

PERANCANGAN SISTEM IRIGASI OTOMATIS DENGAN SENSOR RESISTIF BERBASIS KADAR AIR TANAH PADA TANAMAN RUKOLA (*Eruca sativa*)

The Design of an Automatic Irrigation System with the Resistive Sensors Based on Soil Moisture in Rukola (*Eruca Sativa*)

I Putu Agus Sumi Antara⁽¹⁾, I Wayan Tika⁽²⁾, I Putu Gede Budisanjaya⁽²⁾
Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana
Email: agussumi82@gmail.com

ABSTRACT

Rukola (Eruca sativa) is a horticultural plants originating from the Mediterranean with a high of vitamins such as A, B complex, C, and K. Rukola can be growed well at low ambient temperatures with soil moisture content between 20% - 40%. Therefore, irrigation control system is required to obtain at the appropriate moisture content for rukola plants. The objective of this research was to build an automatic irrigation system with the resistive sensor based on soil moisture, that can perform automatic irrigation accordance optimal water content in rukola cultivation. The control system in this research was created using the multiplexing control system with resistive AC stainless steel sensors. The sensors was read the resistive of soil moisture that calibrated into a percent (%) of water content and displayed on the display per second. The output of the pump is controlled by limits of water content that programmed by the microcontroller AVR AT Mega 8535. Calibration control system conducted at field capacity and permanent wilting point. Automatic irrigation control system was able to work well with the limits defined soil moisture is 20% lower limit and 39% upper limit. The first testing results of control system I have R^2 0.8462 with RMSE values 0.02 and control system II have R^2 0.8603 with RMSE value 0.02. The second test of control system I have R^2 0.8896 with RMSE value 0.01 and control system II have R^2 0.9121 with RMSE value 0.02. If R^2 that exceeds the value of 0.7 and RMSE (Root Mean Square Error) ≤ 0.1 , then the performance of the automatic irrigation control system is working accurately.

Keywords: rukola, automatic irrigation, resistive sensors, field capacity, permanent wilting point

PENDAHULUAN

Rukola (*Eruca sativa*) merupakan tanaman hortikultura yang berasal dari Mediterania. Tanaman ini tergolong tanaman herbal dengan kandungan vitamin A, B kompleks, C, dan K yang tinggi dan dapat dikonsumsi sebagai salad maupun olahan lain. Rukola dapat tumbuh pada dataran tinggi dan suhu lingkungan yang rendah. Secara umum rukola tumbuh dengan baik pada jenis tanah yang berstruktur lempung berpasir dengan kadar air optimal 20% – 40% basis basah (bb) dan intensitas cahaya sedang (Ezra, 2008).

Tanaman rukola sangat rentan terhadap kelebihan dan kekurangan air. Ketidakteraturan pertumbuhan tanaman rukola serta kematian akibat pembusukan akar dan kekeringan, karena pemberian irigasi sistem tradisional yang diterapkan petani memberikan air tanpa adanya takaran yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Dikarenakan hal tersebut, diperlukan instrumen yang mampu mengukur kadar air tanah secara cepat dan akurat serta diperlukan pemberian irigasi secara terkontrol sesuai dengan kebutuhan setiap tanaman untuk meningkatkan produksi tanaman rukola.

Penelitian ini menggunakan sensor tanah resistif yang bekerja berdasarkan resistansi kadar air tanah yang dikonversi menjadi persen kadar air oleh sistem kontrol. Kontrol akan mengendalikan

⁽¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, FTP UNUD

⁽²⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, FTP UNUD

pompa menyala dan mati sesuai rentang kadar air tanah yang telah dimasukkan ke program. Sistem irigasi otomatis dengan sensor resistif yang berbasis kadar air tanah ini diharapkan dapat membantu mengefisienkan irigasi pada tanaman dan menghasilkan tanaman yang sehat. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem kontrol irigasi otomatis dengan sensor resistif yang berbasis kadar air tanah yang dapat melakukan irigasi secara otomatis sesuai kadar air optimal pada tanaman rukola (*Eruca sativa*).

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Lab. Rekayasa Alat dan Ergonomika, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana. Pengujian Sistem irigasi otomatis dilakukan pada *greenhouse* di Desa Candikuning, Kecamatan Baturiti, Kab. Tabanan dan pengujian kadar air sampel tanah dilaksanakan di Laboratorium Pengelolaan Sumber Daya Alam Pertanian (PSDA), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana. Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan November 2014 sampai dengan Juli 2015.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: gergaji besi, gerinda, *tools kit*, solder, amplas, multimeter, cawan, oven, *tray* pembenihan, timbangan, snei, dan *ring soil sampler*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: batang *stainless steel* sebagai sensor, mikrokontroler AVR AT Mega 8535, IC 555, IC ULN 2003, *multiplexing* 4066, LCD LMB162A, *Power supply* 5 Volt dan 12 Volt, *relay control*, pompa air, kabel-kabel, konektor, selang 5/8, pipa PVC ½ dim dan 2 dim, air, bibit tanaman rukola (*Eruca sativa*), dan media tanam (tanah, sekam dan kompos).

