Rancang Bangun Instrumen Akuisisi Data Kadar Air Tanah Menggunakan Arduino Uno Berbasis Perangkat Lunak Processing

Casmika Saputra, Hendro, dan Sandy Jaka Adila

Abstrak

Dirancang dan dibuat sebuah instrumen akuisisi data kadar air dalam tanah dengan display hasil pengukuran menggunakan komputer. Sistem instrumen ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Sistem perangkat keras yang dimaksud adalah sensor kadar air, mikrokontroler Arduino Uno, dan sebuah komputer. Sensor kadar air dibuat menggunakan Probe dari Steker (Colokan listrik), resistor, dan transistor jenis npn. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah dan memperagakan hasil pengukuran adalah menggunakan prangkat lunak Processing, hal ini karena Processing merupakan free open source. Informasi kadar air ditampilkan dalam bentuk digital dan grafik secara real time dalam satuan persen (%) kadar air. Kelebihan lain dari instrumen ini ialah data kadar air dapat disimpan ke dalam format file. Sampling data dapat dilakukan dengan pengaturan waktu pengambilan data per sekian detik, menit, atau jam. Instrumen ini memiliki enam buah sensor sedemikian sehingga dapat mengamati kadar air pada enam titik sekaligus. Instrumen ini memiliki spesifiaksi jangkauan pengukuran kadar air 4 % - 30 %, presisi $\pm$ *0,5 % kadar air, akurasi 96,54%, dengan besarnya sensitivitas bergantung pada kadar air.*

Kata-kata kunci: kadar air, akuisisi data kadar air, arduino, processing

Pendahuluan

Kadar air adalah besaran fisis yang menggambarkan banyak air yang terkandung dalam tanah. Sudah menjadi hal umum bahwa tumbuhan dapat berkembang biak dan tumbuh dengan baik pada kadar air optimumnya. Kekurangan air mempengaruhi semua aspek pertumbuhan tanaman, yang meliputi proses fisiologi, biokimia, anatomi dan morfologi [1]. Pentingnya air dalam pertanian menjadi dimanfaatkan sebagai peluang bisnis sehingga banyak bermunculan alat atau instrumen untuk mengukur kadar air tanah, misalnya instrumen dengan tipe MC7825s, MC7825f, MC7825PS, MC7821, yang memiliki harga 3 hingga 4,8 juta rupiah [2]. Sensor kadar air yang tersedia di pasaran pun harganya relatif mahal, misalnya SEN0057 harganya Rp 65.000,00 [3]. Dalam penelitian ini dibuat instrumen akuisisi data kadar air tanah dengan sensor yang sangat murah, hanya terdiri dari resistor, transistor, dan probes yang menggunakan steker. Bila dihitung pembuatan satu sensor harganya tidak lebih dari Rp 5.000,00.

Agar lebih mudah dan menarik, instrumen menggunakan tampilan pada layar komputer secara *real time* dengan sajian kadar air berupa angka (numerik) dan grafik. Instrumen kadar air yang telah ada di pasaran hanya menampilkan kadar air saat pengukuran saja. Namun, terkadang kebutuhan pengamatan kadar air diperlukan, misalkan sebagai bahan penelitian. Oleh karena itu dibutuhkan instrumen yang dapat menyimpan data pengukuran secara otomatis. Inilah yang melatarbelakangi penulis membuat instrumen akuisisi data kadar air. Sistem akuisisi data merupakan sistem instrumentasi elektronik yang terdiri dari sejumlah elemen yang secara bersama-sama bertujuan melakukan pengukuran, menyimpan, dan mengolah hasil pengukuran. Secara sederhana, sistem akuisisi data terdiri dari sensor, perangkat keras akusisi data, dan sebuah komputer [4]. Display instrumen melalui komputer memerlukan *Grafik User Interface* (GUI). GUI yang digunakan adalah Processing. Perangkat lunak Processing merupakan *Free Open Source Softwere.* Processing dapat menampilkan gambar, garis, variabel, dan sebagainya [5]. Processing di download secara gratis di situs *www.processing.org.*

Pada penelitian ini dilakukan suatu perancangan sistem instrumen akuisisi data kadar air tanah yang murah dan memiliki fungsi umum. Fungsi umum tersebut antara lain dapat menampilkan besaran kadar air, menampilkan grafik kadar air terhadap waktu secara *real-time*, melakukan proses pencuplikan, dan penyimpanan data. Dalam perancangan instrumen ini menggunakan enam masukan (input) kadar air. Sehingga dapat mengamati enam titik amat kadar air sekaligus.

