



Rancang Bangun Alat Penghitung Curah Hujan Tipe *Tipping Bucket* Berbasis Arduino Uno ATmega328p

Renaldy¹, Syahrir^{1,*}), Adrianus Inu Natalisanto¹

¹⁾ Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman

Jl. Barong Tongkok No 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur 75123 Indonesia

*E-mail korespondensi: syaherchanel@gmail.com

Abstract

The weather in an area greatly determines the level of rainfall. This requires a tool can monitor the rainfall that occurs. One of the automatic rainfall gauges tipping bucket, this tool design on Arduino Uno ATmega328P and the results compared with manual measuring tools. This study used a quantitative approach and primary data by designing and manufacturing a rainfall sensor tool the tool is applied to obtain rainfall data which compared with manual rainfall data. Light rainfall simulation measurement data has the highest rainfall value of 10.770 mm. For rainfall simulation measurement data of 26.924 mm and heavy rainfall simulation measurement data of 64.618 mm. Comparison of type rainfall measurement data tipping bucket and manual measuring tools are not much different from the rainfall calculator tipping bucket quite accurate. The design of a tipping bucket type rainfall meter by utilizing the Arduino Uno microcontroller connected to the RTC, I2C LCD and sensor reed switch which read the movement of the tipping bucket so that the sensor works by detecting a magnet that hits the front of the sensor whose results displayed on the LCD. The level of accuracy of the tool is quite accurate and rainfall is directly proportional to time.

Kata Kunci: Rainfall, Sensor Reed Switch, Tipping bucket

PENDAHULUAN

Keberadaan hujan sangat penting dalam kehidupan karena hujan dapat mencukupi kebutuhan air yang sangat dibutuhkan oleh semua makhluk hidup. Curah hujan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan gagal panen pada bidang pertanian di karenakan resiko terjadinya banjir yang membuat tanaman padi mati, begitu pula sebaliknya curah hujan yang terlalu rendah dapat menyebabkan gagal panen akibat kurangnya sumber air dan kehidupan di muka bumi akan terganggu. Namun, di sisi lain datangnya hujan dengan intensitas yang sangat tinggi dan tidak seimbang dengan kebutuhan akan terbuang percuma, bahkan dapat menyebabkan bencana. Oleh sebab itu, diperlukan pembangunan yang dapat mengendalikan dan mengurangi resiko bencana yang mungkin terjadi di musim hujan serta dapat menyimpan dan mengontrol kebutuhan penyediaan air saat musim kemarau dengan pemantauan dan analisis dari kondisi cuaca. 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, sehingga data curah hujan yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara optimal [1-3].

Salah satu alat yang dapat mengukur curah hujan secara otomatis, yaitu *tipping bucket*. Di dalam alat tersebut terdapat sensor *reed switch* yang mampu membaca pergerakan jumlah air yang tertampung. Apabila suatu area seluas 1 m² menampung air setinggi 1 mm, maka air yang tertampung sebesar 1 L dalam area tersebut. Oleh karena itu penelitian ini akan dilakukan pembuatan alat yang dapat mengukur curah hujan otomatis dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino Uno (ATmega328p) serta melakukan perbandingan terhadap standar data dari alat ukur manual.

TINJAUAN PUSTAKA

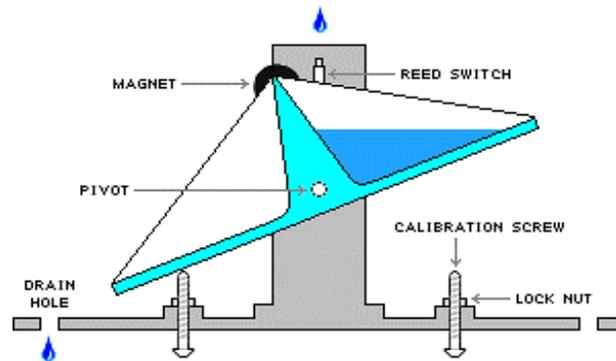
Curah Hujan

Curah hujan (mm) merupakan ketinggian air hujan yang jatuh pada tempat yang datar dengan asumsi tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) mm adalah air hujan setinggi 1 (satu) mm yang jatuh (tertampung) pada tempat yang datar seluas 1 m² dengan asumsi tidak ada yang menguap, mengalir dan meresap. Kepulauan maritim Indonesia yang berada di wilayah tropik memiliki curah hujan tahunan yang tinggi, curah hujan semakin tinggi di daerah pegunungan. Curah hujan yang tinggi di wilayah tropik pada umumnya dihasilkan dari proses konveksi dan pembentukan awan hujan panas. Pada dasarnya, curah hujan dihasilkan dari gerakan massa udara lembab ke atas. Agar terjadi gerakan ke atas, atmosfer harus dalam kondisi tidak stabil. Kondisi tidak stabil terjadi jika udara yang naik lembab dan lapse rate udara lingkungannya berada antara *lapse rate* adiabatik kering dan *lapse rate* adiabatik jenuh [4].

Intensitas curah hujan dibagi menjadi beberapa tingkatan, yaitu berawan atau tidak hujan, hujan ringan, hujan sedang, hujan lebat, hujan sangat lebat dan hujan ekstrem. Tingkatan curah hujan tersebut dapat ditentukan oleh nilai ambang batas curah hujan, ketika tidak terjadi hujan maka intensitas curah hujan tersebut adalah 0, hujan ringan berkisar antara 0,5-20 mm, hujan sedang berkisar antara 20-50 mm, hujan lebat berkisar antara 50-100 mm, hujan sangat lebat berkisar antara 100-150 mm, dan hujan ekstrem bernilai di atas 150 mm [4].

Tipping Bucket

Tipping bucket merupakan alat ukur otomatis untuk pengukuran curah hujan dan telah digunakan secara luas untuk mengumpulkan data dari intensitas curah hujan sejak awal tahun 1600-an. Memiliki keunggulan seperti dapat dipasang di daerah terpencil, dapat disambungkan dengan berbagai alat monitoring atau perekam, dan relatif murah. Namun, kerugian utama mereka terletak pada kesalahan pengukuran, seperti yang disebabkan oleh variasi intensitas curah hujan sehingga menghasilkan perkiraan data yang terlalu rendah, terutama pada saat curah hujan ekstrim. Seperti ditunjukkan pada Gambar 1, di dalam *tipping bucket*, terdapat sensor *reed switch* yang membaca pergerakan jumlah air yang tertampung di dalam *tipping bucket* tersebut. Sebagai contoh, jika di suatu area yang data seluas 1 m² tertampung air setinggi 1 mm sama dengan tertampung air sejumlah 1 L. Sehingga tinggi permukaan air tersebut digunakan sebagai acuan dalam pengukuran curah hujan. *Tipping bucket* yang digunakan oleh BMKG memiliki luasan 100 cm² yang berbentuk corong. Air akan mengalir dari corong menuju *bucket* yang nantinya akan menampung sejumlah air sementara dan setelah penuh akan bergerak naik dan turun sesuai jumlah tampungan air tersebut. Setiap pergerakan *bucket* memiliki kapasitas air sejumlah 20 ml. *Tipping bucket* merupakan *input* dalam sistem *Automatic Rain Gauge* (ARG) [1][5][6].

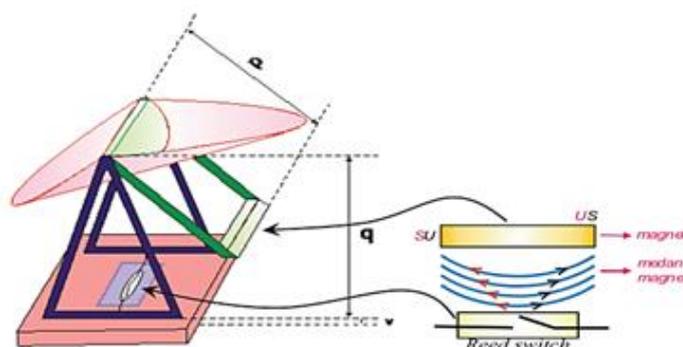


Gambar 1. Tipping Bucket

Alat ukur curah hujan tipe *tipping bucket* (TB) terdiri dari tiga bagian. Bagian pertama adalah bagian penerima air hujan yang terdiri dari bagian penampung air hujan yang berbentuk kerucut serta bagian penerima tetesan dari penampung air hujan yang berbentuk tabung kecil terpancung atau lebih dikenal dengan istilah *tipping bucket* (TB). Bagian kedua adalah sensor *reed switch*, sedangkan bagian terakhir adalah bagian pengolah data yang terdiri dari mikrokontroler dan PC. Bagian penting dari pengukur curah hujan adalah bagian TB yang menghasilkan data yang kemudian diolah dan disajikan sebagai data curah hujan. Bagian TB ini berbentuk dua buah tabung kecil terpancung. Ketika hujan turun, tetes air hujan dikumpulkan di bagian kerucut kemudian mengalir ke bagian TB yang terletak di bawah kerucut. Ketika salah satu dari TB yang pada keadaan awal berada di atas ini dipenuhi oleh air hujan, bagian ini menjadi tidak seimbang dan turun ke bawah, mengosongkan air dalam TB dan membuangnya ke saluran pembuangan, kemudian TB yang lain akan naik dan menerima tetesan seperti TB sebelumnya. TB ini dibuat dengan toleransi yang ketat untuk menghasilkan data curah hujan yang tepat. Selain itu, akurasi dari pengukur curah hujan tipe TB akan berubah jika berada di permukaan penempatan yang tidak rata, sehingga dibutuhkan data profil permukaan tempat pengukur curah hujan ini ditempatkan (*water pass* bisa digunakan untuk kebutuhan ini). Permukaan juga harus bebas dari getaran. Pada akhirnya, setiap jatuhnya TB mengaktifkan *reed switch* magnetik yang direkam oleh data logger [7].

Sensor Reed Switch

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa ketika salah satu TB telah menerima cukup air, bagian ini kemudian mengosongkan diri dengan berputar ke bawah sepanjang porosnya dan menuangkan air ke bagian dasar. Hal ini menyebabkan TB yang lain naik ke posisi siap menerima tetesan dari penampung air hujan dan sikluspun berulang. Lubang pada dasar TB merupakan saluran pembuangan air dari bagian TB. Setiap kali TB mengosongkan isinya, TB ini menggerakkan magnet yang melalui *reed switch* magnetik dan menyebabkan *reed switch* menutup. Pemasangan *reed switch* yang tepat seperti terlihat pada Gambar 3 [7].



Gambar 2. Posisi Reed Switch Terhadap Medan Magnet

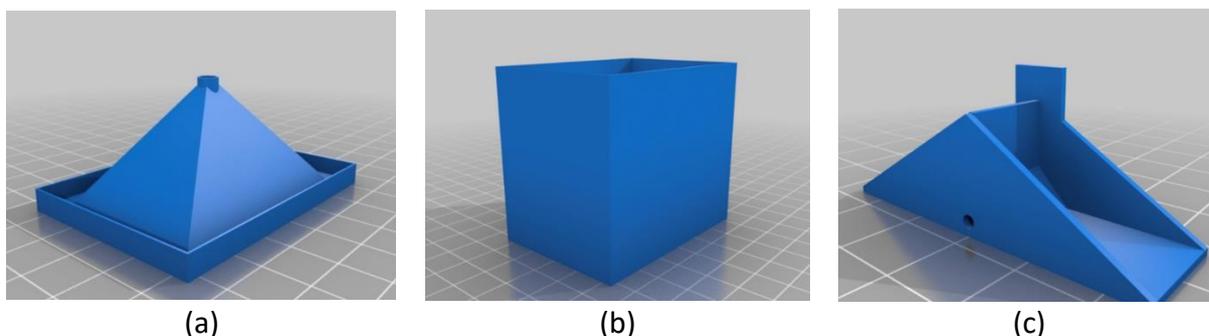
METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan data primer, dengan merancang dan membuat alat sensor curah hujan, kemudian alat tersebut diaplikasikan sehingga mendapatkan data curah hujan yang nantinya akan dibandingkan dengan data curah hujan manual, sehingga data pembanding tersebut menjadi penentu hasil penelitian. Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang datanya pasti dan data primer adalah data yang diambil langsung oleh peneliti. Data diperoleh dengan menggunakan alat sensor curah hujan dan pengambilan data manual. Penelitian ini dimulai dengan studi literatur sensor curah hujan dengan sistem *tipping bucket*, perancangan dan pembuatan alat sensor curah dengan hujan sistem *tipping bucket*, dan melakukan pengambilan data alat sensor curah dengan hujan sistem *tipping bucket* di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman. Data yang diperoleh akan di olah pada Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman.

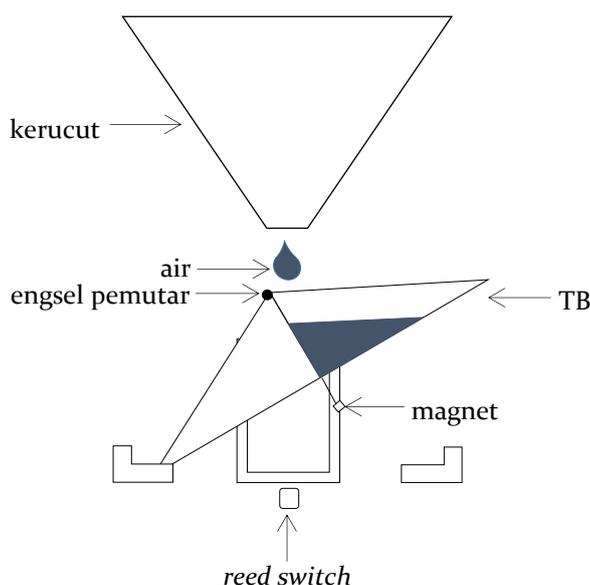
Desain dan Diagram Blok Alat

Desain alat yang akan di gunakan seperti Gambar 4 di bawah ini :



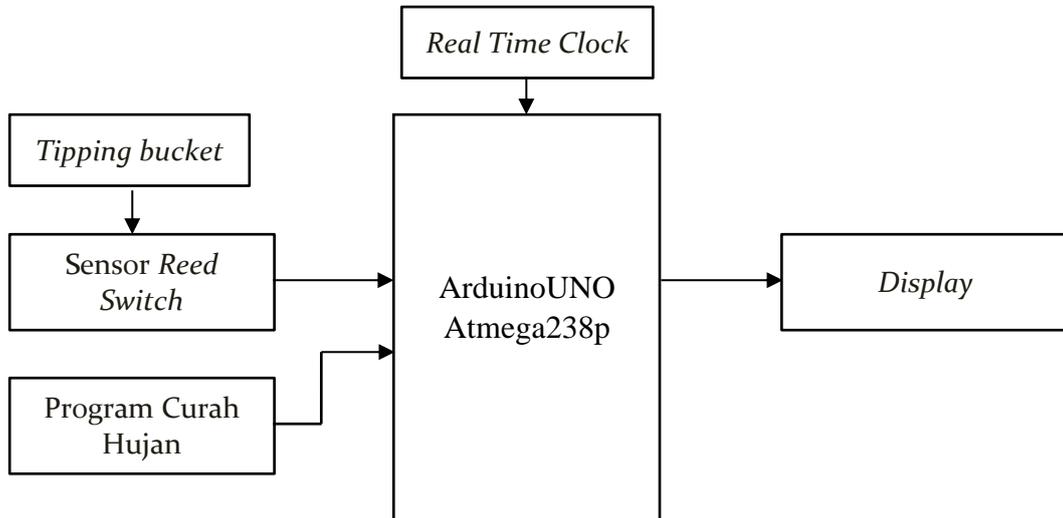
Gambar 3. Desain Alat : (a) Corong, (b) Casing Utama dan (c) *Tipping Bucket*

Berdasarkan desain di atas akan di rakit seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Pengukur Curah Hujan Tipe *Tipping Bucket*

Gambar 4 memiliki prinsip kerja yaitu air akan mengalir melalui corong yang mengerucut, di tampung pada *Tipping Bucket* (TB). Ketika salah satu sisi dari TB di atas dipenuhi oleh air hujan, bagian ini menjadi tidak seimbang dan turun ke bawah, mengosongkan air dalam TB dan membuangnya ke saluran pembuangan, kemudian sisi lain dari TB akan naik untuk menampung air selanjutnya. Berdasarkan hal tersebut, sensor *reed switch* akan membaca pergerakan TB dan memberikan data kepada Arduino Uno dengan program yang telah di *input*. Hasilnya akan di tampilkan pada *display* seperti pada Gambar 5.

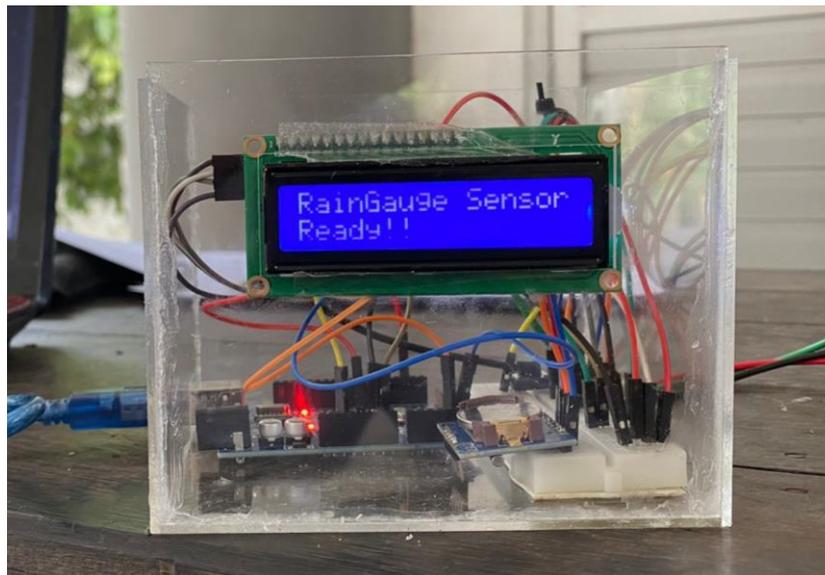


Gambar 5. Diagram Blok Kerja Alat

HASIL DAN PEMBAHASAN

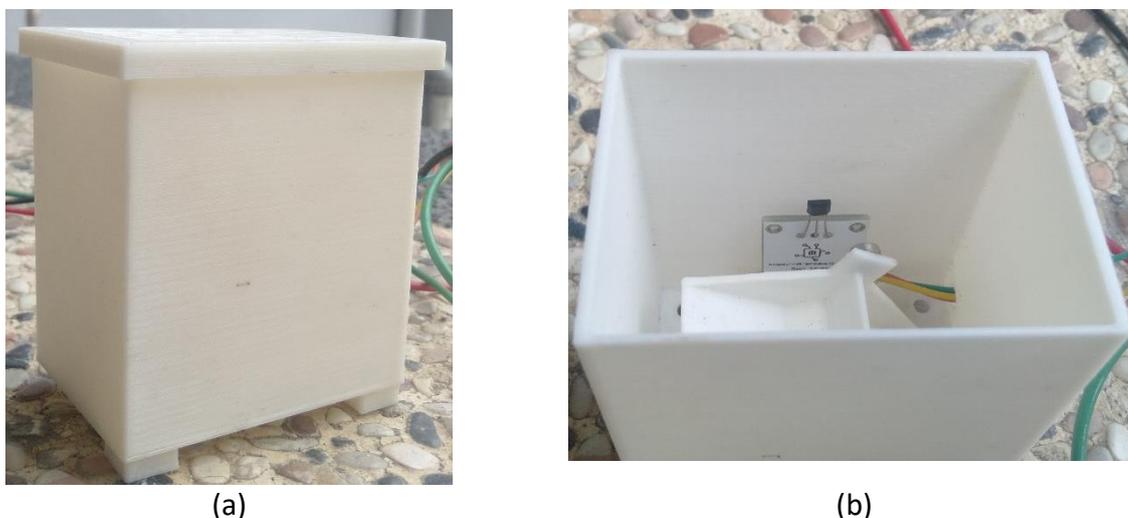
Rancangan Alat dan Cara Kerja

Rangkaian Arduino Uno (ATmega328p) merupakan rangkaian pusat pengendali dari rangkaian alat yang mana hasil dari sensor yang terhubung akan di proses pada rangkaian Arduino Uno. Pada rangkaian ini akan digunakan pin *power* 5V, *ground*, pin 2 sebagai *input* sensor, pin SDA dan SCL yang terhubung dengan RTC dan LCD. Dapat di lihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Box Acrylic yang Menyimpan Rangkaian Arduino Uno

Setelah rangkaian Arduino telah di rancang, selanjutnya membuat tempat untuk sensor *reed switch* dan *tipping bucket* berdasarkan desain serta sensor akan dihubungkan dengan rangkaian Arduino Uno. Hasilnya dapat di lihat pada Gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. *Box Sensor Reed Switch*: (a) Tampak Luar dan (b) Tampak Dalam

Cara kerja dari alat penghitung curah hujan tipe *tipping bucket* ini adalah sensor *reed switch* yang membaca pergerakan *tipping bucket* (tip) sehingga sensor akan bekerja dengan mendeteksi magnet yang mengenai bagian depan sensor. Hasil dari pembacaan sensor akan di kirim ke rangkaian pusat untuk diproses dan ditampilkan pada LCD atau *serial monitor*. Alat penghitung curah hujan tipe *tipping bucket* ini mempunyai nilai 1 tip, di mana nilai tersebut sama dengan 2,6 ml.

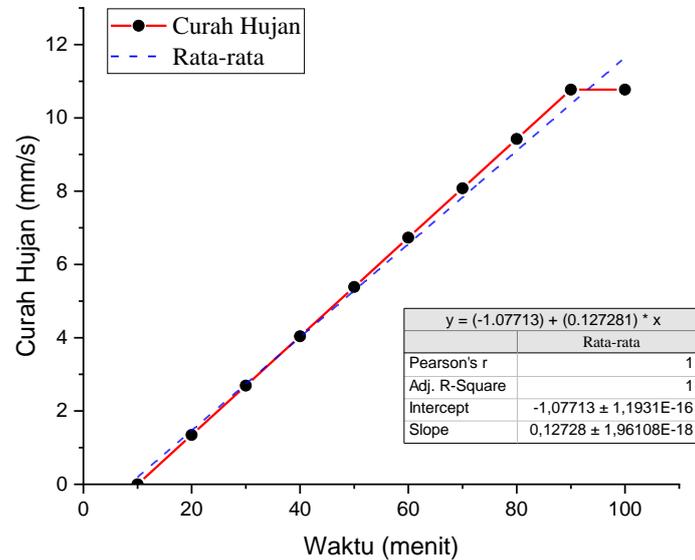
Perolehan Data Simulasi Curah hujan

Alat penghitung curah hujan tipe *tipping bucket* telah di rancang dan perlu dilakukannya simulasi untuk melihat apakah alat yang di rancangan telah bekerja dengan baik. Simulasi ini dibagi menjadi tiga tingkatan berdasarkan intensitas curah hujan. Tabel 1 merupakan data pengukuran simulasi curah hujan ringan yang mana pengambilan data setiap 10 menit. Pada menit ke 10 tidak didapatkan nilai curah hujan dikarenakan air belum memenuhi *tipping bucket*, *tipping bucket* akan penuh 1 tip setiap 15 menit, sehingga data pertama didapatkan pada menit ke 20. Pada data ke 9 dan data ke 10 memiliki hasil yang sama dikarenakan pada menit ke 100 air belum memenuhi *tipping bucket*. Dapat dilihat nilai simulasi curah hujan rendah tertinggi yaitu pada data ke 9 dan 10 sebesar 10,770 mm/menit.

Tabel 1. Data Pengukuran Simulasi Curah Hujan Ringan

No	Waktu (menit)	Curah Hujan (mm/s)
1.	10	0,0
2.	20	1,346
3.	30	2,692
4.	40	4,039
5.	50	5,385
6.	60	6,731
7.	70	8,077
8.	80	9,423
9.	90	10,770
10.	100	10,770

Gambar 6 merupakan grafik data pengukuran simulasi curah hujan ringan sebaran data dari Tabel 1, di mana digambarkan dengan garis linier berdasarkan data yang telah ada dengan sumbu X sebagai waktu dan sumbu Y curah hujan.



Gambar 6. Grafik Hasil Pengukuran Simulasi Curah Hujan Ringan

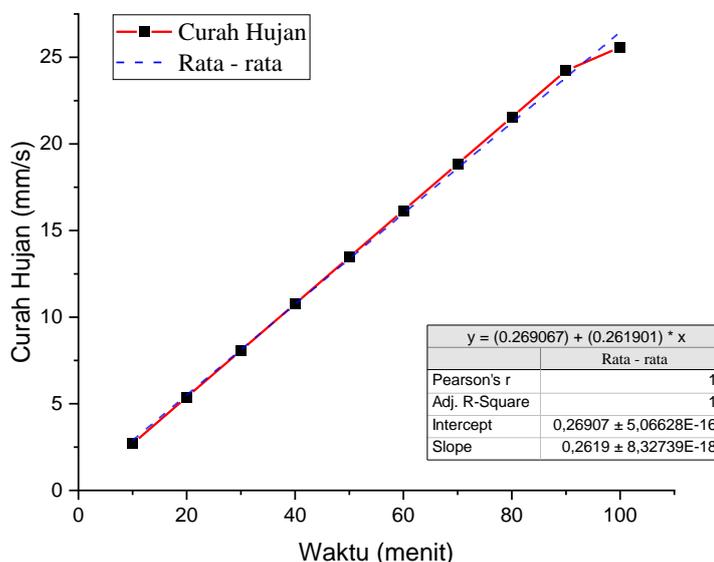
Dari Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi curah hujan ringan berdasarkan Tabel 1, diperoleh persamaan garis (estimasi dari garis linier yang sesungguhnya) $y = -1,07713 + 0,127281x$ dengan *tipping bucket* dan periode yang sama sehingga menghasilkan garis yang berhimpit. Nilai R² merupakan nilai koefisien determinasi dan r adalah nilai koefisien korelasi yang berguna untuk mengukur hubungan antara dua variabel. Nilai r dan R² adalah 1, artinya curah hujan berbanding lurus dengan waktu dan semakin lama waktu maka akan semakin besar curah hujan yang di dapat.

Tabel 2 merupakan data simulasi curah hujan sedang yang mana *tipping bucket* akan penuh setiap 2 tip selama 10 menit. Sehingga hasil kenaikan curah hujan sedang lebih cepat dibandingkan dengan curah hujan rendah.

Tabel 2. Data Pengukuran Simulasi Curah Hujan Sedang

No	Waktu (menit)	Curah Hujan (mm/s)
1.	10	2,692
2.	20	5,385
3.	30	8,077
4.	40	10,770
5.	50	13,462
6.	60	16,154
7.	70	18,847
8.	80	21,539
9.	90	24,232
10.	100	26,924

di mana nilai curah hujan sedang yang didapatkan selama 100 menit, yaitu sebesar 26,924 mm/menit. Gambar 7 merupakan grafik data pengukuran simulasi curah hujan sedang sebaran data dari Tabel 2.



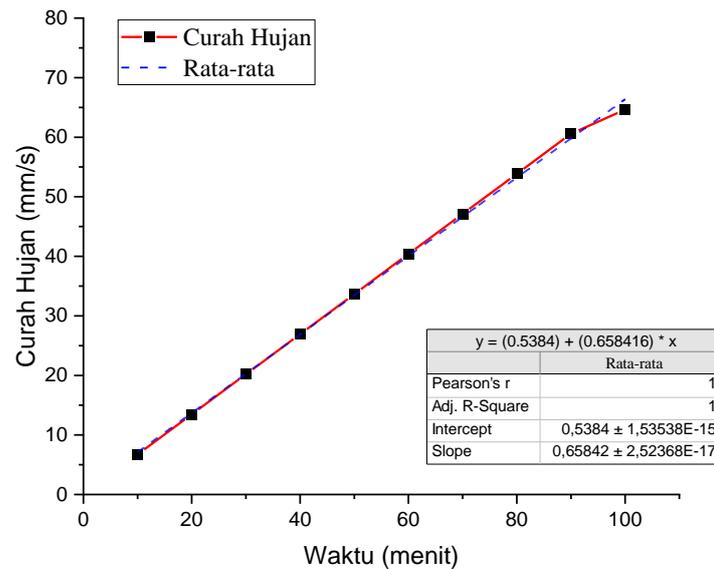
Gambar 7. Grafik Hasil Pengukuran Simulasi Curah Hujan Sedang

Pada Gambar 4.5 didapatkan persamaan garis $y = 0,269067 + 0,261901x$ dengan nilai r dan R^2 adalah 1, artinya hubungan antara curah hujan dan waktu tidak dipengaruhi faktor lain. Memiliki periode yang sama sehingga menghasilkan garis yang berhimpit. Tabel 3 merupakan data simulasi curah hujan lebat, *tipping bucket* akan penuh setiap 3 tip selama 15 menit. Sehingga hasil kenaikan curah hujan lebat lebih cepat dibandingkan dengan curah hujan rendah dan curah hujan sedang. Di mana nilai curah hujan lebat yang didapatkan selama 100 menit, yaitu sebesar 64,618 mm/menit.

Tabel 3. Data Pengukuran Simulasi Curah Hujan Lebat

No	Waktu (menit)	Curah Hujan (mm/s)
1.	10	6,731
2.	20	13,462
3.	30	20,193
4.	40	26,924
5.	50	33,655
6.	60	40,386
7.	70	47,117
8.	80	53,848
9.	90	60,579
10.	100	64,618

Gambar 8 merupakan grafik data pengukuran simulasi curah hujan lebat sebaran data dari Tabel 3.



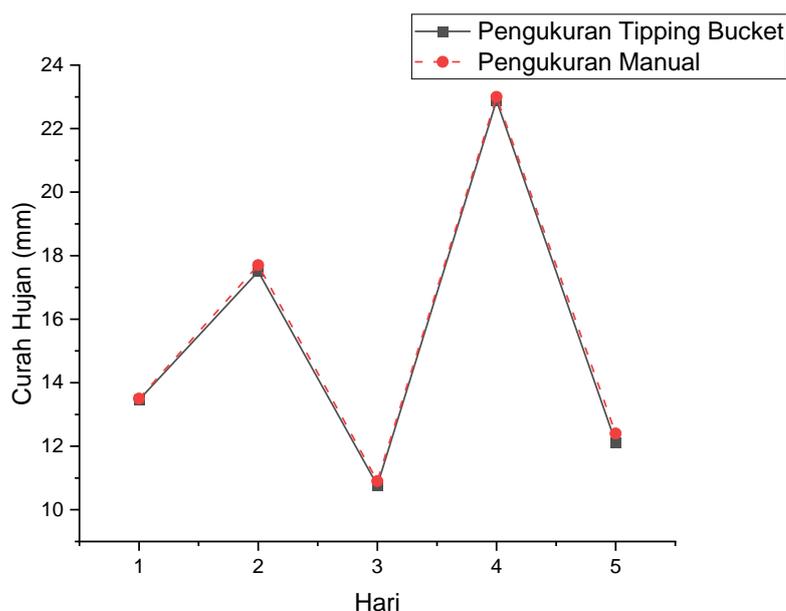
Gambar 8. Grafik Hasil Pengukuran Simulasi Curah Hujan Lebat

Dari Gambar 4.6 menunjukkan hasil simulasi curah hujan lebat, dengan persamaan garis $y = 0,5384 + 0,658416x$ dengan nilai r serta R^2 adalah 1. Hasil curah hujan berdinding lurus dengan waktu, sehingga semakin lama waktu maka akan semakin besar curah hujan yang didapatkan dengan periode yang sama sehingga menghasilkan garis yang berhimpit. Berdasarkan pengukuran yang didapatkan menggunakan alat pengukur curah hujan tidak sesuai dibandingkan dengan data curah hujan dari BMKG. Hal ini disebabkan oleh adanya hujan lokal yang terjadi di wilayah pengambilan data. Setelah melakukan simulasi untuk perolehan data curah hujan ringan, curah hujan sedang dan curah hujan lebat. Selanjutnya, dilakukan pengujian data dari alat penghitung curah hujan tipe *tipping bucket* dengan alat ukur manual. Tabel 4 merupakan data pengukuran curah hujan berdasarkan data dari *tipping bucket* dan alat ukur manual.

Tabel 4. Data Pengukuran Curah Hujan Lapangan *Tipping Bucket* dan Alat Ukur Manual

Hari	<i>Tipping Bucket</i>	Alat Ukur Manual
1	13,462 mm	13,5 mm
2	17,501 mm	17,7 mm
3	10,770 mm	10,9 mm
4	22,885 mm	23 mm
5	12,116 mm	12,4 mm

Berdasarkan Tabel 4, curah hujan tertinggi di peroleh pada *tipping bucket* dengan nilai 22,885 mm. Sedangkan alat ukur manual di dapat nilai tertinggi curah hujan dengan nilai 23 mm. Dari Tabel 4 akan di buat grafik perbandingan berdasarkan perbedaan nilai curah hujan yang di dapatkan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Curah Hujan

Berdasarkan Gambar 9, dapat disimpulkan bahwa tingkat akurasi dari hasil pengukuran curah hujan tipe *tipping bucket* cukup akurat dengan nilai yang tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran alat ukur manual. Sehingga alat penghitung curah hujan tipe *tipping bucket* ini mampu untuk digunakan sebagai alat alternatif di BMKG.

KESIMPULAN

Pada rancangan alat penghitung curah hujan tipe *tipping bucket* dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino Uno yang terhubung dengan RTC, LCD I2C dan sensor *reed switch* sebagai pembaca pergerakan dari *tipping bucket* sehingga sensor dapat bekerja dengan mendeteksi magnet yang mengenai bagian depan sensor yang hasilnya akan ditampilkan pada LCD. Berdasarkan perbandingan alat yang telah di buat dengan alat ukur manual, dapat di simpulkan bahwa tingkat akurasi dari hasil pengukuran curah hujan tipe *tipping bucket* cukup akurat, sehingga nilainya tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran alat ukur manual.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada pihak Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi FMIPA Universitas Mulawarman dan kepada seluruh pihak yang terlibat serta telah membantu terlaksananya penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Arifin dan H. Rahadian, "Rancang Bangun Stand-Alone Automatic Rain Gauge (ARG) Berbasis Panel Surya," *J. Nas. Tek. ELEKTRO*, vol. 6, no. 3, 2017, doi: 10.25077/jnte.v6n3.440.2017.
- [2] S. S. Laksono dan N. Nurgiyatna, "Sistem Pengukur Curah Hujan sebagai Deteksi Dini Kekeringan pada Pertanian Berbasis Internet of Things (IoT)," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 20, no. 2, hal. 117–121, 2020, doi: 10.23917/emit.v20i02.8493.
- [3] E. S. de Almeida, M. A. A. Santana, I. K. Koga, M. P. da Silva, P. L. de O. Guimarães, dan L. M. Sugawara, "Integration and management of sensor data for rainfall monitoring," *SN Appl. Sci.*, vol. 2, no. 2, 2020, doi: 10.1007/s42452-020-2037-4.

- [4] D. Mulyono, "ANALISIS KARAKTERISTIK CURAH HUJAN DI WILAYAH KABUPATEN GARUT SELATAN," *J. Konstr.*, vol. 12, no. 1, 2016, doi: 10.33364/konstruksi/v.12-1.274.
- [5] D. A. Segovia-Cardozo, L. Rodríguez-Sinobas, A. Díez-Herrero, S. Zubelzu, dan F. Canales-Ide, "Understanding the mechanical biases of tipping-bucket rain gauges: A semi-analytical calibration approach," *Water (Switzerland)*, vol. 13, no. 16, 2021, doi: 10.3390/w13162285.
- [6] M. D. Humphrey, J. D. Istok, J. Y. Lee, J. A. Hevesi, dan A. L. Flint, "A new method for automated dynamic calibration of tipping-bucket rain gauges," *J. Atmos. Ocean. Technol.*, vol. 14, no. 6, 1997, doi: 10.1175/1520-0426(1997)014<1513:ANMFAD>2.0.CO;2.
- [7] M. Evita, H. Mahfudz, S. Suprijadi, M. Djamal, dan K. Khairurrijal, "Alat Ukur Curah Hujan Tipping-Bucket Sederhana dan Murah Berbasis Mikrokontroler," *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 2, no. 2, 2011, doi: 10.5614/joki.2010.2.2.1.