JCENIM

ISSN 2986-1764
Volume 3, Nomor 2, Juli 2025

Desain dan Implementasi Node Sensor Pencatat Konsumsi Air Berbasis Wireless Sensor Network

Chiko Birendra Chandranegara, Mochamad Hariadi

Dept. Teknik Komputer Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Indonesia

Email: chiko.birendra14@mhs.te.its.ac.id, mochar@te.its.ac.id

Abstrak

Teknologi merupakan salah satu bentuk efisiensi yang dihasilkan oleh manusia untuk mempermudah pekerjaannya. Terutama pada era modern ini, semakin banyak teknologi yang dikembangkan, khususnya dalam dunia digitalisasi di Indonesia. Efisiensi tersebut memiliki pengaruh terhadap biaya operasional yang secara langsung berdampak pada keuntungan pengguna. Salah satu pemanfaatan teknologi Wireless Sensor Networking (WSN) yang terhubung dengan webserver adalah dalam bentuk sistem pemantauan penggunaan air (water meter) berbasis digital. Sistem pemantauan ini dapat diakses secara daring sehingga efisiensi waktu, biaya, dan tenaga operasional dapat dirasakan oleh pengguna. Pada penelitian ini akan dirancang suatu jenis perangkat water meter baru yang memanfaatkan teknologi nirkabel untuk pengiriman sinyal yang dapat dibaca oleh sensor aliran air. Melalui teknologi ini, sinyal akan dibaca dan diproses oleh sensor untuk ditampilkan pada LCD pemantauan. Perangkat ini akan terhubung ke jaringan Wireless Sensor Network menggunakan modul XBee dengan topologi star-masked, di mana data dari setiap node akan langsung diproses ke webserver. Selain itu, perangkat ini juga dilengkapi dengan sebuah katup yang berfungsi untuk membuka atau menutup aliran air secara otomatis. Dengan alat ini, diharapkan penggunaan air dapat dipantau dengan lebih mudah serta memberikan efisiensi dalam penggunaannya.

Keyword: Node Sensor, Sensor Aliran Air, Wireless Sensor Network

Diterima Redaksi: 05-Juni-2025 Selesai Revisi: 14-Juni-2025 Diterbitkan Online: 15-Juli-2025
DOI: https://doi.org/10.59378/jcenim.v3i2.73

I. Pendahuluan

Era modern saat ini mengalami berbagai perkembangan yang terjadi dengan sangat cepat, khususnya di bidang teknologi. Teknologi merupakan salah satu wujud efisiensi yang dihasilkan oleh manusia untuk mempermudah pekerjaannya. Salah satu aspek dari perkembangan teknologi adalah aspek digital. Teknologi nirkabel merupakan teknologi elektronik yang beroperasi tanpa menggunakan kabel. Teknologi nirkabel telah dikenal dan dimanfaatkan untuk keperluan komunikasi atau pengendalian. Jaringan ini merupakan jaringan nirkabel yang terdiri atas beberapa node sensor yang didistribusikan secara independen pada suatu area tertentu untuk membentuk sebuah jaringan yang dapat digunakan untuk memantau kondisi fisik atau lingkungan.

Salah satu bentuk digitalisasi teknologi jaringan sensor nirkabel yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari dan menjadi pembahasan utama dalam penelitian ini adalah digitalisasi water meter. Water meter merupakan alat yang umum digunakan pada pipa aliran air. Water meter ini berfungsi untuk mencatat penggunaan air. Pada water meter berbasis teknologi WSN ini, terdapat sejumlah node sensor yang kemudian ditransmisikan ke node koordinator. Node sensor yang digunakan terdiri atas sensor aliran air, katup solenoid, Arduino Uno yang berfungsi sebagai mikrokontroler, serta XBee S2 yang berfungsi sebagai pemancar. Sementara itu, node koordinator yang digunakan adalah XBee S2 dan Raspberry Pi.

Potensi digitalisasi water meter sangat besar. Flow meter atau yang sering disebut sebagai water meter merupakan teknologi yang diciptakan untuk mempermudah PDAM dalam menghitung dan mengendalikan jumlah konsumsi air pelanggan. Proses perhitungan tersebut hingga saat ini masih dilakukan secara manual oleh petugas PDAM. Oleh karena itu, dibutuhkan waktu dan tenaga operasional untuk mencatat serta memeriksa hasil pembacaan angka meter secara manual.

Teknik pencatatan secara manual menyebabkan beberapa kelemahan pada water meter konvensional. Salah satu kelemahan tersebut adalah dari aspek efisiensi waktu dan tenaga operasional, serta akurasi

pembacaan angka meter. Dengan masih digunakannya teknik pencatatan manual, maka peluang terjadinya kesalahan pembacaan akibat kesalahan manusia masih dapat terjadi dan dapat menyebabkan pembengkakan tagihan air.

Selain itu, kebutuhan air semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dunia. UNESCO memprediksi bahwa pada tahun 2020 dunia akan mengalami krisis air global. Pemborosan penggunaan air sering terjadi pada bangunan, khususnya bangunan hunian. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang berfungsi untuk mengendalikan penggunaan air.