Teori

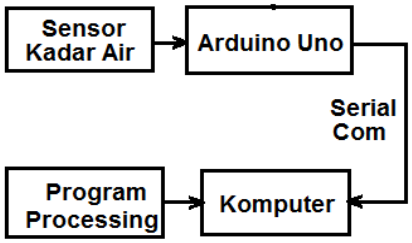
Kadar air dalam makalah ini menggunakan kadar air volumetrik, yaitu perbandingan antara volume air dengan volume total air dan tanah [6]. Dalam bentuk persamaan matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\theta_V = \frac{V_A}{V_A + V_T} \quad (1)$$

dengan Θ_V adalah kadar air (m^3/m^3), V_A adalah volume air (m^3) dalama suatu volume tanah V_T (m^3). Dalam makalah ini, penulis menggunakan kadar air dalam satuan persen. Dengan didefinisikan kadar air *K* dalam satuan persen sebagai berikut :

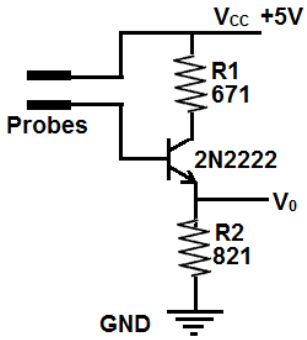
$$K = \theta_V \times 100\% \quad (2)$$

Untuk membuat instrumen ini, maka beberapa elemen atau komponen dan rangkaian elektronika harus diintegrasikan agar dapat saling berhubungan satu dengan yang lain melakukan suatu kerja sehingga tujuan atau fungsi sistem tercapai. Secara keseluruhan diagram blok instrumen ini ditunjukkan pada Gambar 1 berikut:



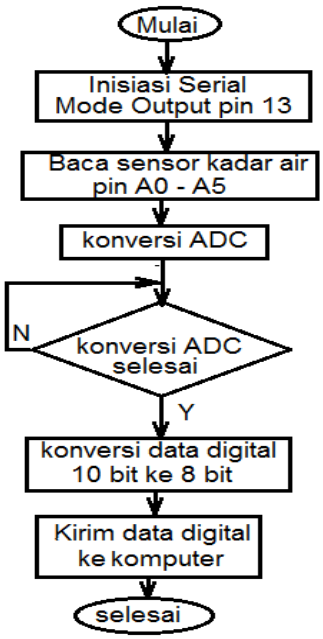
Gambar 1. Diagram blok instrumen akuisisi data

pada gambar 1 Sensor dihubungkan dengan Mikrokontroler Arduino Uno. Mikrokontroler adalah sebuah terintegrasi yang di dalamnya mikroprosesor, memori, port I/O, dan lainnya [7]. Sensor dirancang menggunakan rangkaian resistor, transistor, dan probes. Rangkaian sensor kadar air ditunjukkan pada gambar 2 berikut :



Gambar 2. Rangkaian sensor kadar air

Sensor diberi tegangan Vcc sebesar 5 V. Probes dalam gambar 2 merupakan dua logam yang di hubungkan langsung dengan tanah. Probes yang dimaksud menggunakan steker (colokan listrik), hal ini untuk memudahkan pembuatan serta karena sifat logam pada steker yang tahan karat. Prinsip sensor kadar air ini seperti halnya dengan pembagi tegangan. Namun, hambatan tanah mengatur besarnya arus yang mengalir pada kaki basis transistor, kemudian transistor mengatur besar arus yang mengalir pada R2, sehingga pada akhirnya tegangan output (Vo) bergantung pada besarnya hambatan pada tanah. Output sensor ini adalah 0 V hingga 4,23 V. Tegangan Vo ini kemudian dihubungkan dengan pin input analog pada Arduino Uno untuk selanjutnya diubah ke dalam data digital. Dalam penelitian ini enam buah pin dari port analog input digunakan karena menggunakan enam sensor sekaligus, serta sebuah pin digital di pasang LED merah sebagai indikator aktif atau tidaknya instrumen. Untuk membaca tegangan Vo pada pin analog input maka dibuat program arduino dengan alur seperti gambar 3.



