

KARAKTERISTIK SENSOR KAPASITIF PELAT SEJAJAR DALAM APLIKASINYA SEBAGAI INSTRUMEN PENGUKUR CURAH HUJAN BERBASIS ARDUINO UNO

Bowo Eko Cahyono*, Supriyadi, dan M. Ainur Rofiq

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
*email: bowo_ec.fmipa@unej.ac.id

ABSTRACT

This research aims to study the characteristics of parallel plate capacitor in its application as a rain gauge instrument based on Arduino with LCD display. This designed device is able to read and display the output voltage, capacitance value, dielectric constant and level of rainfall due to the changing of the composition of dielectric materials between the capacitor plates. The system has been assessed in 3 stages i.e. the accuracy test of read capacitance value, the water level value, and the field validation. The values of sensor capacitance displayed in the LCD are compared to the values of sensor capacitance measured by CM-3300A capacitance meter. In this test we obtained that the results of capacitance values measured by those two different methods are closed each other. The highest difference is 20.97pF at a water level of 15cm. The read of water level is compared to the ruler's measured value, and the results showed that the smallest difference is 0.19 mm and the largest difference is 4.93 mm. Moreover, based on the direct test in the field we got that the difference of precipitation values obtained by this sensor and the standard measurement device is not far away, with the average difference is less than 5mm. In general, this rain gauge system has shown the good performance criteria when tested and applied to measure rain level directly in the field. These results have shown that this rain gauge system has been met the expectation.

Keywords: Rain gauge, Precipitation, Capacitance, Dielectric, Arduino Uno

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik dari kapasitor pelat sejajar sebagai sensor dalam alat ukur curah hujan berbasis Arduino dengan tampilan LCD. Alat ini mampu membaca dan menampilkan tegangan keluaran, nilai kapasitansi, konstanta dielektrik dan tinggi level curah hujan akibat adanya perubahan komposisi bahan dielektrik di antara pelat kapasitor. Sistem yang didesain telah diuji dalam 3 tahapan yaitu, uji akurasi pembacaan nilai kapasitansi, nilai ketinggian air, dan pengujian di lapangan. Nilai-nilai kapasitansi sensor yang ditampilkan dalam LCD dibandingkan dengan nilai kapasitansi sensor yang diukur dengan menggunakan kapasitansi meter CM-3300A. Dalam pengujian ini didapatkan hasil bahwa nilai-nilai kapasitansi yang diukur dengan dua metode yang berbeda tersebut saling berdekatan. Selisih tertinggi adalah 20,97pF pada ketinggian 15cm. Tinggi level air yang terbaca dibandingkan dengan pembacaan menggunakan penggaris dan hasilnya menunjukkan bahwa selisih terkecil yaitu 0,19 mm dan selisih terbesar 4,93 mm. Selanjutnya berdasarkan pengujian langsung di lapangan didapatkan selisih yang tidak terlalu jauh, dengan rata-rata selisih yang diperoleh kurang dari 5 mm. Secara umum, sistem alat ukur curah hujan telah menunjukkan kinerja yang bagus saat dilakukan pengujian dan diaplikasikan pada kondisi hujan secara langsung di lapangan. Hasil tersebut telah menunjukkan bahwa sistem alat ukur curah hujan telah sesuai dengan apa yang diharapkan.

Kata Kunci: Hujan, Kapasitansi, Dielektrik, Arduino Uno.

PENDAHULUAN

Curah hujan merupakan salah satu komponen utama dalam penentuan iklim dan cuaca. Keberadaan hujan penting dalam kehidupan, karena hujan dapat mencukupi kebutuhan air yang sangat berguna bagi makhluk hidup. Dalam bidang pertanian, beberapa komoditi seperti padi, sayur-sayuran dalam proses penanamannya sangat dipengaruhi oleh kondisi curah hujan. Daerah persawahan yang belum memiliki irigasi, penanaman padi bergantung pada kondisi curah hujan di daerah tersebut, sehingga petani dalam melakukan cocok tanam akan ditentukan oleh distribusi hujan ^[1].

Di sisi lain, datangnya hujan dengan intensitas yang sangat tinggi dan tidak seimbang dengan kebutuhan akan terbuang percuma bahkan dapat menyebabkan bencana banjir. Berbagai cara digunakan untuk mengatasi bencana banjir yang diakibatkan oleh tingginya intensitas curah hujan diantaranya memperbaiki irigasi atau menambah titik resapan air. Namun terkadang cara yang digunakan untuk mengatasi banjir belum cukup untuk meminimalisir kerusakan yang ada. Pengukuran curah hujan ini sangat diperlukan karena untuk mengetahui pola distribusi curah hujan ^[1]. Pola distribusi curah hujan dapat digunakan untuk mengetahui dan melakukan analisis cocok tidaknya mengembangkan jenis tanaman tertentu di suatu wilayah yang bercurah hujan tinggi atau rendah. Pola distribusi curah hujan juga dapat digunakan sebagai informasi dalam pencegahan dini dari bencana banjir, oleh karena itu informasi tentang curah hujan sangat penting untuk mengatur pengelolaan air dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia.

