

Perancangan dan Pembuatan Sensor Curah Hujan Tipe Tipping Bucket dengan Tampilan LCD

Hendra Dwi Saputra, Ir. Nurussa'adah, MT., dan Mochammad Rif'an, ST., MT.

Abstrak— Pemanfaatan hujan yang tepat dapat memberikan keuntungan yang banyak. Untuk itu diperlukan pemetaan wilayah curah hujan. Hal ini bertujuan agar dapat menentukan tingkatan siaga bencana untuk masing-masing daerah. Dalam pemetaan dibutuhkan alat untuk menghitung curah hujan yang turun. Di pasaran hanya terdapat alat ukur secara manual, sedangkan tidak tersedia alat ukur curah hujan yang dapat mengukur secara otomatis dan langsung melainkan diperlukan peralatan tambahan secara terpisah. Selain itu hasil pengukuran tidak dapat dilihat oleh publik. Oleh karena itu dibutuhkan alat yang bekerja secara otomatis yang dapat menampilkan hasil pengukuran secara langsung dan dapat dilihat langsung oleh publik. Dengan demikian masyarakat dapat melihat dan mengukur curah hujan yang turun. Pada perancangan dan pembuatan sensor curah hujan ini, sensor yang dibuat adalah tipe *tipping bucket* dengan resolusi pengukuran 0,5 mm. Hasil pengukuran ditampilkan melalui LCD Dot Matrix 2 x 16 karakter. Sensor yang dibuat dapat menyimpan data selama 24 jam. Selain itu, data hasil pengukuran dapat dikirim melalui komunikasi serial dan ditampilkan pada komputer, serta disimpan dalam bentuk *database*.

Kata Kunci: curah hujan, *tipping bucket*, resolusi, *database*

I. PENDAHULUAN

PERUBAHAN iklim secara global dapat mengakibatkan perubahan musim yang signifikan baik secara lokal maupun regional. Hal ini dapat mengakibatkan sulitnya dalam memprediksi cuaca dan kapan terjadinya perubahan musim. Sebagai contoh adalah musim hujan di Indonesia yang kedatangannya selalu berubah dari tahun ketahun dan porsi musim hujan yang lebih panjang dibandingkan dengan musim kemarau. Kondisi ini dipengaruhi oleh wilayah Indonesia yang sebagian besar berupa laut dan berada disekitar wilayah katulistiwa. Kondisi tersebut

Hendra Dwi Saputra adalah mahasiswa program sarjana Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (penulis dapat dihubungi melalui email hendradwisaputra@yahoo.co.id).

Ir. Nurussa'adah, MT dan Mochammad Rif'an, ST., MT staf pengajar program sarjana Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (email: rossa@brawijaya.ac.id; rif_an91@yahoo.com).

mengakibatkan curah hujan di Indonesia yang tinggi yaitu berkisar antara 2000 sampai 3000 milimeter tiap tahunnya.

Hujan merupakan salah satu fenomena alam yang terdapat dalam siklus hidrologi dan sangat dipengaruhi iklim. Keberadaan hujan sangat penting dalam kehidupan, karena hujan dapat mencukupi kebutuhan air yang sangat dibutuhkan oleh semua makhluk hidup. Kehidupan di muka bumi akan terganggu jika tidak ada air. Namun disisi lain datangnya hujan dengan intensitas yang sangat tinggi yang tidak seimbang dengan kebutuhan akan terbuang percuma, bahkan dapat menyebabkan bencana. Oleh karena itu diperlukan pembangunan bangunan yang berfungsi mengendalikan dan mengurangi resiko bencana yang mungkin terjadi di musim hujan serta dapat menyimpan dan mengontrol kebutuhan penyediaan air saat musim kemarau.