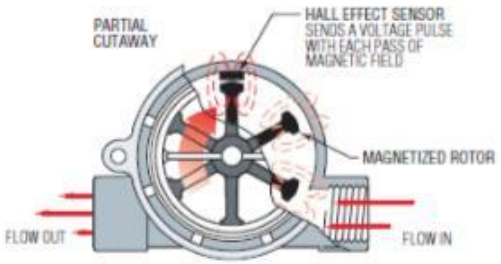
Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan pada perancangan perangkat water meter yang terintegrasi dalam jaringan sensor nirkabel. Dengan perangkat ini, potensi pemanfaatan digitalisasi water meter menjadi semakin besar pada hunian komunal seperti rumah tinggal atau rumah kos. Penghuni dapat dengan mudah memantau jumlah konsumsi air sehingga efisiensi penggunaan dan data konsumsi air dapat dimaksimalkan.

II. Tinjauan Pustaka

A. Sensor Aliran Air FS300A

Sensor aliran air merupakan sensor yang memiliki fungsi sebagai penghitung debit air yang mengalir, di mana pergerakan motor akan dikonversikan ke dalam satuan liter. Sensor ini terdiri atas beberapa bagian, yaitu katup plastik, rotor air, dan sensor Efek Hall. Pada dasarnya, sensor aliran air merupakan sensor yang memanfaatkan prinsip kerja *Hall effect*. *Hall effect* dirancang untuk mendeteksi keberadaan objek bermagnet melalui perubahan posisi suatu objek [1].

Pada dasarnya terdapat dua jenis sensor *Hall-Effect*, yaitu tipe linear dan tipe on-off. Tipe linear digunakan untuk melinierkan medan magnet, mengukur arus DC dan AC pada konduktor, serta fungsi lainnya. Tipe on-off digunakan sebagai *limit switch* dan sensor keberadaan. Keluaran dari sensor ini berupa pulsa yang kemudian diubah menjadi pulsa digital dan diproses ke dalam basis data menggunakan mikrokontroler [2].



Gambar 1: Prinsip kerja sensor aliran air

B. Katup Solenoid

Katup solenoid merupakan katup yang dikendalikan oleh arus listrik baik AC maupun DC melalui sebuah kumparan (solenoida). Katup solenoid sering digunakan sebagai elemen pengendali pada sistem fluida seperti sistem pneumatik, sistem hidrolik, atau sistem pengendalian mesin lainnya yang memerlukan elemen kendali otomatis. Tugas dari katup solenoid adalah untuk menutup, membuka, mengatur dosis, mendistribusikan, atau mencampur fluida. Katup solenoid menawarkan proses switching yang cepat dan aman, keandalan yang tinggi, umur pakai yang panjang, kompatibilitas media yang luas, daya kendali yang rendah, serta desain yang ringkas.

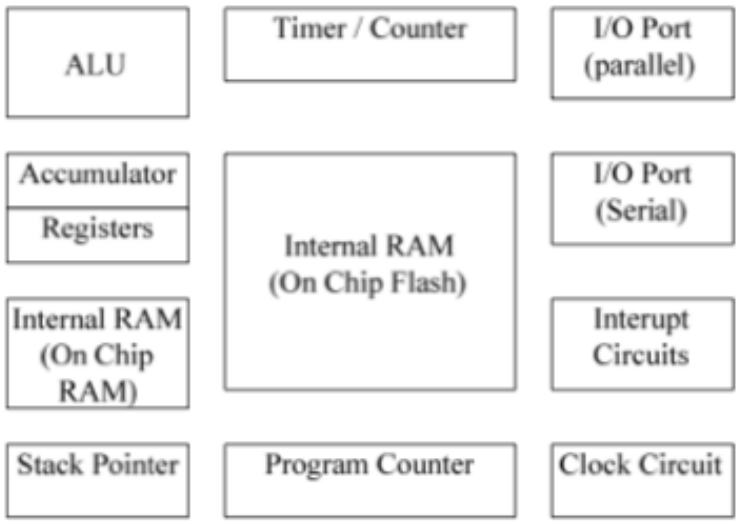
C. Arduino Uno

Mikrokontroler merupakan sebuah chip yang dapat berfungsi untuk mengendalikan suatu rangkaian elektronik dengan menyimpan program di dalamnya. Secara umum, mikrokontroler terdiri atas CPU (*Central Processing Unit*), memori, serta perangkat Input/Output tertentu. Beberapa mikrokontroler juga dilengkapi dengan ADC (*Analog to Digital Converter*) yang telah terintegrasi di dalamnya. Mikrokontroler dapat dimanfaatkan pada berbagai aplikasi elektronik sebagai prosesor atau pengendali utama.



