

RANCANG BANGUN KALIBRATOR *PORTABLE* PENAKAR HUJAN *TIPPING BUCKET*

Kanton Lumban Toruan^{1*}, Exelvia Intania Caroline Barus², Marzuki Sinambela³

^{1,2,3}Prodi Instrumentasi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Tangerang Selatan
*Email : kanton60@gmail.com

ABSTRAK

Kalibrasi merupakan kegiatan yang menjamin nilai pengukuran dari alat ukur akurat, terpercaya, dan dapat dipertanggungjawabkan. Kalibrasi yang dilakukan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) terdiri dari dua macam metode yaitu kalibrasi pada laboratorium kalibrasi dan kalibrasi lapang, kalibrasi lapang yaitu kalibrasi yang dilakukan oleh teknisi di lapangan dengan alat kalibrator portable. Penelitian ini bertujuan membuat kalibrator penakar hujan tipping bucket untuk kalibrasi lapang yang dirancang dengan aplikasi Visual Studio untuk perhitungan nilai koreksi dan ketidakpastian. Komponen yang dipakai adalah solenoid valve untuk mengalirkan air dari tabung ke tipping bucket, sensor capacitive proximity sebagai pendeteksi air di dalam tabung, sensor DHT22 sebagai sensor suhu dan kelembapan, RTC DS3231 sebagai sistem pewaktuan, NodeMCU ESP8266 sebagai pengirim data ke aplikasi, serta SD card dan database sebagai penyimpanan data. Data yang tersimpan pada aplikasi dapat diexport dalam bentuk excel. Hasil uji coba kalibrator penakar hujan tipping bucket memberikan nilai nozzle rate yang baik yaitu 156.6 mm/jam dengan error 1.2% untuk 1 valve, 2 dan 3 valve yang menghasilkan nozzle rate 354.5 mm/jam dengan error 1.9% dan nozzle rate 444.4 mm/jam dengan error 4.9%.

Kata Kunci : kalibrator penakar hujan tipping bucket, nozzle rate, error, visual studio, NodeMCU ESP8266

ABSTRACT

Calibration is an activity that ensures that the measurement value of a measuring instrument is accurate, reliable and accountable. Calibration carried out by the Meteorology, Climatology and Geophysics Agency (BMKG) consists of two types of methods, namely calibration in the calibration laboratory and field calibration, field calibration is calibration carried out by technicians in the field using a portable calibrator. This research aims to create a tipping bucket rain gauge calibrator for field calibration designed with the Visual Studio application for calculating correction and uncertainty values. The components used are a solenoid valve to drain water from the tube to the tipping bucket, a capacitive proximity sensor as a water detector in the tube, a DHT22 sensor as a temperature and humidity sensor, an RTC DS3231 as a timing system, a NodeMCU ESP8266 as a data sender to the application, and an SD card. and database as data storage. Data stored in the application can be exported in Excel form. The test results of the tipping bucket rain measuring calibrator gave a good nozzle rate value of 156.6 mm/hour with an error of 1.2% for 1 valve, 2 and 3 valves which produced a nozzle rate of 354,5 mm/hour with an error of 1.9% and a nozzle rate of 444.4 mm/hour with an error of 4.9%.

Keyword : rain gauge calibrator, nozzle rate, error, visual studio, NodeMCU ESP8266

I. PENDAHULUAN

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika sesuai Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2009 tentang meteorologi, klimatologi dan geofisika melaksanakan tugas pengamatan hujan. Pengamatan hujan yang dilakukan yaitu dengan cara mengukur curah hujan. *Tipping bucket* merupakan instrumen yang dapat mendukung pelaksanaan pengamatan hujan dengan mengukur curah hujan secara otomatis.

Pelayanan informasi meteorologi menyediakan data yang telah diolah maupun data mentah yang dihasilkan oleh tipping bucket. Untuk menghasilkan data yang baik, yaitu presisi dan akurat serta pelayanan informasi yang baik, maka tipping bucket harus selalu dalam keadaan laik operasi. Untuk mendapatkan alat pengamatan yang laik operasi maka harus dilakukan kalibrasi secara berkala (Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2009).

