

Rancang bangun sistem sensor nirkabel untuk memantau kecepatan dan arah aliran

Erryk Yustisianto Putro dan Suryono

Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail: yustisiantoerryk@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

On research wireles sensor system design for monitoring velocity and direction of water. Monitoring the flow of water is needed in the field of irrigation and industry, mitigation of floods and many other applications. The system is made comprises a remote terminal unit (RTU) and control terminal unit (CTU). On the RTU are ATSAM3X8E microcontroller and microprocessor that transmit data through WiFi and received by personal computers that are in the CTU. RTU transmit the bases data to the CTU. The water velocity outtakes using waterflow sensor, which changes the magnitude of the flow rate to a variable frequency. Sensor waterflow associated with Schmitt trigger so that the output signal of the sensor is more accurate when read by the microcontroller. The frequency is read by the microcontroller and sent to a RTU computer. Flow direction in the sensor using a potensio that changed the angle (direction) into the barriers and voltage. The data is read by the analog to digital converter (ADC) microcontroller and sent to a RTU computer. Data flow velocities is calibrated with a standard velocity and linear correlation coefficient of 0.9997. Results of testing the angle of the magnitude of standard (protractor) linear correlation coefficient of 1. From these tests it can be concluded that the equipment is fit for use.

Keywords : *monitoring system, microcontroller, RTU ,CTU, waterflow sensor*

ABSTRAK

Pada penelitian ini telah dilakukan rancang bangun sistem sensor nirkabel untuk memantau kecepatan dan arah aliran air. Pemantauan aliran air sangat dipelukan dalam bidang irigasi maupun industri, pembangkit listrik, mitigasi bencana banjir, dan masih banyak aplikasi lainnya. Sistem yang dibuat terdiri dari bagian remote terminal unit (RTU) dan control terminal unit (CTU). Pada RTU terdapat mikrokontroler ATSAM3X8E dan mikroprosesor yang mengirimkan data melalui WiFi dan diterima oleh personal komputer yang berada di CTU. RTU mengirimkan basis data ke CTU. Kecepatan air dicacah menggunakan sensor waterflow, yang mengubah besaran kecepatan aliran menjadi frekuensi. Sensor waterflow dihubungkan dengan schmitt trigger agar sinyal keluaran dari sensor lebih akurat pada saat terbaca oleh mikrokontroler. Frekuensi dibaca oleh mikrokontroler dan dikirimkan ke komputer RTU. Arah aliran dibaca menggunakan potensiometer yang mengubah besaran hambatan dan tegangan menjadi sudut (arah). Data tersebut dibaca oleh analog to digital converter (ADC) mikrokontroler dan dikirimkan ke komputer RTU. Data kecepatan aliran dikalibrasi dengan kecepatan standar dan diperoleh koefisien korelasi linier sebesar 0,9997. Hasil pengujian sudut terhadap besaran standar (busur derajat) diperoleh koefisien korelasi linier sebesar 1. Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa peralatan layak digunakan.

Kata kunci : *sistem pemantau, mikrokontroler, RTU, CTU, sensor waterflow*

PENDAHULUAN

Aliran air merupakan faktor yang sangat penting dalam kehidupan dengan mengetahui laju dan arah aliran, pemanfaatan air di bidang irigasi akan jauh lebih efisien. distribusi kecepatan aliran di dalam alur tidak sama pada arah horisontal maupun arah vertikal [1]. Industri pesisir seperti teknik

petrokimia dan pembangkit listrik menggunakan air laut sebagai air pendingin untuk menyimpan air bersih dan biaya operasional. Sebuah statistik menunjukkan bahwa 42% dari pembangkit listrik menggunakan air laut sebagai air pendingin di Amerika Serikat. Air laut yang digunakan sebagai air pendingin telah mengalir 30 m³/s untuk 500 MW stasiun tenaga nuklir [2].