Gambar 2: Sensor aliran air FS300A dengan sensor Efek Hall

Umumnya mikrokontroler digunakan untuk memproses data mentah dari sensor yang diterima melalui I/O menjadi bentuk data yang diinginkan karena keunggulan utama mikrokontroler adalah ketersediaan RAM dan dukungan perangkat I/O sehingga ukuran papan mikrokontroler menjadi ringkas. Diagram blok umum mikrokontroler dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3: Diagram blok mikrokontroler

D. Transceiver XBee

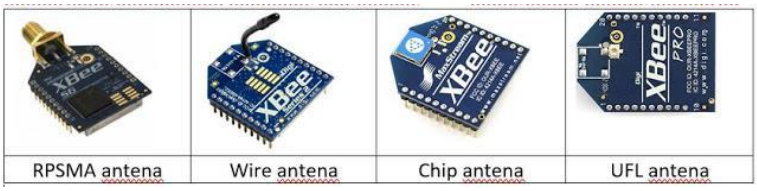
XBee merupakan sebuah merek yang mendukung berbagai modul komunikasi radio dan diproduksi oleh Digi International. Pada awalnya, radio XBee diproduksi oleh merek MaxStream berdasarkan standar IEEE 802.15.4 tahun 2003 yang dirancang untuk komunikasi titik ke titik dan komunikasi bintang dengan kecepatan transfer data sebesar 250 kb/s.

XBee memiliki dua versi, yaitu Series 1 dan Series 2. Series 1 hanya mendukung protokol IEEE 802.15.4 serta komunikasi titik ke titik dan multipoint. Sementara itu, Series 2 merupakan pengembangan dari Series 1 yang mendukung protokol yang didefinisikan oleh *ZigBee* Alliance serta komunikasi mesh.

E. Wireless Sensor Network (WSN)

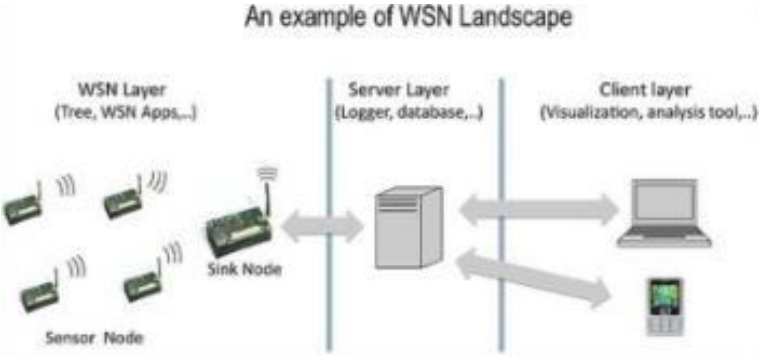
Teknologi nirkabel merupakan teknologi yang menghubungkan dua atau lebih perangkat untuk berkomunikasi atau bertukar data serta mengakses aplikasi pada perangkat lain tanpa menggunakan media kabel. Media yang digunakan berupa frekuensi radio (RF) atau inframerah (Susanti F, et al., 2008) [4].

Wireless Sensor Network (WSN) atau yang lebih dikenal dengan istilah *Wireless Sensor Network* merupakan jaringan nirkabel yang terdiri atas sejumlah node sensor yang didistribusikan secara independen pada suatu area tertentu untuk membentuk jaringan yang dapat digunakan untuk memantau



Gambar 4: Jenis antena pada XBee

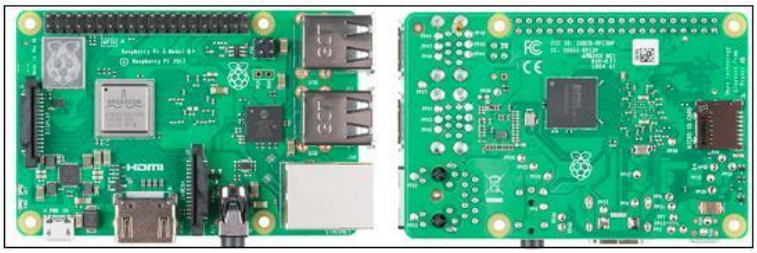
kondisi fisik atau lingkungan. Setiap node dalam jaringan sensor nirkabel umumnya dilengkapi dengan transceiver radio atau perangkat komunikasi nirkabel lainnya, mikrokontroler, rangkaian analog, serta sumber energi (biasanya baterai). Node sensor ini umumnya dikombinasikan dengan router dan *gateway* untuk membentuk suatu sistem jaringan sensor nirkabel. Setiap node sensor memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan informasi yang selanjutnya ditransmisikan ke webserver, *base station*, atau *central gateway*.



Gambar 5: Ilustrasi Wireless Sensor Network (WSN)

F. Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan sebuah SBC (*Single Board Computer*) yang dikembangkan oleh yayasan nirlaba Raspberry Pi Foundation di Inggris. Raspberry Pi memiliki ukuran setara dengan kartu kredit yang dapat digunakan untuk menjalankan program perkantoran, permainan komputer, serta sebagai pemutar media video beresolusi tinggi. Raspberry Pi merupakan perangkat yang memiliki banyak fungsi dan mampu menjalankan sistem operasi layaknya komputer. Ukuran perangkat yang kecil menjadikannya tampak seperti komputer portabel. Raspberry Pi juga dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti perancangan server, perancangan robot, dan peralatan teknologi lainnya. Harga yang relatif murah membuat perangkat ini banyak digunakan. Selain itu, pada Raspberry Pi juga tersedia beberapa jenis sistem operasi yang dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan.