Kalibrasi menurut ISO/IEC Guide 17025:2005

dan Vocabulary of International Metrology (VIM) adalah kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu.

Terdapat dua metode kalibrasi yang digunakan untuk mengkalibrasi *tipping bucket* yaitu kalibrasi laboratorium dan kalibrasi lapang. Kalibrasi laboratorium dilakukan di laboratorium BMKG. Penelitian ini akan mengembangkan kalibrator penakar hujan tipping bucket sebelumnya yang telah dilakukan oleh Sela Febriza (2019) dengan menambahkan sensor suhu dan kelembapan serta aplikasi perhitungan tipping bucket serta merubah ukuran nozzle valve yang lebih kecil.

Tujuan dari penelitian ini untuk merancang kalibrator penakar hujan *tipping bucket* serta aplikasi untuk menampilkan nilai koreksi dan ketidakpastian pada PC (*Personal Computer*). Manfaat penelitian ini

yaitu untuk menghasilkan kalibrator penakar hujan tipping bucket yang dapat bernilai edukasi bagi taruna/I STMKG, memudahkan pengguna menghitung nilai koreksi dan ketidakpastian tipping bucket pada PC (*Personal Computer*).

Jurnal ini ditulis dengan sistematika pendahuluan, berisi mengenai penjelasan tentang latar belakang,

II. METODE PENELITIAN

Blok diagram sistem kalibrator penakar hujan tipping bucket menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai

tujuan dan manfaat penelitian, metode berisi prosedur penelitian dan diagram alir. Hasil penelitian, berisi penjelasan dan pembahasan hasil penelitian ini. Terakhir kesimpulan, berisi tentang kesimpulan secara keseluruhan dari penelitian dan daftar pustaka.

pengirim data ke PC (*Personal Computer*) yang dirancang ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini :



Gambar 1. Blok diagram sistem kalibrator penakar hujan *tipping bucket*

Pada gambar 1 terdiri dari *input* , proses, dan *output*. Komponen *Input* terdiri dari keypad 4x4, *solenoid valve*, sensor *reed switch*, sensor DHT22 dan sensor *capacitive proximity*. Selanjutnya input akan diproses oleh arduino mega, kemudian data disimpan ke SD Card dan ditampilkan ke LCD 20x4. Pengiriman data menggunakan NodeMCU ESP8266 untuk ditampilkan ke PC(*Personal Computer*). Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat sistem kalibrator penakar hujan tipping bucket adalah Arduino IDE, sedangkan untuk tampilan aplikasi perhitungan dibuat dengan program Visual Studio.

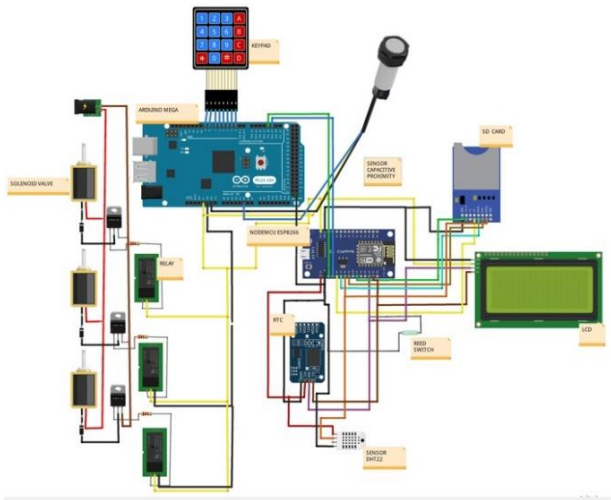
2.1 Perancangan Perangkat Keras

1. Sensor Reed Switch adalah saklar listrik yang dioperasikan dengan medan magnet. Sensor ini terdiri dari sepasang kotak pada tubuh logam besi dalam tertutup oleh kaca. Sensor ini bekerja jika medan magnet disekitar sensor terdeteksi. Setelah medan magnet tidak lagi terdeteksi, maka *reed switch* akan kembali ke posisi semula.
2. Sensor *capacitive proximity* adalah sensor jarak yang dapat mendeteksi gerakan, komposisi kimia, tingkat dan komposisi cairan maupun tekanan. Sensor jarak kapasitif dapat mendeteksi bahan-bahan dielektrik rendah seperti plastik atau kaca dan bahan-bahan dielektrik yang lebih tinggi seperti cairan sehingga memungkinkan sensor jenis ini untuk mendeteksi tingkat banyak bahan melalui kaca, plastik maupun komposisi lainnya.
3. *Solenoid valve* berfungsi menghentikan atau meneruskan aliran refrigeran dalam suatu sistem refrigerasi, dimana pengaturannya dilakukan oleh arus listrik. *Solenoid valve* terdiri dari sebuah kumparan yang berbentuk silinder dimana pada

- bagian tengahnya terdapat sebuah inti besi yang mudah dibuat magnet yang disebut dengan *plunger*.
4. Liquid Crystal Display (LCD) adalah sebuah peralatan elektronika yang memiliki fungsi untuk menampilkan output sebuah sistem baik karakter, huruf atau grafik. LCD yang dipakai pada system ini berukuran 20x4.
5. Arduino Uno Mega 2560 merupakan mikrokontroler dengan basis ATmega2560. Modul ini terdiri dari 54 digital pin input dan output. PWM output terdiri dari 14 pin dan analog input memiliki 16 pin, 4 pin untuk UART, 16 MHz osilator kristal, Kristal USB, *power jack ICSP header*, dan tombol reset. Pemilihan Arduino Mega 2560 dikarenakan cukup untuk melakukan pemrosesan system kalibrator penakar hujan *tipping bucket*.
6. Node MCU (Node MicroController Unit) adalah produk mikrokontroler pengembangan dari modul ESP8266 yang bersifat *open source*. NodeMCU dapat disebut gabungan antara board arduino dengan ESP8266 dengan tambahan fitur *wifi* dan komunikasi berupa USB to serial.
7. DHT22 adalah sensor pengukur suhu dan kelembapan relatif dengan keluaran berupa sinyal digital serta memiliki 4 pin yang terdiri dari power supply, data signal, null, dan ground. Sensor elemennya terbuat dari kapasitor polimer untuk pengukuran suhu dan kelembapan. Sensor DHT22 memiliki transmisi jarak pengiriman data 20 meter.
8. *Real Time Clock* (RTC) merupakan *chip IC* yang mempunyai fungsi menghitung waktu yang dimulai dari detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, hingga tahun dengan akurat. RTC yang dipakai pada system ini yaitu DS3231.

2.1.1. Perancangan Skematik Sistem

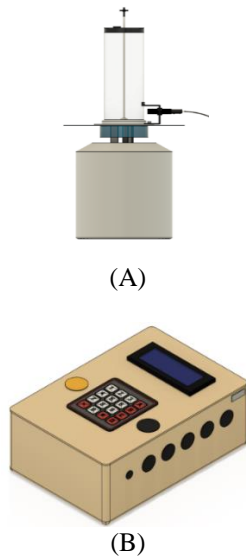
Skema rangkaian dalam sistem kalibrator penakar hujan tipping bucket dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. Skematik rangkaian sistem kalibrator penakar hujan *tipping bucket*

2.1.2. Perancangan Desain Kalibrator Penakar Hujan Tipping Bucket

Desain rancangan ini merupakan tahapan pembuatan gambaran fisik dari kalibrator penakar hujan *tipping bucket* untuk kalibrasi lapang secara *virtual* sebelum alat tersebut diwujudkan secara nyata. Perancangan ini berfungsi untuk memudahkan dalam menggambarkan bentuk fisik dalam proses pembuatan alat. Bahan tabung kalibrator yang digunakan adalah akrilik. Berikut merupakan hasil desain 3D kalibrator yang dirancang.

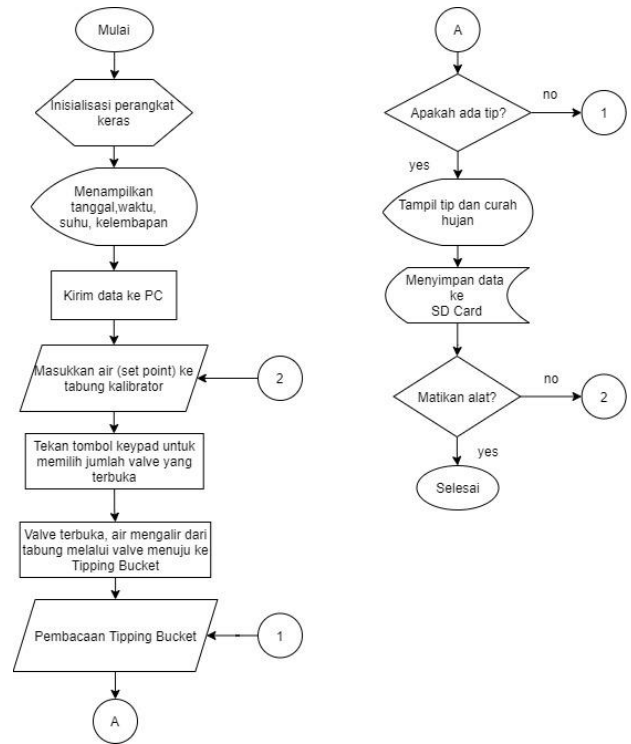


Gambar 3. (A) Desain tabung kalibrator (B) Desain box logger

2.2. Perancangan Flow Chart Program

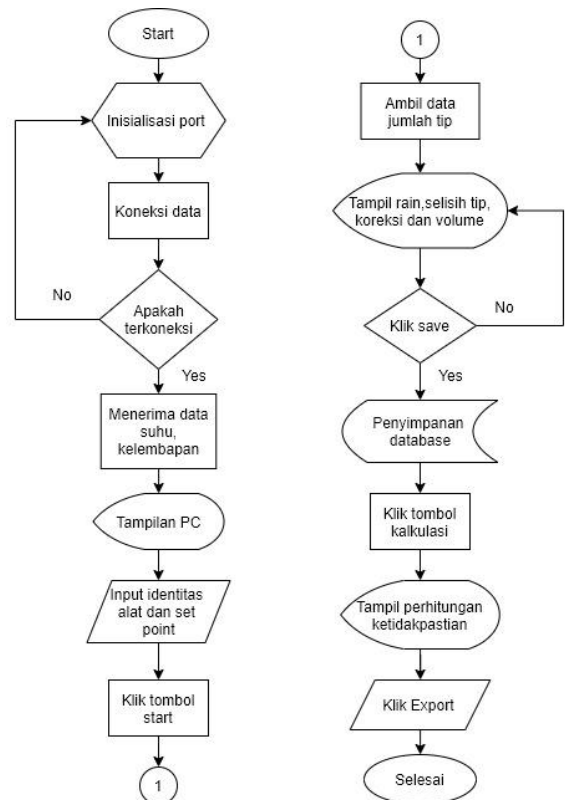
Program perangkat lunak yang dirancang pada sistem ini terdiri dari dua jenis, yaitu program utama sistem yang dimasukkan ke dalam mikrokontroler dan program aplikasi perhitungan menggunakan Visual Studio.

Berikut merupakan flowchart program utama mikrokontroler.