Curah hujan dapat diukur dengan menggunakan alat yang dikenal dengan nama “*rain gauge*” yang menggunakan prinsip kerja secara manual maupun otomatis. Dengan menggunakan penakar hujan secara manual, maka pengambilan data juga dilakukan secara manual. Tinggi permukaan air hujan yang tertampung pada wadah diukur dan dicatat secara manual. Di sisi lain, alat pengukur curah hujan otomatis menggunakan alat ukur digital yang proses pengukuran dan pencatatannya dilakukan secara elektronik yang diprogram untuk bekerja secara otomatis ^[2].

Berbagai jenis pengukur curah hujan yang telah dikembangkan saat ini diantaranya jenis *weighing*, *tipping bucket* (TB), optik, kapasitansi dan lain-lain ^[3]. Penakar tipe *tipping bucket* bekerja seperti jungkat-jungkit yang bergantian menampung air hujan. Permana *et. al.* ^[4], telah mengembangkan alat ukur curah hujan menggunakan jenis *tipping bucket* berbasis Arduino. Kelebihan dari alat ini banyak dikembangkan dan sudah dapat menampilkan tinggi curah hujan dengan baik dengan dikontrol oleh Arduino. Namun kekurangan dari jenis *tipping bucket* adalah desain yang terlalu rumit dan tidak sederhana. Tipe lain yang dapat dikembangkan untuk pengukur curah hujan menggunakan prinsip kapasitansi atau menggunakan kapasitor sebagai sensor. Sa-Ngiamvibool *et. al.* ^[5], telah mengembangkan kapasitor jenis silinder sebagai sensor pada alat ukur curah hujan otomatis dengan mikrokontroler. Alat ini mampu memberikan informasi level air hujan dari pengukuran kapasitansi. Jika dilihat dari bentuk konduktornya, kapasitor plat sejajar lebih sederhana dan mudah dibuat jika dibandingkan dengan bentuk kapasitor yang lain seperti kapasitor silinder. Berdasarkan penelitian dari Permana *et. al.* ^[4] dan Sa-Ngiamvibool *et. al.* ^[5], penulis mencoba untuk merancang dan membuat suatu alat ukur curah hujan menggunakan sensor kapasitif plat sejajar berbasis mikrokontroler Arduino dengan penampil LCD.

Menurut Sutrisno^[6], kapasitor plat sejajar adalah kapasitor yang terdiri dari dua plat konduktor yang ditempatkan berdekatan tetapi tidak bersentuhan. Nilai kapasitansi dari suatu kapasitor plat sejajar bergantung pada ukuran, bentuk dan posisi relatif dari dua plat

konduktor serta bahan penyekat antara dua konduktor tersebut yang disebut dengan bahan dielektrik. Dalam penelitian ini bahan dielektrik yang digunakan adalah air hujan yang akan diukur ketinggiannya. Penambahan mikrokontroler Arduino bertujuan agar nilai kapasitansi yang ada dapat diolah dan dikontrol untuk dirubah dalam satuan tinggi yang nantinya data tinggi curah hujan dapat ditampilkan digital setiap saat pada layar LCD.

Kapasitor adalah komponen elektrik yang berfungsi menyimpan energi potensial listrik dan muatan listrik. Kapasitor adalah piranti elektronika yang mampu menyimpan muatan listrik (kapasitansi). Umumnya, nilai kapasitansi sebuah kapasitor ditentukan oleh bahan dielektrik yang digunakan ^[7]. Kapasitor memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran, tetapi pada prinsipnya sama saja tersusun dari dua keping konduktor dan dipisahkan oleh dielektrik. Kedua keping konduktor pada kapasitor diberi muatan sama, tetapi berlawanan jenis. Keping yang satu diberi muatan positif dan keping yang lain diberi muatan negatif. Namun, secara keseluruhan kapasitor bermuatan netral. Berdasarkan kemampuan menyimpan muatan, kapasitor dapat dibedakan menjadi dua jenis. Kapasitor dengan kapasitansi tetap dan kapasitor dengan kapasitansi dapat diubah-ubah atau kapasitor variabel ^[8]. Kemampuan kapasitor dalam menyimpan muatan listrik didefinisikan sebagai kapasitansi. Kapasitansi bergantung pada luas permukaan keping, jarak antara kedua keping, dan dielektrik yang digunakan. Nilai kapasitansi akan besar jika luas permukaan keping besar. Akan tetapi kapasitansi akan mengecil bila jarak antara kedua keping besar. Dengan kata lain kapasitansi berbanding lurus dengan luas permukaan keping dan berbanding terbalik dengan jarak antara kedua keping ^[8].

Berdasarkan bentuknya, salah satu kapasitor yang biasa kita kenal adalah kapasitor plat sejajar. Kapasitor ini adalah kapasitor yang terdiri dari dua plat konduktor yang ditempatkan berdekatan tetapi tidak bersentuhan. Nilai kapasitansi dari suatu kapasitor plat sejajar juga bergantung pada ukuran, bentuk dan posisi relatif dari dua plat konduktor serta bahan penyekat antara dua konduktor tersebut yang disebut dengan bahan dielektrik. Bahan dielektrik adalah suatu bahan yang memiliki daya hantar arus yang sangat kecil atau bahkan hampir tidak ada ^[9]. Bahan dielektrik dapat berwujud padat, cair dan gas. Tidak seperti konduktor, pada bahan dielektrik tidak terdapat elektron-elektron konduksi yang bebas bergerak di seluruh bahan oleh pengaruh medan listrik. Medan listrik tidak akan menghasilkan pergerakan muatan dalam bahan dielektrik. Sifat inilah yang menyebabkan bahan dielektrik itu merupakan isolator yang baik. Dalam bahan dielektrik, semua elektron-elektron terikat dengan kuat pada intinya sehingga terbentuk suatu struktur regangan (lattice) benda padat, atau dalam hal cairan atau gas, bagian-bagian positif dan negatifnya terikat bersama-sama sehingga tiap aliran massa tidak merupakan perpindahan dari muatan. Karena itu, jika suatu dielektrik diberi muatan listrik, muatan ini akan tinggal terlokalisasi di daerah di mana muatan tadi ditempatkan ^[10]. Efisiensi relatif suatu bahan sebagai dielektrik ditunjukkan oleh konstanta dielektrik (K) dan permitivitas bahan ^[11]. Konstanta dielektrik suatu bahan didefinisikan sebagai perbandingan antara kapasitas kapasitor plat sejajar yang menggunakan dielektrik dari bahan tersebut dan kapasitor plat sejajar yang menggunakan udara sebagai dielektriknya.