Penentuan Kadar Air Tanah dengan Uji Gravimetri

Pada penelitian ini digunakan tanah yang homogen di daerah bedugul dengan tekstur lempung berpasir dan berstruktur remah. Media tanam yang digunakan adalah tanah, kompos dan sekam dengan perbandingan 2 : 1 : 1.

Pengukuran kadar air tanah dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri. Lal dan Manoj (2004) menyatakan bahwa metode gravimetri merupakan metode pengukuran kadar air tanah dengan melakukan pemisahan kadar air dan matrik tanah dengan cara pemanasan (oven) suhu 105⁰ C selama 24 jam. Rumus perhitungan kadar air tanah (KAT) dengan metode gravimetric adalah sebagai berikut :

$$\text{KAT} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

Keterangan :

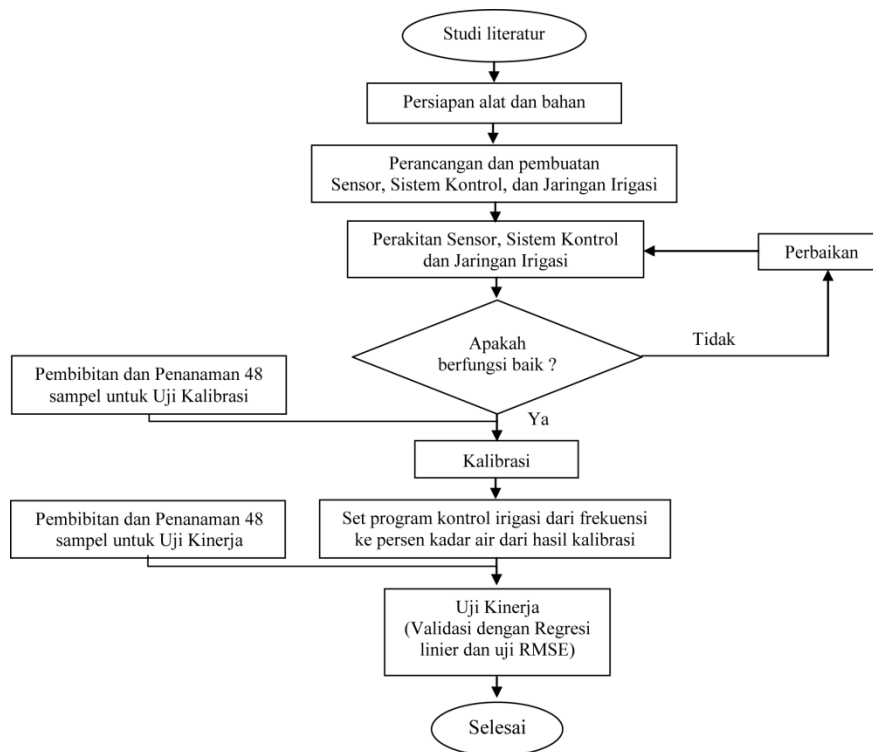
KAT : Kadar air tanah (%)

W_1 : Berat sampel tanah sebelum dioven (gram)

W_2 : Berat sampel tanah sesudah dioven (gram)

Pelaksanaan Penelitian

Sistem irigasi otomatis pada penelitian ini merupakan sistem irigasi dengan kontrol otomatis yang berbasis sensor resistif AC yang membaca kadar air tanah secara *real time* dengan sistem lup tertutup dan memberikan irigasi secara efektif sesuai dengan kebutuhan air tanaman. Pada penelitian ini dilakukan perancangan sampai pengujian kinerja sistem kontrol irigasi otomatis yang dapat bekerja sesuai kontrol yang telah ditentukan. Gambar 1 menyajikan tahapan penelitian sistem kontrol irigasi otomatis berbasis resistif AC.