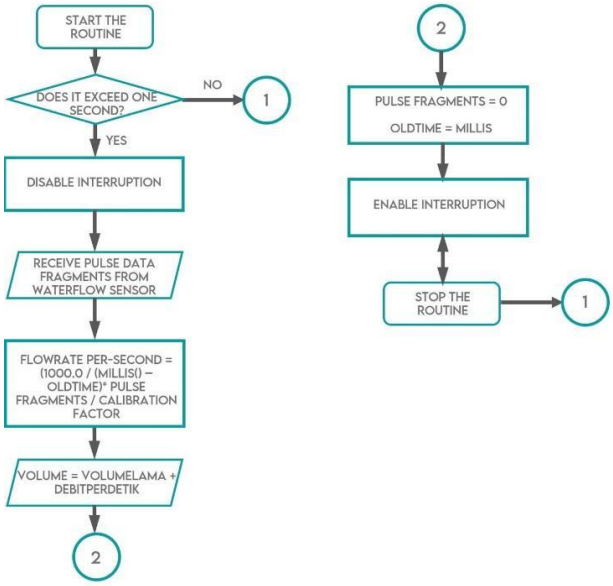


Gambar 6: Tampak depan (kiri) dan tampak belakang (kanan) Raspberry Pi 3 Model B

G. Penelitian Terkait

Pada bagian ini akan dijelaskan penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Penelitian pertama berkaitan dengan pengukuran debit air yang dilakukan oleh DWI Anie Gunastuti dengan judul

Water Discharge Measurement IoT-based Clean Air Customers Using Raspberry Pi [5]. Pada penelitian tersebut, peneliti menggunakan dua sensor flow meter yang dikendalikan oleh Arduino Nano. Pada Gambar 7 ditunjukkan konfigurasi pin sensor aliran air pada Arduino.



Gambar 7: Konfigurasi pin sensor aliran air

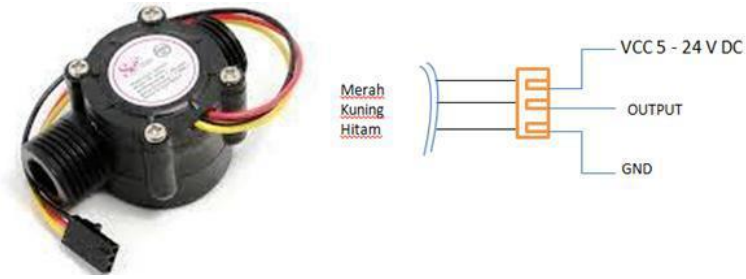
Setelah hasil pengukuran debit air diperoleh, Arduino akan mengirimkan data ke Raspberry Pi menggunakan kabel USB sehingga tidak lagi diperlukan penyambungan pin Tx Arduino dengan Rx Arduino ke Tx dan Rx Raspberry Pi. Pada penelitian ini digunakan Raspberry Pi 3 yang telah dilengkapi dengan fitur WiFi yang merupakan singkatan dari *Wireless Fidelity*. Dengan demikian, data yang telah dikirimkan oleh Arduino ke Raspberry Pi akan diteruskan ke server menggunakan koneksi WiFi. Pada penelitian tersebut, peneliti lebih memfokuskan kajian pada analisis terjadinya kebocoran pada pipa sehingga sistem dapat memberikan alarm kebocoran kepada pengguna yang dapat diakses melalui Internet (IoT).

Penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengukuran debit air dipublikasikan oleh Arif Azhari dan Soeharwinto dengan judul penelitian *Arduino Uno-based Water Discharge Information System Design* [6]. Pada penelitian ini, perhitungan debit air dilakukan menggunakan sensor aliran air dan Arduino Uno sebagai mikrokontroler pemrosesan data. Peneliti juga menggunakan Ethernet Shield untuk meningkatkan kemampuan papan Arduino dalam terhubung ke jaringan komputer. Ethernet Shield berbasis chip Ethernet Wiznet W5100. Dengan memasang Ethernet Shield pada Arduino, papan Arduino dapat terhubung ke jaringan dengan menuliskan program pada pustaka Ethernet. Pada Ethernet Shield terdapat slot micro-SD yang dapat digunakan untuk menyimpan berkas hasil pemrosesan. Papan Arduino berkomunikasi dengan W5100 dan kartu SD menggunakan bus SPI (*Serial Peripheral Interface*). Komunikasi ini diatur oleh pustaka SPI dan Ethernet. Pada sistem prototipe yang dirancang dalam penelitian ini terdapat tiga rutinitas utama, yaitu rutinitas halaman web, rutinitas pembacaan sensor, dan rutinitas penulisan data ke kartu memori. Dari penelitian sebelumnya, terdapat beberapa bagian yang bersinggungan dengan penelitian penulis, salah satunya ditunjukkan pada Gambar 8 yang merupakan alur kerja pembacaan data sensor.

Keterbatasan penelitian ditemukan pada penggunaan Arduino yang terhubung ke jaringan melalui Ethernet Shield sehingga proses pemantauan hanya dapat dilakukan secara lokal dan tidak dapat diakses secara publik atau daring.

