

Sistem Alat Ukur Curah Hujan Otomatis Menggunakan Telemetri Radio Pada Frekuensi 433 MHz

Dinda Jaelani Hidayat¹, Faqih Indransyah², Muchammad Fadly³,
Nalindera Karismawati⁴, Rizky Caturiantono Cahyadi⁵, Agus Tri Sutanto⁶

^{1,2,3,4,5,6}Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (STMKG)

^{1,2,3,4,5,6}Jalan Perhubungan 1 No.5, Komplek Meteo Dephub, Tangerang Selatan, Banten 15221, Indonesia
jaelanidinda@gmail.com¹, intelpro.19@gmail.com², muchammadfadly@gmail.com³,
nalinderakarismawati@gmail.com⁴, rizkycc06@gmail.com⁵, agustri2004@yahoo.com⁶

Abstrak – Pengamatan curah hujan adalah salah satu rutinitas yang dilakukan di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) sebagai salah satu kegiatan yang berfungsi untuk pengumpulan data meteorologi dan klimatologi. Jumlah alat ukur curah hujan otomatis di BMKG masih terbatas sehingga kerapatan data yang dihasilkan masih rendah. Solusi dari permasalahan tersebut yaitu dirancangnya alat pemantau curah hujan yang dapat bekerja secara otomatis mengirim data tanpa menggunakan kabel sebagai media komunikasi untuk meminimalisir gangguan pengiriman data akibat adanya aktifitas fisik di lingkungan sekitar yang berbiaya rendah dan mudah digunakan. Pada penelitian ini dibuat sebuah penakar hujan otomatis menggunakan sistem telemetri radio 433 MHz. Alat ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari sensor reed switch, RTC DS3231, rangkaian pengkondisi sinyal sensor reed switch, minimum sistem AVR Atmega32, LCD 16x2, modul telemetri radio 433 MHz dan PC untuk menampilkan data hasil pengukuran. Perangkat lunak terdiri dari CodeVision AVR yang diprogram menggunakan bahasa C dan Delphi 7. Alat ini telah dikalibrasi dengan instrumen standar di laboratorium kalibrasi BMKG dengan hasil koreksi sebesar 0,21 mm/menit pada set point 50 mm/jam, 0,44 mm/menit pada set point 100 mm/jam dan 0,51 pada set point 150 mm/jam. Data hasil pembacaan dari alat akan ditampilkan pada LCD dan PC secara real time menggunakan aplikasi Delphi 7 sehingga dapat diakses dan disimpan oleh pengguna.

Kata kunci: Curah Hujan, Tipping Bucket, 433 MHz, ATmega32

1. Pendahuluan

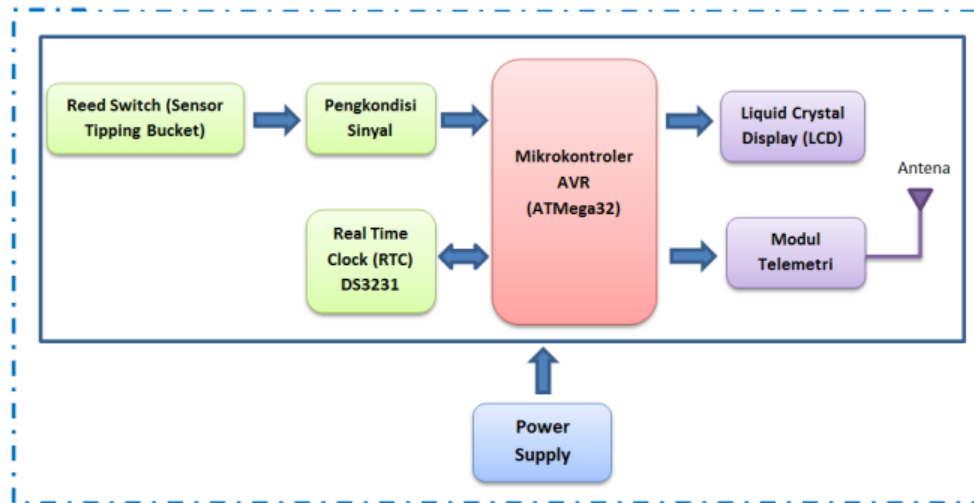
Salah satu tugas BMKG adalah penyampaian laporan, saran dan pertimbangan di bidang Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Dalam hal ini usaha untuk memenuhi tugas BMKG adalah dengan melakukan pengamatan cuaca yang berdasarkan WMO no 08 “*Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*” serta Pasal 09 Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Peraturan tersebut menjelaskan bahwa salah satu unsur yang diamati adalah curah hujan. Berdasarkan peraturan yang telah diuraikan tersebut, maka dibutuhkan sebuah instrumen pengukur curah hujan yang akurat dan memiliki banyak kelebihan baik pada sisi kepraktisan, dimensi, pencatatan data serta sistem komunikasi.