Gambar 3. Alur kerja pemrograman Arduino

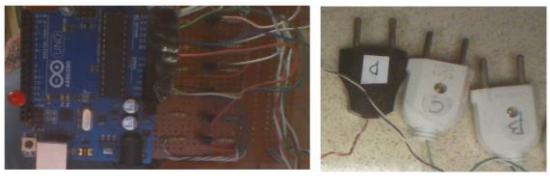
Pemrograman *softwere* Processing dibagi atas beberapa bagian. Pertama, program komunikasi serial yang berfungsi untuk membuka komunikasi data dengan mikrokontroler; kedua, program konversi ADC ke kadar air; ketiga, program indikator, terdiri atas penampil besaran kadar air dalam mode digital, penampil grafik kadar air dari tiap probes, dan penampil kadar air rata-rata dari tiap-tiap probes yang aktif; yang terakhir adalah program kontrol, terdiri atas program penyimpanan data dan program pencuplikan data.

Dalam penelitian ini program Processing tidak memberikan perintah kepada mikrokontroler, tetapi hanya menerima input data dari mikrokontroler. Agar program Processing dapat mengkonversi data keluaran ADC menjadi besaran kadar air maka dibuat persamaan konversinya. Persamaan konversi ini diperoleh melalui eksperimen menggunakan sampel tanah, tanah yang digunakan adalah tanah Aluvial/Endapan. Sampel tanah dipanaskan hingga kering, sehingga menjamin kadar air dalam tanah tersebut 0%. Selanjutnya menentukan volume tanah mula-mula dengan cara memasukkan sampel kedalam wadah yang diketahui volumenya. Kemudian karakteristik tanah diukur dengan menggunakan sensor kadar air yang telah dirangkai dengan Arduino Uno dengan output merupakan data digital. Output digital dibuat dengan nilai 0 – 255. Hasil tiap pengukuran dicatat, dengan tiap pengukuran sampel tanah ditambahkan air dengan penambahan volume air (V_A) 5 ml hingga 15 ml. Dalam aplikasinya persamaan konversi tersebut dimasukan ke dalam program Processing untuk mengubah data digital menjadi besaran kadar air yang ditampilkan melalui monitor komputer.

Ukuran kepresisian instrumen dapat dihitung melalui penentuan kesalahan mutlak. Kesalahan mutlak instrumen (K_{ABS}) dapat dihitung melalui nilai mutlak selisih kadar air berdasarkan eksperimen dengan kadar air yang ditampilkan instrumen. Selanjutnya, ukuran akurasi dapat ditentukan melalui kesalahan relatif, yaitu persentase kesalahan mutlak dibandingkan dengan kadar air sebenarnya. Kemudian untuk menentukan sensitivitas instrumen dapat dilakukan dengan cara mendiferensialkan kadar air sebagai fungsi data digital pada grafik karakteristik kadar air tanah (grafik kadar air vs data digital).

Hasil dan diskusi

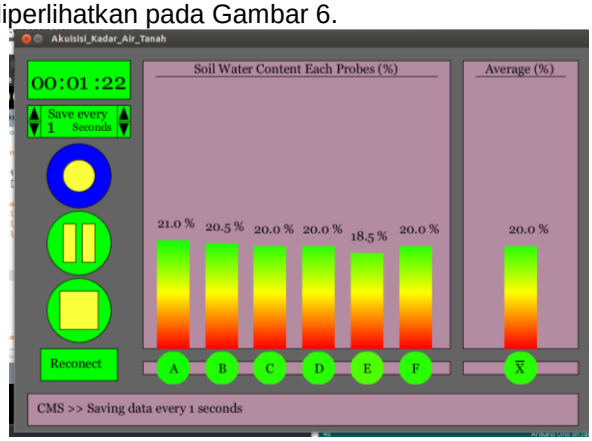
Dari hasil perancangan perangkat keras akuisisi data kadar air diperoleh rangkaian seperti Gambar 4.