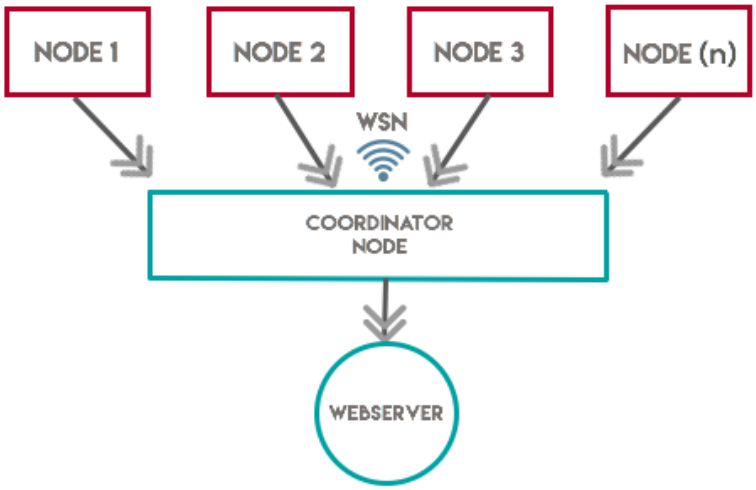
III. Perancangan Sistem Umum

Perancangan sistem pada penelitian ini terdiri atas sebuah node yang digunakan untuk mengambil data dari sensor dan sebuah webserver yang digunakan sebagai pengumpul data yang dikirimkan dari node. Perancangan sistem menggunakan sistem komunikasi RF (*radio frequency*). Sistem ini menggunakan XBee seri S2 yang mendukung penggunaan protokol ZigBee yang dibuat berdasarkan standar IEEE.



Gambar 8: Diagram alir pengambilan data sensor pada perencanaan sistem informasi debit air berbasis Arduino Uno

Pada penelitian ini, perancangan sistem terdiri atas node sensor, node koordinator, dan webserver.



Gambar 9: Ilustrasi blok jaringan WSN pada sistem

A. Cara Kerja Sistem

Pada penelitian ini, sistem dirancang menggunakan node sensor, node koordinator, dan webserver. Node sensor berfungsi untuk memproses data yang dihasilkan pada node tersebut. Setiap node sensor kemudian akan mentransmisikan data yang telah diproses pada node ke node koordinator dalam jaringan sensor nirkabel. Setelah seluruh data dari setiap node diterima, node koordinator akan menampilkan data tersebut pada webserver.

B. Sistem Komunikasi

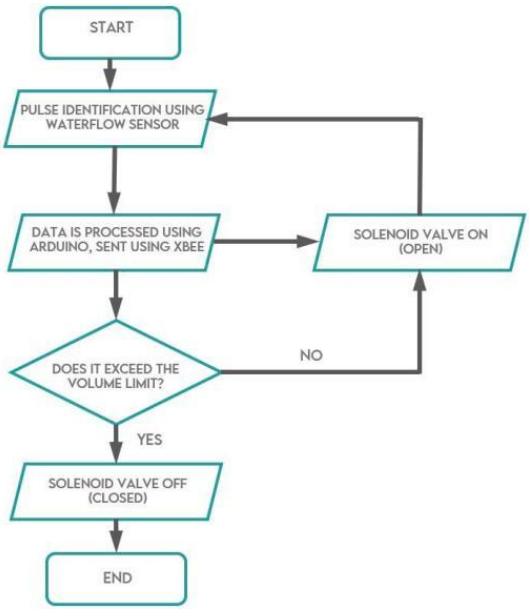
Pada sistem ini, komunikasi dilakukan menggunakan XBee S2 yang dipasang pada setiap node. XBee S2 yang digunakan pada penelitian ini memiliki jangkauan 40 m di dalam ruangan dan 120 m di luar ruangan. Pada penerapan penelitian ini, node-node yang dipasang berada dalam jangkauan yang dimiliki oleh XBee S2. Node sensor akan mengirimkan data yang telah diperoleh dan diproses pada mikrokontroler ke node koordinator yang terhubung ke jaringan sensor nirkabel, selanjutnya dari node koordinator data tersebut akan dikirimkan ke basis data pada webserver.

C. Perancangan Sistem Node Sensor

Node sensor dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai prosesor. Arduino akan dipasangi sensor aliran air yang akan menghasilkan pulsa, di mana pulsa tersebut akan diproses oleh Arduino sebelum dapat dikomunikasikan oleh XBee yang terpasang pada Arduino. Sensor aliran air FS300A merupakan sensor yang digunakan dalam penelitian ini. Sensor ini bekerja menggunakan prinsip *hall-effect*, di mana ketika turbin di dalam sensor dialiri air akan terjadi perubahan magnetik pada rotor yang akan

menghasilkan pulsa. Pulsa yang dihasilkan oleh sensor akan diproses oleh mikrokontroler. Mikrokontroler memproses pulsa dengan mengubah jumlah pulsa yang dihasilkan menjadi besaran laju aliran (*flowrate*) dalam satuan (L/m) dan volume (Liter).

Pada node ini, Arduino juga dihubungkan dengan katup solenoid. Katup solenoid berfungsi untuk menghentikan aliran air pada pipa. Tahap awal pemasangan katup solenoid adalah melakukan pemrograman pada Arduino IDE dengan menentukan batas volume air yang diizinkan untuk mengalir. Setelah volume air yang melewati sensor mencapai batas yang telah ditentukan, katup solenoid yang terpasang pada Arduino akan menutup secara otomatis sehingga menghentikan aliran air pada pipa.