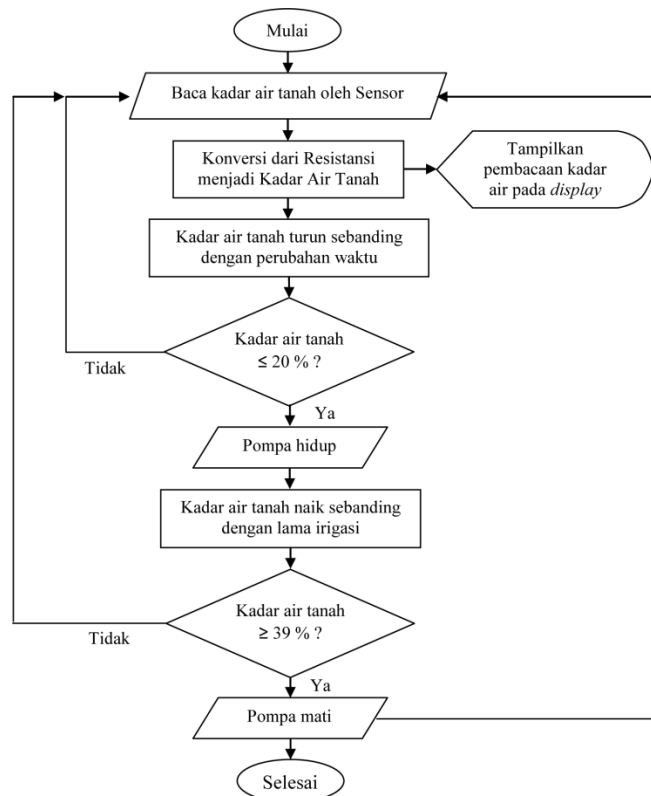


Gambar 1. Diagram alir penelitian

Perancangan Sistem Irigasi Otomatis

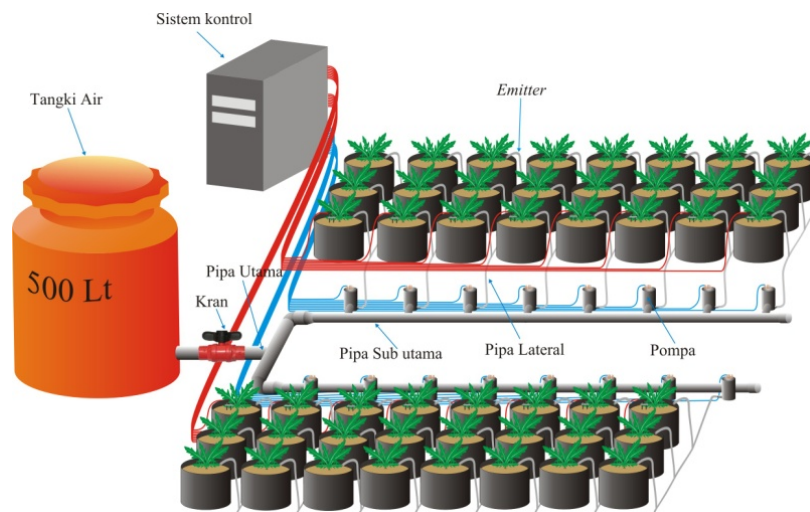
Sistem kontrol irigasi ini terdiri dari 2 mikrokontroler, masing-masing mikrokontroler terhubung pada 8 sensor, 8 pompa dan 1 *display*. Masing-masing *display* menampilkan perubahan nilai kadar air yang dibaca kedelapan sensor per detik.

Sensor resistif sebagai input membaca resistansi pada media tanam dan dirubah menjadi frekuensi dengan pembangkit arus AC. Kemudian mikrokontroler mengubah frekuensi menjadi persen kadar air. Pompa akan hidup pada kadar air $\leq 20\%$ dan mati pada kadar air $\geq 39\%$ sesuai dengan program pada mikrokontroler. Gambar 2 menyajikan proses kinerja sistem kontrol.



Gambar 2. Diagram alir kinerja sistem kontrol irigasi otomatis

Sistem irigasi ini menggunakan sistem irigasi tetes. Luas daerah yang dibasahi emitter tergantung pada besarnya debit air, jenis tanah (struktur dan tekstur), kelembaban tanah dan permeabilitas tanah (Pasaribu, 2013). Gambar 3 merupakan rancangan dari sistem irigasi otomatis.



Gambar 3. Rancangan sistem irigasi otomatis

Uji Kerja Fungsi

Uji kerja fungsi merupakan pengujian fungsi dari sistem kontrol untuk mengurangi error antar sensor. Keseluruhan sensor diuji pada sampel tanah kering (mendekati 0%) dan jenuh dengan jenis tanah seluruh sampel yang homogen. Apabila antar sensor memiliki perbedaan pembacaan, maka dilakukan perbaikan pada sistem kontrol.

Kalibrasi

Kalibrasi merupakan proses verifikasi suatu akurasi alat ukur sesuai dengan rancangannya (Morris, 2001). Uji kalibrasi sensor dilakukan dengan menguji sensor pada kadar air tanah kapasitas lapang dan titik layu permanen. Nilai frekuensi pembacaan sensor sistem kontrol dikalibrasikan dengan kondisi kadar air tanah yang diukur dengan metode gravimetri. Selanjutnya persamaan terbaik dari hasil kalibrasi dimasukkan ke program sistem kontrol untuk merubah tampilan pada *display* dari frekuensi menjadi persen (%) kadar air tanah.