(a) (b)

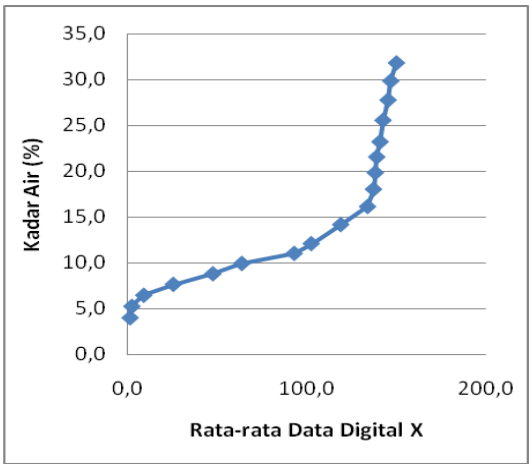
Gambar 4. (a) Arduino dan rangkaian sensor, (b) probes dari steker

terlihat pada gambar 5b probes menggunakan steker (colokan listrik), pada gambar 5a arduino di rangkai dengan sensor kadar air. Sedangkan hasil perancangan program perangkat lunak akusisi data kadar air tanah menggunakan GUI Processing diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan perangkat lunak akuisisi data

Hasil eksperimen didapat hubungan antara keluaran data digital rata-rata dari semua sensor (X), dengan rata-rata kadar air *K* dalam satuan persen yang disajikan dalam gambar 7.



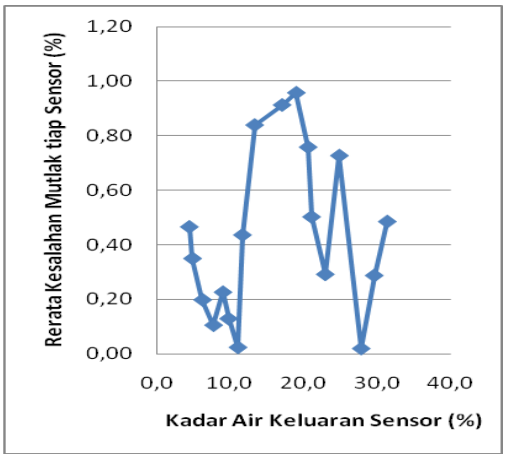
Gambar 7. Grafik Kadar air vs data digital

Grafik pada gambar 7 dilakukan *fitting* dengan fungsi logaritmik dan eksponensial. Diperoleh hubungan kadar air dengan data output digital yang dapat didekati dengan fungsi berikut :

$$K = \begin{cases} 3{,}7 + 0{,}03X + \ln(X+1) & 1 < X < 93 \\ 10 + \exp(0{,}052(X - 92{,}8)) & X \geq 93 \end{cases} \quad (3)$$

Persamaan 3 kemudian dijadikan faktor konversi pada GUI Processing untuk mengubah data digital menjadi besaran kadar air dalam satuan persen.

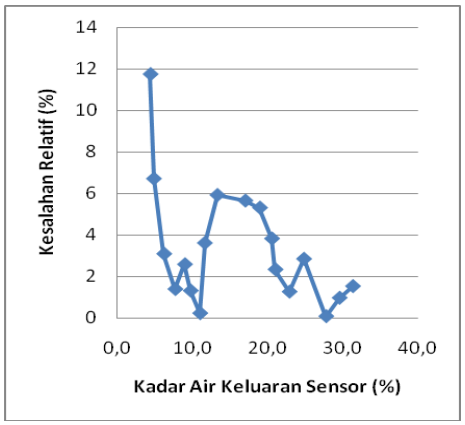
Hasil eksperimen didapat kesalahan mutlak dari instrumen yang ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik kesalahan mutlak pengukuran melalui instrumen

Pada gambar 8 diketahui bahwa rata-rata kesalahan mutlak dari enam sensor instrumen terkecil adalah 0,02 % saat kadar air 6,2 % dan 27,8% serta terbesar adalah 0,96 % saat kadar air 19 %. Hasil perhitungan kesalahan mutlak rata-rata 0,42 %. Sehingga kepresisian instrumen ini sebesar $\pm 0{,}48\% \approx \pm 0{,}5\%$. Hasil pengujian tingkat akurasi instrumen berdasarka kesalahan relatif ditampilkan melalui gambar 9. Pada gambar 9 terlihat kesalahan relatif terendah adalah 0,07% pada kadar air 27,8% dan tertinggi 11,76% pada kadar air 4,4%. Hasil

perhitungan kesalahan relatif rata-rata adalah 3,46%, sehingga tingkat akurasi instrumen adalah 96,54%.