Dari uraian singkat di atas disimpulkan akan pentingnya data curah hujan untuk mengatur pengelolaan air dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia. Mengingat curah hujan antara daerah satu dengan daerah lainnya berbeda-beda dan dapat terjadi setiap saat, oleh karena itu diperlukan alat yang dapat memantau curah hujan secara otomatis, realtime, dan mampu menyimpan data curah hujan di masing-masing daerah. Namun pada kenyataannya alat ukur curah hujan yang terdapat di pasaran dijual secara terpisah, dan masih bekerja secara manual serta tidak dapat menyimpan secara otomatis. Hal ini tentu sangat tidak efisien saat digunakan dan dioperasikan. Oleh karena itu diperlukan alat ukur curah hujan yang bekerja secara otomatis dan dapat menyimpan data curah hujan yang turun ke dalam sebuah database pada komputer, sehingga data curah hujan yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara optimal.

Standar alat ukur curah hujan tipe *tipping bucket* dapat mengukur dengan resolusi terkecil 0,01 inchi atau sekitar 0,2 mm setiap jam (weathershack.com). Selain itu, diharapkan resolusi dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Fitur ini sangat diperlukan agar alat lebih fleksibel mengingat karakteristik hujan antara daerah satu dengan daerah lain berbeda-beda.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Ike Kusuma Dewi (2005), Mohammad Syarief (2006), dan

Erly Prasetya Kusuma (2007) masih memiliki kelemahan. Alat yang dibuat memerlukan komputer dan bangunan permanen untuk menjaga keamanan alat pada lokasi pemantauan curah hujan. Sehingga diperlukan biaya yang lebih mahal dalam penerapannya. Selain itu penggunaan jalur internet tidak terlalu efektif untuk daerah terpencil yang tidak terdapat jaringan internet.

Rumusan masalah yang timbul dalam pengerjaan skripsi antara lain:

- 1) Bagaimana merancang dan membuat sistem elektronika dan pengkondisi sinyal untuk membaca gerakan mekanik sensor curah hujan agar dapat dideteksi oleh mikrokontroler.
- 2) Bagaimana merancang dan membuat perangkat lunak sistem mikrokontroler sebagai pembaca keluaran sensor, pengolah dan penyimpan data sementara, serta menampilkan pada LCD secara realtime.
- 3) Bagaimana merancang format penyimpanan data agar data tidak saling tumpang tindih saat dibaca oleh komputer.
- 4) Bagaimana merancang sistem pengiriman data dari mikrokontroler ke komputer agar data hasil pembacaan pada komputer tidak terjadi kesalahan.

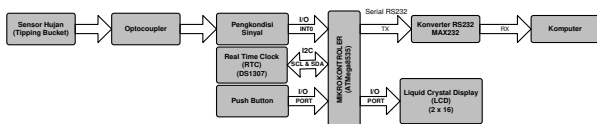
Dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan, maka hal-hal yang berkaitan dengan alat diberi batasan sebagai berikut:

- 1) Parameter yang diukur adalah curah hujan (air).
- 2) Sensor curah hujan yang digunakan tipe *Tipping bucket*.
- 3) Resolusi pengukuran *Tipping Bucket* sebesar 0,5 mm.
- 4) Mikrokontroler yang digunakan ATmega8535.
- 6) Media transfer data antara alat dengan komputer menggunakan komunikasi serial RS232.
- 7) Database yang digunakan Microsoft Access.

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat sebuah sensor curah hujan jenis *tipping bucket* dengan tampilan LCD dan data hasil pemantauan dapat ditransfer ke komputer melalui komunikasi serial, sehingga pengukuran curah hujan dapat dilakukan dengan lebih mudah, akurat, dan hasil pemantauan dapat disimpan dalam *database*.

II. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Secara garis besar, diagram blok perancangan hardware sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 1.