Dalam penelitian ini bahan dielektrik yang digunakan adalah air hujan yang akan diukur ketinggiannya. Penambahan mikrokontroler Arduino bertujuan agar nilai kapasitansi yang ada dapat diolah dan dikontrol untuk dirubah dalam satuan tinggi yang nantinya data tinggi curah hujan dapat ditampilkan digital setiap saat pada layar LCD ^[6]. Untuk mengukur ketinggian air yang ada di antara kedua pelat kapasitor, digunakan perbandingan komposisi bahan dielektrik yaitu air dan udara. Perbedaan komposisi atau perbandingan ketinggian air

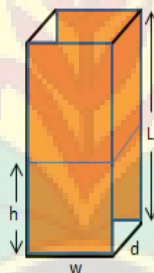
dan udara sebagai bahan dielektrik akan mempengaruhi nilai kapasitansi dari kapasitor yang terukur. Ketika volume air bertambah maka udara berkurang karena kapasitansi udara dianggap kecil maka perubahan kapasitansi udara sangat kecil. Ketika volume air berubah maka luas kapasitor air akan berubah sehingga mempengaruhi kapasitansi total, dimana kapasitansi total ini sebanding dengan nilai h (ketinggian air) ^[9].

METODE

Pelaksanaan penelitian ini terbagi menjadi tiga bagian yaitu perancangan dan pengujian sensor kapasitif, pemrograman perangkat lunak untuk menampilkan hasil level curah hujan pada LCD, dan pengujian atau validasi lapangan.

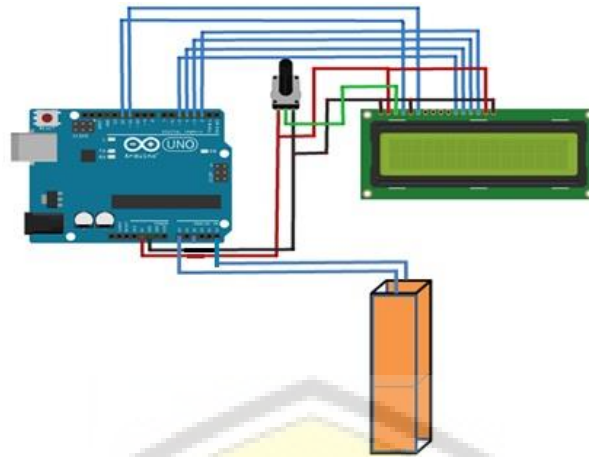
a. Perancangan dan pengujian sensor kapasitif

Perancangan sensor kapasitif menggunakan lempengan konduktor yang ditempatkan sejajar. Dalam perancangan sensor kapasitif ini, lempengan tembaga yang digunakan berupa PCB. Dimensi dari plat tersebut adalah panjang 20,9 cm dan lebarnya yaitu 4,6 cm yang ditempatkan saling berhadapan dan dipisahkan sejauh 0,8 cm. Plat konduktor tersebut dilapisi oleh bahan isolator listrik berupa cat atau plastik agar tidak terjadi kebocoran arus ketika kedua lempeng tersebut dihubungkan dengan kutub-kutub sumber tegangan yang berlainan polaritasnya. Kedua plat tembaga diletakkan pada wadah yang terbuat dari kaca dengan tinggi dan lebar sama seperti plat konduktor yang dibuat. Wadah kaca dapat berfungsi sebagai penampung air hujan yang berfungsi sebagai bahan dielektrik dalam sensor kapasitif dalam penelitian ini. Ilustrasi desain sensor kapasitif diberikan pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Desain sensor kapasitif