Uji Kinerja Sistem Kontrol Irigasi Otomatis

Pengujian dilakukan dua kali pada hari ke-10 dan ke-20 setelah tanam. Tanaman rukola ditanam pada 48 polybag untuk dilakukan uji kinerja sistem kontrol irigasi otomatis. Sensor diujikan pada 16 polybag tanaman pertama. Pengambilan data dilakukan dengan pencatatan nilai kadar air tanah pada pembacaan sensor dan kemudian dilakukan uji laboratorium pada sampel tanah tersebut. Tanaman yang telah diambil sampel tanah untuk pengujian diganti dengan tanaman lain dengan umur dan kondisi yang sama untuk diujikan sensor kembali.

Analisis Validasi dengan Metode Regresi

Validasi ditentukan dengan mencari regresi linier antara nilai kadar air tanah dengan metode gravimetri dengan data kadar air tanah yang dibaca sensor . Apabila nilai R^2 yang didapat melebihi 0,7, maka pembacaan kadar air tanah oleh sensor sudah akurat

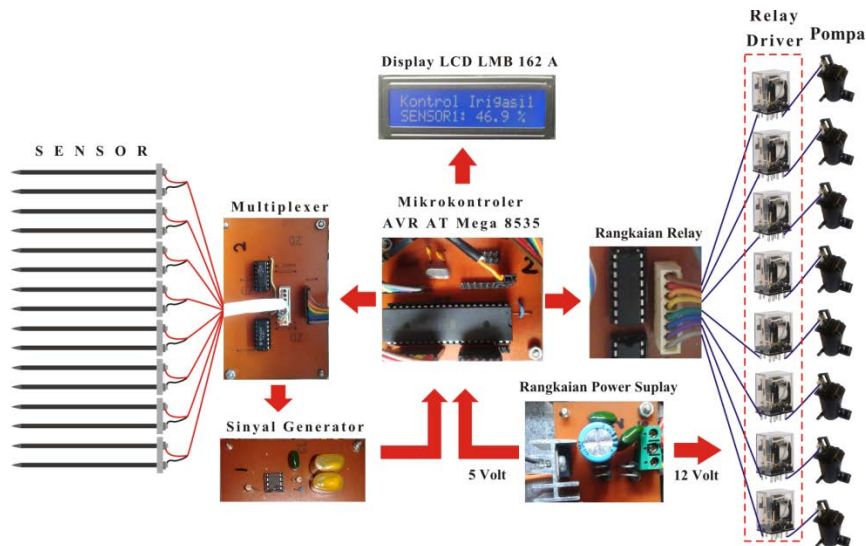
Analisis Validasi dengan RMSE (*Root Mean Square Error*)

Penentuan besarnya akurasi pengukuran terhadap hasil analisis sebagai informasi akurasi peralatan dipergunakan metode konvensional RMSE (*Root Mean Square Error*). Semakin kecil nilai RMSE pembacaan sensor, maka pembacaan elektroda sensor semakin akurat. Hakim (2011) menyatakan bahwa akurasi pembacaan sensor dapat diterima apabila nilai $RMSE \leq 0,1$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan Sistem Kontrol Irigasi Otomatis

Sistem kontrol irigasi otomatis berbasis resistansi AC yang membaca kadar air tanah secara *real time* dengan sistem kontrol lup tertutup dan memberikan irigasi secara efektif sesuai dengan kebutuhan air tanaman. Sistem ini bekerja berdasarkan pembacaan resistif kadar air tanah oleh sensor yang dikonversi pada sistem kontrol menjadi persen kadar air yang ditampilkan pada *display*. Sistem irigasi otomatis ini melakukan penyiraman sesuai program pada kontrol yaitu kadar air 20% pada batas bawah dan kadar air 39% pada batas atas. Gambar 4 merupakan blok diagram sistem kontrol irigasi otomatis.



Gambar 4. Blok diagram sistem kontrol irigasi otomatis

Sensor Kadar Air Resistif

Input dari sistem kontrol ini yaitu sensor kadar air berbasis resistif AC yang terbuat dari 2 batang *stainless steel* dengan panjang 20 cm dan memiliki diameter 3 mm (Gambar 3). Sensor dengan basis resistif tidak memerlukan isolator dan bekerja baik pada sistem *multiplexing*. Pemilihan bahan *stainless steel* dalam penggunaan sensor ini karena lebih kuat dan tahan korosi.