Alat ukur curah hujan memiliki jenis yang beragam antara lain: 1) penakar hujan konvensional jenis observatorium, 2) penakar hujan semi otomatis jenis hellman dan 3) penakar hujan otomatis jenis *tipping bucket*. Penakar hujan jenis *observatorium* dan hellman memiliki kelemahan pada pencatatan data yang masih manual dan belum dapat disimpan secara langsung dalam bentuk *file*. Penakar hujan jenis *tipping bucket* memiliki kelebihan yaitu dapat merekam data dalam bentuk *file* digital. Pada penelitian ini, penakar hujan yang dirancang adalah jenis

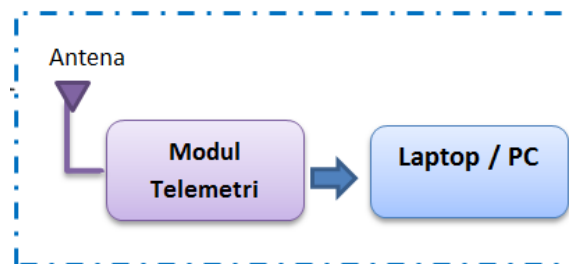
tipping bucket dilengkapi sistem komunikasi antara perangkat di sisi pengirim dengan laptop di sisi penerima menggunakan telemetri radio pada frekuensi 433 MHz.

2. Metode Penelitian

Blok diagram sistem alat ukur curah hujan otomatis menggunakan telemetri radio yang dirancang ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini:



(A)



(B)

Gambar 1. (A) Blok diagram sistem pengukur curah hujan otomatis bagian pemancar (B) Blok diagram sistem bagian penerima

Penakar hujan otomatis *tipping bucket* adalah alat ukur curah hujan yang memiliki prinsip kerja yaitu air ditampung pada bejana yang berjungkit. Bila air mengisi bejana penampung yang setara dengan tinggi hujan 0.1, 0.2, atau 0.5 mm maka bejana tersebut akan berjungkit dan air dikeluarkan. Terdapat dua buah bejana saling bergantian menampung air hujan. Tiap gerakan bejana berjungkit secara mekanis tercatat pada pias atau menggerakkan *counter* (penghitung) yang kemudian sinyal tersebut diolah menjadi data curah hujan dalam satuan mm.

Pada gambar 1 sistem terdiri dari dua bagian, yaitu *transmitter* dan *receiver*. Bagian *transmitter* terdiri dari sensor *reed switch* yang berfungsi untuk mendeteksi curah hujan kemudian mengubahnya menjadi sinyal berupa kondisi “ON” atau “OFF”. Sinyal yang dihasilkan sensor selanjutnya diolah melalui pengkondisi sinyal dan sistem minimum mikrokontroler ATMega32. Hasil pengukuran tersebut akan ditampilkan pada LCD 16x2 dan dikirimkan menggunakan modul telemetri jenis 3DR dengan frekuensi 433 MHz. Bagian *receiver* ini terdiri dari modul penerima telemetri 3DR yang berfungsi untuk menerima sinyal dari *transmitter* dan PC atau laptop yang berfungsi untuk menampilkan data hasil pengukuran pada suatu aplikasi antarmuka berbasis grafis atau *Graphical User Interface* (GUI) menggunakan *software* Delphi 7.