Aliran air selain dengan berbagai manfaat dapat juga memberikan bencana yang salah satunya banjir. Banjir merupakan limpasan air yang melebihi tinggi muka air normal sehingga meluap dari palung sungai yang menyebabkan genangan pada lahan yang lebih rendah di sisi sungai. Kecepatan aliran air sungai bisa sangat membahayakan ketika aliran melebihi daya tampug yang dimiliki sungai yang akan menyebabkan banjir bandang dan tentunya akan sangat berbahaya bagi masyarakat [3].

Perlunya pembuatan alat pemantau yang memanfaatkan teknologi sistem sensor nirkabel (*wireless sensor system*) agar pemanfaatan aliran air bisa lebih efisien dan dapat digunakan untuk tindakan mitigasi. Sistem sensor nirkabel dapat diartikan sebagai kesatuan dari proses pengukuran, komputasi dan komunikasi yang memberikan kemampuan pengolahan terhadap sebuah perangkat, observasi dan melakukan penanganan terhadap setiap fenomena yang terjadi di lingkungan yang menggunakan teknologi *wireless*, komponen dari sistem sensor nirkabel meliputi: sensor, modul *wireless* dan PC, keseluruhan komponen akan membentuk suatu sistem monitoring yang mampu menampilkan data yang berupa karakteristik sensor yang digunakan sebagai pemanfaatan media *nirkabel* [4]. Dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, penggunaan jenis sensor pada penelitian ini adalah sensor *waterflow* dan potensio yang dapat menampilkan data berupa kecepatan dan arah aliran air.

DASAR TEORI

Aliran Air

Aliran air pada saluran terbuka dapat diklasifikasikan berupa aliran tunak (*steady flow*), aliran seragam (*uniform flow*) dan aliran tak seragam (*varied flow*). Aliran tunak (*steady flow*) terjadi jika kedalaman aliran tidak berubah atau selalu dalam keadaan

konstan pada selang waktu tertentu. Aliran seragam (*uniform flow*) merupakan aliran dengan kecepatan rata-rata sepanjang alur aliran sama pada setiap penampang saluran, permukaan aliran sejajar dengan permukaan dasar saluran, sehingga kecepatan dan kedalaman aliran tersebut dalam kondisi setimbang. Aliran tak seragam (*varied flow*) terjadi ketika kedalaman dan kecepatan aliran disepanjang saluran tidak konstan, garis arus tidak sejajar dengan garis muka air dan dasar saluran, analisis pada aliran tak seragam dapat dilakukan untuk perbaikan sungai dan penganggulangan banjir [5].

Sensor Kecepatan Aliran Air

Sensor adalah sebuah perangkat (*device*) yang berfungsi untuk mendeteksi segala bentuk gejala-gejala fisis [6]. Sensor *waterflow* terdiri dari bagian katup plastik (*valve body*), rotor air dan sensor *half*. Ketika air mengalir melalui rotor maka rotor akan berputar dan kecepatan dari rotor akan sesuai dengan aliran air yang masuk melewati rotor. Pulsa sinyal dari rotor akan diterima oleh sensor Hall untuk selanjutnya diproses di mikrokontroler [7].

Sensor Hall akan mengeluarkan output berupa pulsa sesuai dengan besarnya aliran air. Prinsip kerja sensor ini adalah dengan menggunakan fenomena efek Hall, didasarkan pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan yang bergerak. Arus listrik mengalir pada sensor Hall yang ditempatkan pada medan magnet yang memiliki arah tegak lurus arus listrik. Muatan bergerak dan berbelok ke salah satu sisi lainnya yang akan menghasilkan medan listrik yang nilainya akan semakin membesar hingga gaya Lorentz yang berkeja pada partikel menjadi nol. Perbedaan potensial antara kedua sisi perangkat disebut dengan potensial Hall. Potensial Hall ini sebanding dengan arus listrik dan medan magnet yang melewati *device* [8].