Gambar 5. Sensor kadar air tanah resistif

Rangkaian Sistem Kontrol

Rangkaian sistem kontrol merupakan rangkain keseluruhan didalam sistem kontrol irigasi otomatis yang menghubungkan sensor dengan *display* dan pompa. Rangkaian sistem kontrol terdiri dari beberapa rangkaian yaitu rangkaian sinyal generator, rangkaian *power supplay*, rangkaian multiplexing, rangkaian mikrokontroler, dan rangkaian pengendali pompa.



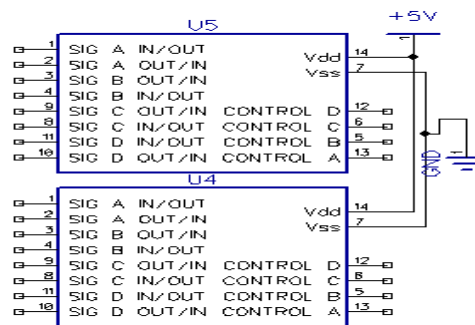
Gambar 6. (a) Kontrol otomatis tampak depan dan belakang, (b) Rangkaian sistem kontrol

Rangkaian Sinyal Generator

Rangkaian generator sinyal yang dibuat menggunakan IC 555, dalam penelitian ini diambil tegangan operasional $VCC = 5$ Volt. Rangkaian generator sinyal dihubungkan dengan sensor resistif yang berfungsi sebagai sensor yang dimasukkan ke dalam tanah. Dalam penelitian ini, dari hasil uji coba (*trial and error*), ditentukan $f_{KERING} = 57$ Hz, dan $f_{BASAH} = 4000$ Hz.

Rangkaian Multiplexing

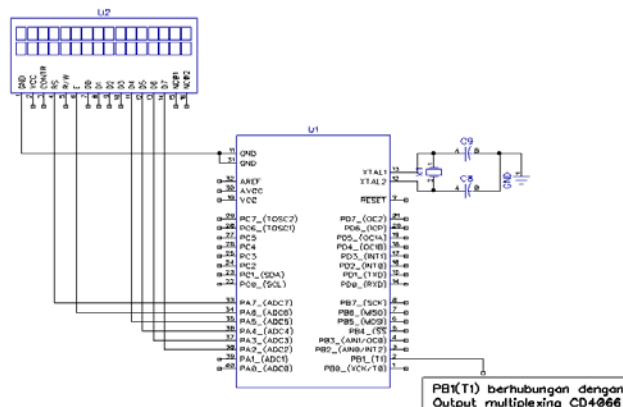
Multiplexing pada sistem kontrol irigasi otomatis ini menggunakan *Frequency Division Multiplexing* (FDM) 4066 dengan menumpuk sinyal pada bidang frekuensi. Data yang dikirimkan dari sensor dihubungkan dengan port A sampai port D pada U4 dan U5 dan control A sampai control D dihubungkan dengan mikrokontroler AT Mega 8535



Gambar 7. Rangkaian *multiplexing* 4066

Rangkaian Mikrokontroler AVR AT Mega 8535 dan LCD 16x2

Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler AVR AT Mega 8535 yang berfungsi untuk mengkomunikasikan *multiplexer*, LCD 16x2, dan rangkaian *relay*. Bahasa yang digunakan pada mikrokontroler ini menggunakan bahasa *basic*. LCD LMB 162A dengan tampilan 16 x 2 digunakan untuk menampilkan data dari masukkan *multiplexing*. Data yang masuk melalui *multiplexing* diolah terlebih dahulu oleh mikrokontroler AVR AT Mega 8535.



Gambar 8. Rangkaian mikrokontroler AVR AT Mega 8535 dan LCD LMB 162A

Hasil Rancangan Jaringan Irigasi

Rancangan jaringan irigasi ini terdiri dari pipa 2 dim, pipa 1 dim, pipa ½ dim, selang 5/16 dim, bak penampung 500 liter dan kran (katup). Jumlah pipa yang digunakan pada masing-masing rak adalah 1 buah yang dihubungkan dengan 8 selang.



Gambar 9. Hasil rancangan sistem irigasi otomatis

Kalibrasi Sistem Kontrol

Pengujian ini dilakukan dengan mengujikan masing-masing sensor pada sampel tanah polybag diameter 20 cm dan tinggi 20 cm yang berisi tanah dengan kapasitas lapang dan kadar air pada titik layu permanen.