2.1 Perancangan Perangkat Keras

a. Bagian Pengirim (*Transmitter*)

Bagian *transmitter* terdiri dari sensor *reed switch*, rangkaian pengkondisi sinyal, sistem minimum mikrokontroler ATmega32, LCD 16x2 dan modul telemetri jenis 3DR dengan frekuensi 433 MHz.

1. Sensor *reed switch* merupakan salah satu jenis sensor yang berfungsi sebagai saklar aktif atau terhubung apabila di area jangkauannya terdapat medan magnet. Pada penakar hujan *tipping bucket*, sensor *reed switch* diletakkan diantara dua bejana yang akan melewati sensor tersebut secara bergantian. Ketika bejana bergerak, maka magnet yang dipasang pada bejana akan melewati sensor dan akan mempengaruhi kondisi *output* sensor berupa kondisi “ON” dan “OFF”.
2. Rangkaian pengkondisi sinyal yang digunakan yaitu rangkaian pembagi tegangan dan *schmitt trigger*. Kondisi “ON” dan “OFF” nya sensor yang dihubungkan dengan pembagi tegangan akan mengakibatkan *output* rangkaian menjadi berupa tegangan DC sebesar 0 atau 5 volt. Rangkaian *schmitt trigger* adalah rangkaian yang berfungsi untuk mengubah sinyal masukan bentuk gelombang sembarang menjadi gelombang kotak pada sinyal keluarannya. Rangkaian *schmitt trigger* yang menggunakan IC 7414 memiliki karakteristik sebagai rangkaian pembalik, artinya sinyal keluaran akan memiliki bentuk yang berupa kebalikan dari sinyal masukannya.
3. Rangkaian sistem minimum ATmega32 yang digunakan pada perancangan penakar hujan otomatis ini menggunakan *chip* ATmega32 dengan rangkaian sistem minimum yang dibuat sendiri. Pemilihan ATmega32 dikarenakan cukup untuk melakukan pemrosesan dalam sistem penakar hujan otomatis dengan komunikasi telemetri.
4. *Real time clock* (RTC) berfungsi untuk memberikan informasi waktu yang sesuai dengan standar internasional (1 detik = tepat 1 detik). RTC yang digunakan pada perancangan ini adalah modul RTC DS3231.
5. *Liquid Crystal Display* (LCD) yang dipakai pada sistem ini adalah LCD 16x2 dengan jumlah karakter yang dapat ditampilkan adalah 32 karakter dalam 16 kolom x 2 baris. LCD ini dipilih karena jumlah karakter yang sangat sesuai dengan keluaran hasil pengukuran. LCD ini dapat menampilkan keluaran data curah hujan dan waktu dari RTC dalam satu tampilan.
6. Modul telemetri yang digunakan adalah menggunakan komunikasi radio dengan frekuensi 433 MHz. Perangkat keras yang digunakan dalam sistem ini adalah modul 3DR. Mode pengiriman data pada sistem ini adalah *half duplex*.

2.1.1 Pengalokasian Pin Input/Output (I/O)

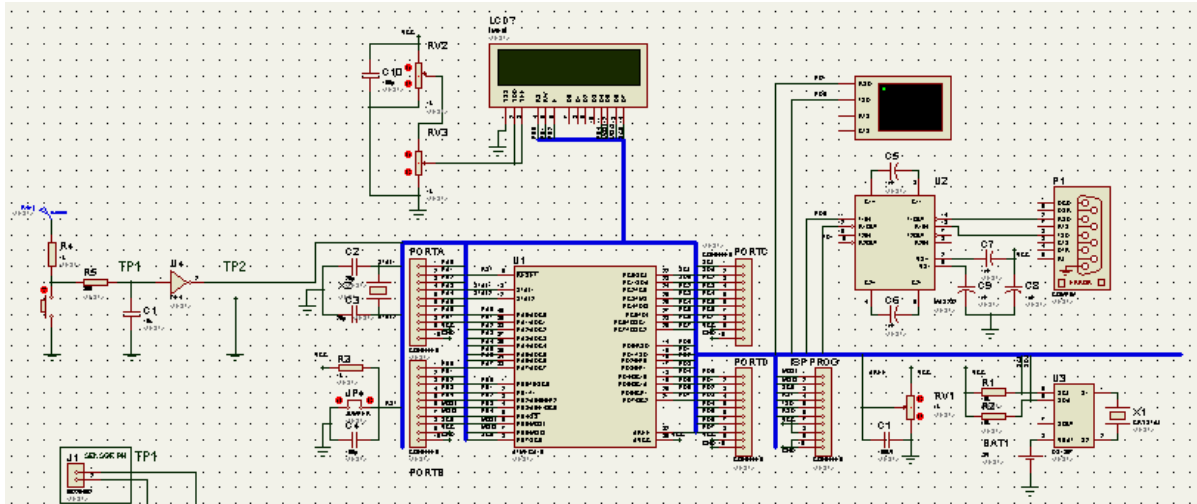
Perancangan penakar hujan digital otomatis ini telah ditentukan alokasi pin yang terdapat pada mikrokontroler untuk kebutuhan komponen yang terpasang pada sistem. Adapun tabel keterangan pin I/O yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Alokasi Pin yang Digunakan