Jaringan Sensor Nirkabel (*Wireless Sensor Network/WSN*)

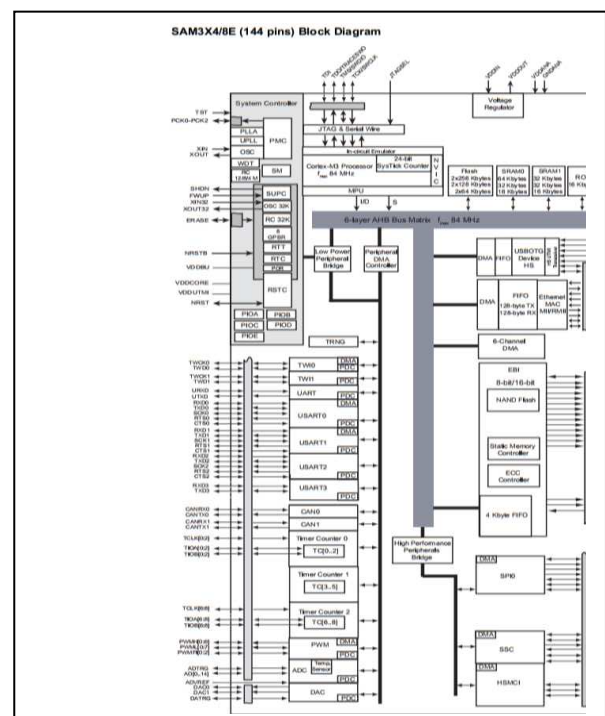
Jaringan sensor nirkabel (*Wireless Sensor Network/WSN*) secara umum dapat diartikan sebagai jaringan *node* yang secara bersama merasakan dan memungkinkan untuk mengendalikan lingkungan melalui interaksi antara orang atau komputer dan lingkungan sekitarnya. WSN biasanya terdiri dari sejumlah besar *node* sensor daya rendah yang dipasang dalam area pengawasan. Sensor mengubah data analog ke data digital yang kemudian data tersebut dikirimkan ke suatu *node* melalui media komunikasi yang digunakan, seperti *bluetooth*, *infrared*, dan *Wifi*. Setiap *node* WSN umumnya berisi sistem *sensing*, *processing*, *communication*, dan *power* [9].

Dalam membangun sebuah sistem WSN dibutuhkan beberapa topologi jaringan yang terdiri dari topologi *star*, topologi *cluster/tree* dan topologi *mesh*. Topologi *star* merupakan topologi yang paling dasar dimana pada setiap *node* saling mempertahankan satu jalur komunikasi langsung dengan *gateway*. Topologi *cluster/tree* lebih kompleks dibandingkan dengan topologi *star*, karena setiap *node* masih memperthankan satu jalur komunikasi untuk *gateway*. Perbedaanya masih menggunakan *node-node* lain dalam mengirimkan data yang masih dalam satu jalur. Topologi *mesh* merupakan topologi yang menggunakan jalur komunikasi yang lebih banyak dibandingkan topologi-topologi lainnya untuk meningkatkan kualitas sistem. Pada jaringan ini *node* mempertahankan jalur komunikasi untuk kembali ke *gateway* [10].

Mikrokontroler ATSAM3X8E

Mikrokontroler dapat dikatakan sebagai sistem komputer yang dikemas pada sebuah *chip*, didalam IC Mikrokontroler sudah terdapat kebutuhan minimum yaitu meliputi ROM, RAM, I/O dan clock sama dengan yang dimiliki pada komputer [11]. Mikrokontroler berbasis Atmel SAM3X8E

CPU yang merupakan arduino pertama dengan 32-bit ARM core. Mikrokontroler ini beroperasi pada kecepatan maksimum 84MHz dan memiliki fitur kecepatan hingga 512 Kbytes dan SRAM hingga 100Kbytes. Peripheral set yang terdapat pada mikrokontroler didalamnya yaitu *High Speed USB* dan *port device* dengan *transceiver* tertanam didalamnya, ethernet MAC, proses kecepatan tinggi MCI untuk SDIO/SD/MMC, sebuah *Interface* eksternal dengan NAND, 2 Twist, 4 SPI, serta PWM timer, 3-channel timer 32-bit, daya rendah RTC dan RTT, 256-bit General Purpose Backup Registers, 12-bit ADC dan 12-bit DAC. dari ATSAM3X8E memiliki 54 digital pin *input* dan *output*, yang mana 12 pin dapat digunakan sebagai *output* PMW, 12 pin analog *input*, 4 pin UARTs, frekuensi 84 MHz, USB *port*, 2 buah *digital to analog converter*, *power jack*, tombol *reset* dan tombol *erase*. Tidak seperti kebanyakan *board* lainnya, Due berkerja pada tegangan 3.3 Volts. *Board* Due memiliki semua hal penting yang diperlukan untuk mendukung kinerja mikrokontroler.



