

PEMBUATAN SISTEM KOMUNIKASI WIRELESS XBEE 2,4 GHZ DENGAN DATA TERKIRIM SEBAGAI PENDUKUNG PENAKAR CURAH HUJAN BEJANA BERJUNGKIT DIBMKG SICINCIN

Risa Noviarti¹⁾, Asrizal²⁾, Yohandri²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang, Indonesia

risano55@gmail.com

ABSTRACT

Information of rainfall is required in agriculture to determine kind of plant which is suitable planted in certain area. A rain gauge had used in BMKG Sicincin was tipping bucket raingauge model TB3-0.2 serial no.92-459. This rain gauge can not be used because its data logger is damage. Based on reality, researcher was interested to give solution by making wireless communication XBee in this rain gauge for sending data to PC. The goal of this research is to explain performance and design specification of system. Kind of this research is engineering research. Measurement technique and collecting data was executed by directly and indirectly measurement. Directly measurement was used to measure output of sensor and time of count. Indirectly measurement was used to determine accuracy and precision of rain gauge. The data was analysed by using descriptive statistic and graph method. Mechanic part of system consist of tube, funnel and tipping bucket , while electronic part of system consist of sensor circuit, microcontroller circuit, RTC circuit, transmitter circuit and receiver circuit. Precision of rain gauge in laboratory testing is 0.86, its average of accuracy is 0.93 and relative precision data transmission is 1. Accuracy of rain gauge in field testing is 0.92.

Keywords: Communication System, Sent Data, Tipping Bucket, Wireless, Rain Gauge

PENDAHULUAN

Cuaca mempengaruhi bidang pertanian, transportasi, industri, bahkan jenis pakaian yang akan digunakan setiap harinya. Fakta menunjukkan cuaca juga sering menimbulkan bencana seperti badai, banjir, dan kekeringan. Pengamatan dan perkiraan cuaca bermanfaat dalam perencanaan dalam melakukan kegiatan sesuai dengan yang diharapkan^[9].

Penentuan cuaca didapatkan dari pengamatan parameter cuaca dan jangka waktu tertentu. Pagi hari, siang hari dan sore hari keadaan cuaca berbeda-beda di setiap tempat dan jam. Informasi parameter cuaca dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam bidang pertanian. Parameter cuaca akan berkaitan dengan kejadian alam dan bisa memperkirakan waktu musim tanam dan memilih tanaman yang cocok pada musim tersebut^[8].

Sebagian besar masyarakat Indonesia merupakan masyarakat agraris yang bekerja di bidang pertanian. Budidaya tanaman pertanian tergantung pada cuaca. Unsur cuaca yang berpengaruh adalah intensitas cahaya matahari, suhu, curah hujan dan kelembaban. Data mengenai keadaan cuaca sangat penting artinya bagi dunia pertanian^[1].

Curah hujan adalah butir-butir air atau kristal es yang keluar dari awan atau kelompok awan. Butir air yang keluar dari awan yang mampu mencapai permukaan bumi memiliki garis tengah kira-kira 200 mikrometer (1 mikrometer = 0,001 cm), jika kurang dari ukuran tersebut, butir-butir air dimaksud akan habis menguap di atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi^[2].

Curah hujan dapat disebut sebagai tinggi air hujan yang jatuh ke permukaan tanah sebelum mengalami evaporasi aliran permukaan dan infiltrasi kedalam tanah. Curah hujan adalah ketinggian air hujan berkumpul di tempat datar, tidak meresap, tidak menguap, dan tidak megalir. Maksud dari curah hujan 1 mm adalah dalam luasan 1 meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi 1 mm atau tertampung air sebanyak 1 liter^[5].

Badan Meteorologi dan Klimatologi (BMKG) merupakan suatu lembaga resmi dari pemerintah sebagai layanan informasi untuk memonitor keadaan perubahan iklim dan cuaca di Indonesia. Untuk perubahan cuaca di Indonesia, BMKG bekerja sama dengan beberapa stasiun pemantau cuaca di setiap titik-titik penting di Indonesia. Informasi perubahan cuaca akan diteruskan kepada masyarakat lewat beberapa media seperti website, televisi, koran, radio dan media cetak lainnya.

Data curah hujan rata-rata diseluruh daerah yang bersangkutan merupakan curah hujan yang perlu untuk menyusun suatu rancangan pemanfaatan air dan merancang pengendalian banjir. Distribusi curah hujan berbeda sesuai jangka waktu dari curah hujan tahunan, curah hujan bulanan, curah hujan harian dan curah hujan perjam. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan prospek kedepan dan perancangan sesuai tujuan yang diinginkan^[6].

Pada wilayah persawahan yang belum mempunyai jaringan irigasi, penanaman padi bergantung pada curah hujan di wilayah tersebut, disebabkan kebutuhan air pada lahan persawahan tersebut hanya memanfaatkan air hujan. Begitupun

dengan penanaman sayur-sayuran, jenis komoditi yang rentan pada curah hujan tinggi. Misalnya saja tanaman tomat, kentang, cabe, terong, bawang merah, kol atau kubis dan lain lainnya sangat rentan terhadap curah hujan tinggi, baik pada saat penanaman, pemeliharaan, produksi maupun pada saat panen dan pasca panen. Jika jadwal penanaman komoditi-komoditi itu tidak memperhatikan kondisi dan sifat curah hujan, bisa berakibat kegagalan yang merugikan para petani.