No	PIN	Keterangan
1	Rx (PD0)	Modul Radio 3DR
2	Tx (PD1)	Modul Radio 3DR
3	INT0(PD2)	Output Pengkondisi Sinyal Sensor
4	SDA (PC1)	SDA RTC
5	SCL (PC0)	SCL RTC
6	PB0-PB7	LCD
7	PB5-PB7, Pin 9	ISP-Downloader

2.1.2 Perancangan Skematik Sistem

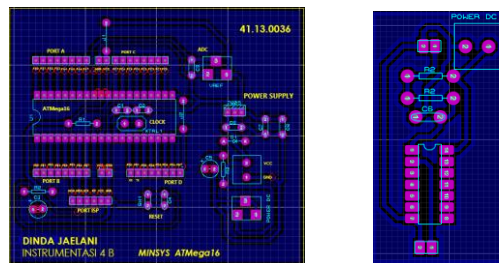
Skema rangkaian dalam sistem pengukur curah hujan otomatis ini dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. Skematik Sistem Penakar Hujan Digital Otomatis

2.1.3 Perancangan Printed Circuit Board (PCB) System

Pembuatan desain PCB untuk minimum sistem dan rangkaian pengkondisi sinyal ini menggunakan aplikasi Proteus Ares diimana aplikasi dapat membuat suatu skematik dan mengkonversi skematik tersebut kedalam bentuk PC. Dibawah ini adalah desain PCB yang dibuat.

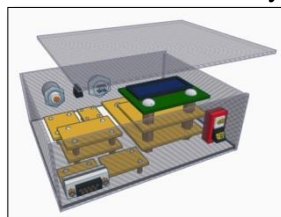


(a) (b)

Gambar 3. (a) Layout Sistem Minimum ATmega32
(b) Layout Pengkondisi Sinyal Sensor Reed Switch

2.1.4 Perancangan Desain Enclosure

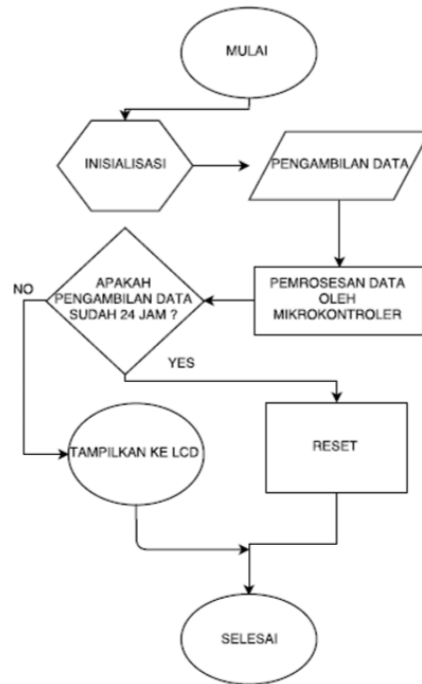
Tahapan pembuatan enclosure yaitu membuat desain dalam bentuk 3 dimensi kemudian merealisasikannya dalam bentuk nyata. Bahan enclosure yang digunakan adalah akrilik dengan tebal 2 mm. Berikut merupakan hasil desain 3d enclosure yang dirancang.