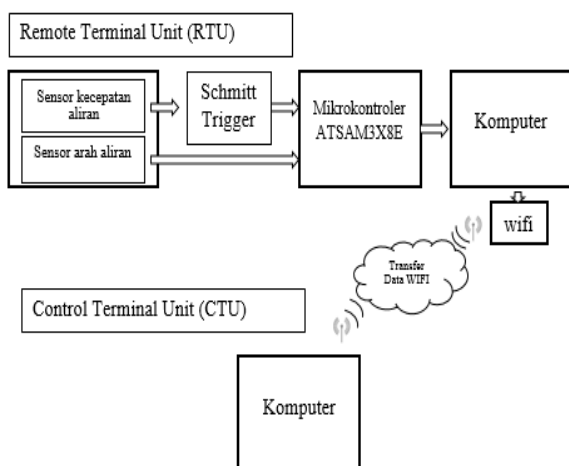
Gambar 1. Diagram pin ATMEL SAM3X8E ARM CORTEX-M3

RANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bagian ini uraian difokuskan pada perancangan *hardware* dan *software* untuk merealisasikan sistem “rancang bangun sistem sensor nirkabel untuk memonitor kecepatan dan arah aliran air”.

Rancangan dan Analisis Sistem

Sistem pemantau kecepatan dan arah aliran air tersusun dari *hardware* dan *software*. *Hardware* berupa perangkat pendeteksi, perangkat pemroses, dan perangkat pengirim, sedangkan *software* berupa *database*, terdiri dari *remote terminal unit (RTU)* dan *control terminal unit (CTU)*. Gambar 2 menunjukkan diagram blok sistem. Perangkat pendeteksi kecepatan aliran yang berupa sensor *waterflow* dan perangkat pendeteksi arah aliran berupa potensiometer *bourns*. Perangkat pemroses menggunakan mikrokontroler ATSAM3X8E, perangkat pemroses merupakan tempat menjalankan beberapa intruksi atau perintah. Perangkat pengirim menggunakan *wireless outdoor* sebagai jaringan komunikasi antara *remote terminal unit (RTU)* dan *control terminal unit (CTU)*.



Gambar 2. Diagram blok sistem pemantau kecepatan dan arah aliran air

Rangkaian Sensor Kecepatan dan Pengkondisian Sinyal

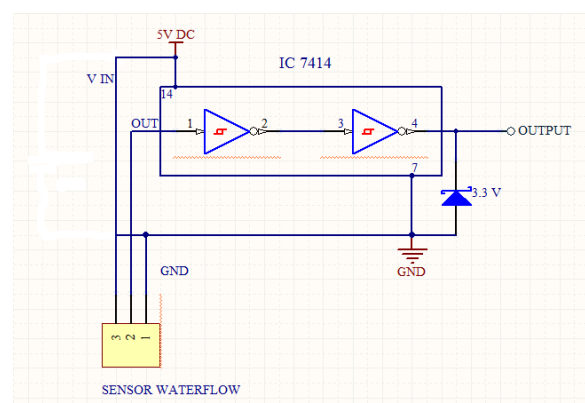
Sensor *waterflow* berkerja pada saat air yang mengalir mengenai kincir yang berada didalamnya, ketika kincir berputar maka akan dihasilkan pulsa, pulsa tersebut berupa frekuensi yang nilainya dibutuhkan untuk menentukan kecepatan aliran air yang mengalir dengan cara mengkalikan hasil frekuensi dengan konstanta. Perhitungan kecepatan aliran fluida dapat ditunjukkan pada Persamaan (1) dan Persamaan (2).

$$\omega = 2\pi f \quad (1)$$

$$v = \omega r \quad (2)$$

dengan, ω adalah kecepatan sudut (rad/s), π adalah konstanta, f adalah frekuensi (Hz), v adalah kecepatan (m/s), dan r adalah jari-jari sensor.

