

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SENSOR TINGGI MUKA PERMUKAAN AIR SUNGAI DAN SENSOR CURAH HUJAN SEBAGAI PENDUKUNG SISTEM PERINGATAN DINI UNTUK BENCANA BANJIR

THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF RIVER'S SURFACE SENSOR AND RAINGAUGE SENSOR AS A SUBSYSTEM FOR A FLOOD EARLY WARNING SYSTEM

Aditya Budi Abimata¹, Agung Nugroho Jati, ST., MT², Asep Mulyana, ST., MT³

^{1,3}Prodi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
adityabudiabimata@students.telkomuniversity.ac.id, ²agungnj@telkomuniversity.ac.id,
³asm267@gmail.com

Abstrak

Dewasa ini, banjir selalu menjadi masalah besar bagi warga yang berada di daerah tepian anak sungai. Di beberapa daerah yang rendah, kita selalu mendapatkan banjir kiriman sekalipun daerah kita tidak sedang hujan, terkadang kita mendapatkan banjir kiriman karena daerah muara sudah menampung air yang banyak, dari hujan yang berasal dari daerah yang lebih tinggi. Datangnya yang mendadak juga mengakibatkan banyak orang belum cukup waktu mempersiapkan diri untuk menghadapi banjir yang mendadak tersebut. Karena itu, diperlukan sebuah sistem peringatan dini untuk warga yang berada di daerah tepian sungai. Dengan adanya peringatan banjir dini, yang memanfaatkan kecerdasan buatan dari sistem yang kami buat, maka akan lebih banyak waktu yang diberikan kepada warga untuk mempersiapkan diri sebelum bencana banjir tersebut datang. Tugas akhir ini menggunakan ultrasonic sensor, untuk mengetahui seberapa tinggi air sungai. Kedua alat dipasang di Sungai Citarum bagian dayeuhkolot, yang mana oleh Balai Besar Wilayah Sungai ditetapkan sebagai lokasi yang dapat menjadi acuan untuk penelitian ini. Berdasarkan pengujian yang digunakan, kedua sensor telah mampu berfungsi sebagai sistem penghitung jumlah hujan atau tipping bucket beserta sistem pengukur tinggi muka air sungai atau ultrasonic sensor. Sistem berhasil mengunggah data setiap 10 menit. Tipping bucket berhasil berjalan dengan tingkat error maksimal 7%. Sedangkan sensor jarak berhasil berjalan dengan error maksimal 19%.

Kata kunci: Tipping bucket, ultrasonic sensor, server

Abstract

Nowadays, flood has been transformed to be a very big disaster, especially to the people who were live in riverside. In some area, they always got some flood which was coming from the higher area. Though there were no rain happened in its place, sometimes they got that flood from the higher area as that place had got so much water caused by the rain in its place. The unpredictable presence made so many villagers had no time to prepare for it as well. So, they need an early warning system, especially for the people who were lived in riverside. There would be more time given before the flood was coming, because we integrated some artificial intelligence, by combining the data from our special sensors. This final project uses an ultrasonic sensor to measure the river's surface water, and a tipping bucket, to calculate the amount of rainfall. They were well packaged and installed on one place in a specific area which was allowed by "Balai Besar Wilayah Sungai" as that place was the best environment to do this research. Based on the testings and results, both sensors could measure as it is. The tipping bucket worked well as well as the ultrasonic sensor. They were automatically send the data to the server, which did processed the data as an endorser of the big system we create. The tipping bucket worked well with error rate by 7% alongside distance sensor with error rate by 19%.

Keywords: tipping bucket, ultrasonic sensor, server

1. Pendahuluan

Banjir kiriman yang terjadi di daerah rendah pada dasarnya sangat dipengaruhi oleh turunnya hujan di daerah yang lebih tinggi. Berbagai cara digunakan untuk mengukur derasnya hujan. Salah satunya adalah dengan menggunakan alat yang dinamakan tipping-bucket. Disisi lain banyak juga cara untuk mengetahui tinggi air sungai yang mengalirkan air menuju ke daerah rendah. Salah satunya adalah menggunakan sensor ultrasonik.