Gambar 4. Desain 3 Dimensi Enclosure

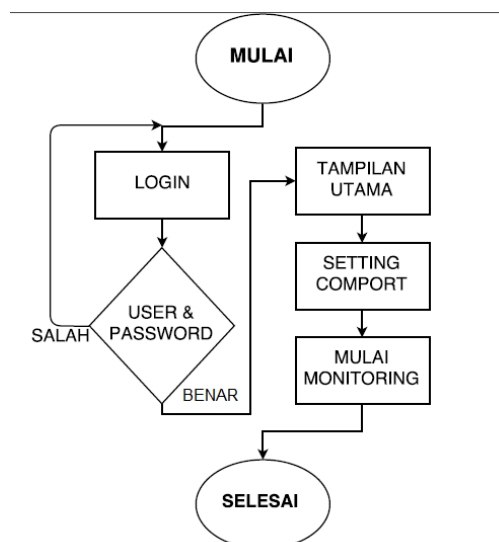
2.2 Perancangan *Flowchart* Program

Program perangkat lunak yang dirancang pada sistem ini terdiri dari dua jenis, yaitu program utama sistem yang dimasukkan ke dalam mikrokontroler dan program aplikasi *Graphical User Interface* (GUI) yang menggunakan Delphi 7. Berikut merupakan *flowchart* program utama mikrokontroler.



Gambar 5. *Flowchart* Program Mikrokontroler

Flowchart program GUI ditunjukkan pada gambar 6 berikut :



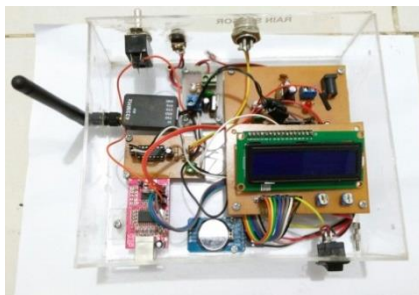
Gambar 7. *Flowchart* Program GUI

3. Hasil dan Analisis

Pada bagian hasil dana analisis akan dijelaskan mengenai hasil realisasi sistem yang telah dirancang mengenai hasil perancangan perangkat keras dan program perangkat lunak serta hasil pengujian sistem yang dilengkapi dengan analisis dari hasil tersebut.

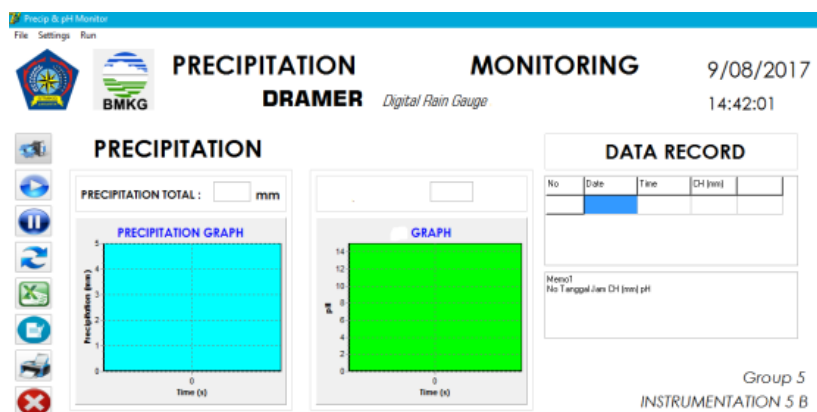
3.1. Hasil Perancangan Sistem

Perancangan sistem terdiri dari perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Hasil perancangan perangkat keras dapat ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 8. Tampak Bagian Dalam Sistem Bagian Pengirim

Hasil perancangan perangkat lunak dapat ditunjukkan pada gambar berikut :

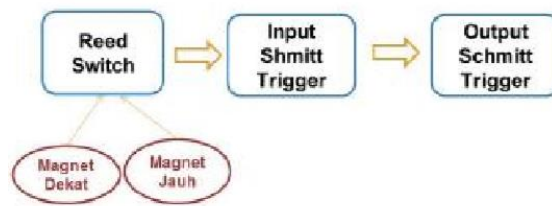


Gambar 9. Tampilan Aplikasi GUI

3.2. Hasil Pengujian

Pengujian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap yaitu :

- a. Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal
 - b. Pengujian sensor *tipping bucket*
 - c. Komparasi dengan alat operasional
 - d. Kalibrasi laboratorium
 - e. Pengujian jarak komunikasi telemetri
- a. Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal
- Pengujian ini dilakukan menggunakan multimeter SANWA CD800a. Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah dengan cara mengukur titik pengukuran yang ada pada rangkaian saat kondisi *reed switch* terbuka atau tertutup. Titik pengukuran yang diukur adalah pada *input* (TP1) dan *output* (TP2) rangkaian *schmitt trigger* seperti yang terlihat pada gambar berikut :



Gambar 10. Blok Diagram Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

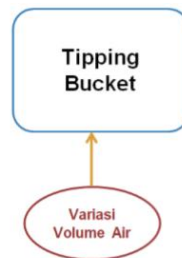
Pengujian yang telah dilakukan menghasilkan data sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Rangkaian

No	Kondisi Sensor	TP1	TP2
1	Terbuka	4.8 Volt	0.1 Volt
2	Tertutup	0.1 Volt	4 Volt

b. Pengujian Sensor *Tipping Bucket*

Prinsip pengujian sensor tipping bucket dilakukan dengan menuangkan air dengan volume yang bervariasi ke dalam corong atau penampung *tipping bucket*. Berikut merupakan blok diagram pengujian sensor *tipping bucket*.



Gambar 10. Blok Diagram Pengujian Sensor *Tipping Bucket*

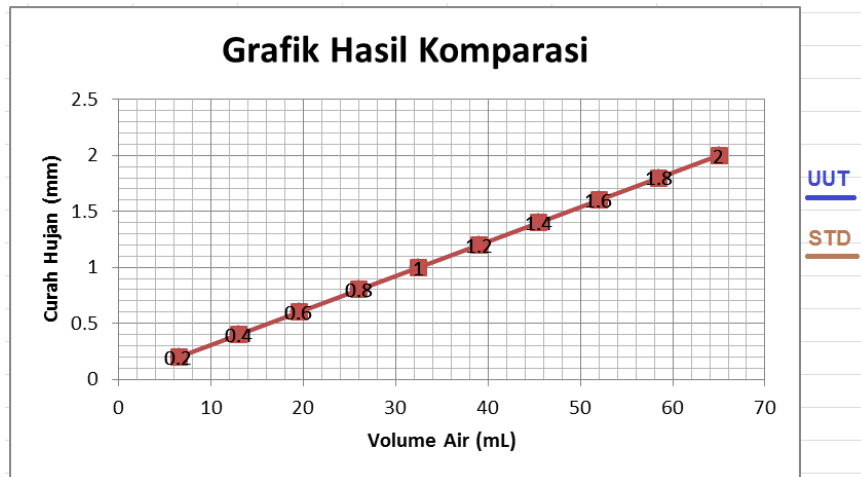
Pengujian yang telah dilakukan menghasilkan data sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor *Tipping Bucket*

Volume Air (ml)	Jumlah Tip
6.5	1
13	2
19.5	3
26	4
32.5	5
39	6
45.5	7
52	8
58.5	9
65	10

c. Komparasi dengan Alat Operasional

Pengujian ini menggunakan metode komparasi atau membandingkan antara alat yang diuji atau *Unit Under Test* (UUT) dengan alat yang dijadikan acuan dalam hal ini *tipping bucket* di taman alat meteorologi STMKG. Prinsip pengujiannya dilakukan dengan menuangkan air dengan *volume* yang bervariasi ke dalam corong atau penampung *tipping bucket*. Selanjutnya yaitu mengamati display PC kedua alat dan mencatat pada tabel yang telah dibuat. Berikut merupakan hasil pengujiannya.



Gambar 11. Grafik Hasil Komparasi Alat Standar dan Sistem yang dibuat

d. Kalibrasi Laboratorium

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Kalibrasi BMKG menggunakan kalibrator penakar hujan merk Hanil LabTech. Metode kalibrasi yang dilakukan adalah dengan membandingkan nilai debit air yang diukur oleh kalibrator dan penakar hujan yang dikalibrasi. Prinsipnya kalibrator menampung air sebanyak volume tertentu, kemudian air tersebut dialirkan pada sensor *tipping bucket* dengan variasi debit aliran. Pada metode ini, debit air dijadikan set point dalam proses kalibrasi. Parameter yang dibaca pada metode kalibrasi ini adalah waktu dalam satuan detik pada kalibrator dan curah hujan yang terukur pada UUT. Dari data tersebut, akan didapatkan nilai debit melalui perhitungan berikut :

$$\text{Debit} = \frac{\text{Curah Hujan (mm)}}{\text{Waktu (menit)}}$$

Pengujian tersebut menghasilkan data sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Kalibrasi Laboratorium

Set Point	STANDAR							Alat yang akan dikalibrasi		Koreksi	Standar Deviasi	
	Labung Ukur			Stop Watch			Debit	Pembacaan	Debit			
	Pembacaan	Koreksi	Volume	Pembacaan	Koreksi	waktu						
	ml	ml	ml	detik	detik	detik	mm	mm/mnt	mm			mm/mnt
50 mm/Jam	325.0	-0.200	324.80	398.0	-0.200	397.80	10.36979	1.564	9.00	1.36	0.21	
	325.0	-0.200	324.80	397.0	-0.200	396.80	10.36979	1.568	9.00	1.36	0.21	
	325.0	-0.200	324.80	401.0	-0.200	400.80	10.36979	1.552	8.80	1.32	0.23	
	325.0	-0.200	324.80	404.0	-0.200	403.80	10.36979	1.541	9.00	1.34	0.20	
rata-rata			324.80			399.8		1.6		1.34	0.21	0.01
100 mm/Jam	325.0	-0.200	324.80	178.0	-0.200	177.80	10.36979	3.499	9.00	3.04	0.46	
	325.0	-0.200	324.80	182.0	-0.200	181.80	10.36979	3.422	9.20	3.04	0.39	
	325.0	-0.200	324.80	180.0	-0.200	179.80	10.36979	3.460	9.00	3.00	0.46	
	325.0	-0.200	324.80	182.0	-0.200	181.80	10.36979	3.422	9.00	2.97	0.45	
rata-rata			324.80			180.3		3.5		3.01	0.44	0.04
150 mm/Jam	325.0	-0.200	324.80	119.0	-0.200	118.80	10.36979	5.237	9.20	4.65	0.59	
	325.0	-0.200	324.80	120.0	-0.200	119.80	10.36979	5.194	9.40	4.71	0.49	
	325.0	-0.200	324.80	121.0	-0.200	120.80	10.36979	5.151	9.40	4.67	0.48	
	325.0	-0.200	324.80	123.0	-0.200	122.80	10.36979	5.067	9.40	4.59	0.47	
rata-rata			324.80			120.6		5.2		4.65	0.51	0.06

e. Pengujian Jarak Komunikasi

Konsep pengujian jarak komunikasi ini adalah mengukur jarak maksimum yang dapat dilakukan oleh sistem telemetri dalam komunikasi data. Sisi pemancar akan dipasang pada suatu tempat yang tetap, sedangkan sisi penerima akan bergerak hingga mendapat jarak terjauh dari pemancar hingga data tidak dapat diterima lagi oleh penerima. Hasil pengujian adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Pengujian Jarak Komunikasi

Jarak (m)	Keterangan
10	Berhasil
20	Berhasil
30	Berhasil
40	Berhasil
50	Berhasil
60	Berhasil
70	Berhasil
80	Berhasil
90	Berhasil
100	Berhasil
>100	Terhenti

3.3. Analisa

Berdasarkan hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal, hasil pengujian menunjukkan saat kondisi sensor terbuka artinya tegangan dari rangkaian pembagi tegangan yang ada pada TP1 bernilai 4,8 Volt dan pada *output schmitt trigger* atau TP2 bernilai 0,1 Volt. Begitupun saat kondisi sensor tertutup, tegangan dari pembagi tegangan di TP1 bernilai 0,1 Volt dan *output* nya bernilai 4 Volt. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sensor, rangkaian pembagi tegangan dan *schmitt trigger* berfungsi dengan baik.