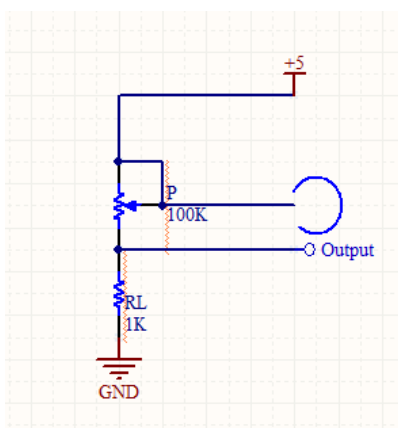
Rangkaian terpadu yang digunakan dalam perancangan ini adalah IC 74LS14 yang memiliki enam buah gerbang *inverter* dan memiliki fungsi *schmitt trigger* yaitu pengkondisian sinyal dimana output dari rangkaian akan menghasilkan gelombang segi empat dengan pinggiran naik dan turun yang tajam dan mengurangi *noise* pada rangkaian. Sehingga sinyal masukan tidak memiliki *noise* dan dapat memperjelas kondisi keluaran. Rangkaian *schmitt trigger* dapat dilihat pada Gambar 3.



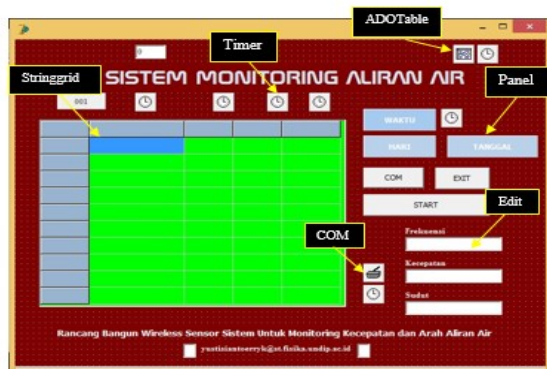
Gambar 3. Rangkaian *schmitt trigger*

Rangkaian Pembacaan Sudut

Rangkaian yang digunakan dalam pembacaan sudut adalah potensiometer jenis bourns dengan perputaran sebesar 360^0 yang dihubungkan pada resistor yang bernilai 100 ohm dengan masukan tegangan sebesar 5V dari mikrokontroler ATSAM3X8E, dan menghasilkan keluaran yang merupakan merupakan sinyal analog. Skema rangkaian pembacaan sudut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema rangkaian pembacaan sudut



Gambar 5. Form sistem pemantau aAliran air

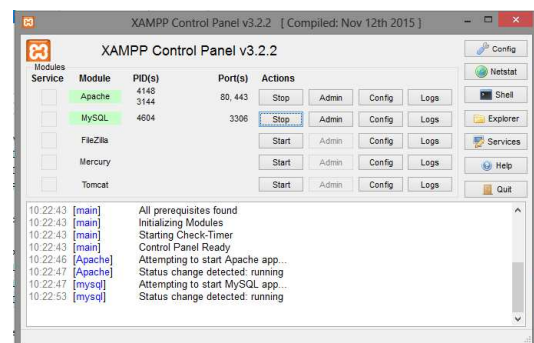
Rancangan Software Penampil Data

Sistem akuisisi data pada penelitian ini menggunakan pemograman Borland Delphi 7 dengan bahasa pemograman Delphi. Delphi sering digunakan dalam pembuatan software program dan termasuk pemograman bahasa

tingkat tinggi (*high level language*). Delphi menggunakan sistem IDE (*Integrated Development Enviroment*) yang mendukung user dalam membuat serta mengembangkan suatu software berbasis program. Gambar 5 menunjukkan tampilan form sistem pemantau aliran air.