Gambar 4. Flowchart program mikrokontroler

Flowchart program aplikasi ditunjukkan pada gambar 5 berikut :



Gambar 5. Flowchart program aplikasi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian hasil dan pembahasan 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 pembahasan dari hasil tersebut. Perancangan sistem terdiri dari perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Hasil perancangan perangkat keras dapat ditunjukkan pada gambar berikut :

3.1. Hasil Perancangan Sistem



(A)

(B)

Gambar 6. (A) Tabung kalibrator (B) Box logger

Hasil perancangan perangkat lunak ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 7. Tampilan aplikasi perhitungan

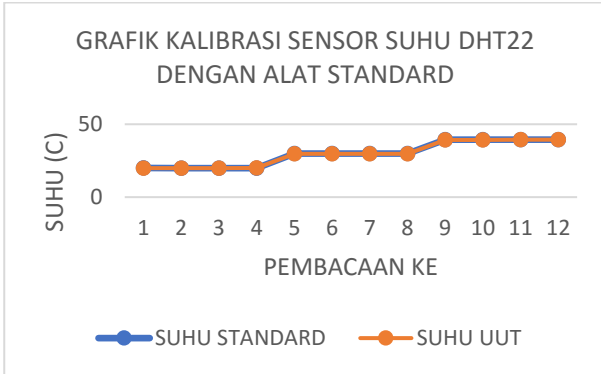
3.3. Hasil Pengujian

Pengujian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap yaitu :

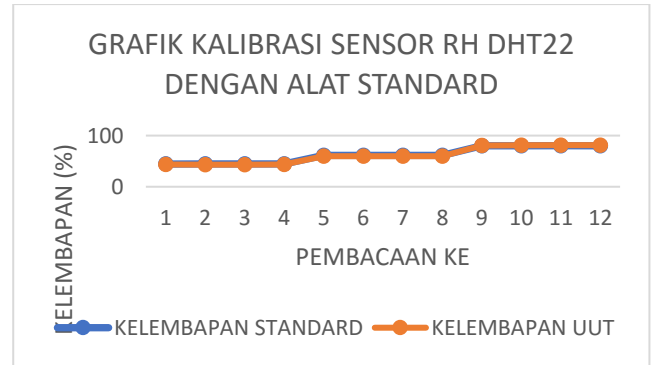
a) Pengujian sensor suhu dan kelembapan DHT22

- b) Pengujian *tipping bucket*
- c) Pengujian aplikasi
- d) Pengujian sistem keseluruhan
- a. Pengujian sensor suhu dan kelembapan DHT22

Pengujian sensor suhu dan kelembapan dilakukan dengan cara kalibrasi di laboratorium kalibrasi Balai Besar Meteorologi Klimatologi Geofisika Wilayah II – Tangerang Selatan. Pengujian sensor suhu dan kelembapan bertujuan untuk mengetahui nilai simpangan hasil pengukuran alat rancangan. Berikut ini merupakan hasil kalibrasi sensor DHT22 :