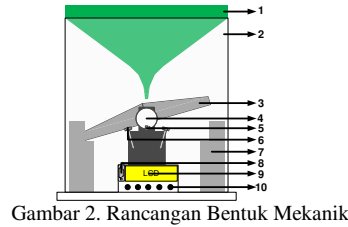


Gambar 1. Blok Diagram

A. Perancangan Sensor

Dalam perancangan perangkat keras disebutkan bahwa sensor curah hujan yang digunakan adalah tipe

tipping bucket dengan resolusi pengukuran sebesar 0,5 mm [1]-[3]. Terdapat dua faktor yang mempengaruhi perancangan sebuah *tipping bucket*, yaitu luas bagian atas corong dan resolusi *tipping bucket* yang diinginkan [2][3]. Sehingga resolusi *tipping bucket* dapat dihitung dengan persamaan (1) [2]. Bentuk rancangan mekanik *tipping bucket* ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Bentuk Mekanik

Keterangan gambar:

- 1) Corong.
- 2) Penutup alat.
- 3) Pias.
- 4) Piringan berlubang.
- 5) Optocoupler.
- 6) Baut kalibrasi.
- 7) Saluran pembuangan air dari Pias.
- 8) Port Serial.
- 9) LCD.
- 10) Push button.

$$\begin{aligned}
 V &= L \times h & (1) \\
 &= \pi \times r^2 \times 0,5 \text{ mm} \\
 &= 3,14 \times (12,5 \text{ cm})^2 \times 0,05 \text{ cm} \\
 &= 3,14 \times 156,25 \text{ cm}^2 \times 0,05 \text{ cm} \\
 &= 24,53 \text{ cm}^3 = 24,53 \text{ ml} = 0,02453 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

Keluaran dari *tipping bucket* yang masih berupa gerakan mekanik diperlukan sensor yang gerakan yang berfungsi untuk mendeteksi gerakan dari pias *tipping bucket*. Pendeteksi gerakan dari *tipping bucket* dengan menggunakan optocoupler. Agar komponen optocoupler ini dapat bekerja dengan baik diperlukan rangkaian pengkondisi sinyal. Bentuk rangkaian pengkondisi sinyal untuk komponen optocoupler ditunjukkan dalam Gambar 3.

$$R1 = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_F} \tag{2}$$

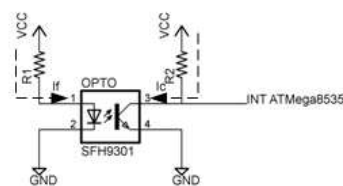
$$R1 = \frac{5V - 0,7V}{20 \text{ mA}}$$

$$R1 = \frac{4,3V}{20 \times 10^{-3} A}$$

$$R1 = 215 \Omega \approx 220 \Omega$$

Berdasarkan *datasheet* saat $I_{LED}=I_F=20\text{mA}$ pada $I_C=0,2\text{mA}$, sehingga nilai R_2 dapat dicari melalui persamaan berikut.

$$R2 = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} \tag{3}$$



Gambar 3. Rangkaian Pengkondisi Sinyal Optocoupler

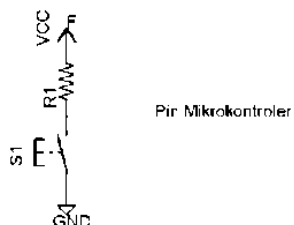
$$R2 = \frac{5V - 0,4V}{0,2mA}$$

$$R2 = \frac{4,6V}{0,2 \times 10^{-3}A}$$

$$R2 = 23000 \Omega = 23 K\Omega \approx 22 K\Omega$$

B. Perancangan Tombol

Push button pada alat ini digunakan sebagai tombol untuk mengkalibrasi RTC dan mengoperasikan alat. Pada alat ini direncanakan terdapat 5 buah tombol push button. Penggunaan 5 buah push button tersebut antara lain untuk kalibrasi RTC, up/down saat kalibrasi, dan tombol untuk transfer hasil pengukuran menuju ke computer. Untuk tombol mode kalibrasi dihubungkan dengan pin INT1 pada mikrokontroler, sedangkan tombol Up dan Down dihubungkan dengan pin D4 dan D5. Untuk tombol transfer data hasil pengukuran dihubungkan dengan pin INT2. Agar tombol dapat berfungsi dengan baik maka tegangan harus sesuai dengan masukan untuk mikrokontroler. Bentuk rangkaian pengkondisi sinyal untuk komponen *push button* ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Push Button