Gambar 9. Grafik kesalahan relatif pengukuran kadar air menggunakan instrumen

Dari perhitungan pula diperoleh sensitivitas instrumen berupa fungsi kadar air yaitu:

$$\frac{1}{S} = \begin{cases} 0{,}03 + \dfrac{1}{X+1} & 1 < X < 93 \\ 0{,}052\exp(0{,}052(X - 92{,}8)) & X \geq 93 \end{cases} \quad (4)$$

dengan, X : data digital; dan

S : Sensitivitas (data digital per persen kadar air),

Berdasarkan persamaan 3, sensitivitas instrumen untuk kadar air > 30% adalah < 0,9 data digital per persen kadar air, artinya resolusi sangat kecil. Sehingga pengukuran instrumen dibatasi hingga kadar air 30%. Berdasar gambar 7, kadar air yang dapat teramati adalah lebih dari atau sama dengan 4%, maka instrumen memiliki rentang pengukuran kadar air 4% hingga 30%.

Untuk memastikan instrumen dapat bekerja dan menyimpan data dengan pengaturan periode penyimpanan data kadar air maka dilakukan uji coba untuk variasi periode penyimpanan data kadar air sampel tanah. Hasil uji coba menunjukkan instrumen yang dibuat mampu melakukan pencuplikan data dalam tiap satuan detik, menit, maupun jam. Dalam uji coba, instrumen diaktifkan selama 6 jam tanpa henti.

Kesimpulan

Instrumen akuisisi data kadar air tanah dengan menggunakan komputer, sensor kadar air yang disusun menggunakan resistor, transistor, dan probes dari steker, mikrokontroler Arduino Uno, serta perangkat lunak GUI Processing. Instrumen memiliki spesifikasi rentang pengukuran kadar air 4% hingga 30%, kepresisian $\pm 0{,}5\%$, keakurasian 96,54%, serta dengan sensitivitas yang bergantung pada besar kadar air. Instrumen akuisisi data kadar air ini dapat melakukan penyimpanan dan pencuplikan data kadar air dengan periode yang dapat di set manual oleh *user*.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pramuka ITB atas perlengkapan dan tempat untuk melakukan penelitian. Terima kasih pula penulis ucapkan kepada Dikti yang memberikan bantuan beasiswa pendidikan (Bidik Misi) kepada penulis.

Referensi

[1] Nio Song Ai, Yunia Banyo, “Konsentrasi Klorofil Daun sebagai Indikator Kekurangan Air pada Tanaman,” Jurnal Ilmiah Sains Vol. 11 No. 2, Universitas SamRatulangi Manado, p.1, (2011)

[2] CV. Java Multi Mandiri, “Jual Alat Ukur Kadar Air Tk100,” (2012), url : http://jagokomputer.web.indottrading.com/product/p22928.aspx [accessed 11 June 2014]

[3] Famosa Studio, “Soil Moisture Sensor (Arduino Compatible),” url : http://www.famosastudio.com/soil-moisture-sensor. [accessed 11 June 2014]

[4] National Instruments, ”What Is Data Acquisition”, url : http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/. [accessed 4 June 2014]

[5] Daniel Shieffman, “Learning Processing A Beginner’s Guide to Programming Images, Animation, and Interaction”, Morgan Kaufmann, United States of America, p.12, (2001).

[6] Viena, “Field Estimation of Soil Water Content a Practical Guide to Methods, Instrumentation and Sensor Tchnology,” IAEA International Atomic Energy Agency, ISSN 1018–5518, p.24, (2008)

[7] Brian Evans, “Begining Arduino Programming Writing Code for the Most Popular Microcontroller Board in the World”, ISBN 978-1-4302-3778-5, Apress, p.2, (2014)

Casmika Saputra*
Program Studi Fisika
Institut Teknologi Bandung
e-mail : casmika@students.itb.ac.id

Hendro
KK Fisika Teori Energi Tinggi dan Instrumentasi
Program Studi Fisika FMIPA – ITB
e-mail : hendro@fi.itb.ac.id

Sandy Jaka Adila
Program Studi Fisika
Institut Teknologi Bandung
e-mail: sandyjaka@students.itb.ac.id

*Corresponding author