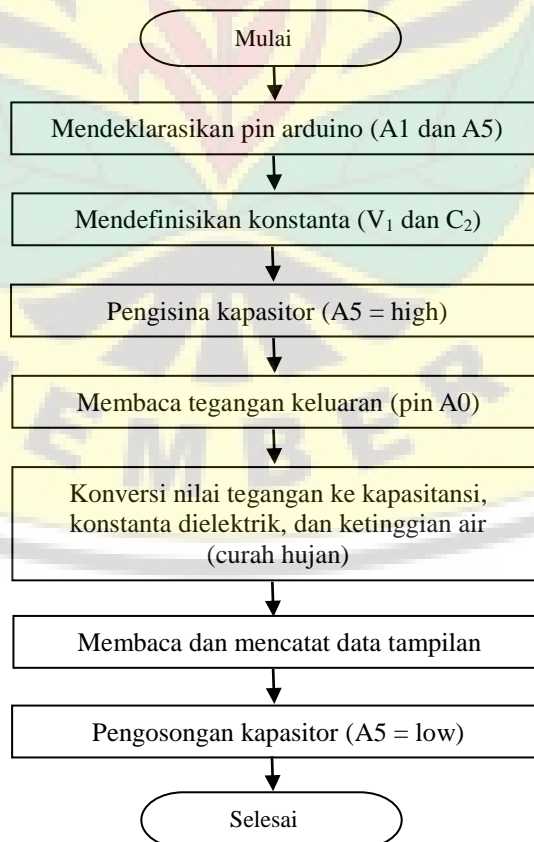
Selanjutnya sensor kapasitif yang telah dibuat dihubungkan dengan Arduino melalui pin analog A0 dan A5 yang di setiap pin mengeluarkan tegangan 5 V. Dalam kasus ini, pin A5 pada Arduino berfungsi sebagai pensuplai tegangan, sehingga plat konduktor yang terhubung dengan pin A5 akan bermuatan positif. Sedangkan sebaliknya, plat yang tidak terhubung dengan A5 akan bermuatan negatif. Prinsip pengisian dari kapasitor terjadi ketika, pada pin A5 dibuat keadaan tinggi atau 5 V, sehingga dalam hal ini, kapasitor akan terisi karena tersuplai tegangan dari pin A5. Sedangkan proses pengosongan kapasitor terjadi, ketika pada pin A5 Arduino dibuat rendah atau 0 V, dimana dalam keadaan ini, muatan yang tersimpan pada kapasitor akan lepas hingga kapasitor tidak bermuatan. Diagram rangkaian alat ukur curah hujan yang didesain ini tampak seperti gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Rangkaian Alat Ukur Curah Hujan

b. Pemrograman Perangkat Lunak

Pemrograman perangkat lunak bertujuan untuk memasukkan program ke dalam mikrokontroller dari sistem Arduino Uno sehingga nantinya sistem ini dapat bekerja secara otomatis menampilkan hasil pengukuran yang diinginkan seperti halnya nilai tegangan keluaran dari kapasitor, nilai kapasitansi, dan nilai konstanta dielektrik serta terakhir adalah nilai dari ketinggian air hujan yang ada di dalam sensor kapasitansi pelat sejajar. Langkah-langkah pemrograman yang dilakukan digambarkan dalam diagram alir seperti tampak pada gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Langkah-langkah Pemrograman

c. Pengujian atau validasi lapangan

Dalam pengujian lapangan, instrumen yang telah didesain dan diuji keakuratannya dibawa ke stasiun pengukuran curah hujan di UPT Pengairan Kecamatan Patrang Kabupaten Jember. Instrumen ditaruh berdekatan dengan alat pengukur curah hujan yang ada di UPT Pengairan. Selama sebelas hari berturut-turut curah hujan yang terbaca dari kedua peralatan yang ada dicatat dan dari data yang diperoleh dibuat grafik perbedaan nilai terukur setiap harinya. Selanjutnya analisis dan diskusi dilakukan berdasarkan hasil data yang diperoleh untuk akhirnya diambil kesimpulan dari keseluruhan penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Alat

Setelah alat didesain dan dirangkai seperti tampak pada Gambar 1 dan Gambar 2 selanjutnya alat tersebut diuji atau dikalibrasi untuk mengetahui keakuratan hasil pengukuran yang terbaca. Proses pengujian ini dilakukan dengan mengukur berapa nilai konstanta dielektrik bahan yang sudah tertentu dalam referensi yakni udara dan aquades. Berdasarkan referensi, nilai konstanta dielektrik dari udara adalah 1 sedang nilai konstanta dielektrik dari aquades adalah 78. Nilai konstanta dielektrik udara ditentukan dengan mengosongkan air yang ada diantara pelat kapasitor atau hanya berisi udara. Sedang nilai konstanta dielektrik aquades diukur dengan mengisi penuh aquades dalam ruangan atau wadah di antara pelat kapasitor. Data hasil kalibrasi dari sistem yang dibuat diberikan pada tabel 1 dan 2 berikut. Nilai K_1 sampai K_5 berturut-turut adalah nilai konstanta dielektrik pada pengukuran ke 1 sampai pengukuran ke 5, K' adalah nilai rata-rata dari 5 kali pengukuran, K_{teori} adalah nilai konstanta dielektrik bahan berdasarkan referensi, ΔK adalah selisih nilai rata-rata dan teori, dan D (%) adalah nilai diskrepansi.