$$R1 = \frac{VCC}{I_{R1}}$$

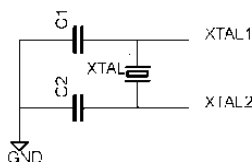
$$R1 = \frac{0,5mA}{5V}$$

$$R1 = \frac{0,5 \times 10^{-3}}{5V}$$

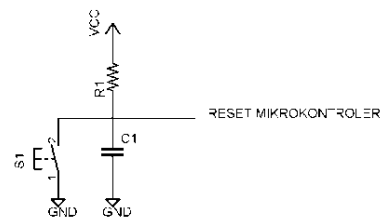
$$R1 = 10000 \Omega = 10 K\Omega$$

C. Perancangan Rangkaian Minimum Sistem ATmega8535

Agar sebuah mikrokontroler dapat bekerja, maka diperlukan rangkaian pembangkit clock dan rangkaian reset [5]. Rangkaian pembangkit clock sendiri terdiri dari komponen utama yang berupa kristal sebesar 12 MHz dan kapasitor sebesar 22 pF. Sedangkan rangkaian reset terdiri resistor sebesar 10 KΩ dan kapasitor sebesar 10 μF. Bentuk rangkaian pembangkit clock dan reset ditunjukkan dalam Gambar 5 [5] dan Gambar 6 [5].



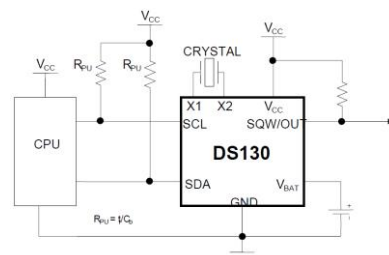
Gambar 5. Rangkaian Pembangkit Clock



Gambar 6 . Rangkaian Reset

D. Perancangan Rangkaian Minimum Sistem RTC DS1307

Sesuai dengan datasheet minimum sistem IC DS1307 dapat dilihat dalam Gambar 7 [6]. Sedangkan perhitungan nilai resistor *pull up* ditentukan melalui persamaan (5) [6] dan persamaan (6) [6]



Gambar 7. Minimum Sistem DS1307

$$Rp_{MIN} = \frac{VCC-0,4V}{3mA} \tag{5}$$

$$Rp_{MIN} = \frac{5V - 0,4V}{3mA}$$

$$Rp_{MIN} = \frac{3 \times 10^{-3}A}{4,6V}$$

$$Rp_{MIN} = 1533,33 \Omega = 1,5 K\Omega$$

$$Rp_{MAX} = \frac{1000ns}{Cb} \tag{6}$$

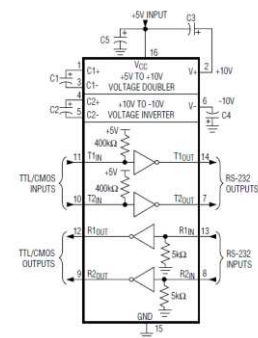
$$Rp_{MAX} = \frac{1000ns}{400pF}$$

$$Rp_{MAX} = \frac{1000 \times 10^{-9}s}{400 \times 10^{-12}F}$$

$$Rp_{MAX} = 2500 \Omega = 2K5 \Omega$$

E. Perancangan rangkaian MAX232

Sesuai dengan yang tertera dalam datasheet kapasitor yang dipasang adalah sebesar 1 μF. Rangkaian minimum sistem MAX232 dapat dilihat dalam Gambar 8 [7].



Gambar 8. Minimum Sistem MAX232

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis dilakukan untuk menganalisis apakah sistem telah bekerja sesuai perancangan. Pengujian dilakukan tiap blok.

Pengujian pada blok ini dilakukan untuk menganalisis kerja *tipping bucket* dalam mengukur volume air hujan yang turun dan terkumpul di dalam pias *tipping bucket*. Volume air yang dapat ditampung oleh pias dapat diatur dengan memutar baut penahan pias. Volume air yang dapat ditampung oleh pias ruas kiri diatur oleh baut sebelah kanan dan sebaliknya. Sesuai dengan perancangan, volume air tersebut adalah sebesar 24,53 ml. Data hasil pengujian kalibrasi volume air pada pias *tipping bucket* dapat dilihat dalam Tabel 1.