Penyimpanan File

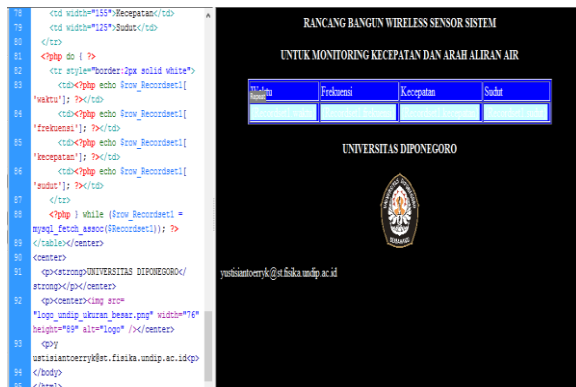
Data yang didapatkan dari akuisi data disimpan dalam file agar data yang disimpan dapat ditampilkan kembali jika dibutuhkan, software yang digunakan sebagai pendukung pembuatan database yaitu Mysql yang memiliki fungsi menyimpan dan mengelola data. Untuk membuat database dibutuhkan xampp control panel kemudian mengaktifkan apache dan Mysql seperti yang ditunjukan pada gambar 6.



Gambar 6. Tampilan xampp panel kontrol

Sistem Penerima Data Sistem Sensor Nirkabel

Pada RTU data yang telah disimpan oleh mikrokontroler selanjutnya dapat diakses oleh komputer server melalui jaringan WiFi. Data yang diterima akan ditampilkan melalui web browser yang terdapat pada PC. Data yang ditampilkan dibuat dengan menggunakan basa pemrograman php. Sistem client dan server merupakan koneksi antara RTU dan CTU.

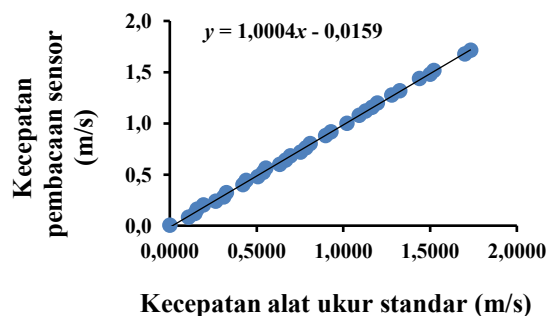


Gambar 7. Sistem penampil akuisi data

PENGUJIAN

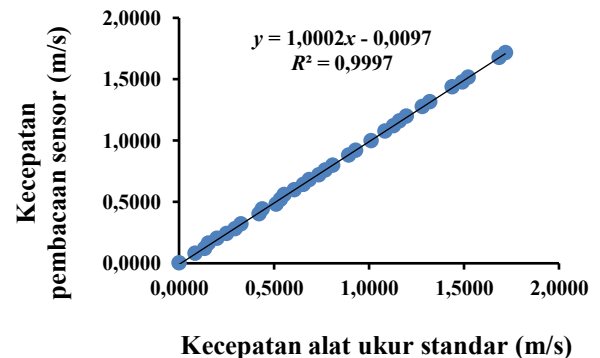
Pembacaan Kecepatan pada Sensor *Waterflow*

Nilai keluaran akan terbaca sebagai nilai frekuensi kemudian nilai keluaran tersebut dibandingkan dengan alat ukur sebenarnya agar hasil cacahan sensor didapatkan hasil sesungguhnya. alat ukur yang digunakan adalah *multimeter* digital yang diatur untuk membaca frekuensi, kemudian ketika sudah didapatkan data antara frekuensi yang terbaca pada sensor dan *multimeter* maka nilai dari variabel-variabel frekuensi tersebut dikalikan dengan konstanta π agar dapat menghasilkan kecepatan sudut. hasil dari kecepatan sudut tersebut dikalikan dengan jari-jari sensor *waterflow* yang memiliki nilai 0,00635 meter, maka akan menghasilkan kecepatan linier, dapat ditunjukkan dari grafik karakterisasi pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik karakterisasi kecepatan

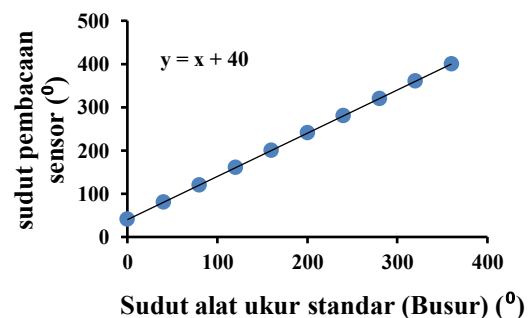
Variabel pulsa yang dicacah oleh mikrokontroler berada pada sumbu y dan kecepatan yang terukur pada alat ukur standar berada pada sumbu x , persamaan linier yang telah diperoleh dimasukkan kembali pada listing program di mikrokontroler ATSAM3X8E agar didapatkan hasil pembacaan yang lebih akurat.



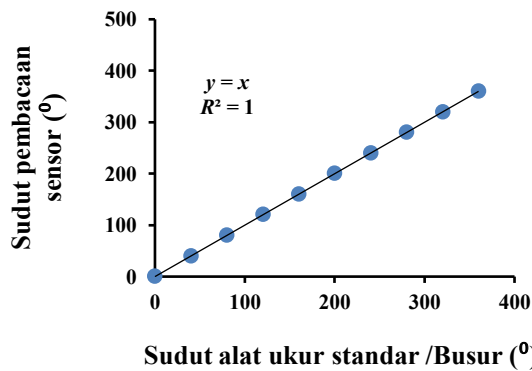
Gambar 9. Grafik linier kecepatan

Hasil Pembacaan Sudut

Dalam pembacaan sudut nilai keluaran berupa analog, nilai yang keluar dapat terbaca pada keluaran dalam mikrokontroler yang menggunakan potensiometer dan busur derajat sebagai alat ukur standar. Gambar 10 menunjukkan grafik karakterisasi pembacaan sudut dan grafik kalibrasi ditunjukkan pada gambar 11.



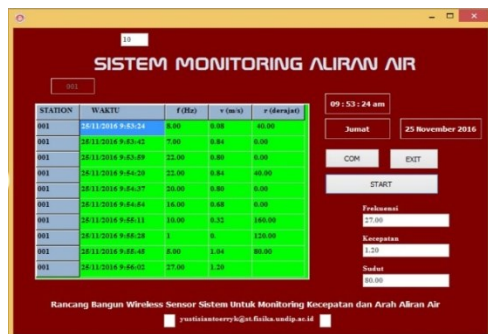
Gambar 10. Grafik karakterisasi pembacaan sudut



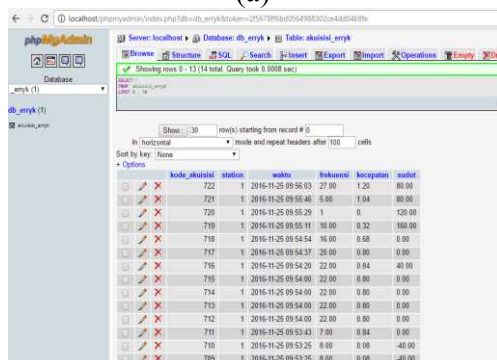
Gambar 11. Grafik kalibrasi pembacaan sudut

Hasil Pengujian Sistem Akuisi Data

Hasil pengujian sistem akuisi ditampilkan dengan *software Delphi* yang digunakan sebagai *interface* atau antarmuka antar *user* dengan bahasa pemrograman *Delphi*. Tampilan pembacaan data dan hasil pembacaan sensor yang telah disimpan dalam *database Mysql* ditunjukkan pada gambar ditunjukkan pada Gambar 12.