Pengujian sensor *tipping bucket* dapat hasil menunjukkan sensor *tipping bucket* melakukan satu kali tip pada volume 6,5 ml. Selanjutnya untuk kelipatan volume 6,5 ml, *tipping bucket* dapat menghasilkan jumlah tip yang sudah sesuai.

Uji komparasi yang dilakukan dengan alat operasional menunjukkan bahwa alat operasional yang dalam hal ini dijadikan acuan menghasilkan nilai yang sama dengan alat yang diuji atau *unit under test*. Semua *set point* pada pengujian menghasilkan nilai koreksi sebesar 0.

Kalibrasi laboratorium yang dilakukan menghasilkan data koreksi sebesar 0,21 mm/menit pada *set point* debit 50 mm/jam. Koreksi sebesar 0,44 mm/menit pada *set point* 100 mm/menit. Koreksi sebesar 0,51 mm/menit pada *set point* 150 mm/menit.

Pengujian sistem komunikasi menunjukkan hasil komunikasi sistem masih berhasil hingga jarak sekitar 100 meter dengan menggunakan modul komunikasi telemetri 3DR yang masih standar tanpa modifikasi apapun.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Hasil perancangan sistem penakar hujan otomatis digital ini sudah berhasil dibuat berdasarkan fungsinya yang dapat mengukur curah hujan dan mengirimnya menggunakan telemetri radio.
2. Alat ukur curah hujan memiliki koreksi debit sebesar koreksi sebesar 0,21 mm/menit pada *set point* debit 50 mm/jam. Koreksi sebesar 0,44 mm/menit pada *set point* 100 mm/menit. Koreksi sebesar 0,51 mm/menit pada *set point* 150 mm/menit.
3. Alat ukur curah hujan ini memiliki nilai koreksi sebesar 0 ketika uji komparasi dilakukan dengan alat operasional di taman alat meteorologi STMKG.
4. Jarak maksimal komunikasi telemetri radio sejauh 100 meter dengan *baudrate* 9600 menggunakan modul telemetri 3DR standar tanpa modifikasi apapun pada frekuensi 433 MHz.
5. Data yang dihasilkan dari alat ditampilkan pada LCD 16x2 dan dikirim menggunakan modul telemetri 433 MHz ke penerima, kemudian ditampilkan pada monitor PC dalam bentuk grafik, serta dapat disimpan dalam format file .xlsx dan .txt untuk mempermudah proses pengolahan data

Daftar Pustaka

- [1] Mughni. *Rancang Bangun Penakar Hujan Otomatis Dengan Tampilan Lcd Menggunakan Mikrokontroler AVR ATMEGA 16*. Program Studi Instrumentasi. Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2014.
- [2] Satria, Budi. Siregar, Plato M. *Otomatisasi Penakar Hujan Dengan Mikrokontroler menggunakan Jaringan GSM*. Program Studi Meteorologi, FITB. Institut Teknologi Bandung. 2012.
- [3] Manullang, Valentina S. Tamba, Takdir. *Modifikasi Penakar Hujan Otomatis Tipe Tipping Bucket Dengan Hall Effect Sensor ATS276*. Kelompok Keilmuan Fisika Instrumentasi, FMIPA. Universitas Sumatera Utara. 2012.
- [4] Saputra, Hendra D. Nurussa'adah. Rif'an, Muhammad. *Perancangan dan Pembuatan Sensor Curah Hujan Tipe Tipping Bucket dengan Tampilan LCD*. Kelompok Keilmuan Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Universitas Brawijaya. 2013.
- [5] Evita, M. Mahfudz, H. Suprijadi. Djamal, M. Khairurijal. *Alat Ukur Curah Hujan Tipping Bucket Sederhana dan Murah Berbasis Mikrokontroler*. Jurnal Otomatisasi Kontrol dan Instrumentasi. 2010. Vol.2 (ISSN:2085-2517).