TABEL 1
DATA HASIL PENGUJIAN *TIPPING BUCKET*

Resolusi (ml)	Jumlah Pengujian	Perhitungan (ml)	Volume Pengukuran (ml)			
			Kiri	Error	Kanan	Error
24,53	1	24.53	25	0.47	25	0.47
	2	49.06	50	0.94	50	0.94
	3	73.59	76	2.41	74	0.41
	4	98.12	102	3.88	94	4.12
	6	147.18	148	0.82	142	5.18
	8	196.24	192	4.24	194	2.24
	10	245.3	242	3.30	242	3.30

Pergerakan dari pias tersebut dideteksi oleh sensor optocoupler. Selanjutnya optocoupler memicu interupsi pada mikrokontroler. Saat interupsi mikrokontroler meng-*increment counter* dan menampilkan hasilnya pada LCD. Pengujian dilakukan dengan cara menggerakkan pias dan melihat keluarannya pada tampilan LCD. Hasil pengujian interupsi dari sensor ditunjukkan pada tampilan LCD seperti dalam Gambar 9.



(a) (b)

Gambar 9. (a) Posisi Pias dan Tampilan LCD Sebelum Pengujian

(b) Posisi Pias dan Tampilan LCD Setelah Pengujian

Pengujian selanjutnya adalah pengujian kalibrasi pada komponen RTC. Pengujian ini dilakukan untuk menguji kemampuan RTC dalam menyimpan perubahan data. Pengujian ini dilakukan dengan mengaktifkan mode kalibrasi RTC dengan menekan tombol kalibrasi RTC. Mikrokontroler melihat data jam yang tersimpan dalam RTC untuk dikalibrasi. Setelah pembacaan data, selanjutnya mikrokontroler mendeteksi masukan dari tombol *up/down* untuk memasukkan data kalibrasi pada RTC. Proses berikutnya mikrokontroler menulis data pada RTC sesuai dengan data yang dimasukkan pada proses kalibrasi. Data terakhir yang

dimasukkan pada RTC selanjutnya ditampilkan pada LCD. Hasil pengujian kalibrasi RTC ditunjukkan pada tampilan LCD seperti dalam Gambar 10, 11, dan 12.



Gambar 10. Tampilan Sebelum Kalibrasi



Gambar 11. Tampilan Saat Proses Kalibrasi



Gambar 12. Tampilan Setelah Proses Kalibrasi

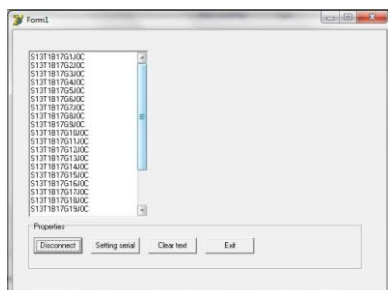
Pengujian selanjutnya adalah pengujian hasil pengukuran curah hujan. Pengujian ini didasarkan jarak waktu antara interupsi pertama dengan berikutnya. Saat terjadi interupsi mikrokontroler menghitung selisih waktu antara interupsi sekarang dengan interupsi yang sebelumnya. Semakin lama jarak antar interupsi, maka curah hujan semakin rendah. Selisih waktu antar jungkitan dimasukkan kedalam rumus untuk menghitung curah hujan. Pengujian dilakukan dengan cara mengatur rentang waktu antara jungkitan pertama dengan berikutnya. Hasil pengujian pengukuran curah hujan ditunjukkan dalam Tabel 2.