Gambar 10: Diagram alir pada node sensor

Node koordinator dirancang menggunakan Raspberry Pi 3 yang telah terhubung dengan XBee. XBee yang dipasang pada Raspberry Pi ini dikonfigurasikan secara bersamaan sesuai dengan XBee yang dipasang pada Arduino pada node sensor. Data yang telah diproses pada mikrokontroler Arduino akan direkam dan kemudian ditransmisikan ke node berikutnya sebelum ditampilkan pada webserver. Data yang dikirimkan ke webserver merupakan hasil pengolahan data pulsa listrik dari sensor aliran air yang sebelumnya telah diproses pada Arduino.

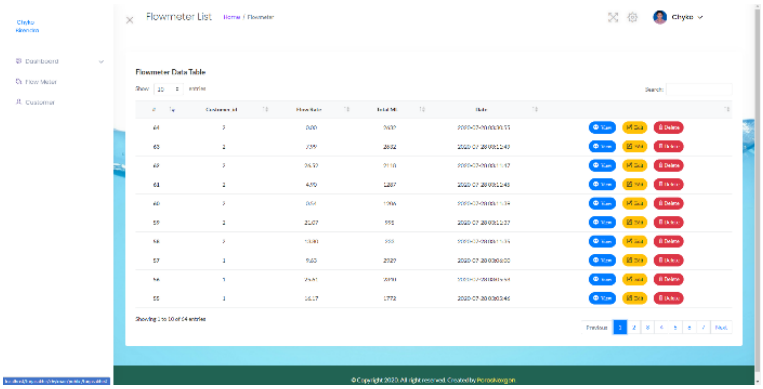
D. Perancangan Sistem Webserver

Webserver pada penelitian ini berperan sebagai perangkat lunak yang digunakan untuk mengumpulkan data yang dikirimkan oleh node melalui jaringan WSN. Selain sebagai pengumpul data, webserver juga digunakan sebagai antarmuka antara jaringan WSN dan operator. Webserver dirancang menggunakan Raspberry Pi 3. Raspberry Pi digunakan sebagai *gateway* pada webserver karena kemampuannya yang dapat terhubung ke jaringan Internet melalui *WiFi dongle*. Sistem operasi yang digunakan pada Raspberry Pi adalah sistem operasi Raspbian yang memungkinkan tersedianya antarmuka dan tampilan yang memudahkan penggunaan sistem.

Dalam pengoperasian antarmuka pada sistem Raspberry Pi diperlukan sebuah laptop atau dapat juga menggunakan layar tampilan (monitor) untuk menampilkan antarmuka Raspberry Pi, serta mouse dan keyboard sebagai perangkat keras yang digunakan oleh operator untuk memberikan perintah. Terdapat dua metode untuk menghubungkan Raspberry Pi ke jaringan Internet, yaitu menggunakan kabel Ethernet dan *WiFi dongle*. Pada penelitian ini digunakan *WiFi dongle* untuk kemudahan instalasi dan mobilitas perangkat.

Webserver terhubung ke jaringan WSN melalui perangkat XBee S2. Data dari node sensor akan diterima oleh Raspberry Pi melalui port USB serial yang terhubung ke XBee menggunakan perangkat adaptor USB XBee. Data yang ditransmisikan dari node ke Raspberry Pi merupakan data yang telah diproses oleh Arduino ke dalam satuan Liter. Data tersebut kemudian akan masuk ke GUI (*Graphical User Interface*), yaitu sistem yang memungkinkan manusia (operator) untuk berinteraksi dengan perangkat komputer.

Pada server terdapat beberapa halaman, antara lain halaman *dashboard*, tabel data flow meter, daftar pelanggan, serta halaman data konsumsi air dari setiap pelanggan.



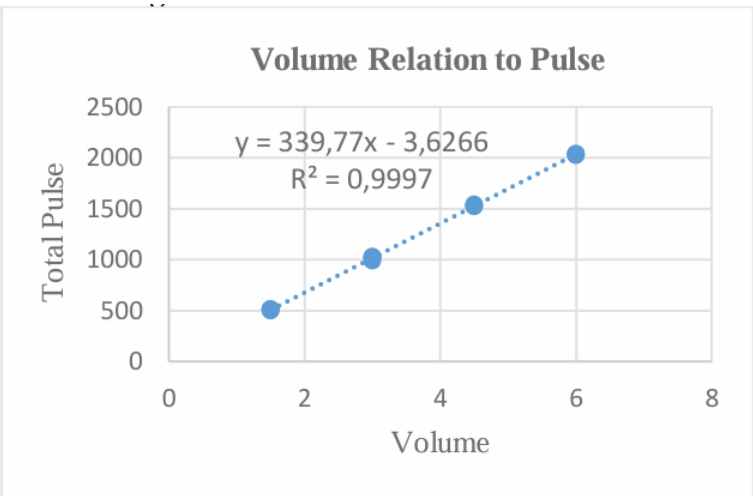
Gambar 11: Contoh tampilan webserver: halaman tampilan pelanggan

IV. Pengujian dan Analisis

Pada penelitian ini terdapat beberapa aspek yang perlu dilakukan pengujian dan analisis, antara lain sebagai berikut.