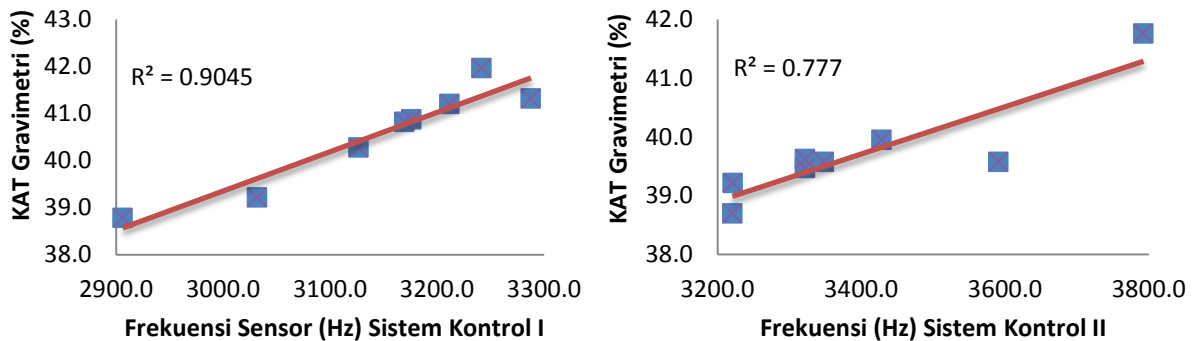
Gambar 10. Kalibrasi sensor pada kadar air tanah kapasitas lapang dan titik layu permanen

Perhitungan kalibrasi antara frekuensi tanah yang dibaca sensor sistem kontrol dengan kadar air tanah uji gravimetri yang dilakukan pada masing-masing sistem kontrol (sensor 1 sampai 8) dan sistem kontrol II (sensor 9 sampai 16). Kalibrasi dilakukan dengan mencari regresi antara frekuensi pembacaan sensor sistem kontrol dengan kadar air tanah uji gravimetri. Persamaan terbaik dari hasil kalibrasi dijadikan konversi pembacaan sensor dari frekuensi menjadi persen kadar air.

Kalibrasi pada KAT Kapasitas Lapang

Kalibrasi data frekuensi terhadap kadar air tanah kapasitas lapang dilakukan ketika tanah berada pada keadaan cukup lembab yang menunjukkan jumlah air terbanyak yang dapat ditahan oleh tanah terhadap gaya tarik gravitasi (Allen, et al., 2006). Kalibrasi dilakukan antara frekuensi pembacaan sensor dengan kadar air tanah yang diuji langsung pada laboratorium dengan metode gravimetri pada saat kadar air tanah kapasitas lapang.

Pengukuran kadar air tanah kapasitas lapang pada sistem kontrol I dengan uji gravimetri mendapatkan rata-rata kadar air sebesar 40,6% dengan rata-rata frekuensi pembacaan sensor 3143,9 Hz. Pengukuran sistem kontrol II dengan uji gravimetri mendapatkan rata-rata kadar air sebesar 39,7% dengan rata-rata frekuensi pembacaan sensor 3405,7 Hz.



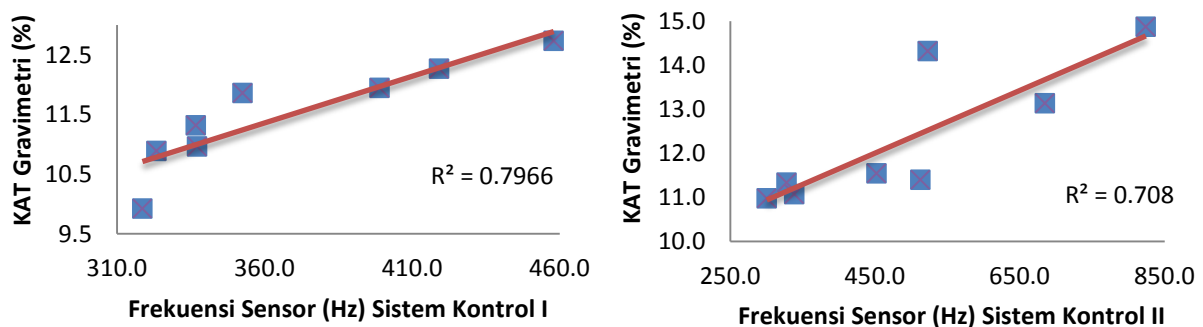
Gambar 11. Grafik regresi frekuensi sistem kontrol I dan II terhadap kadar air kapasitas lapang

Hasil analisis regresi linier antara frekuensi sistem kontrol I dengan kadar air tanah kapasitas lapang diperoleh persamaan $y = 0.0083x + 14.319$ dan hasil regresi yang diperoleh linier dengan R^2 sebesar 0,9045. Hasil analisis regresi hubungan antara frekuensi kontrol II dan kadar air tanah kapasitas lapang diperoleh persamaan $y = 0.004x + 26.038$ dan regresi diperoleh linier dengan nilai R^2 sebesar 0,777.

Kalibrasi pada KAT Titik Layu Permanen

Kalibrasi pada titik layu permanen diambil saat tanaman mulai mengalami kelayuan secara permanen (Allen, et al., 2006). Pada penelitian ini dilakukan kalibrasi antara frekuensi pembacaan sensor dengan kadar air tanah dengan uji gravimetri pada saat kadar air tanah titik layu permanen.

Pengukuran kadar air tanah titik layu permanen pada sistem kontrol I dengan uji gravimetri mendapatkan rata-rata kadar air sebesar 11,5% dengan rata-rata frekuensi pembacaan sensor 368,1 Hz. Pengukuran pada sistem kontrol II dengan uji gravimetri mendapatkan rata-rata kadar air sebesar 12,3 % dengan rata-rata frekuensi pembacaan sensor 495,7 Hz.



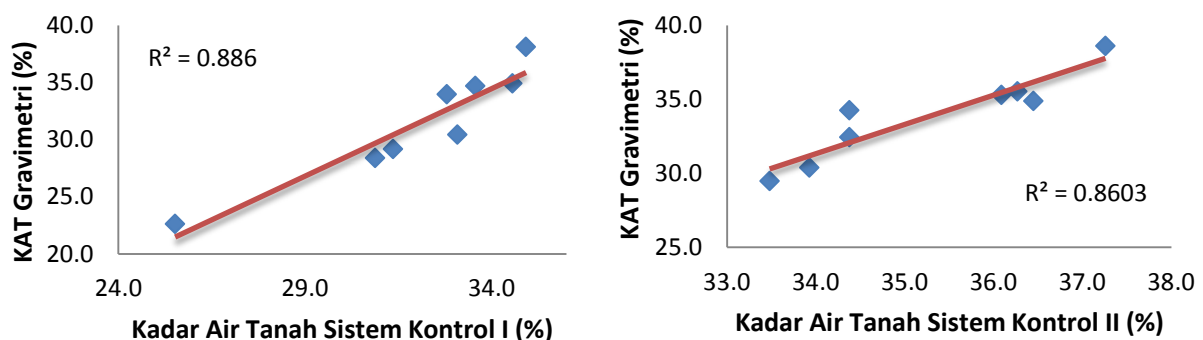
Gambar 12. Grafik regresi frekuensi tanah sistem kontrol I dan II terhadap kadar air tanah titik layu permanen

Hasil analisis regresi hubungan antara frekuensi kontrol I dan kadar air tanah titik layu permanen diperoleh persamaan $y = 0.0156x + 5.7308$ dan hasil regresi yang diperoleh linier dengan R^2 sebesar 0,7966. Hasil analisis regresi hubungan antara frekuensi kontrol II dan kadar air tanah titik layu permanen diperoleh persamaan $y = 0.0071x + 8.8032$ dan hasil regresi yang diperoleh linier dengan R^2 sebesar 0,708.

Hasil Uji Kinerja Sistem Kontrol Irigasi Otomatis

Pengujian sistem kontrol irigasi otomatis dilakukan setelah memprogram sistem kontrol dari tampilan frekuensi menjadi persen kadar air dengan persamaan terbaik dari hasil kalibrasi. Pengujian kinerja dilakukan pada hari ke 10 dan ke 20 setelah tanam dengan mencari data dari pembacaan sensor sistem kontrol dan uji kadar air tanah dengan gravimetri. Pengujian keberhasilan kinerja sistem kontrol dilakukan validasi dengan menggunakan analisis regresi linier dan uji RMSE (*Root Mean Square Error*)

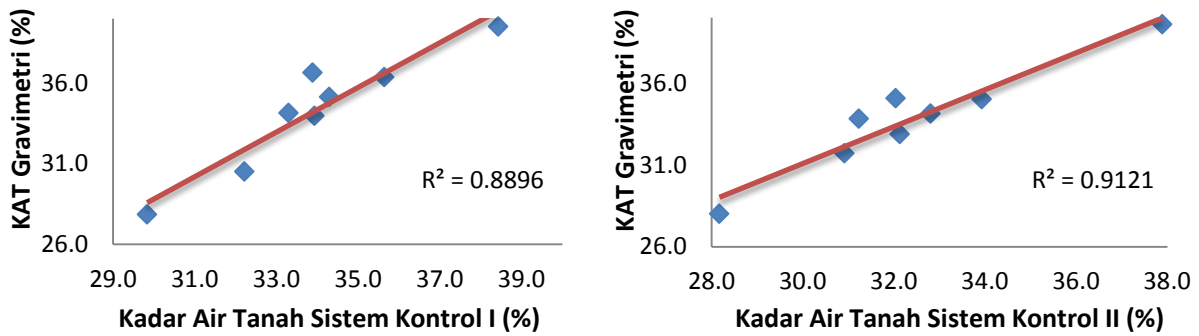
Pengujian pertama dilakukan pada 10 hari setelah tanam. Sistem kontrol I mendapatkan rata-rata kadar air tanah pembacaan sensor 32,1% dan rata-rata kadar air tanah pada uji gravimetri 31,5%. Sistem kontrol II pada pengujian pertama mendapatkan rata-rata kadar air tanah pembacaan sensor 35,3% dan rata-rata kadar air tanah uji gravimetri 33,9 %.



Gambar 13. Grafik regresi kadar air tanah sistem kontrol I dan II terhadap kadar air tanah gravimetri pada pengujian pertama

Hasil uji analisis regresi kadar air tanah sistem kontrol I dengan kadar air tanah gravimetri diperoleh regresi yang linier dengan R^2 0,886. Uji *RMSE (Root mean square error)* menghasilkan nilai 0,02 yang berarti nilai error rata-rata 2%. Hasil pengujian analisis regresi kadar air tanah sistem kontrol II dengan kadar air tanah gravimetri diperoleh regresi yang linier dengan R^2 0,8603. Uji *RMSE (Root mean square error)* menghasilkan nilai 0,02 yang berarti nilai error rata-rata 2%.

Pengujian kedua dilakukan pada 20 hari setelah tanam dengan sampel tanaman yang baru. Sistem kontrol I mendapatkan rata-rata kadar air tanah pembacaan sensor 33,9% dan rata-rata kadar air tanah uji gravimetri 34,3%. Sistem kontrol II pada pengujian kedua mendapatkan rata-rata kadar air tanah pembacaan sensor 35,3% dan rata-rata kadar air tanah uji gravimetri 33,9%.



Gambar 14. Grafik regresi kadar air tanah sistem kontrol I dan II terhadap kadar air tanah gravimetri pada pengujian kedua

Hasil pengujian analisis regresi kadar air tanah sistem kontrol I dengan kadar air tanah gravimetri diperoleh regresi yang linier dengan R^2 0,8896. Uji *RMSE (Root mean square error)* menghasilkan nilai 0,01 yang berarti nilai error rata-rata 1%. Hasil pengujian analisis regresi kadar air tanah sistem kontrol II dengan kadar air tanah gravimetri diperoleh regresi yang linier dengan R^2 0,9121. Uji *RMSE (Root mean square error)* menghasilkan nilai 0,02 yang berarti nilai error rata-rata 2%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan dan perealisasiian serta pengujian sistem kontrol irigasi otomatis, maka dapat diambil suatu kesimpulan antara lain :

1. Sistem kontrol irigasi otomatis mampu memberikan irigasi yang otomatis sesuai dengan kadar air optimal tanaman rukola. Sistem kontrol irigasi otomatis bekerja sesuai seting program, pompa hidup pada kadar air tanah ≤ 20 % dan pompa mati pada kadar air tanah ≥ 39 %.
2. Pengujian pertama mendapatkan hasil regresi yang linier dengan R^2 sistem kontrol I 0,8462 dengan nilai RMSE 0,02 dan R^2 sistem kontrol II 0,8603 dengan nilai RMSE 0,02. Pengujian kedua mendapatkan hasil regresi yang linier dengan R^2 sistem kontrol I 0,8896 dengan nilai RMSE 0,01 dan R^2 sistem kontrol II 0,9121 dengan nilai RMSE 0,02. Dengan R^2 yang melebihi 0,7 dan nilai RMSE $\leq 0,1$, maka kinerja sistem kontrol sudah bekerja dengan akurat.

Saran

Sistem kontrol irigasi otomatis berbasis resistif AC dengan pengujian pada tanaman rukola diharapkan dapat dilanjutkan pengujian kalibrasi pada tanaman dan jenis tanah berbeda yang nantinya sistem kontrol ini dapat digunakan untuk berbagai jenis tanaman dan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. 2006. Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper.
- Atmel Corps. 2006 . AVR AT Mega 8535
www.atmel.com/Images/doc2466.pdf. Diakses pada tanggal 22 Februari 2014
- Hakim, A.F. 2011. Perancangan Sistem Informasi Pengukuran Konduktivitas Hidraulik Tidak Jenuh Tanah dengan Sensor Tensiometer dan Higrometer Digital. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Jember.
- Ezra Klein. 2008 "Arugula", The American Prospect. Amerika
- Lal Rattan, Shukla Manoj K. 2004. Principle of Soil Physics. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Morris, Alan S., Measurement and Instrumentation Principles. 2001. Butterworth Heinemann. ISBN 0-7506-5081-8
- Pasaribu, Ira S. 2013. Analisis Efisiensi Irigasi Tetes dan Kebutuhan Air Tanaman Semangka (*Citrullus vulgaris S.*) pada Tanah Ultisol. Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian, Vol. 2 No. 1.
<http://download.portalgaruda.org/article.php?article=111003&val=4140>. Diakses tanggal 3 November 2015