Panakar hujan berfungsi mengukur tinggi hujan dengan anggapan air hujan jatuh ke tanah menumpuk ke atas berupa kolom air. Air yang ditampung volumnya dibagi luas corong penampung, hasilnya adalah tinggi atau tebal, satuan yang dipakai adalah milimeter (mm). Secara umum alat penakar hujan terbagi dalam 3 jenis yaitu, jenis penakar hujan biasa tipe Observatorium atau konvensional, jenis penakar hujan mekanik recorder, jenis penakar hujan otomatis atau penakar hujan *tipping bucket rain gauge*^[11].

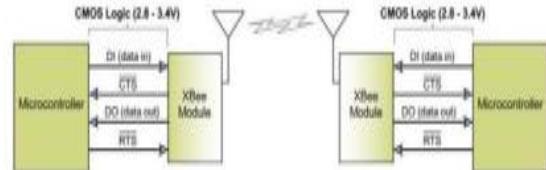
Salah satu penakar yang menghasilkan nilai curah hujan secara otomatis adalah penakar hujan tipe bejana berjungkit. Bejana berjungkit dibuat simetrik terhadap sumbu putarnya. Mekanisme ini telah dikalibrasi dan diatur, sehingga sudah tidak memerlukan lagi penyetelan. Pengamat hanya melakukan penyetelan horizontal dengan sekrup-sekrup yang tersedia. Dalam air hujan mungkin sekali terdapat debu baik kasar maupun halus yang terbawa pada waktu terjadi hujan, sehingga penakar membutuhkan saringan. Apabila saringan ini sudah kotor, dianjurkan untuk segera dibersihkan dengan melepaskan dari corongnya, karena mengganggu ketelitian pengukuran. Pemasangan pengukur hujan ini memenuhi syarat-syarat teknis yang ditetapkan dalam hidrologi. Pemasangan dengan menggunakan dasar beton perlu dilakukan dengan hati-hati agar tetap datar^[10].

Salah satu penakar hujan di BMKG yang pernah digunakan adalah penakar hujan bejana berjungkit model TB3-0,2 serial No.92-459. Penakar curah ini mengalami kerusakan pada *Data logger* sehingga tidak dapat lagi menyimpan data. Berdasarkan kenyataan ini peneliti membuat sistem pendukung penakar hujan bejana berjungkit ini supaya dapat digunakan. Sistem pendukung alat mempunyai komponen-komponen yaitu, sistem komunikasi tanpa kabel (wireless) XBee, modul sensor kontak listrik (*reed switch*), mikrokontroler arduino, modul jam waktu nyata (*real time clock*) DS1307, I/O expansion shield arduino dan adapter.

Komunikasi data merupakan bentuk komunikasi yang secara khusus berkaitan dengan transmisi data antara komputer-komputer dengan piranti-piranti yang lain dalam bentuk data digital yang dikirimkan melalui media komunikasi data. Model komunikasi data terdiri dari 3 jenis yaitu, komunikasi data satu arah, komunikasi data dua arah bergantian, komunikasi data dua arah bersamaan^[7].

Jaringan komputer nirkabel merupakan suatu teknologi yang cukup baru di dalam dunia jaringan

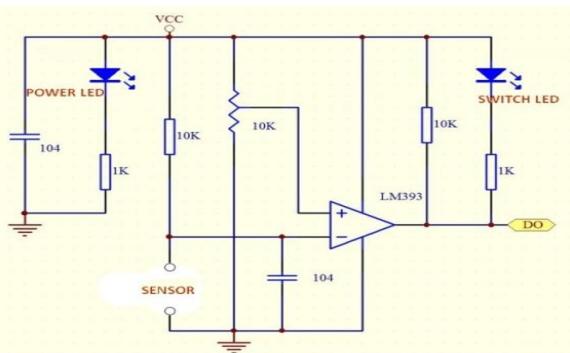
komputer dimana teknologi ini memungkinkan menghubungkan komputer tanpa menggunakan kabel melainkan menggunakan gelombang dengan frekuensi 2.4 GHz^[3]. Sistem pemanfaatan dan pengukuran jarak jauh terdiri dari 2 buah modul XBee Pro yang diatur sebagai sebuah penerima-pemancar maupun peman car-penerima. Konfigurasi XBee dengan mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi XBee dengan Mikrokontroler

Topologi pasangan merupakan jaringan yang sederhana dengan hanya menggunakan dua buah XBee atau persambungan. Satu persambungan harus menjadi koordinator sehingga jaringan dapat dibentuk, dan yang lain dikonfigurasikan sebagai ruter^[3].

Sensor kontak listrik adalah salah satu jenis sensor yang sering juga digunakan pada mesin-mesin industri seperti halnya sensor fotodioda dan sensor kedekatan, namun sensor ini mempunyai cara kerja yang berbeda dan cukup unik. Sensor kontak listrik memiliki bentuk yang cukup kecil namun rentan terhadap benturan. Sensor ini terdiri dari sepasang kontak logam yang mengandung besi dalam amplop tertutup rapat dalam kaca. Pada sistem yang kami buat, sensor kontak listrik diletakkan pada dinding bagian dalam dari bejana berjungkit. Sensor ini akan bekerja bila terdapat magnet di sekitar sensor.



Gambar 2. Rangkaian Sensor Kontak Listrik

Rangkaian penyusun dari modul sensor kontak listrik yang terdiri dari beberapa komponen, yaitu *light emitting diode* (LED), resistor, kapasitor, LM 393 dan modul sensor kontak listrik. Sensor kontak listrik adalah sensor magnetik yang bersifat terbuka secara normal dan menjadi tertutup secara normal ketika didekatkan dengan magnet. Ketika sensor kontak listrik ini didekatkan dengan medan magnet, kedua bahan *ferrous* di dalam sensor akan saling menarik sehingga sensor terhubung pada sinyal rendah. Jika

medan magnet dijauhkan kedua bahan terbuka pada sinyal tinggi.

Mikrokontroler adalah salah satu bagian dasar dari suatu sistem komputer. Meskipun mempunyai bentuk yang jauh lebih kecil dari suatu komputer pribadi dan kerangka komputer, mikrokontroler dibangun dari elemen-elemen dasar yang sama. Secara sederhana, komputer akan menghasilkan output spesifik berdasarkan inputan yang diterima dan program yang dikerjakan. Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikrokontroler arduino.



Gambar 3. Arduino Uno

Papan arduino Uno mikrokontroler berbasis ATmega328 yang memiliki 14 pin digital input/output (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, clock speed 16 MHz, koneksi USB jack listrik, header ICSP, dan tombol reset. Papan ini menggunakan daya yang terhubung ke komputer dengan kabel USB atau daya eksternal dengan adaptor AC-DC atau baterai.

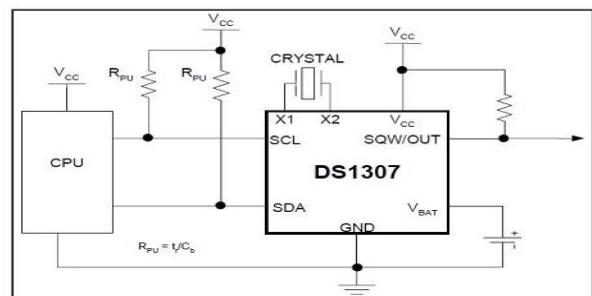
Arduino uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal dari adapter AC-ke-DC atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan menan capkan Power Jack, dapat juga dihubungkan pada power pin (Gnd dan Vin). Papan arduino uno dapat ber operasi pada pasokan eksternal dari 6 sampai 20 Volt. Jika disuplai kurang 7 V. Meskipun, pin 5 V dapat di suplai kurang dari 5 Volt, papan mungkin tidak stabil. Jika menggunakan tegangan lebih dari 12 V, regulator tegangan bisa panas dan merusak papan. Kisaran tegangan yang disarankan adalah 7 sampai 12 V.

Adapun pin power suplai pada arduino uno adalah: pin VIN, tegangan input papan Arduino ketika menggunakan sumber daya 5 Volt dari sambungan USB atau dari sumber regulator lain, pin 5 V, keluaran pin ini telah diatur sebesar 5 V dari regulator pada papan 5 V, pin 3v3, suplai 3,3 Volt dihasilkan oleh regulator pada papan, pin papan.



Gambar 4. Bentuk Fisik Modul Jam Waktu Nyata

DS1307 merupakan jam waktu nyata buatan Dallas-Maxim Semiconductor. DS1307 merupakan kalender dan jam digital. Fitur utama DS1307 adalah mampu menghitung detik, menit, jam, tanggal, tahun dengan koreksi tahun kabisat hingga tahun 2100, data yang diatur bisa disimpan dengan bantuan baterai cadangan, dan antarmuka I²C. Jam waktu nyata DS1307 digunakan sebagai pencatat waktu selama pengukuran dan penyimpanan data. Sebagai media penyimpanan data menggunakan EEPROM internal mikrokontroler ATMEGA32 yang berkapasitas 2 KB. Kapasitas EEPROM 2 KB ini mampu menyimpan data selama 24 jam dengan selang waktu pengukuran setiap 30 menit. Hasil penyimpanan data pada EEPROM ini akan didownload melalui RS232 ke komputer. Data tersimpan pada alat ukur ini ditampilkan dalam file dengan format txt^[8].



Gambar 5. Konfigurasi Umum DS1307 dan Mikrokontroler

DS1307 bisa beroperasi dalam 2 cara, yaitu *Slave Receiver Mode* (Write Mode) dan *Slave Transmitter Mode* (Read Mode). *Write mode* merupakan cara mikrokontroler menulis data ke dalam DS1307, misal ingin mengatur tanggal dan jam. Setelah dikirim kondisi *START*, mikrokontroler mengirim 7 bit alamat DS1307 yaitu “1101000” yang diikuti oleh *direction bit* (R/W), 0 untuk menulis dan 1 untuk membaca. Setelah menerima alamat DS1307 dan *direction bit* 0, DS1307 mengirim sinyal *acknowledge* pada SDA. Lalu mikrokontroler akan mengirimkan data yang akan ditulis. Setiap byte yang diterima akan diakhiri dengan sinyal *acknowledge*. Apabila mikrokontroler sudah selesai mengirim data, maka dikirim kondisi *STOP*.

Komponen elektronika yang berfungsi mengirimkan data ke personal komputer adalah modul XBee Pro. Modul XBee Pro merupakan modul RF (radio frekuensi) yang beroperasi pada frekuensi 2,4 Ghz. Sesuai *datasheet*, pada saat pengiriman data modul XBee Pro memerlukan catu daya 2,8 VDC

sampai 3,3 VDC. Modul XBee Pro akan membebani dengan arus sebesar 250 mA pada pengiriman data (Tx) dan arus 50 mA untuk penerimaan data (RX) dengan jangkauan: 100 meter dalam ruangan, 1500 meter di luar ruangan



Gambar 6. XBee Module^[12].

Pada modul XBee Pro terdapat 20 pin, namun yang digunakan hanya 6 pin, yaitu VCC dan GND untuk tegangan suplay, modul, RESET merupakan pin reset XBee Pro, DOUT merupakan pin Transmitter (Tx), DIN merupakan pin Receiver (RX) dan yang terakhir adalah PWMO/RSSI yaitu sebagai indikator penerimaan data yang biasanya dihubungkan ke LED.

I/O Expansion Shield untuk Arduino adalah peangkat tambahan yang digunakan untuk antarmuka beberapa modul yang cocok dengan papan arduino. Papan *Expansion Shield* ini memiliki masukan tegangan 5 VDC. Modul-modul yang cocok dan sesuai dengan papan Arduino dapat mendukung RS485, XBee Pro, APC220, SD Card dan Bluetooth.



Gambar 7. *I/O Expansion Shield*

Beberapa fitur yang dimiliki oleh *I/O Expansion Shield* ini adalah kompatibel dengan Arduino DUE, pemilihan tegangan kerja 3,3V atau 5V, tombol untuk memilih mode komunikasi tanpa kabel atau mode pemrograman antarmuka yang mudah diakses.

Catu daya sangat penting pada peralatan elektronika, karena hampir semua peralatan elektronika memerlukan tegangan DC untuk mengoperasikannya. Catu daya adalah suatu alat yang berfungsi mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Peralatan elektronika yang digunakan sekarang ini sebagian besar membutuhkan tegangan DC dengan tegangan yang lebih rendah untuk mengoperasikannya.



Gambar 8. Adapter

Kecanggihan teknologi hari ini menghasilkan banyak inovasi baru dalam bidang teknologi. Catu daya yang biasanya dirangkai sendiri, sekarang sudah dipermudah dengan adanya adapter. Adapter adalah komponen elektronika catu daya siap pakai. Tegangan keluaran dari adapter yang digunakan pada penelitian ini adalah 5 VDC.

Keunggulan yang dimiliki sistem ini adalah terletak pada sistem komunikasi data tanpa kabel yang berfungsi untuk mengirimkan data curah hujan tanpa kabel dari alat ukur curah hujan bejana berjungkit ke personal komputer. Pengamat tidak perlu terjun ke lapangan untuk mengambil data curah hujan yang tercatat pada alat ukur. Nilai curah hujan terkecil yang dapat dicatat oleh alat ukur adalah 0,27 mm. Tujuan penelitian ini adalah menjelaskan spesifikasi performansi dan spesifikasi desain sistem.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fisika (ELIN) FMIPA UNP dan BMKG Sicincin. Kegiatan penelitian di Laboratorium meliputi penulisan proposal penelitian, perancangan sistem dan perakitan komponen. Kegiatan penelitian di BMKG meliputi pengambilan data pada uji coba model dan uji coba aktual dan kalibrasi data.

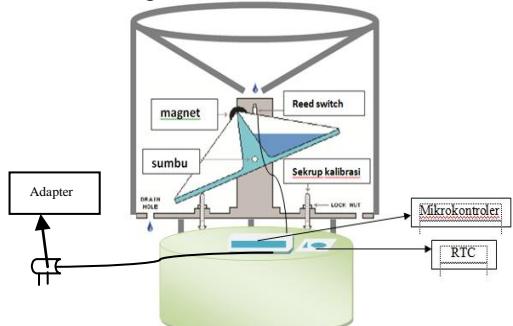
Penelitian ini tergolong kedalam penelitian rekayasa termasuk penelitian perangkat lunak. Penelitian rekayasa adalah kegiatan merancang atau mendesain, sehingga di dalamnya terdapat kontribusi baru baik dalam bentuk, proses maupun produk. Langkah-langkah dari penelitian rekayasa yaitu: deskripsi alat yang dibuat, manfaat dan kelebihan alat baru atau modifikasi, desain alat, cara membuat alat dan bahan dituliskan jika memang penelitian sampai taraf pembuatan alat.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari multimeter digital atau analog. Multimeter ini digunakan mengukur atau menguji nilai tegangan masukan dan keluaran dari rangkaian elektronika. Sementara itu, pembuatan penakar hujan otomatis ini menggunakan beberapa komponen elektronika seperti modul sensor kontak listrik, modul RTC, personal komputer, mikrokontroler arduino uno, modul XBee, adapter, penakar curah hujan bejana berjungkit model TB3-0.2 serial no.92-459 milik BMKG Sicincin dan *Automatic Rain Gauge (ARG)* BMKG sebagai alat ukur standar.

Pada bagian poros bejana berjungkit terdapat sensor kontak listrik dan magnet yang sudah terkalibrasi yang berfungsi untuk menghitung jumlah tetes air hujan yang masuk ke jungkitan. Hasil yang didapat selanjutnya akan diproses oleh mikrokontroler. Modul jam waktu nyata DS1307 berfungsi sebagai jam waktu nyata yaitu untuk mengatur waktu pada mikrokontroler. Mikrokontroler berfungsi untuk menkonversi data keluaran dari sensor kontak listrik dan RTC. Data yang telah dikonversi di

mikrokontroler akan dikirim menggunakan XBee ke personal komputer.