A. Perhitungan Konsumsi Air

Perhitungan konsumsi air dilakukan di dalam node sensor, di mana node sensor itu sendiri terdiri atas sensor aliran air, katup, Arduino, dan XBee. Sensor aliran air memiliki kemampuan untuk menghasilkan pulsa listrik ketika air melewati turbin yang terdapat di dalam sensor. Pulsa yang dihasilkan oleh sensor kemudian dikalibrasi terhadap volume air yang dihasilkan oleh sensor tersebut. Data ditunjukkan pada Gambar 12.

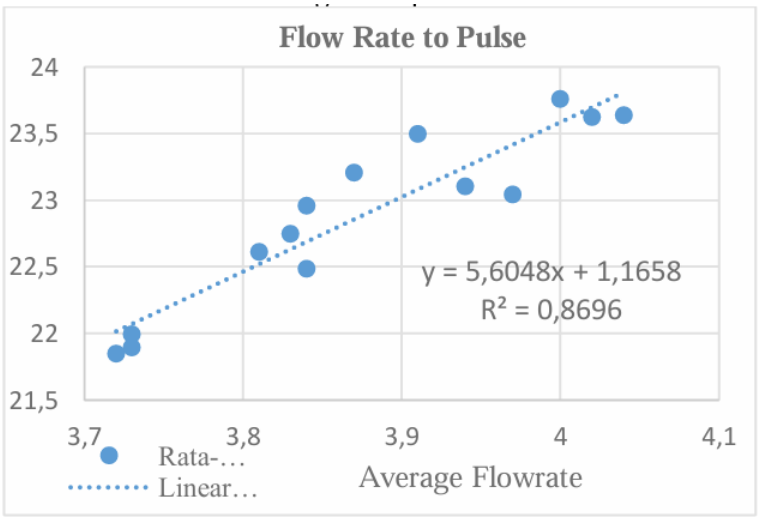


Gambar 12: Grafik hubungan volume terhadap pulsa

Setelah diketahui berdasarkan Gambar 12 bahwa hubungan antara pulsa dan volume air bersifat linier, pengukuran selanjutnya adalah hubungan debit air terhadap pulsa. Pengukuran dilakukan dengan mengalirkan air melalui sensor dengan berbagai variasi volume dan variasi waktu, serta dihitung menggunakan stopwatch.

Berdasarkan Gambar 13, diperoleh fungsi debit air terhadap pulsa per detik. Persamaan fungsi pada grafik ini digunakan dalam perhitungan pada Arduino.

$$y = 5.6048x + 1.1658 \tag{1}$$



Gambar 13: Grafik pengukuran debit air terhadap pulsa

$$x = \frac{y - 1.1658}{5.6048} \tag{2}$$

$$Q = \frac{P - 1.1658}{c} \tag{3}$$

Di mana Q merupakan debit air, P merupakan pulsa, dan C merupakan faktor kalibrasi (5.6048). Hasil pengujian sensor aliran air ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2, di mana Tabel 1 merupakan hasil pengujian sensor sebelum dikalibrasi dan Tabel 2 merupakan hasil pengujian sensor setelah dilakukan kalibrasi.

Tabel 1: Hasil pengujian sensor aliran air sebelum kalibrasi

Volume Terukur (ml)	**500**	**1000**	**1500**	**2000**	**2500**	**3000**
Pengujian 1	549	1029	1545	2058	2544	3075
Pengujian 2	552	1065	1554	2028	2517	3102
Pengujian 3	540	1053	1548	2022	2511	3075
Pengujian 4	513	1026	1539	2019	2511	3081
Pengujian 5	513	1026	1548	2013	2514	3090

Tabel 2: Hasil pengujian sensor aliran air setelah kalibrasi

Volume Terukur (ml)	**500**	**1000**	**1500**	**2000**	**2500**	**3000**
Pengujian 1	521	1004	1502	2030	2540	3001
Pengujian 2	534	1009	1496	2035	2488	3009
Pengujian 3	543	1038	1492	2005	2483	3003
Pengujian 4	519	999	1504	2037	2556	3000
Pengujian 5	516	1035	1507	2026	2506	3008

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2, dapat dilihat bahwa data yang dihasilkan oleh sensor menjadi lebih akurat setelah dilakukan proses kalibrasi menggunakan regresi linier.

B. Otomatisasi Volume Air

Pada node sensor terdapat sebuah katup yang berfungsi untuk menahan aliran air di dalam pipa. Dengan demikian, ketika pengguna air telah melewati batas yang telah ditentukan, katup akan menutup sehingga

```
if(totalMilliLitres >= 3000 ){//Tresshold valve
  digitalWrite(valve,LOW);
}
```

Gambar 14: Pendefinisian katup pada Arduino IDE

```
// Set up the status LED line as an output
pinMode(statusLed, OUTPUT);
digitalWrite(statusLed, HIGH);  // We have an active-low LED attached
pinMode(valve,OUTPUT);

pinMode(sensorPin, INPUT);
digitalWrite(sensorPin, HIGH);
digitalWrite(valve,HIGH);
```