TABEL 2
HASIL PENGUJIAN PENGUKURAN CURAH HUJAN

Selisih Waktu (menit)	curah hujan (mm/jam)		Error	
	Perhitungan	Pengukuran	(mm/jam)	(%)
1	30	29.51	0.49	1.633
2	15	14.75	0.25	1.667
3	10	9.89	0.11	1.100
4	7.5	7.44	0.06	0.800
5	6	5.98	0.02	0.333
10	3	2.99	0.01	0.333
15	2	2	0	0.000
30	1	1	0	0.000
45	0.667	0.67	0.003	0.500
60	0.5	0.5	0	0.000

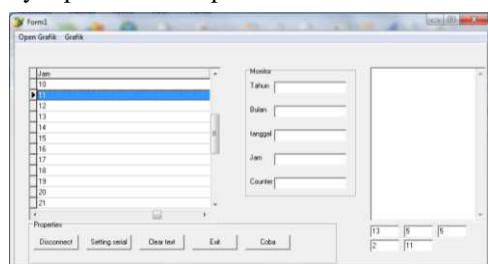
Pengujian selanjutnya adalah pengujian data hasil penyimpanan di dalam eeprom. Proses penyimpanan data ke dalam eeprom terjadi setiap 1 jam sekali atau saat menit dan detik menunjukkan 00. Saat proses penyimpanan mikrokontroler membaca data tahun, bulan, tanggal, dan jam yang tersimpan pada RTC serta

jumlah *clock* terakhir yang tersimpan. Data hasil pembacaan tersebut disimpan dalam bentuk *array*. Sehingga untuk pengujian hasil penyimpanan dilakukan dengan cara menghubungkan alat dengan komputer melalui port serial dan menekan tombol kirim data. Data hasil pengiriman dilihat melalui program. Hasil pengujian data hasil penyimpanan data dapat dilihat dalam Gambar 13.



Gambar 13. Pengujian Pembacaan Data Menggunakan Delphi

Pengujian selanjutnya adalah pengujian program Delphi dalam mendeteksi data tahun, bulan, tanggal, jam, dan jumlah *counter* diantara karakter penanda. Pada proses ini program mendeteksi letak karakter penanda. Selanjutnya program mengkopi karakter yang terdapat diantara karakter penanda. Hasil pengujian data hasil penyimpanan data dapat dilihat dalam Gambar 14.



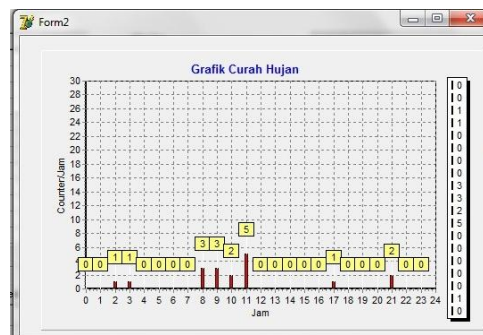
Gambar 14. Pengujian Pemisahan Data Hasil Pengiriman

Pengujian berikutnya adalah pengujian penyimpanan data kedalam *database* Ms Microsoft acces. Data tahun, bulan, tanggal, jam, dan jumlah *counter* selanjutnya disimpan ke dalam *database* sesuai dengan kolom data masing-masing. Hasil pengujian penyimpanan data ke dalam *database* dapat dilihat dalam Gambar 15.

Tahun	Bulan	Tanggal	Jam	Counter
13	2	5	1	0
13	2	5	2	1
13	2	5	3	1
13	2	5	4	0
13	2	5	5	0
13	2	5	6	0
13	2	5	7	0
13	2	5	8	3
13	2	5	9	3
13	2	5	10	2
13	2	5	11	5
13	2	5	12	0
13	2	5	13	0
13	2	5	14	0
13	2	5	15	0
13	2	5	16	0
13	2	5	17	1
13	2	5	18	0
13	2	5	19	0
13	2	5	20	0
13	2	5	21	2
13	2	5	22	0
13	2	5	23	0
13	2	6	0	0

Gambar 15. Pengujian Penyimpanan Data ke Database Access

Pengujian berikutnya adalah pengujian tampilan data dalam bentuk grafik. Data yang tersimpan di dalam *database* dibaca pada masing-masing jam dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Sumbu x pada grafik menunjukkan jam dan sedangkan sumbu y menunjukkan jumlah *counter*. Hasil pengujian tampilan data dalam bentuk grafik dapat dilihat dalam Gambar 16.