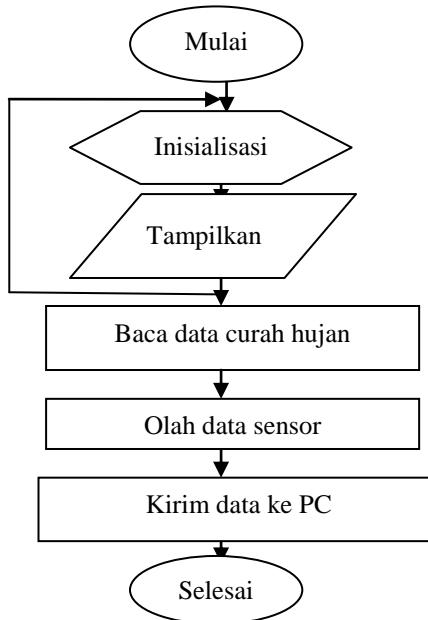
Adapun desain mekanik penakar curah hujan berjungkit model TB3-0.2 serial no.92-459 adalah sebagai berikut:



Gambar 9. Desain Mekanik Alat Ukur Curah Hujan

Secara umum alat ukur terdiri dari dua bagian. Bagian pertama adalah sistem mekanik alat ukur yang terdiri dari tabung silinder di bagian luar dengan corong bagian atas sebagai penampung air hujan, bagian dalam terdiri dari bejana berjungkit dengan volume bejana 10 ml, dan magnet di poros bejana berjungkit. Bagian kedua adalah rangkaian penyusun alat ukur curah hujan yang terdiri dari rangkaian sensor kontak listrik, rangkaian mikrokontroler, dan rangkaian RTC.

Adapun perangkat lunak yang digunakan adalah perangkat lunak X-CTU dan arduino, yaitu perangkat lunak dari produk XBee Pro dan arduino. Diagram alir program alat ukur curah hujan adalah sebagai berikut :



Gambar 10. Diagram Alir Alat Ukur Curah Hujan

Gambar 10 merupakan diagram alir pemrograman alat ukur curah hujan otomatis tipe bejana berjungkit menggunakan komunikasi tanpa kabel XBee. Proses pertama adalah proses inisialisasi oleh mikrokontroler

Arduino, kemudian penampilan judul, pembacaan sensor oleh mikrokontroler dikirim ke personal komputer.

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini adalah dengan melakukan pengukuran banyak gerakan jungkitan oleh sensor kontak listrik dalam bentuk perubahan nilai tegangan pada keluaran sensor kontak listrik. Nilai tegangan inilah yang akan memberikan respon pada rangkaian mikrokontroler sampai pada akhirnya diperoleh nilai curah hujan. Dari pengukuran dan pengumpulan data ini akan diketahui ketepatan dan ketelitian alat.

Analisis data digunakan untuk memperoleh kesimpulan, mengetahui tingkat ketelitian dari sistem. Ketepatan (*accuracy*) merupakan tingkat kesesuaian atau dekatnya suatu hasil pengukuran terhadap harga sebenarnya. Ketepatan dari sistem dapat ditentukan dari persentase kesalahan antara nilai aktual dengan nilai yang terlihat. Persentase kesalahan dapat ditentukan dari persamaan :

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{|Y_n - X_n|}{Y_n} \times 100\% \quad (1)$$

dimana; Y_n = Nilai sebenarnya dan X_n = Nilai yang terbaca pada alat ukur standar. Ketepatan pengukuran dari suatu sistem pengukuran dapat ditentukan melalui persamaan :

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \quad (2)$$

Ketepatan relatif rata-rata dari sistem pengukuran dapat ditentukan melalui persamaan:

$$\%A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \quad (3)$$

Pada persamaan, A merupakan akurasi relatif yang sering dikenal dengan ketepatan.

Hasil pengukuran dinyatakan dalam $X \pm \Delta X$ kemudian dapat ditentukan nilai rata-rata, standar deviasi, kesalahan mutlak dan relatif serta pelaporan hasil pengukuran. Nilai rata-rata pengukuran dinyatakan dengan rumus:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n X_n \quad (4)$$

dimana X_n adalah nilai dari data ke-n dan n adalah jumlah total pengukuran. Ketelitian dapat diekspresikan dalam bentuk matematika sebagai berikut:

$$\text{precision} = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \quad (5)$$

dimana; X_n = nilai dari pengukuran ke-n dan \bar{X}_n = rata-rata dari set n pengukuran. Untuk mengukur standar deviasi dapat digunakan persamaan:

$$\Delta X = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{n-1}} \quad (6)$$

Dari hasil pengukuran dapat dilihat seberapa besar kesalahan relatif pengukuran pada alat dengan menggunakan persamaan:

$$KR = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% \quad (7)$$

Untuk melaporkan hasil pengukuran terhadap suatu besaran dinyatakan dalam:

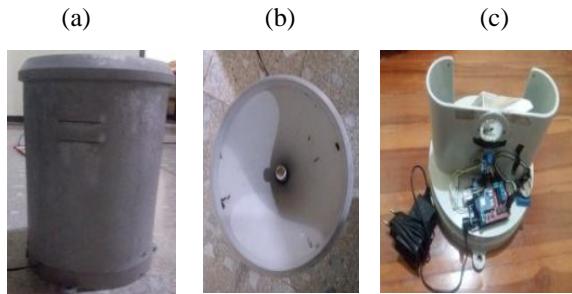
$$H = \bar{X} \pm \Delta X \quad (8)$$

Setelah data secara pengukuran dan perhitungan diperoleh maka data akan diolah dengan baik secara grafik dan statistik. Dari hasil pengolahan data tersebut akan di dapat sebuah kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian

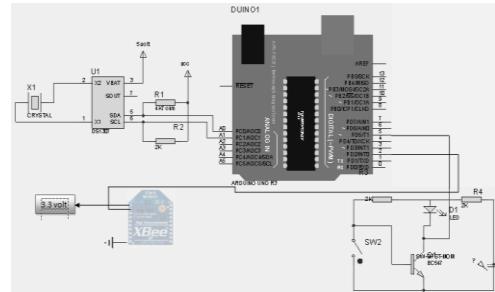
Spesifikasi performansi penakar curah hujan bejana berjungkitdiri dari bagian mekanik dan bagian elektronika. Mekanik sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah penakar curah hujan bejana berjungkit model TB3-0.2 serial no.92-459 milik BMKG Sicincin yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Foto Desain Mekanik Penakar Curah Hujan Bejana Berjungkit Model TB3-0.2 Serial No.92-459 Milik BMKG Sicincin: a) Bagian Luar, b) Bagian Atas, c) Bagian Dalam

Sistem mekanik alat ukur terdiri dari tabung silinder di bagian luar dengan corong bagian atas sebagai penampung air hujan, bagian dalam terdiri dari bejana berjungkit dengan volume bejana 10 ml yang berfungsi untuk menampung air hujan, dan magnet di poros bejana berjungkit yang berfungsi sebagai pengubah tegangan pada sensor kontak listrik.

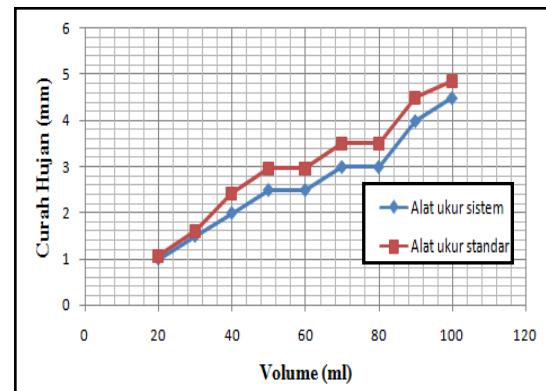
Bagian kedua adalah rangkaian elektronika penyusun alat ukur curah hujan yang terdiri dari rangkaian elektronika pada alat ukur dan rangkaian elektronika pada personal komputer. Rangkaian elektronika yang ada pada alat ukur terdiri dari rangkaian sensor kontak listrik, rangkaian XBee pemancar pada mikrokontroler, rangkaian RTC dan rangkaian elektronika pada personal komputer terdapat rangkaian XBee penerima. Rangkaian elektronika keseluruhan pada alat ukur curah hujan bejana berjungkit dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Rangkaian Penyusun Sistem

Prinsip kerja dari alat ukur curah hujan adalah pada saat air hujan jatuh ke bejana berjungkit sebanyak 10 ml maka bejana akan bergerak, sehingga magnet yang ada di poros bejana berjungkit juga bergerak melewati sensor kontak listrik. Sensor kemudian mencacah gerakan magnet yang bergerak. Keluaran sensor berupa bilangan analog yang akan dikonversi oleh mikrokontroler Arduino. Setiap bejana berjungkit 1 kali maka tegangan keluaran dikalikan 0,27 mm.

Ketepatan pengukuran uji coba hujan dimodelkan dari sistem alat ini yaitu dengan membandingkan hasil pengukuran dari sistem dengan alat ukur standar. Alat ukur standar yang digunakan adalah ARG yang ada di BMKG Sicincin. Teknik ini dilakukan dengan cara memasang alat ukur ini dekat alat ukur standar. Perbandingan hasil pengukuran curah hujan sistem dengan alat standar di BMKG Sicincin dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Perbandingan Hasil Pengukuran Curah Hujan Sistem Dengan Alat Standar di BMKG

Gambar 13 menggambarkan perbandingan hasil pengukuran curah hujan sistem dengan ARG. Persentase kesalahan sistem berkisar antara 8% hingga 21 % dan kesalahan rata-rata 14%.

Ketelitian pengukuran curah hujan dapat ditentukan dengan pengukuran berulang model hujan dengan 3 variasi volume air. Pengulangan ini dilakukan untuk memperbanyak data pada pengolahan data, selain itu pengukuran berulang sangat dianjurkan untuk mencari nilai yang mendekati nilai sebenarnya. Berdasarkan pengukuran dapat ditentukan nilai rata-rata, standar deviasi, persentase simpangan dan

ketelitian. Ketelitian pengukuran curah hujan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketelitian Pengukuran Curah Hujan (CH)

Volu me	CH	Ketel itian	ΔCH	$CH \pm \Delta CH$	KR(%)
50	1,73	0,90	0,08	$1,73 \pm 0,08$	0,08%
75	3,11	0,95	0,08	$3,11 \pm 0,08$	0,08%
150	6,291	0,93	0,05	$6,291 \pm 0,05$	0,05%

Dari Tabel 1 hasil ketelitian pengukuran curah hujan dengan 3 variasi volume model hujan terlihat bahwa alat ukur memiliki ketelitian yang cukup tinggi untuk pengukuran curah hujan. Pengukuran ketelitian dilakukan dengan mengukur curah hujan dimodelkan sebanyak 10 kali pengukuran. Hasil pengukuran didapatkan ketelitian pengukuran curah hujan 0,93 dengan standar deviasi 0,07 dan kesalahan relatif rata-rata yaitu 0,07%.