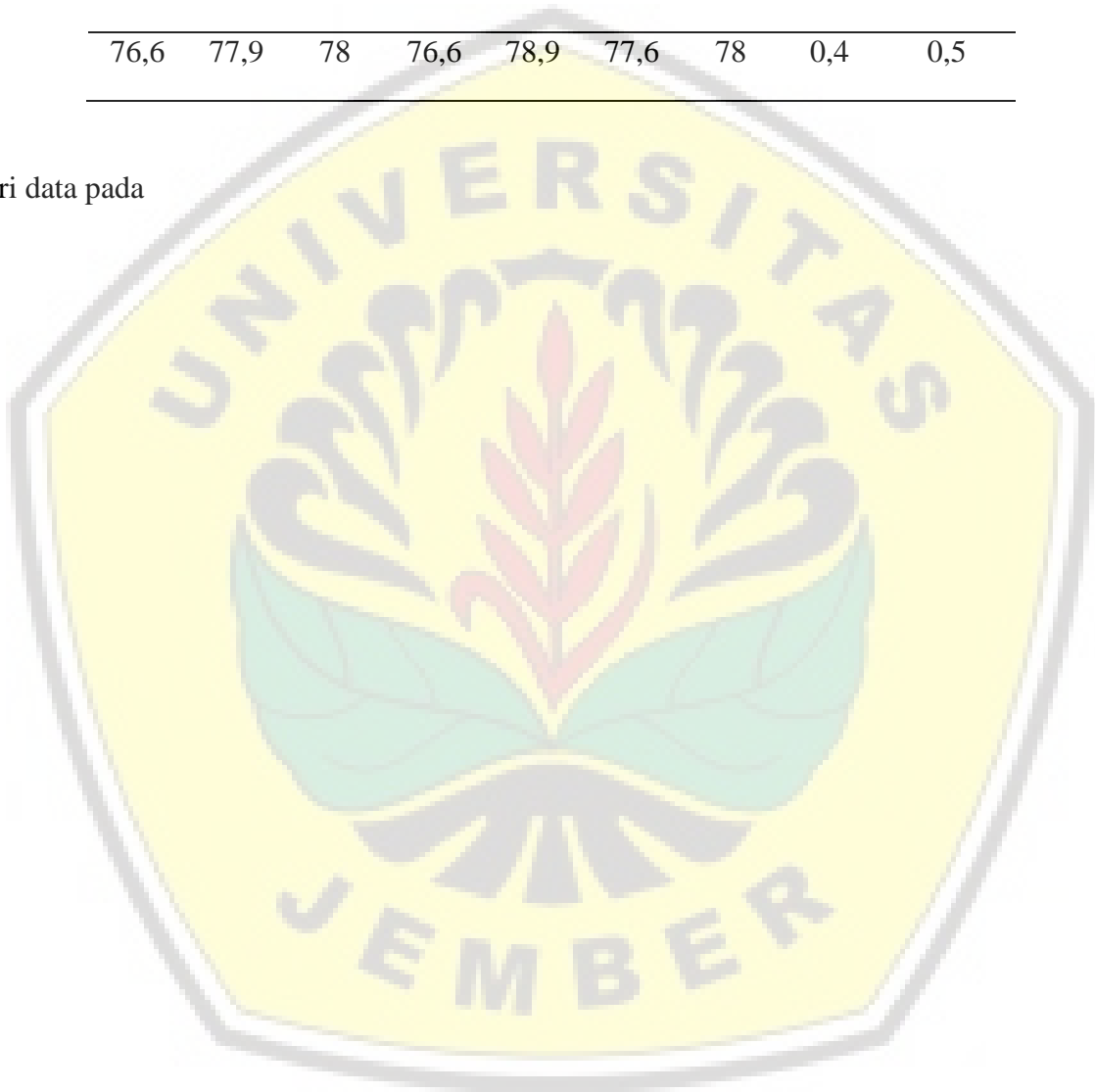
Tabel 1. Kalibrasi nilai konstanta dielektrik udara terukur oleh sensor

K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K'	K_{teori}	ΔK	D (%)
1,2	1,1	1,4	1,5	1,0	1,2	1,0	0,2	20

Tabel 2. Kalibrasi nilai konstanta dielektrik aquades terukur oleh sensor

K1	K2	K3	K4	K5	K'	K_{teori}	ΔK	D (%)
76,6	77,9	78	76,6	78,9	77,6	78	0,4	0,5

Dari data pada



Tabel 1 terlihat bahwa nilai rata-rata kalibrasi konstanta dielektrik udara sebesar 1,2 dengan nilai standart deviasi sebesar 0,2. Jika dihitung, nilai diskrepansi pada pengukuran nilai konstanta dielektrik udara adalah sebesar $\left| \frac{1-1,2}{1} \right| \times 100\% = 20\%$. Nilai ini menyatakan besarnya perbedaan dari rata-rata nilai terukur yaitu 1,2 terhadap nilai menurut referensi yaitu 1.

Sementara itu kalibrasi pada aquades, diterapkan ketika sensor yang dibuat terisi penuh dengan bahan dielektrik aquades. Nilai konstanta dielektrik aquades yang didapat dari hasil rata kalibrasi adalah sebesar 77,6. Jadi ada selisih sebesar 0,4 terhadap nilai konstanta dielektrik aquades berdasarkan teori yaitu 78. Ketidak sesuaian atau nilai diskrepansi yang didapat yaitu $\left| \frac{78-77,6}{78} \right| \times 100\% = 0,5\%$