(a)



(b)

Gambar 12. (a) Hasil pembacaan pada penampil data dan (b) Basis data penyimpanan database

Hasil Pengujian Jaringan Sensor Nirkabel

Data yang dikirimkan dari *transmitter* secara *real-time* akan dikirim lewat *WiFi*. Data yang dikirimkan merupakan data yang disimpan pada *database* yang berada di *remote terminal unit*. Hasil pengukuran dirutkan berdasarkan waktu pengambilan data. Gambar 14 menunjukkan antarmuka penampil data pada computer server.



Gambar 14. Antarmuka penampil data pada komputer server

KESIMPULAN

Rangkaian pada sensor *waterflow* yang diberi pengkondisian sinyal *schmitt trigger* menghasilkan persamaan garis linier $y = 1,0002x - 0,0097$ dengan koefisien korelasi linier sebesar 0,9997 pada pembacaan kecepatan sensor *waterflow*, dan pada rangkaian pembacaan sudut menghasilkan persamaan linier $y = x$ dengan koefisien korelasi linier sebesar 1. Pembuatan sensor dan sistem akuisisi data kecepatan dan arah aliran dapat diintegrasikan dengan menggunakan antarmuka komputer dan bahasa pemrograman *Delphi*. Data yang diperoleh dengan data yang disimpan pada database di *remote terminal unit* dan data yang ditampilkan pada *web browser* yang diambil menggunakan IP *client* tidak menunjukkan ada kesalahan. Sistem pemantau ini dapat

dikembangkan menggunakan *Broadband* internet untuk jangkauan pemantauan yang tidak terbatas. Selain itu, penambahan sel surya sebagai catu daya dapat meningkatkan efisiensi dalam pemantauan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Finawan, A., dan Mardiyanto, A. (2011) *Pengukuran Debit Air Berbasis Mikrokontroler AT89S5*, Jurnal Litek, Vol. 8 No 1.
- [2] Yang, D., Liu, J., dan Jiang L. (2015) *Model for seawater fouling and effects of temperature, flow velocity and surface free energy on seawater fouling*, Chinese Journal of Chemical Engineering.
- [3] Aji, A. (2015) *Kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bencana banjir bandang di kecamatan welahan kabupaten jepara*. Indonesian Journal of Conservation, Vol. 4 No. 1.
- [4] Hariyawan, M.Y., dan Gunawan, A. *Sistem Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan Berbasis Wireless Sensor Network*, Jurnal Teknologi Informasi dan Telamatik, Vol.5.
- [5] Setiawan, I. (2009) *Buku Ajar Sensor dan Transduser*, Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [6] Suharjono, A., Rahayu L.N., dan Afwah, R. (2015) *Aplikasi Sensor Flow Water untuk Mengukur Penggunaan Air Pelanggan Secara Digital Serta Pengiriman Data Secara Otomatis Pada PDAM Kota Semarang*, Jurnal Tele, Vol.13 No. 1, Politeknik Negeri Semarang
- [7] Nugroho, G.P., Mazharuddin, A., dan Studiawan, H. (2013) *Sistem Pendeteksi Dini Banjir Menggunakan Sensor Kecepatan Air dan Sensor Ketinggian Air pada Mikrokontroler Arduino*, Jurnal Teknik Pomits, Vol. 2 No. 1, ISSN: 2337-3539, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November
- [8] Priyambodo, T. K., dan Heriadi, D. (2005) *Jaringan Wi-Fi Teori dan Implementasi*, Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [9] Vicaire P, T. He, T. Yan, L. Luo, L. Gu, G. Zhou, R. Stoleru, Q. Cao, J. Stankovic, dan T. Abdelzaher. (2006) *Real-Time Analysis of Tracking Performance in Wireless Sensor Networks*, IEEE Real-Time Applications Symposium.
- [10] Bejo, A. (2008) *C & AVR, Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [11] Atmel Corporation (2015) Rev.: Atmel-11057C-ATARM-SAM3X-SAM3A-Datasheet, <http://www.atmel.com/devices/ATSAM3X8E.aspx>, 23 Maret 2015 Diakses pada 3 September 2016.