kuota air memperlihatkan bahwa pengiriman kode dari *handphone* dapat mencapai jarak 45 m jika tanpa halangan (*line of sight*) dan maksimal 11 m jika antara prototipe dan *handphone* terhalang objek. Penelitian lanjutan yang dapat dilakukan untuk mengembangkan prototipe ini berupa penggunaan jaringan komunikasi dan menerapkan konsep kendali melalui jaringan yang disebut dengan *networked control systems* (Najmurokhman, Riyanto, Rohman, & Hendrawan, 2013).

Daftar Pustaka

- Agustriani, E. D. (2017). Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) TIRTA DHARMA Kota Pasuruan 1982-2004. *AVATARA, e-Journal Pendidikan Sejarah*, 5(1), 1377-1387.
- Aleksić, O. S., Nikolić, M. V., Luković, M. D., Stanimirović, Z. I., Stanimirović, I. P., & Sibinoski, L. Z. (2016). The Response of a Heat Loss Flowmeter in a Water Pipe under Changing Flow Conditions. *IEEE Sensors Journal*, 16(9), 2935-2941.
- Budianto, A., & Saragih, H. (2011). Penerapan Sistem Listrik PLN Prabayar dengan Penggunaan dan Pengoperasian kWh meter Prabayar secara IT dalam e-payment Sistem Pulsa Listrik. *Jurnal Sistem Informasi*, 7(2), 77-87.
- Hastuti, E., & Nuraeni, R. (2017). Pendekatan Sanitasi untuk Pemulihan Kondisi Air Tanah di Perkotaan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(1), 70-79.
- Najmurokhman, A., Riyanto, B., Rohman, A. S., & Hendrawan. (2013). Dissipative Controller Design for Networked Control Systems via the Markovian Jump System Approach. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 45(1), 25-46.
- Paun, M.-A., Sallese, J.-M., & Kayal, M. (2013). Hall Effect Sensors Design, Integration and Behavior Analysis. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 2, 85-97.