Gambar 16. Pengujian Tampilan Data Dalam Bentuk Grafik

Dari seluruh pengujian di atas, dapat disimpulkan bahwa keseluruhan sistem dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Sistem telah mampu menghitung curah hujan, menyimpan data secara sementara, mengirim menuju komputer melalui komunikasi serial, menyimpan data ke dalam *database*, dan menampilkan dalam bentuk grafik.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa sensor *tipping bucket* bekerja berdasarkan gerakan mekanik. Gerakannya tersebut dapat dideteksi menggunakan sistem piringan berlubang yang dibaca menggunakan komponen optocoupler agar dapat dirubah menjadi sinyal digital. Sinyal tersebut digunakan untuk memicu interupsi pada mikrokontroler. saat terjadi interupsi mikrokontroler mencari selisih waktu antara interupsi sebelumnya.

Agar mampu menyimpan data setiap satu jam selama 24 jam, data dapat disimpan kedalam memori EEPROM pada mikrokontroler dengan menggunakan sistem array pada program C. Sehingga setiap satu jam memerlukan 5 variabel yang terbentuk secara otomatis untuk menyimpan data tahun, bulan, tanggal, jam, dan jumlah counter setiap jam.

Untuk menghindari data saling tumpang tindih saat pengiriman, setelah melakukan pengiriman data dari alat menuju komputer diperlukan menekan tombol reset. Hal ini bertujuan untuk mengkosongkan variable array yang telah terbentuk sebelumnya.

Untuk menghindari kesalahan pembacaan data dari alat menuju komputer, diantara data tahun, bulan, tanggal, jam, dan tahun disisipkan karakter khusus untuk memudahkan dalam mendeteksi masing-masing

B. Saran

Saran-saran dalam pengimplementasian maupun peningkatan unjuk kerja sistem ini antara lain adalah dengan memberikan indikator lain untuk memudahkan identifikasi jenis hujan yang turun (gerimis, sedang, deras, dan badai). Indikator tersebut dapat berupa penambahan indikator visual berupa warna cahaya. Selain itu penggunaan memori EEPROM pada ATmega8535 terlalu kecil yang hanya dapat menampung data selama 1 hari. Untuk pengembangan berikutnya penggunaan memori dapat diganti menggunakan ukuran yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sahid Achmadi, Sumardi, ST., MT., Iwan Setiawan, ST., MT. 2009. Penakar Curah Hujan Otomatis Dengan Data Logger Sd/Mmc Berbasis Sms (*Short Message Service*). Semarang. <http://eprints.undip.ac.id/25886/1/ML2F005578.pdf>
- [2] Iswanto. 2010. *Sistem Monitoring Curah Hujan*
- [3] Weathershack. 2010. *Tipping Bucket Rain Gauge The Most Common Type Of Automated Rain Sensor*. <http://www.weathershack.com/education/tipping-bucket-rain-gauge.html>. Diakses tanggal: 19 Juli 2012.
- [4] M. Reinaldo Kevin. 2009. Sensor Optocoupler Komponen Sistem Kontrol: <http://fisikainstrumentasiukm.files.wordpress.com/2012/10/uts2012-sensor-optocoupler.docx>. Diakses tanggal: 20 November 2012.
- [5] Atmel. 2005. 8-bit AVR Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash. <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>
- [6] Dallas Semiconductor. 2008. DS1307 64 x 8, Serial, I²C Real-Time Clock. <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>
- [7] Maxim. 2006. *+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers*. <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/maxim/MAX220-MAX249.pdf>

Hendra Dwi Saputra, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, September 2013, Perancangan Dan Pembuatan Sensor Curah Hujan Tipe *Tipping Bucket* Dengan Tampilan LCD, Dosen Pembimbing: Ir. Nurussa'adah, MT. dan Mochammad Rif'an, ST., MT.