Ketepatan transmisi data didapatkan dari pengujian pengiriman data yang ada pada alat. Data ketepatan transmisi data alat ukur ke personal komputer didapatkan dengan membandingkan data dari alat dengan data yang terkirim ke personal komputer. Jarak antara alat ukur dengan personal komputer adalah 20 meter. Data ketepatan transmisi data dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Ketepatan Transmisi Data

No	Jumlah Jungkitan		Persen Kesalahan	Ketepatan Relatif	Persen Ketepatan
	Alat	Diterima			
1	1 jungkitan	1 jungkitan	0%	1	100%
2	2 jungkitan	2 jungkitan	0%	1	100%
3	3 jungkitan	3 jungkitan	0%	1	100%
4	4 jungkitan	4 jungkitan	0%	1	100%
5	5 jungkitan	5 jungkitan	0%	1	100%
6	6 jungkitan	6 jungkitan	0%	1	100%
7	7 jungkitan	7 jungkitan	0%	1	100%
8	8 jungkitan	8 jungkitan	0%	1	100%
9	9 jungkitan	9 jungkitan	0%	1	100%
10	10 jungkitan	10 jungkitan	0%	1	100%

Pada Tabel 2 dapat dilihat hasil pengujian transmisi data dari alat ukur ke PC. Dari hasil pengujian ketepatan transmisi data didapatkan persen kesalahan 0%, ketepatan relatif 1 dan persen ketepatan 100%. Pemancar yang ada pada alat ukur mengirimkan data curah hujan yang sama ke penerima yang ada di personal komputer.

Ketepatan pengukuran uji coba hujan aktual dari alat ukur curah hujan bejana berjungkit ini yaitu dengan membandingkan hasil pengukuran curah hujan pada sistem dengan hasil pengukuran curah hujan alat ukur standar yang ada di BMKG Sicincin. Teknik pengukuran curah hujan dilakukan dengan cara memasang alat ukur ini dekat alat ukur standar. Data curah hujan uji coba hujan aktual pada tanggal 25 Mei 2016 dari kedua alat ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Ketepatan Sistem Pada Uji Coba Hujan Aktual Tanggal 25 Mei 2016

No	Waktu Pengukuran	Curah Hujan (mm)		Persen Kesalahan	Ketepatan relatif	Persen Kesalahan
		ARG	Sistem			
1	21:16	0,58	0,5	8%	0,92	92%
2	21:18	1,08	1	8%	0,92	92%
3	21:20	1,62	1,5	8%	0,92	92%
4	21:26	2,16	2	8%	0,92	92%
5	21:53	2,7	2,5	8%	0,92	92%
6	21:58	3,24	3	8%	0,92	92%
7	22:28	3,78	3,5	8%	0,92	92%

Dari Tabel 3 ketepatan alat ukur curah hujan tipe bejana berjungkit pada uji coba aktual dapat dilihat bahwa persentase kesalahan 8%, ketepatan relatif rata-rata 0,92 dan persentase ketepatan rata-rata yang diperoleh dari perbandingan ini adalah 92%. Nilai curah hujan pada alat ukur bejana berjungkit mendekati nilai curah hujan yang ada pada alat ukur standar. Alat ukur ini dapat digunakan oleh pengamat di BMKG Sicincin.

Pembahasan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan baik secara grafik maupun statistik menunjukkan bahwa hasil penelitian sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem ini terdiri dari dua bagian, yaitu bagian mekanik dan bagian rangkaian elektronika. Bagian mekanik yang digunakan dalam penelitian ini adalah penakar curah hujan bejana berjungkit model TB-0.2 serial no.92-459 milik BMKG Sicincin yang memiliki kerusakan pada data logger dan sensor. Bagian mekanik terdiri dari tabung silinder yang terbuat dari aluminium. Bagian atas silinder berbentuk kerucut dengan diameter 20 cm, dan tinggi kerucut 10 cm. Pada bagian dalam terdapat 2 buah bejana yang saling berjungkit, magnet pada porosbejana berjungkit. Bagian rangkaian elektronika pada alat ukur adalah bagian yang peneliti susun sendiri untuk melengkapi bagian mekanik yang ada supaya dapat digunakan untuk mengukur curah hujan. Rangkaian elektronika pada alat ukur ini terdiri dari rangkaian sensor kontak listrik, rangkaian jam waktu nyata, rangkaian mikrokontroler Arduino Uno, rangkaian XBee pemancar pada alat ukur dan rangkaian XBee penerima pada personal komputer.

Prinsip kerja dari alat ukur curah hujan bejana berjungkit adalah pada saat air hujan jatuh ke jungkitan yang ada pada bagian dalam alat ini sebanyak 10 ml maka bejana akan bergerak. Bejana akan bergantian berjungkit, sehingga magnet yang ada di poros bejana berjungkit juga bergerak melewati sensor kontak listrik. Sensor kontak listrik kemudian mencacah gerakan magnet yang bergerak melewati sensor. Keluaran sensor berupa bilangan analog yang akan dikonversi oleh mikrokontroler Arduino. Setiap bejana berjungkit 1 kali maka tegangan keluaran dikalikan 0,27 mm.

Pengujian alat ukur dilakukan dengan uji coba hujan dimodelkan dan uji coba hujan aktual. Pada uji coba dimodelkan dibuat model hujan dengan menyemprotkan air yang dimasukkan ke dalam botol aqua dan disemprotkan ke sistem dan alat ukur standar

dengan variasi volume yang sama. Dari hasil pengukuran uji coba hujan dimodelkan didapatkan persentase ketepatan rata-rata 0,86 dan persentase kesalahan rata-rata yang didapat 14% dan ketelitian rata-rata curah hujan adalah 0,93, standar deviasi rata-rata 0,07 dan kesalahan relatif rata-rata 0,07%. Dari hasil pengujian transmisi data dari alat ukur ke personal komputer didapatkan persen kesalahan 0%, ketepatan relatif 1 dan persen ketepatan 100%. Pada uji coba hujan aktual, data yang diukur adalah hujan aktual pada 25 Mei 2016. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, ketepatan relatif dari alat ukur ini 0,92 dan persentase ketepatan 8% dengan pesentase kesalahan rata-rata 8%.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yaitu, pengamatan hujan aktual hanya dilakukan 2 hari, penelitian selanjutnya dilakukan pengamatan hujan aktual beberapa hari untuk mendapatkan hasil perbandingan curah hujan pada sistem dan alat ukur yang lebih akurat. Penyimpanan datayang terkirim ke personal komputer tidak langsung tersimpan otomatis, penyimpanan data secara otomatis dapat ditambahkan *SD card* pada alatsupaya data tersimpan secara otomatis pada alat ukur supaya data tidak hilang saat mati lampu. Jarak pengiriman data dari alat ukur ke personal komputerhanya20 m, pengiriman data dapat lebih jauh lagi dengan menambah antena pada XBee.Ukuran jungkitanpada alat ukur ini tidaksesuai dengan jungkitanalat ukur standar.Jungkitan bisa dibuat sendiri dengan bahan seng dengan ukuran yang sama dengan jungkitan alat ukur standar.

Kelebihan dari alat ukur ini terletak pada pengiriman data curah hujan ke personal komputer dan ketelitian alat ukur. Alat ukur ini menggunakan komunikasi data tanpa kabel yang bisa mengirim data curah hujan dari alat ukur cutah hujan dengan jarak 20 m dari personal komputer, sehingga pengamat tidak perlu lagi terjun ke lapangan untuk mengambil data curah hujan. Data yang tersimpan di personal komputer bisa dibuka dengan Notepad, Wordpad dan Microsoft word. Alat ukur ini lebih teliti dapat megukur curah hujan 0,27 mm.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa terhadap besaran fisika yang ada pada alat ukur curah hujan menggunakan sensor kontak listrikdengan data tersimpan dan terkirim ke personal komputer, didapatkan beberapa kesimpulan dari penelitian yaitu :

1. Spesifikasi performansi sistem terdiri bagian mekanik dan bagian rangkaian elektronika. Bagian mekanik terdiri dari bagian luar berbentuk silinder yang diatasnya terdapat corong kerucut, dan bagian dalam terdiri dari bejana berjungkit, dan magnet yang terletak pada poros bejana berjungkit. Bagian rangkaian elektronika meliputi rangkaian sensor kontak listrik, rangkaian jam waktu nyata, rangkaian mikrokontroler arduino uno, rangkaian XBeepemancar, rangkaian XBeepenerima.
2. Spesifikasi desain alat ukur ini adalah sebagai berikut :
 - a. Dari hasil uji coba model didapatkan persentase kesalahan rata-rata 14%, persentase ketepatan 86%, ketelitian sata-rata 0,93, standar deviasi rata-rata 0,07 dan kesalahan relatif rata-rata 0,07%. Ketepatan transmisi data yaitu persentase kesalahan 0%, ketepatan relatif 1 dan persentase ketepatan 100%. Ketepatan dari sistem alat ukur ini mendekati nilai sebenarnya.
 - b. Hasil uji coba aktual pada tanggal 25 Mei 2016didapatkan presentase kesalahan 8% , ketepatan relatif rata-rata 0,92 dan presentase ketepatan rata-rata yang diperoleh dari perbandingan ini adalah 92%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Benyamin Lakitan. 1994. Dasar-dasar Klimatologi. PT Raja Grafindo Persada : Jakarta.
- [2] Darwisaman dan Zawirman. 2012. Bahan Ajar Mata Kuliah : Meteorologi Klimatologi. FIS UNP : Padang.
- [3] Heri Susanto. 2013. Perancangan Sistem Telemetri Wireless Untuk Mengukur Suhu Dan Kelembaban Berbasis Arduino Uno R3 Atmega 328p Dan Xbee Pro. Fakultas Teknik Universitas Maritim Raja Ali Haji: Tanjung Pinang.
- [4] Imam Suharjo. 2009. Analisis Penggunaan Jaringan Kabel Listrik Sebagai Media Komunikasi Data Internet. Program Studi Teknik Elektro UMBY : Yogyakarta
- [5] Indarto. 2010. Hidrologi Dasar Teori Dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. Bumi Aksara :Jakarta.
- [6] Mahmud Achmad,. 2011. Hidrologi Teknik. Universitas Hasanuddin : Makassar.
- [7] Mushlihudin. 2010. Bahan Kuliah Komunikasi Data. Teknik Elektro Universitas Ahmad Dahlan: Yogyakarta.
- [8] Nofri Hardisal. 2013. Desain dan Pembuatan Alat Ukur Suhu dan Kelembaban Udara Berbasis Digital Dengan Data Tersimpan Menggunakan Sensor SHT75. FMIPA UNP : Padang
- [9] Rhido Pratama. 2013. Pembuatan Sistem Pengukuran Durasi Penyinaran Matahari Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Menggunakan Sensor LDR Universitas Negeri Padang : Padang.
- [10] Sri Harto Br. 1993. Analisis Hidrologi. PT Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.
- [11] Valentina Sophia Manullang,. 2013. Modifikasi Penakar Hujan Otomatis Tipe Tipping Bucket Dengan Hall Effect Sensor Ats276 . FMIPA USU :Medan.
- [12] Yuliza. 2013. Komunikasi Antar Robot Menggunakan RF Xbee dan Arduino Microcontroller.Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana:
3. Jakarta.