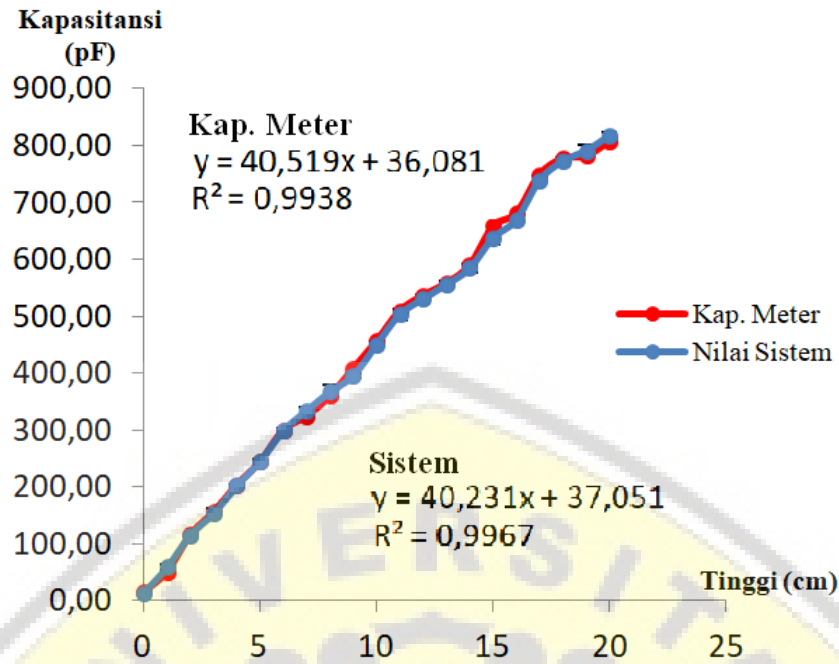
Berdasarkan data hasil kalibrasi di atas, meskipun nilai diskrepansi untuk pengukuran konstanta dielektrik masih cukup besar (20%), namun di sisi lain nilai diskrepansi untuk pengukuran konstanta dielektrik aquades terlihat sangat kecil yaitu 0,5%. Hal ini memberi penjelasan bahwa desain sensor ini memberikan hasil yang sangat akurat yaitu 99,5% untuk pengukuran aquades. Karena pengukuran ini bertujuan untuk merancang sensor pengukur ketinggian air hujan yang nilai konstanta dielektriknya tidak jauh berbeda dengan aquades (sama-sama air), maka desain sensor dan instrument ini dapat dipakai untuk pengukuran curah hujan.

Hasil Pengujian dengan Kapasitansi Meter CM-3300A

Karakteristik sensor kapasitif ketika level air sebagai bahan dielektrik yang diberikan semakin tinggi maka nilai kapasitansi yang didapat juga semakin besar. Selanjutnya diambil data hubungan antara perubahan ketinggian air terhadap nilai tegangan yang terukur untuk membuat sebuah persamaan sebagai dasar pemrograman pada arduino. Setelah persamaan tersebut dimasukkan kedalam program arduino untuk menampilkan beberapa parameter yang diinginkan, selanjutnya nilai kapasitansi yang ditampilkan pada LCD dibandingkan dengan nilai kapasitansi yang terbaca oleh kapasitansi meter tipe CM-3300A. Perbandingan nilai kapasitansi yang terbaca pada LCD dan nilai yang terbaca pada kapasitansi meter yang berhubungan dengan posisi ketinggian air ditampilkan dalam grafik pada Gambar 4.

Dari grafik pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa nilai kapasitansi yang terbaca antara kedua alat ukur yaitu kapasitansi meter dan sistem alat yang dibuat, memiliki nilai yang hamper sama. Kalau dibandingkan dalam satu grafik, titik-titik datanya yang bersesuaian hamper berimpit. Hubungan antara tinggi level air dan nilai kapasitansi baik yang terukur oleh kapasitansi meter maupun yang terukur oleh sistem sensor sama-sama linier. Hal tersebut ditunjukkan oleh persamaan linier yang tampak pada gambar 4.1 dan tingkat kelinierannya juga cukup tinggi yaitu 99,4% untuk kapasitansi meter dan 99,7% untuk hasil pembacaan dengan sistem sensor..

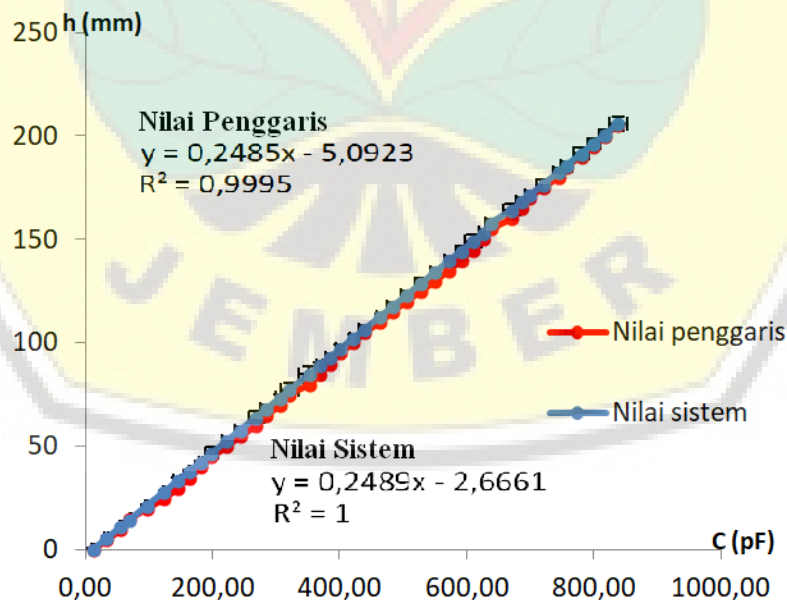
Standart error tertinggi yang diperoleh dari pembacaan sistem adalah 6,1 pada rata-rata nilai 367,0 pF, dimana error tersebut didapat dari lima kali pengulangan pada setiap level yang sama. Selisih tertinggi adalah 20,9pF pada ketinggian 15 cm. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa semakin tinggi level air sebagai bahan dielektrik maka akan mempengaruhi besar nilai kapasitansi yang diperoleh. Dari hasil tersebut terlihat bahwa sensor kapasitif dan program yang ditanamkan dapat bekerja dengan baik.