Dalam tugas akhir ini, penulis mengoptimalkan dua unsur yang merupakan bagian terpenting untuk mengetahui kondisi hujan. Yaitu curah hujan dan ketinggian air sungai. Dengan menggunakan

tipping bucket dan sensor ultrasonik, Arduino akan mengirim kedua data tersebut melalui GPRS kedalam sebuah server khusus. Kemudian data yang diambil secara kontinu tersebut akan diproses oleh AI untuk menghasilkan kesimpulan besar yang nantinya dapat diakses khususnya untuk daerah yang berpotensi terjadi bencana banjir. Kedua alat ini dipasang pada sebuah pos milik BBWS di daerah Dayeuhkolot, selatan Bojongsoang, yang dinamakan Sungai Citarum. Pemasangan ini dilakukan seizin BBWS dimana tempat inilah yang direkomendasikan untuk pemasangan alat ini.

Dengan adanya pemasangan sistem ini, curah hujan dan ketinggian air sungai di daerah Bojongsoang akan selalu dipantau sehingga data-data terbaru akan selalu diperbarui, untuk dapat diolah sebagai sebuah kesimpulan yang baru. Dengan basis IoT yang sistem kami miliki, sistem hanya membutuhkan koneksi internet agar data dapat langsung terunggah di server.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Tipping-bucket

Tipping Bucket adalah salah satu alat yang digunakan untuk merekam data intensitas curah hujan. Data curah hujan merupakan input utama untuk model simulasi curah hujan-aliran permukaan (rainfall-runoff) untuk aplikasi hidrologi perkotaan [3]. Desain dan analisis sistem drainase perkotaan sangat dipengaruhi oleh ketidakpastian data intensitas curah hujan dan durasi yang tercatat [2]. Dalam kasus ini, tipping bucket diintegrasikan oleh reed switch sensor.

Dengan dimensi yang sudah tertulis diatas, luas lingkaran pada corong adalah 176.71 cm². Sedangkan untuk penadah yang dibuat mampu bergerak dengan volume air sebesar 3-4mL. Untuk 1inci hujan adalah 2,54cm sehingga per 1inci hujan dengan asumsi volume penadah 4,5ml adalah 448.84 cm³ atau mL. Untuk 4.5mL adalah 0,010025 inci hujan. 0,010025 inci hujan adalah 0,254 mm. Diasumsikan tipping bucket yang penulis buat memiliki ketelitian per 0,25mm.

2.2 Sensor Jarak

Sensor Ultrasonik adalah sensor yang mampu menangkap gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik sendiri adalah gelombang sinusoidal dengan besar frekuensi di atas frekuensi gelombang suara dengan frekuensi lebih dari 20 KHz sampai dengan 50 KHz. Penerapan gelombang ultrasonik pada pengukuran ketinggian air adalah sensor ini bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara. Sensor akan menghasilkan gelombang suara yang kemudian akan menangkap gelombang tersebut kembali dengan perbedaan waktu antara gelombang suara yang dipancarkan waktu penangkapan, gelombang suara yang didapat merepresentasikan jarak.

Sensor jarak HC-SR04 adalah salah satu sensor jarak yang memanfaatkan gelombang ultrasonik. Sensor ini mampu dioperasikan dengan catu daya minimal DC 5V. Ketelitian maksimal alat ini adalah hingga 4m untuk nilai maksimum dan 2cm untuk nilai minimum. Alat ini dipasang pada ujung pipa pralon untuk mengetahui ketinggian muka air pada sungai yang telah dipilih penulis untuk melakukan pengujian.

2.3 ICOMSAT v1.1 GSM Module

Untuk melakukan komunikasi dari perangkat keras ke server, dibutuhkan konektivitas khusus yang pada kasus ini, penulis menggunakan modul GSM. Modul GSM dari ini menggunakan otak dari SIM900 sehingga cukup memudahkan bagi pengguna. Konektivitas dari modul ini hanya terbatas pada GPRS/GSM saja. Modul GSM ini menggunakan catu daya yang sama dengan Arduino karena hanya dipasang tepat diatas pin-pin arduino yang kosong. Karena Modul GSM ini juga memiliki pin-pin yang sama persis dengan arduino, maka tidak terlalu susah untuk mengintegrasikan modul ini dengan modul lain.

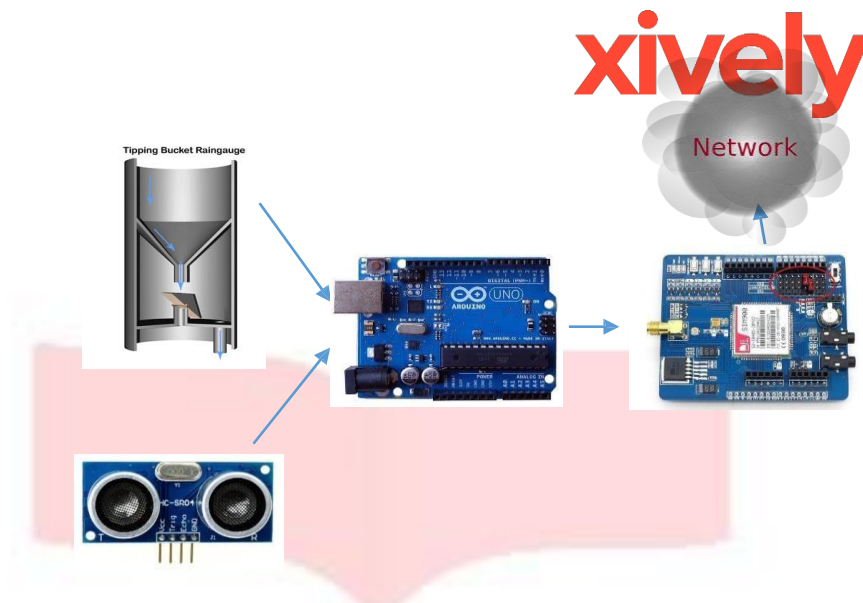
2.4 Xively Server

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, data yang dibaca oleh mikrokontroler harus dikumpulkan pada satu server sehingga bisa diolah oleh bagian AI. Xively adalah salah satu vendor penyedia jasa layanan IoT (Internet of Things) gratis yang sangat mudah mengintegrasikannya dengan Arduino. Xively sudah memiliki API untuk format yang ingin mengintegrasikan server xively didalamnya, seperti json, xml, atau csv.

2.5 Perancangan

Pada bagian perancangan ini menjelaskan tentang rancangan kebutuhan sistem dan bagaimana sistem berjalan

2.5.1 Gambaran Umum Sistem



Gambar 2.1 Gambaran Umum Sistem

Pada awalnya setelah catu daya tersambung dengan sistem, Arduino dan modul GSM akan menyala secara otomatis. Yang pertama dilakukan sistem ini adalah mengkoneksikan diri ke internet. Sistem akan terus mengkoneksikan diri ke internet hingga mendapatkan IP. Setelah IP didapatkan, pembacaan sensor mulai berjalan. Pada 10 menit pertama, akan dilakukan pembacaan untuk tipping bucket. Setelah data tipping bucket dibaca oleh Arduino, Modul GSM akan mengirimkan data tersebut ke server. Setelah sukses pengiriman, barulah sensor jarak melakukan pembacaan jarak dan setelah pembacaan selesai, Modul GSM akan mengirimkan data tersebut ke server. Perlu dicatat pengambilan waktu 10 menit adalah mengikuti aturan yang diterapkan BBWS untuk tipping-bucket. Waktu pengambilan bisa beragam namun harus tetap mengacu pada satuan mm/jam. Sebagai contoh, jika menggunakan acuan 10 menit, maka data dicatat tiap 6x10 menit. Jika 20 menit, data dicatat tiap 3x20 menit.

2.6 Perancangan Perangkat Keras

2.6.1 Perancangan Sensor Magnet

Sensor magnet mampu mengetahui kehadiran magnet dengan jarak tertentu. Pada kasus ini, magnet dipasang pada ujung penadah hujan. Sedangkan sensor dipasang pada daerah terjauh yang mampu dijangkau magnet. Selama pengujian, tidak ada masalah dengan cara yang dipakai.

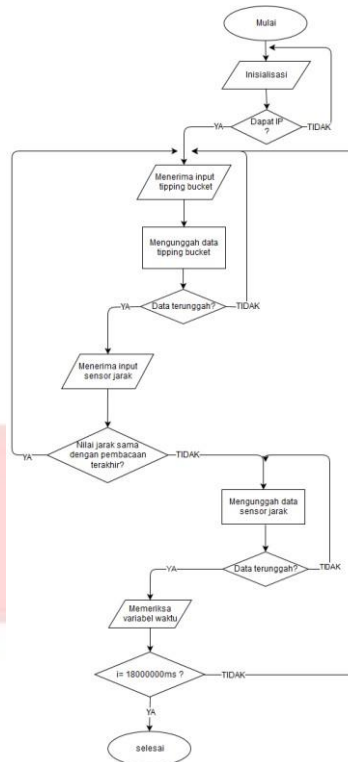
2.6.2 Perancangan Sensor Ultrasonik

Untuk perancangan sensor ultrasonik, dibutuhkan pipa pralon yang lurus sehingga gelombang yang dipancarkan sensor tidak terdistraksi oleh pipa sendiri. Agar sensor tetap stabil, ditambahkan rumah untuk sensor. Rumah ini juga berfungsi agar sensor memiliki rangka sehingga pemasangan pada pralon lebih mudah.

2.7 Perancangan Perangkat Lunak

Sistem ini mulai berjalan tepat ketika catu daya sudah terdeteksi. Sistem ini mulai secara otomatis akan mengkoneksikan dirinya ke internet, sampai dia mendapatkan IP. Setelah terkoneksi ke internet atau telah mendapat IP, sistem akan mulai membaca sensor tipping bucket. Saat sistem membaca tipping bucket, dia tidak bisa diganggu. Maksudnya adalah sistem ini hanya mampu melakukan satu pekerjaan dalam 10 menit pembacaan sensor tipping bucket tidak bisa sambil membaca sensor ultrasonik. Tepat setelah data berhasil didapat, data akan diunggah oleh modul GSM. Jika gagal, sistem akan mencoba sampai data berhasil terkirim ke server. Setelah data berhasil terkirim ke server, sistem akan membaca sensor ultrasonik. Begitu juga dengan tipping bucket, tepat ketika sudah mendapat data ultrasonik, maka data akan diunggah sampai berhasil.

Berikut disertakan diagram alir untuk berjalannya sistem



Gambar 2.2 Diagram Alir berjalannya sistem

3. Pembahasan

3.1 Pengujian Tipping Bucket

Untuk pengujian Tipping Bucket akan dibagi menjadi beberapa bagian. Bagian pertama adalah pengujian dengan mengalirkan air dalam volume tertentu pada Tipping Bucket, kemudian akan dianalisa seberapa tingkat akurasi Tipping Bucket terhadap air tersebut. Bagian kedua adalah pengujian ketelitian alat dengan tipping bucket yang dimiliki oleh BBWS. Pengujian ini dilakukan saat hujan. Analisa akan digunakan untuk perbandingan keluaran alat ini dengan alat milik BBWS. Pengujian ketiga adalah pengujian di dunia nyata dimana untuk pengujian ini tidak dibandingkan dengan apapun karena di lokasi yang dipilih tidak terdapat tipping bucket atau alat pembanding lainnya.

3.1.1 Pengujian dengan Volume Air tertentu

Dengan menggunakan teko yang memiliki satuan ukuran volume air, percobaan ini dilakukan. Percobaan dilakukan dengan menuangkan air dengan pelan ke dalam tipping bucket. Data diolah juga secara online, dimana input yang dimasukkan ditabel adalah inputan dari sensor reed switch sendiri. Penuangan air juga dilakukan dengan sangat hati-hati mengingat ketelitian tipping bucket hanya sekitar 3-5ml per sekali tipping. Menuangkan air dalam jumlah besar sekaligus akan membuat tipping bucket tidak bergerak sehingga pengukuran tidak bisa dilakukan.

Tabel 3.1 Pengujian dengan Volume Air Tertentu

Volume Air(ml)	Gerakan TB	Volume yang dibaca TB	Ketelitian (%)	Error (%)
100ml	18kali	81ml	81%	19%
200ml	51kali	229.5	87%	13%
300ml	74kali	333ml	90%	10%
400ml	91kali	409.5ml	98%	2%
500ml	112kali	504ml	99%	1%
800ml	177kali	787.5ml	98.4%	1.6%

Dari tabel dan grafik yang sudah tercantum diatas, ketelitian tertinggi yang mampu dibaca oleh tipping bucket adalah 99% sedangkan error tertinggi yang dimiliki tipping bucket adalah 19%. Error sendiri

terjadi karena tingkat ketelitian yang tidak sama antara Gelas Ukur dan Tipping bucket sendiri. Tidak ada kegagalan dalam pengiriman ke server.

3.1.2 Pengujian saat hujan terjadi

Pengujian ini dilakukan di daerah Bojongsong. Data diambil dalam rentang waktu 6 hari dimulai pada hari Minggu, 27 Desember 2015 sampai hari Senin, 4 Januari 2016, dimana pada 48jam pertama tidak terdapat hujan sehingga dalam tabel yang akan tercantum akan diasumsikan bahwa curah hujan pada 48jam pertama adalah 0 . Kondisi curah hujan tertinggi ada pada tanggal 2 Januari 2016 dengan 82.2 mm/hari.

Tabel 3.2 Hasil pengujian saat hujan terjadi

No	Tanggal	Curah hujan TB per hari (mm/day)	Curah hujan alat BBWS per hari (mm/day)	Ketelitian (%)	Error(%)
1	27 Desember 2015	17.6	16.6	94%	6%
2	28 Desember 2015	77.8	73.3	94%	6%
3	29 Desember 2015	0	0	100%	0
4	30 Desember 2015	0	0	100%	0
5	31 Desember 2015	0	0	100%	0
6	1 Januari 2016	20.8	20	96.1%	3.9%
7	2 Januari 2016	82.2	77.7	94%	6%
8	3 Januari 2016	1.2	1	83.3%	16.7%
9	4 Januari 2016	12.2	11.1	90.9%	9.1%

Tipping bucket yang dibuat memiliki ketelitian 0.25 mm. Angka ini juga bisa didapat dari rumus curah hujan, dengan membagi volume air hujan per sekali tip (4,5ml) dengan luas penampang corong(176,71cm²) [3].

3.2 Pengujian Sensor Ultrasonik

Untuk melakukan pengujian sensor ultrasonik, digunakan pengujian sederhana di sebuah bak mandi. Pada skematik sensor jarak sendiri, jarak terjauh yang mampu dideteksi adalah 400cm. Jarak terendah adalah 2cm. Sementara pengujian dilakukan pada bak mandi yang memiliki tinggi maksimal 60cm. Pengambilan data jarak dengan menggunakan pipa, dimana ditambahkan stereofom pada permukaan air yang akan diukur. Format data yang diambil oleh sensor adalah float.

Tabel 3.3 Pengujian Sensor Ultrasonik I

No	Pengukuran dengan alat ukur	Pengukuran dengan sensor	Akurasi (%)	Error (%)
1	60cm	60cm	100%	0%
2	55cm	55cm	100%	0%
3	50cm	48cm	96%	4%
4	45cm	43cm	95%	5%
5	40cm	38cm	100%	0%
6	35cm	33cm	94%	6%
7	30cm	31cm	93%	7%
8	25cm	24cm	96%	4%
9	20cm	21cm	95%	5%
10	15cm	14cm	93%	7%

Dicantumkan juga tabel pengukuran pada sungai, namun karena kenaikan air hanya 1-2cm kemudian turun kembali, maka diasumsikan tidak ada perubahan ketinggian air. Pengambilan data diambil pada 25 Desember 2015.

Tabel 3.4 Pengujian Sensor Ultrasonik II

No	Pengukuran dengan alat ukur	Pengukuran dengan sensor	Akurasi (%)	Error (%)
1	639cm	640cm	99.8%	0.02%
2	639cm	640cm	99.8%	0.02%
3	639cm	640cm	99.8%	0.02%
4	639cm	640cm	99.8%	0.02%
5	639cm	640cm	99.8%	0.02%
6	640cm	640cm	100%	0%
7	640cm	640cm	100%	0%
8	640cm	640cm	100%	0%
9	640cm	640cm	100%	0%
10	640cm	640cm	100%	0%

Akurasi tertinggi dalam pembacaan sensor ultrasonik adalah 100%. Sedangkan error tertinggi adalah 7%. Error terjadi karena tidak diketahuinya kondisi stabil dari permukaan stereofom yang diakibatkan oleh gerakannya gelombang air. Hal ini mampu diatasi apabila gelombang air bergerak dengan tidak cukup besar sehingga tidak mengganggu permukaan stereofom. Pada bagian ini juga tidak ada kendala dalam pengiriman ke server.

Dengan akurasi yang mencapai 100% pada kedua titik sensor, kedua sensor dinilai mampu melaksanakan tugas dengan baik. Logging data di server juga akan memudahkan distribusi data. Dengan ini, data tinggal dikombinasikan dengan data cuaca dan data-data di tahun sebelumnya untuk menjadikan sebagai subsistem dari sistem peringatan dini untuk bencana banjir.

Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah diambil pada sistem ini, beberapa kesimpulan dapat diambil yaitu:

1. Tipping bucket dan sensor jarak yang digunakan penulis mampu digunakan sebagai alat ukur yang digunakan sebagai pengganti sensor yang dimiliki oleh lembaga yang terkait. Dengan error yang hanya maksimal 19% untuk tipping-bucket dan 7% untuk sensor ultrasonik.
2. Penggunaan kedua sensor untuk pengembangan dengan jumlah lebih besar dinilai sangat baik karena keseluruhan sistem sangat murah, mudah dicari dan mudah untuk dikembangkan. Sehingga untuk pengembangan alat ini ke daerah rawan banjir bisa dipertimbangkan.

Tentu saja terdapat kelemahan dari sistem ini, karena sistem adalah pengembangan pertama penulis. Berikut adalah saran untuk sistem ini:

1. Penggunaan catu daya cadangan yang jauh lebih besar karena daerah pos tidak selalu terdapat sumber listrik mengingat terdapat juga pos-pos yang berada di daerah-daerah kurang sumber listrik.
2. Disarankan untuk dapat menggunakan modul HSDPA agar pengunggahan data jauh lebih cepat dan terjamin.
3. Penggunaan mikrokontroler yang memiliki lebih banyak memori untuk menyimpan data, atau bisa menggunakan tambahan memori eksternal untuk memungkinkan melakukan store data secara offline.
4. Reed-switch adalah sensor yang sangat ringkih karena hanya sebuah lempengan konduktor tipis didalam kaca. Sensor ini mampu digantikan oleh Hall-Effect sensor yang notabene sama-sama sensor magnet. Hall effect memiliki daya tahan yang lebih kuat karena tidak menggunakan lapisan kaca namun karet.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gorman, Josh, (2011). Introduction to the Tipping Bucket Rain Gauge, ARIC.
- [2] Dwi Saputra, Hendra (2013). Perancangan dan Pembuatan Sensor Curah Hujan Tipe Tipping Bucket dengan Tampilan LCD. Malang: Universitas Brawijaya.
- [3] Achmadi, Sahid, (2009). Penakar Curah Hujan Otomatis Dengan Data Logger SD/MMC berbasis SMS. Semarang. Universitas Diponegoro.
- [4] Evita, M. (2010). Alat ukur curah hujan Tipping-Bucket Sederhana dan Murah berbasis Mikrokontroler. Bandung. Institut Teknologi Bandung.
- [5] Lewlompaisarl, Udom (2012). High Accuracy Tipping Bucket Rain Gauge. Pathumthani, Thailand. National Electronics and Computer Technology Center.
- [6] HC-SR04 datasheet www.electfreaks.com
- [7] ICOMSAT v1.1 datasheet https://www.openhacks.com/uploads/productos/icomsat_ds1.2.pdf
- [8] Lanza, Luca, (2015). On the Quality of Tipping-Bucket Rain Intensity Measurements. Genova. Italia. University of Genova.
- [9] Prassiwi, Agatha (2013). Perancangan dan Implementasi Pengukuran Keitnggian Air untuk Sistem Deteksi Dini Banjir Berbasis FM-RDS. Bandung. Universitas Telkom.