Gambar 8. Grafik kalibrasi sensor suhu



Gambar 9. Grafik kalibrasi sensor kelembapan

b. Pengujian *tipping bucket*

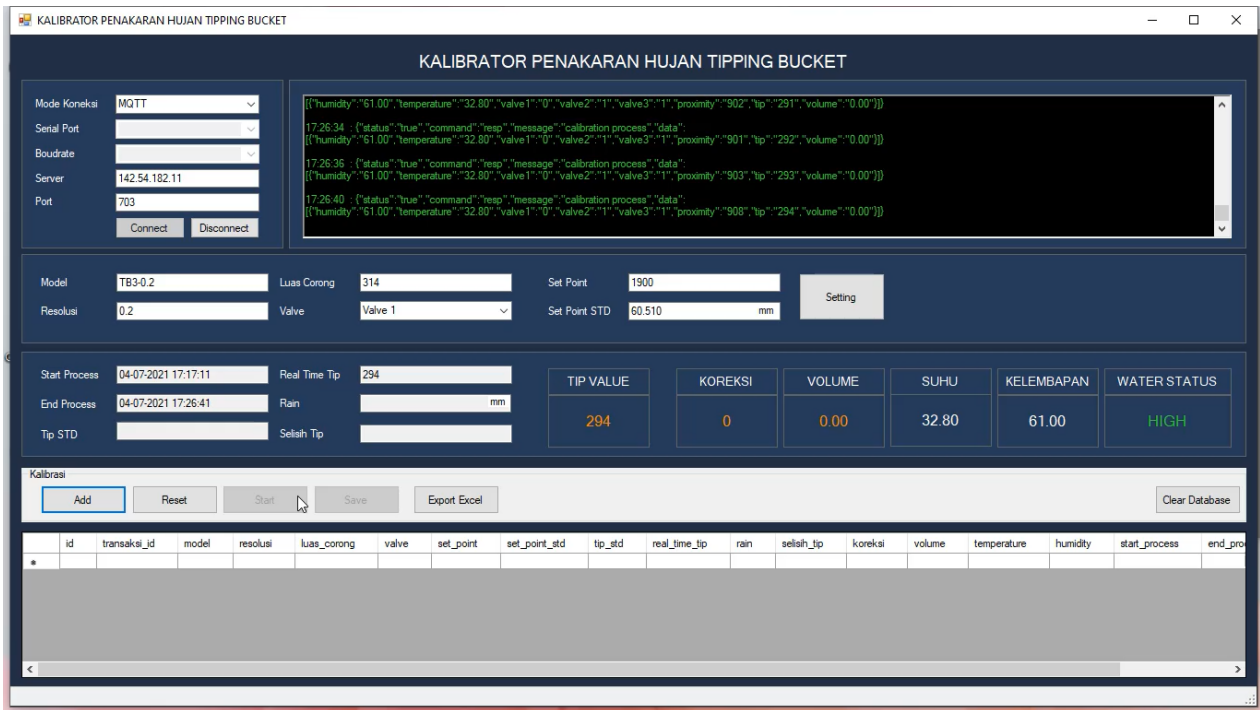
Pengujian *tipping bucket* dilakukan dengan cara kalibrasi. Kalibrasi sensor *tipping bucket* dilakukan di Laboratorium Kalibrasi BBMKG Wilayah II di Jalan H. Abdulghani No.05, Cempaka Putih, Kecamatan Ciputat Timur, Kota Tangerang Selatan, Banten pada hari Selasa, 20 April 2021. Kalibrasi sensor *tipping bucket* bertujuan untuk mengetahui kedekatan nilai dari pengukuran *tipping bucket* dengan alat standar BMKG yang sudah terkalibrasi dan tertelusur secara nasional maupun internasional.

Tabel 1. Hasil pengujian *tipping bucket*

Alat Standar			Alat yang Dikalibrasi		Selisih Tipping	Koreksi	Standar Deviasi	Error
Set Point	Set Point	Jumlah Tipping Standar	Jumlah Tipping	Jumlah				
(ml)	(mm)	(tip)	(tip)	(mm)	(tip)	(mm)	(mm)	(%)
314	10	50	49	9.8	1	0.2	0.109	2.4
	10	50	49	9.8	1	0.2		
	10	50	50	10	0	0		
	10	50	50	10	0	0		
	10	50	50	10	0	0		
Rata-Rata	10	50	49.6	9.92		0.24		

c. Pengujian aplikasi

Pengujian aplikasi dilakukan dengan cara menghubungkan aplikasi dengan alat. Setelah aplikasi terhubung dengan alat, maka data dari pembacaan sensor akan tampil pada aplikasi. Berikut ini merupakan gambar pengujian aplikasi.



(A)



(B)

Gambar 10. (A) Tampilan display (B) Form perhitungan ketidakpastian

d. Pengujian sistem keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan merupakan pengujian yang dilakukan terhadap sistem kalibrator penakar hujan tipping bucket beserta pengiriman data ke aplikasi pada PC yang bertujuan untuk mengetahui kinerja kalibrator.. Berikut ini merupakan tabel perbandingan nilai nozzle rate dan error dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan diameter nozzle 6.35 mm.

Tabel 2. Perbandingan nozzle rate

Nozzle Diameter	Jumlah Valve	Set Point	Set Point	Durasi			Nozzle Rate	
		(ml)	(mm)	(det)	(mnt)	(jam)	(ml/jam)	(mm/jam)
4 mm	1	1900	60.5	1391.4	23.19	0.4	4915.9	156.6
	2	1900	60.5	614.4	10.24	0.2	11132.8	354.5
	3	1900	60.5	490.2	8.17	0.1	13953.5	444.4
6.35 mm	1	1900	60.5	776	12.93	0.215	8814.433	280.714
	2	1900	60.5	464.5	7.7	0.1	14725.5	468.9
	3	1900	60.5	269.2	4.5	0.1	25403.9	809.0

Tabel 3. Perbandingan nilai error

Nozzle Diameter	Error (%)		
	1 Valve	2 Valve	3 Valve
4 mm	1.173	1.966	4.941
6.35 mm	4.081	11.485	20.343

3.4. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian sensor DHT22, nilai koreksi rata-rata yang dihasilkan cukup baik karena masih dalam kisaran resolusi pembacaan suhu dan kelembapan yang diatur dalam WMO Guid to Meteorological Instruments and Methods of Observation dimana untuk suhu sebesar 0,2 °C dan kelembapan sebesar 3%. Pengujian tipping bucket menghasilkan nilai error 2.4 %. Menurut *WMO Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, klasifikasi *error* intensitas hujan diatas 100 mm/jam tidak melebihi 5%. Nilai *error* hasil kalibrasi *tipping bucket* TB3 masih berada dibawah 5%, sehingga dapat dipastikan bahwa *tipping bucket* TB3 masih baik untuk digunakan. Pengujian aplikasi dilakukan dengan cara menghubungkan dengan alat, pengujian aplikasi berhasil ditandai dengan tampilnya teks berwarna hijau pada box hitam serta suhu dan kelembapan udara. Perhitungan ketidakpastian akan muncul apabila mengklik button kalkulasi.

Pengujian secara keseluruhan menghasilkan nilai error 1.2% saat jumlah 1 valve, 2% saat 2 valve yang terbuka, dan 4.9% saat 3 valve yang terbuka. Nilai error tersebut masih berada dalam kisaran yang telah ditetapkan oleh WMO yaitu tidak lebih dari 5%. Nozzle rate yang dihasilkan 1 valve sebesar 156.6 mm/jam, 2 valve sebesar 354.5 mm/jam dan 3 valve sebesar 444.4 mm/jam. Hasil tersebut masih berada dalam kisaran spesifikasi *Tipping bucket* tipe TB3 yaitu pada intensitas 0-250 mm/jam dan $\pm 3\%$ pada intensitas 250-500 mm/jam.

Adapun faktor lain yang mempengaruhi nilai error dan nozzle rate selain diameter nozzle, yaitu tekanan udara pada tabung. Ketika udara masuk pada tabung, laju aliran air akan tidak stabil, air akan mengalir terlalu deras sehingga akan mempengaruhi pembacaan *tipping bucket*, maka dari itu penutup tabung harus dibuat *vacuum* agar tidak ada udara yang masuk ke

dalam tabung saat melakukan kalibrasi.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Sistem bekerja dengan baik ditandai dengan bekerjanya setiap komponen seperti sensor *capacitive proximity*, valve, sensor suhu dan kelembapan, *micro SD Card* dan RTC sebagai sistem pewaktuan.
2. Program pada mikrokontroler berhasil dibuat dengan aplikasi Arduino IDE dan dapat menampilkan jumlah tip, volume serta suhu dan kelembapan pada LCD. Modul *wifi* ESP8266 mampu mengirimkan data sehingga dapat ditampilkan pada aplikasi di PC, kemudian disimpan di database.
3. Perhitungan dan pengontrolan jumlah valve yang ingin dibuka pada aplikasi berhasil dilakukan dengan baik. Aplikasi mampu mengontrol jumlah valve sesuai yang diinginkan dan menyimpan data dalam format *xlsx*.
4. Pengujian valve pada tabung menghasilkan nilai *error* 1.173% saat jumlah 1 valve, 2% saat 2 valve yang terbuka, dan 4.9% saat 3 valve yang terbuka. Nilai error tersebut masih berada dalam kisaran yang telah ditetapkan oleh WMO yaitu tidak lebih dari 5%. Nozzle rate yang dihasilkan 1 valve sebesar 156.558 mm/jam, 2 valve sebesar 354.5 mm/jam dan 3 valve sebesar 444.4 mm/jam. Hasil tersebut masih berada dalam kisaran spesifikasi *Tipping bucket* tipe TB3 yaitu pada intensitas 0-250 mm/jam dan $\pm 3\%$ pada intensitas 250-500 mm/jam.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adriansyah, Andi, dan Hidyatama, Oka, 2013, Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan Microcontroller Arduino ATMEGA 328P, Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- [2] Anonim, 2015, Peraturan Kepala BMKG Tentang Tata Cara Tetap Pelaksanaan Kalibrasi Peralatan Pengamatan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika di Lingkungan BMKG, Jakarta, Peraturan Kepala BMKG No. 23 Tahun 2015.
- [3] Armein, M Ayattullah, 2017, Analisis Pengaruh Variasi Ukuran Diameter Penampang Nozzle Terhadap Jarak Pancaran Fluida yang Keluar, *skripsi*, Universitas Sriwijaya, Palembang.
- [4] Arifin, MS, 2010, Modul klimatologi, Jawa Timur: Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- [5] Diina, M Qiyaman, dkk., 2018, Karakterisasi Volume Kalibrator Alat Penakar Hujan Menggunakan Metode Gravimetri, *Jurnal Standarisasi*, Vol.20, No.1, hal. 11-18.
- [6] Febriza, Sela, 2019, Rancang Bangun Kalibrator Penakar Hujan *Tipping Bucket* untuk Kalibrasi Lapangan, *skripsi*, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta.
- [7] Hartono, R., 2013, Perancangan Sistem Data Logger Temperatur Baterai Berbasis Arduino Duemilanove, Universitas Jember, Jawa Timur.
- [8] ISO, 2017, International Organization for Standardization (ISO) / International Electrotechnical Commission (IEC) Guide 17025
- [9] Lanza, L.G dan L.Stagi., 2009, High resolution performance of catching type rain gauges from the laboratory phase of the WMO Field Intercomparison of Rain Intensity Gauges, *Atmospheric Research*, Vol. 94, no. 4, pp.555-563.
- [10] Mori, K., Sosrodarsono, S. & Takeda, K., 1999, Hidrologi untuk Pengairan. Jakarta: PT.Pradnya Paratama.
- [11] Nugraha, N. W., dan Rahmat, B., 2018, Sistem Pemberian Makanan dan Minuman Kucing Menggunakan Arduino, Universitas Pembangunan Nasional, Jawa Timur.
- [12] Syahbeni, Muhammad, dkk., 2018, Rancang Bangun Pendeteksi Curah Hujan Menggunakan Tipping Bucket Rain Sensor dan Arduino Uno, Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh, Sumatera Barat.
- [13] Tjasyono, 2006, Ilmu Kebumihan dan Antariksa, Bandung : PT Rosdakarya.
- [14] Undang-undang Republik Indonesia No. 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (MKG).
- [15] User Manual Rain Gauge Calibrator, 2019, USA : NovaLynx Corporation.
- [16] World Meteorological Organization, 2014, WMO No. 8 Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, 2014 Edition Geneva