Gambar 15: Ambang batas katup

Tabel 3: Pengujian jarak jangkauan XBee

Jarak (m)	**Sinyal (dBm)**		**TX Error**	**Paket Hilang**	**Paket Diterima**
	Lokal	**Remote**			
0	-73	-72	0	0	100
3	-75	-71	0	0	100
6	-73	-72	0	0	100
9	-77	-76	0	0	100
12	-87	-85	0	0	100
15	-83	-81	2	0	98
18	-77	-76	0	0	100
21	-95	-96	38	0	62
24	-88	-87	2	0	98
27	-91	-91	14	0	86
30	-90	-87	0	0	100
33	-96	-95	35	0	65
36	-93	-94	51	47	2
39	-93	-93	14	0	86
42	-95	-95	51	0	49
45	-95	-96	67	0	33
48	-95	-95	37	1	63
51	-96	-96	66	2	34
54	-94	-95	73	0	27
57	-91	-90	30	1	69
60	-93	-94	32	0	68
63	-94	-94	39	0	61
66	-91	-90	0	0	100
69	-93	-92	0	0	100
72	-93	-92	0	0	100
75	-93	-92	2	1	97
78	-93	-93	7	0	93
81	-95	-94	68	1	31
84	Tidak Terbaca	Tidak Terbaca	100	0	0

air tidak dapat keluar lagi. Katup yang digunakan dalam penelitian ini merupakan katup *normally closed*, di mana kondisi normal katup adalah tertutup dan akan terbuka apabila diberi daya listrik.

Pada Gambar 14, katup didefinisikan pada Arduino IDE sebagai keluaran Arduino dan diatur dalam kondisi katup terbuka sehingga air tetap dapat mengalir melalui katup dan akan tertutup ketika volume air yang telah melewati sensor aliran air mencapai 3000 mililiter seperti ditunjukkan pada Gambar 15.

C. Pengiriman Data dari Node Sensor ke Node Koordinator

Proses pengiriman data pada penelitian ini menggunakan komunikasi frekuensi radio XBee. XBee yang digunakan dalam penelitian ini adalah XBee versi S2C. XBee akan dipasang pada setiap node, di mana XBee pada node sensor akan terhubung dengan Arduino sehingga ketika Arduino memproses data yang dihasilkan dari sensor aliran air, data tersebut akan langsung dikirimkan ke node koordinator yang terdiri atas *Single Board Computer* Raspberry Pi yang juga telah terhubung langsung dengan XBee. Node koordinator berfungsi sebagai penampung data yang dikirimkan oleh node sensor dan selanjutnya data tersebut dikirimkan ke webserver. Dalam proses pengiriman data melalui frekuensi radio, jarak jangkauan menjadi faktor penting agar data yang diterima oleh node koordinator tetap utuh seperti data yang dikirimkan oleh node sensor. Pengujian jarak jangkauan dilakukan menggunakan perangkat lunak XCTU. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel **??**.

V. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pada penelitian ini, diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Putaran turbin pada sensor aliran air yang berputar sesuai dengan kecepatan air menghasilkan keseimbangan medan magnet yang dapat dimanfaatkan dengan prinsip Efek Hall. Nilai laju aliran air dapat ditentukan menggunakan rumus perhitungan debit air.
2. Jaringan yang digunakan berbasis topologi bintang, di mana setiap node terhubung ke satu koordinator pusat. Struktur ini memungkinkan komunikasi yang mudah antar node serta menyederhanakan pengelolaan jaringan secara keseluruhan.
3. Jangkauan maksimum XBee adalah sebesar 81 meter, dengan kekuatan sinyal lokal sebesar -95 dBm dan kekuatan sinyal jarak jauh sebesar -94 dBm. Pada jarak tersebut, tercatat nilai Tx Error sebesar 68 dengan jumlah paket data yang diterima sebanyak 31 paket.

Daftar Pustaka

[1] E. Ramsden, "Hall-effect sensors: theory and application," *Sensors*, vol. 6, no. 5, pp. 134–147, 2006.

[2] M. Yusro and A. Diamah, *Sensor dan Transduser Teori dan Aplikasi*, Jakarta: Universitas Negeri Jakarta, 2019.

[3] Digi International Inc., *XBee® ZigBee RF Modules: S2C Datasheet*, 2016. [Online]. Available: `https://www.digi.com/pdf/ds_xbeemultipointmodules.pdf`

[4] XBee/XBee Pro ZB RF Modules Datasheet, Digi International Inc., March 2012.

[5] I. F. Akhdiz, W. Su, Y. Sannarasammaian, and E. Cayric, "Wireless sensor networks: a survey," *Computer Networks*, vol. 38, no. 4, pp. 393–422, 2002.

[6] D. A. G. "Pengukuran debit air pelanggan air bersih berbasis iot menggunakan raspberry pi," *Universitas Pamulang*, vol. 1, no. 2, 2018.

[7] A. Azhar and Soeharwinto, "Perancangan sistem informasi debit air berbasis arduino uno," *Universitas Swadaya Utama*, vol. 13, no. 36, 2015.

[8] Nathanyan *et al.*, "Raspberry pi based liquid flow monitoring and control," *International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 3, no. 7, July 2014.