Gambar 4. Hubungan tinggi level air dengan kapasitansi

Hasil Pengujian Prototype Alat Ukur Curah Hujan

Dalam pengujian ini, bahan dielektrik yang digunakan berupa air hujan yang ditampung dalam wadah tertentu untuk digunakan bahan penelitian. Tinggi yang ditampilkan oleh sistem, diperoleh dari perubahan bahan dielektrik tersebut yang dibandingkan dengan alat ukur lain berupa penggaris.



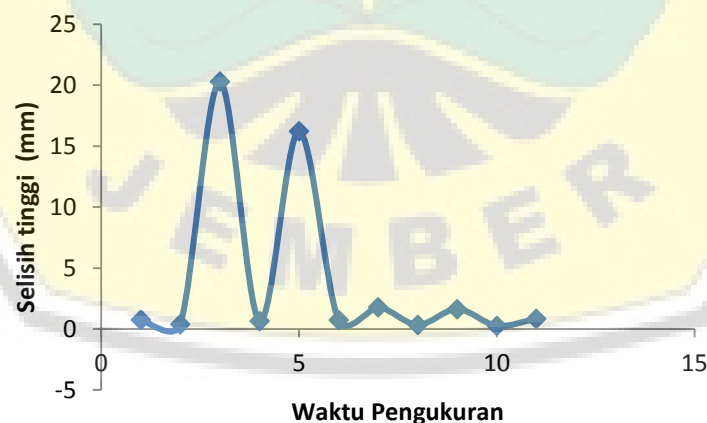
Gambar 5. Hubungan nilai kapasitansi dan tinggi air melalui pembacaan dari sistem dan penggaris

Gambar 5 menunjukkan bahwa warna merah menjelaskan tinggi air yang terukur oleh penggaris dan warna biru menunjukkan tinggi air yang terbaca oleh sistem. Dalam grafik tersebut, tinggi yang terbaca sistem akan mengikuti atau berbanding lurus dengan nilai

kapasitansi yang terukur dengan tingkat kelinieran 100% atau $R^2=1$. Dari gambar tersebut terlihat bahwa tinggi yang terbaca oleh sistem dengan tinggi yang terbaca penggaris tidak persis sama. Terdapat selisih nilai antara tinggi yang terbaca oleh sistem dengan yang terukur penggaris. Selisih terkecil yaitu 0,19 mm dengan selisih terbesar 4,93 mm. Selisih ini dikarenakan pembacaan tegangan yang terbaca oleh sensor bukan merupakan tegangan ketika kapasitor dalam keadaan jenuh, sehingga ada ketidakstabilan tegangan yang terbaca tersebut. Akan tetapi karena selisih nilai yang tidak terlalu besar, alat tersebut dapat diterapkan atau diaplikasikan secara langsung untuk pengukuran curah hujan.

Pengujian Lapangan Prototype Alat Ukur Curah Hujan

Alat ukur yang telah dibuat dan telah mengalami beberapa proses pengujian, selanjutnya diaplikasikan secara langsung di lapangan untuk mengukur curah hujan. Hasil ukur alat tersebut diuji dan dibandingkan dengan alat ukur curah hujan yang sudah digunakan di stasiun pengukuran curah hujan di daerah Bintoro kecamatan Patrang kabupaten Jember. Alat pembanding yang digunakan dimiliki dan dirawat oleh UPT Pengairan Patrang, yang masih di bawah naungan dari Dinas pekerjaan umum (PU) Binamarga dan Sumber Daya Air Jember. Alat ukur curah hujan yang digunakan masih manual, dengan jenis alat ukur ombrometer. Prinsip kerja alat tersebut adalah menampung air hujan dengan luasan yang terkena hujan sebesar 100 cm^2 . Setelah air hujan tertampung, setiap pagi sekitar pukul 06.00 sampai 07.00 WIB ada petugas yang mengukur tinggi air hujan tersebut. Proses pengukurannya yaitu dengan mengeluarkan air melalui kran pada tabung bagian bawah dan ditampung menggunakan gelas ukur. Dimana gelas ukur tersebut memiliki satuan mm yang sudah dikonversi dan ditera oleh BMKG Kabupaten Malang. Data curah hujan yang terukur dengan ombrometer di stasiun pengukuran curah hujan dicatat dan dibandingkan dengan tinggi air atau curah hujan yang diukur dengan prototype alat ukur yang kita buat. Selisih nilai hasil pengukuran dari kedua alat tersebut dihitung dan dibuat grafik hubungan antara waktu dan selisih curah hujan terukur seperti ditampilkan pada gambar 6. Pengambilan data dilakukan selama 11 hari.



Gambar 6. Grafik hubungan selisih curah hujan yang terukur antara kedua alat dengan waktu pengukuran

Dari Gambar 6 tersebut terlihat bahwa dari 11 data pengukuran yang diambil ada 9 data yang selisihnya cukup kecil dan terdapat 2 data dengan selisih yang sangat tinggi, yaitu hari pengukuran ketiga dan kelima. Menurut teori statistik jika ada sedikit data pengukuran yang mempunyai nilai ekstrim sehingga kalau dirata-ratakan mengganggu profil data secara umum, maka data tersebut dianggap sebagai data pencilan (outliers) dan data tersebut dapat

diabaikan. Jika kita mengabaikan dua data yang diambil pada hari ketiga dan hari kelima maka kita akan mendapatkan data selisih rata-rata pengukuran dengan menggunakan dua alat tersebut yaitu ombrometer dan instrumen berbasis sensor kapasitif sebesar 0,82mm atau 10,5% relative terhadap nilai pengukuran curah hujan rata-rata selama 9 hari tersebut. Perbedaan nilai ini dimungkinkan dipengaruhi oleh beberapa factor seperti sisa air yang masih ada saat pembuangan pada instrumen sensor kapasitif dan adanya suhu air yang berubah atau berbeda dari hari ke hari pada saat pengambilan data. Kita mengetahui bahwa konstanta dielektrik air cukup tinggi yaitu 78 sehingga sisa air yang ada dalam wadah meskipun sedikit akan mempengaruhi nilai kapasitansinya yang berujung pada perbedaan nilai ketinggian air yang terbaca. Selain itu suhu bahan dielektrik juga dapat mempengaruhi nilai kapasitansi pada saat pengukuran sehingga pada akhirnya juga akan mempengaruhi nilai hasil pembacaan curah hujan. Namun secara umum desain alat pengukur curah hujan berbasis sensor kapasitif ini bisa dipakai dengan tingkat akurasi atau tingkat kepercayaan sebesar 90%. Selain itu alat ini karena berbasis sensor yang bekerja secara elektronik, maka instrumen ini dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi alat pengukur curah hujan yang bekerja dan melakukan pengukuran secara otomatis sehingga dapat ditempatkan di remote area.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan konstruksi sebuah sistem alat ukur curah hujan menggunakan sensor kapasitif plat sejajar berbasis mikrokontroler. Hasilnya sistem mampu membaca dan memperlihatkan nilai kapasitansi, konstanta dielektrik dan level bahan dielektrik yang ditampilkan pada LCD. Secara garis besar, sistem alat mampu digunakan untuk melakukan pengukuran tinggi suatu level air yang akan digunakan untuk mengukur curah hujan tiap harinya. Kelebihan dari alat ini mampu mengukur tinggi curah hujan sebesar 200mm atau 20cm. Rata-rata curah hujan tiap harinya sebesar 20mm sehingga dapat mengantisipasi apabila terjadi hujan yang sangat tinggi yang mengakibatkan curah hujan besar. Akan tetapi terdapat kekurangan dari alat yang dibuat, terutama kepresisian pembacaan oleh sensor. Sistem alat yang digunakan untuk mengukur ketinggian air hujan memiliki akurasi yang cukup baik, dimana selisih nilai tertinggi ketika digunakan mengukur ketinggian hanya 4,93 mm dan terendah 0,19 mm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada UPT Pengairan Kecamatan Patrang Kabupaten Jember yang telah memberikan ijin dan membantu dalam proses penelitian di lapangan khususnya pengambilan data curah hujan dari alat yang didesain dan data pembanding dari alat yang dipakai pada UPT Pengairan.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Handajani, N. 2005. Analisa Distribusi Curah Hujan dengan Kala Ulang Tertentu. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*. Vol 1 (3): page 1-13.
- 2 Affandi, R.A., Lubis, dan Septiadi, D. 2012. Karakteristik Pola Curah Hujan di Wilayah Sekitar Teluk (Study Daerah Nabire Provinsi Papua dan Fakfak Papua Barat. *Jurnal Matematika dan Sains*. Vol 17 (2): page 47-54.
- 3 Evita, M.H., Mahfudz, Suprijadi, S., Djamal, M., dan Khairurijal, K. 2010. Alat Ukur Curah Hujan Tipping-Bucket Sederhana dan Murah Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Otomatis Kontrol Instrumentasi*. Vol 2 (2): page 1-10.

- 4 Permana, R.G., Rahmawati, E., dan Dzulkiflih. 2015. Perancangan dan Pengujian Penakar Hujan Tipe Tipping Bucket dengan Sensor Photo-Interrupter Berbasis Arduino. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*. Vol 4 (3): page 71-76.
- 5 Sa-Ngiamvibool, Angkawisittpan, Nuan-On, Photong, dan Kangrang. 2013. A Rain Gauge System using a Capacitance Sensor. *International Journal of Engineering and Technology*. Vol 5 (4): page 3596-3600.
- 6 Sutrisno. 1983. *Fisika Dasar*. Bandung: Institut Teknologi Bandung:
- 7 Young, Hugh D. & Freedman, Roger A. 2000. *University Physics*. New York: Addison Wesley Longman Inc. 2002. *Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga.
- 8 Saripudin, A. 2008. *Fisika Kelompok Teknolgi dan Kesehatan*. Bandung: Grafindo Media Pratama:
- 9 Zahrotin, E. & Endarko. 2014. Rancang Bangun sensor Kapasitif Untuk Level Air". . ISSN : . Vol. 17 (4): . *Jurnal Berkala Fisika*. Vol 17 (4): page 129-138.
- 10 Mujib, S. & Muntini, M. S. 2013. Perancangan Sensor Kelembaban Beras Berbasis Kapasitor. *Jurnal Sains Seni Pomits*. Vol 1 (1): page 1-6.
- 11 Kamajaya. 1984. *Ringkasan Fisika*. 1 Ed. Bandung: Ganeca Exact Bandung:

