

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 7, No. 1, April 2019



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, berisi 15 naskah untuk setiap nomornya baik dalam edisi cetak maupun edisi online. Mulai edisi ini ada perubahan dan penambahan anggota Dewan Redaksi jurnal berdasarkan SK Nomor 01/ KEP/KP/I/2019 yang dimaksudkan untuk meningkatkan pelayanan dan pengelolaan naskah sehingga penerbitannya tepat waktu. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi
Pertanian, IPB Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia

Dewan Redaksi:

Ketua : Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, IPB University)
Anggota : Abdul Hamid Adom (Scopus ID: 6506600412, University Malaysia Perlis)
(*editorial board*) Addy Wahyudie (Scopus ID: 35306119500, United Arab Emirates University)
Budi Indra Setiawan (Scopus ID: 55574122266, IPB University)
Balasuriya M.S. Jinendra (Scopus ID: 30467710700, University of Ruhuna)
Bambang Purwantana (Scopus ID: 6506901423, Universitas Gadjah Mada)
Bambang Susilo (Scopus ID: 54418036400, Universitas Brawijaya)
Daniel Saputera (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya)
Han Shuqing (Scopus ID: 55039915600, China Agricultural University)
Hiroshi Shimizu (Scopus ID: 7404366016, Kyoto University)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana)
Agus Arif Munawar (Scopus ID: 56515099300, Universitas Syahkuala)
Armansyah H. Tambunan (Scopus ID: 57196349366, IPB University)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, IPB University)
M. Rahman (Scopus ID: 7404134933, Bangladesh Agricultural University)
Machmud Achmad (Scopus ID: 57191342583, Universitas Hasanuddin)
Muhammad Makky (Scopus ID: 55630259900, Universitas Andalas)
Muhammad Yulianto (Scopus ID: 54407688300, IPB University & Waseda University)
Nanik Purwanti ((Scopus ID: 23101232200, IPB University & Teagasc
Food Research Center Irlandia)
Pastor P. Garcia (Scopus ID: 57188872339, Visayas State University)
Rosnah Shamsudin (Scopus ID: 6507783529, Universitas Putra Malaysia)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin)
Sate Sampattagul (Scopus ID: 7801640861, Chiang Mai University)
Subramaniam Sathivel (Scopus ID: 6602242315, Louisiana State University)
Shinichiro Kuroki (Scopus ID: 57052393500, Kobe University)
Siswoyo Soekarno (Scopus ID: 57200222075, Universitas Jember)
Tetsuya Araki (Scopus ID: 55628028600, The University of Tokyo)
Tusan Park (Scopus ID: 57202780408, Kyungpook National University)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)
Bendahara : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, IPB University)
Anggota : Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, IPB University)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, IPB University)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, IPB University)
Leopold Oscar Nelwan (Scopus ID: 56088768900, IPB University)
I Wayan Astika (Scopus ID: 43461110500, Institut Pertanian Bogor)
Agus Ghautsun Niam (Scopus ID: 57205687481, IPB University)
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680. Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026, E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 7 No. 1 April 2019. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Bambang Purwantana, M.Agr (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Slamet Budijanto, M.Agr (Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Edward Saleh, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr. Bambang Haryanto, MS. (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi), Dr.Ir. Hermantoro, MS. (INSTIPERYogyakarta), Dr.Ir. I Wayan Astika, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lenny Saulia, STP, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastra, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr. Satyanto Krido Saptomo, STP, M.Si (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Yuli Suharnoto, M.Eng (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Roh Santoso Budi Waspodo, MT (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Arief Sabdoyuwono, M.Sc (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Instiut Pertanian Bogor), Dr. Radi, STP, M.Eng. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Andri Prima Nugroho, STP, M.Sc, Ph.D. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr. Sri Rahayoe, STP, MP. (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Diding Suhandy, STP, M.Agr, Ph.D (Jurusan Teknik Pertanian. Universitas Lampung), Eni Sumarni, STP, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman), Dr. Noor Roufiq Ahmadi, STP, MP (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura), Dr. Kurniawan Yuniarto, STP, MP (Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram), Dr. Andasuryani, STP, M.Si (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Moh. Agita Tjandra, M.Sc, Ph.D (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas).

Technical Paper

Rancangan Sistem Kendali Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino

Design of Soil Moisture Control Systems Based on Arduino Microcontroller

Joko Sumarsono, Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Mataram. Email: sumarsonoj@gmail.com
Budi Indra Setiawan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.
Email: budindra@yahoo.com

I Dewa Made Subrata, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Email: dewamadesubrata.ipb@gmail.com

Roh Santoso Budi Waspodo, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.
Email: rohsbw@yahoo.com

Satyanto Krido Saptomo, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.
Email: saptomo@ipb.ac.id

Popi Rejekiningrum, Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balitbang Pertanian.
Email: popirejeki@yahoo.com

Abstract

Control of soil moisture can save water supply for crops. The soil moisture sensor integrated with the Arduino microcontroller board can be programmed as the control system. Addition of RTC module and SD module tools also make the system as the data logger. The purpose of this research was to developed the irrigation automation system with the control of soil moisture. This system has been integrated with the automation system using the power source of solar energy. Soil texture is sandy clay loam, which is dominated by the sand content of 59.67%. Rainfall during the study was 58.5 mm. The control system with Arduino board, set to keep soil moisture between $0.23 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ - $0.30 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$. The soil moisture in that range was able to be controlled with this system. Land without agricultural cultivation activities when water resources are limited, can be empowered with the application of irrigation automation systems.

Keywords: automation, data logger, Arduino, soil moisture, solar energy.

Abstrak

Pengendalian kelembaban tanah dapat menghemat pasokan air untuk tanaman. Sensor kelembaban tanah yang diintegrasikan dengan papan mikrokontroler Arduino dapat diprogram sebagai sistem pengendalian tersebut. Penambahan alat RTC *module* dan SD *module* juga menjadikan sistem sebagai *data logger*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem otomatisasi irigasi dengan kendali kelembaban tanah. Sistem ini terintegrasi dengan sistem otomatisasi menggunakan sumber tenaga dari energi surya. Tekstur tanah adalah lempung liat berpasir, yang didominasi oleh kandungan pasir sebesar 59.67%. Curah hujan selama penelitian adalah 58.5 mm. Sistem kontrol dengan papan Arduino, diatur untuk menjaga kelembaban tanah antara $0.23 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ – $0.30 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$. Kelembaban tanah pada kisaran tersebut mampu dikontrol dengan sistem ini. Lahan tanpa kegiatan budidaya pertanian pada saat sumber daya air terbatas, dapat diberdayakan dengan aplikasi sistem otomatisasi irigasi.

Kata Kunci: otomatisasi, *data logger*, arduino, kelembaban tanah, energi surya

Diterima: 1 Februari 2018; Disetujui: 20 Juni 2018

Latar Belakang

Matahari, tanah, dan air merupakan komponen yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Untuk menjaga persediaan air yang tepat untuk tanaman, diperlukan usaha mengatur pasokan untuk tanaman (Hong dan Hsieh 2016). Di lokasi penelitian, untuk mendapatkan air, petani harus membelinya dari pengelola sumur air tanah dalam. Salazar *et al.* (2013) menyatakan bahwa untuk beberapa tahun ke depan air akan menjadi barang berharga dan keberadaannya semakin langka. Penggunaannya yang lebih hemat di bidang pertanian menuntut pengintegrasian dengan teknologi yang lebih canggih.

Mikrokontroler merupakan salah satu teknologi mutakhir yang dapat diterapkan pada bidang pertanian. Dari berbagai macam mikrokontroler, papan mikrokontroler Arduino banyak dikembangkan dengan berbagai alasan seperti yang dikemukakan Koenka *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa papan mikrokontroler Arduino dilengkapi dengan soket agar memungkinkan koneksi yang mudah dari perangkat eksternal ke pin input dan output digital (I/O). Selain perangkat keras, juga dikembangkan perangkat lunak Arduino IDE, yang kompatibel dengan Windows, Mac OS X atau Linux. Perangkat lunak ini dirancang untuk pengguna non-pakar yang menyederhanakan langkah editing, kompilasi, dan upload program ke mikrokontroler. Kamogawa dan Miranda (2013) juga menyatakan bahwa mikrokontroler ini lebih hemat biaya dibanding dengan mikrokontroler yang lain.

Mikrokontroler dapat digunakan untuk memantau tingkat kelembaban tanah dengan sensor yang terintegrasi (Kim dan Glenn 2017). Ada dua pendekatan dasar untuk mengetahui kandungan air dengan sensor kelembaban tanah, tensiometrik atau volumetrik. Sensor volumetrik dirancang untuk memperkirakan kadar air volumetrik tanah (VWC) berdasarkan konstanta dielektrik tanah. Dengan

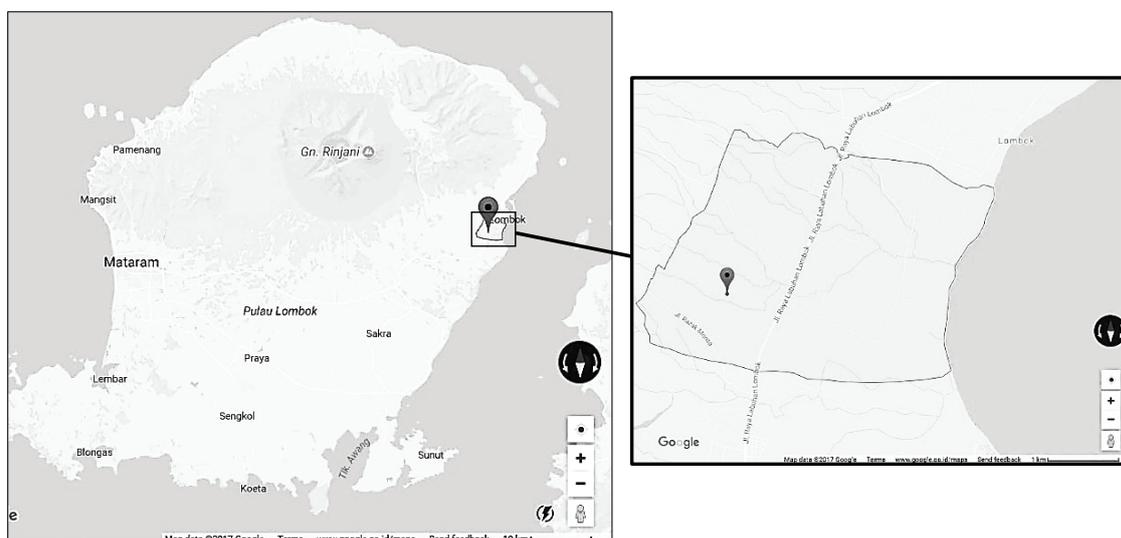
demikian, pengukuran konstanta dielektrik dapat memprediksi perkiraan kandungan air (McCready *et al.* 2009).

Sistem otomatisasi irigasi pada umumnya terdiri dari papan mikrokontroler, sensor kelembaban tanah, katup *solenoid*, pompa air, dan relai (Devika *et al.* 2014). Papan Arduino mampu mengontrol katup *solenoid* dalam suatu sistem pengaliran fluida (Kamogawa dan Miranda 2013). Papan arduino juga mampu mengelola beberapa sensor dan berbagai aktuator (Bajer dan Krejcar 2015).

Sistem otomatisasi membutuhkan daya listrik, sedangkan keadaan di lapangan, sumber listrik PLN sulit diperoleh. Menurut data klimatologi, lama penyinaran matahari rata-rata di lokasi penelitian adalah 6–10 jam per hari, sehingga mampu memasok energi pada panel surya. Penggunaan panel surya selain menjadi alternatif sumber listrik mandiri, juga merupakan bentuk keberpihakan terhadap energi terbarukan. Periasamy *et al.* (2015) menyatakan bahwa energi surya mulai mendapatkan perhatian dengan mulai adanya kebijakan mitigasi perubahan iklim, dan penipisan sumber energi konvensional. Berdasarkan penelitian dari Coates *et al.* (2013), Panel surya dapat digunakan sebagai sumber tenaga untuk sistem irigasi cerdas yang mampu mengatur buka tutup katup berdasarkan sensor kelembaban tanah yang dikendalikan oleh mikrokontroler.

Sistem kendali ini beroperasi terus menerus selama 24 jam. Penggunaan baterai dalam sistem energi surya, diperlukan untuk keperluan tersebut. Seperti yang telah dilakukan oleh Devici *et al.* (2015), pemanfaatan sistem irigasi bertenaga surya yang dibantu dengan penyimpanan energi ke dalam baterai, sebagai pengganti sambungan langsung, memberikan kinerja yang lebih baik karena laju alir keluarannya tidak tergantung pada kondisi keberadaan sinar matahari.

Apabila pemberian air untuk tanaman terlalu berlebih, akan mengakibatkan air banyak hilang



Gambar 1. Lokasi penelitian di Desa Pringgabaya Utara, Pringgabaya, Lombok Timur.

Tabel 1. Data curah hujan Desa Pringgabaya Utara.

Bulan	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop
Curah hujan	109	160	110	84	0	1.5	39	4	0	0	14
Hari hujan	7	9	8	6	1	1	3	1	0	0	1

782 1483

Tabel 2. Hasil analisis laboratorium terhadap sampel tanah.

Sifat fisika tanah	Unit	Hasil analisis
Tekstur		
Pasir	%	59.67
Liat	%	21.83
Debu	%	18.50
Pori drainase cepat	cm ³ cm ⁻³	0.07
Pori drainase lambat	cm ³ cm ⁻³	0.25
Air tersedia	cm ³ cm ⁻³	0.11
<i>Field WC</i>	cm ³ cm ⁻³	0.34
Porositas	cm ³ cm ⁻³	0.60
<i>Bulk Density</i>	g cm ⁻³	1.00
<i>Particle Density</i>	g cm ⁻³	2.50
Permeabilitas	cm h ⁻¹	4.11
Kadar Air		
pF= 0.0	cm ³ cm ⁻³	0.60
pF= 1.0	cm ³ cm ⁻³	0.52
pF= 2.0	cm ³ cm ⁻³	0.35
pF= 2.5	cm ³ cm ⁻³	0.29
pF= 4.2	cm ³ cm ⁻³	0.19

karena perkolasi. Sebaliknya jika terlalu sedikit, pertumbuhan tanaman tidak optimal, dengan demikian diperlukan informasi kelembaban tanah optimum di lokasi penelitian. Menurut (Botula *et al.* 2012), data retensi air, diperlukan dalam pengelolaan air dan tanah yang terkait dengan masalah pertanian, ekologi, dan lingkungan. Dengan data retensi air, dapat diketahui kemampuan tanah untuk menyimpan air. Data ini diperlukan untuk menentukan batas atas dan batas bawah pengendalian kelembaban tanah, sehingga kelembaban tanah akan selalu berada pada tingkat tersedia untuk tanaman.

Penelitian ini bertujuan mendapatkan program otomatisasi irigasi dan data retensi air, untuk mengembangkan rancangan sistem otomatisasi irigasi yang terintegrasi dengan sistem energi surya. Energi surya digunakan sebagai sumber energi sistem kendali dan pompa air. Diharapkan dengan penerapan sistem ini, kegiatan tanam dengan sumber air terbatas tetap dapat dilakukan.

Bahan dan Metode

Kondisi Lokasi dan Waktu Penelitian

Persiapan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sumberdaya Air Departemen Teknik Sipil

dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor pada bulan April 2014. Penelitian lapang dilakukan di Desa Pringgabaya Utara, Kecamatan Pringgabaya, Kabupaten Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat dari bulan Mei – November 2014. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

Mulai Januari – Nopember 2014, terjadi hujan sebanyak 521.5 mm dengan hari hujan sebesar 37 hari. Data hujan mulai Januari hingga Nopember 2014 dapat dilihat pada Tabel 1. Data curah hujan didapatkan dari penakar hujan (ombrometer) yang dipasang di Dinas Pengairan Kecamatan Pringgabaya yang terletak di Desa Pringgabaya Utara.

Sifat Fisik Tanah

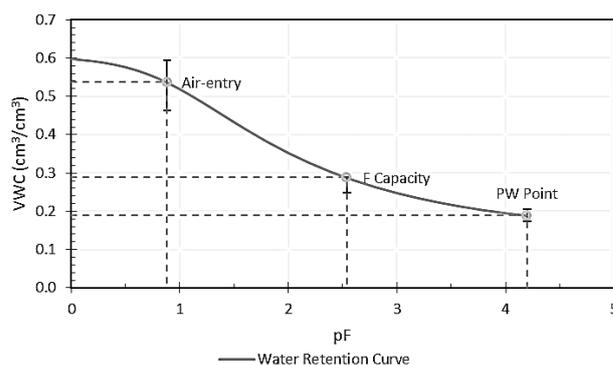
Sampel tanah diambil pada kedalaman 0–15 cm dan 15–30 cm. Berdasarkan hasil analisis sampel tanah, didapatkan hasil tekstur tanah berupa lempung liat berpasir (*sandy clay loam*). Hasil analisis sifat fisik tanah pada lahan penelitian terlihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil analisis sifat fisik tanah, nilai pF dan kadar air tanah disimulasikan dengan persamaan Van Genuchten, dan diperoleh kurva retensi air tanah, seperti terlihat pada Gambar 2.

Berdasarkan simulasi Van Genuchten, didapatkan nilai parameter kelembaban tanah residu 0.144 cm³cm⁻³, kelembaban tanah jenuh 0.606 cm³cm⁻³, $\alpha=7.65 \text{ cm}^{-1}$, $m=0.23$, $n=1.31$.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini digolongkan dalam dua bagian, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan antara lain: tabung Mariotte, pipa PVC, meteran air, emiter, papan mikrokontroler Arduino Uno, relai, katup *solenoid* 0 bar, *voltage doubler*,

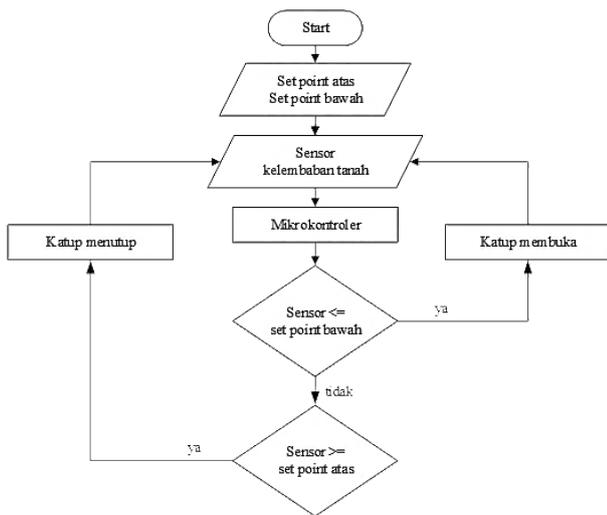


Gambar 2. Kurva retensi air tanah.

layar LCD 16x2, RTC module, SD module, sensor kelembaban tanah vegetronix VH400, panel surya 100WP, charge regulator, power inverter, baterai 12V, pompa air, komputer. Perangkat lunak yang digunakan adalah software Arduino v.1.5.4.

Sistem Otomatisasi Irigasi

Sistem otomatisasi menggunakan rangkaian mikrokontroler arduino, katup solenoid dan sensor kelembaban tanah. Sistem otomatisasi irigasi ini bekerja dengan menggunakan sistem kendali berbasis mikrokontroler yang telah diprogram untuk melakukan pengaturan irigasi, yang algoritmanya seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Algoritma otomatisasi irigasi.

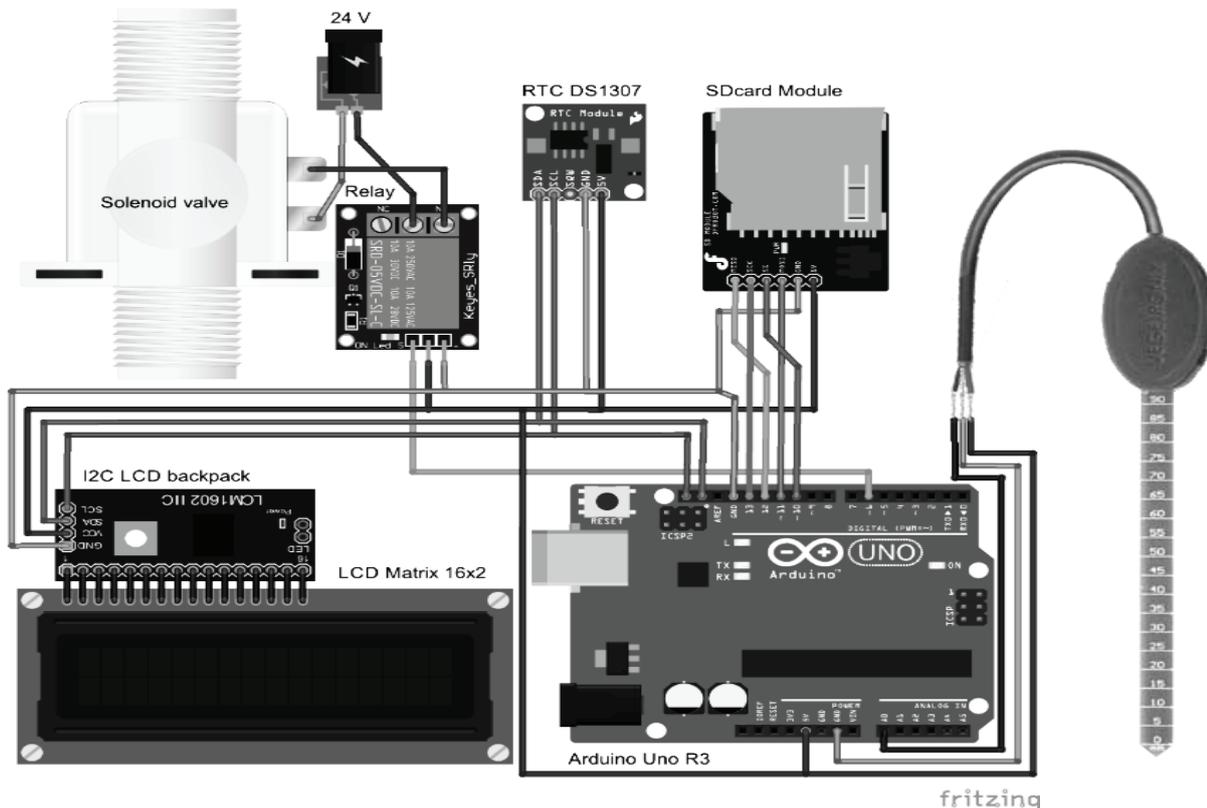
Otomatisasi irigasi mengatur apabila kelembaban tanah mencapai set point atas, maka katup solenoid tertutup, dan apabila kelembaban tanah turun mencapai set point bawah, maka katup solenoid terbuka.

Prosedur Kerja

Sensor kelembaban tanah vegetronix VH400 ditempatkan pada kedalaman 20 cm, sekitar daerah perakaran. Sensor ini dihubungkan dengan papan mikrokontroler Arduino yang ditempatkan di dalam box besi bersama dengan komponen RTC module, SD module, layar LCD, relay, voltage doubler. Untuk panel surya, solar charge controller, baterai ditempatkan di dalam bangunan samping lahan penelitian. Katup Solenoid ditempatkan antara tabung Mariotte dan meteran air.

Program otomatisasi irigasi yang berada di komputer, diunggah ke mikrokontroler dengan koneksi USB. Pembacaan waktu komputer otomatis akan dimasukkan ke RTC module. Nilai kelembaban tanah diatur dengan nilai analog digital converter (ADC) batas atas dan batas bawah yang disesuaikan dengan data retensi tanah dan management allowable deficit (MAD) yang ditetapkan. Nilai ini dibaca oleh sensor setiap 10 detik. Otomatisasi irigasi bekerja berdasarkan bacaan nilai kelembaban tanah setiap waktu oleh sensor kelembaban tanah.

Untuk mempermudah pembacaan grafik sensor kelembaban tanah, maka hasil pembacaan diolah lebih lanjut dengan metode Filter Kalman. Menurut Rudiyanto et al. (2006), pengolahan



Gambar 4. Rangkaian sistem otomatisasi irigasi.

data menggunakan Filter Kalman, diperlukan penentuan nilai kovarian gangguan pada proses (Q), dan kovarian gangguan pada data (R). Untuk pengolahan data pembacaan sensor kelembaban tanah, digunakan nilai $Q=0.000002$, dan $R=0.001$.

Hasil dan Pembahasan

Rangkaian Struktural dan Fungsional Sistem Otomatisasi Irigasi

Rangkaian struktural dari sistem otomatisasi irigasi dapat dilihat pada Gambar 4.

Mikrokontroler Arduino Uno R3 yang berbasis chip ATmega328P, memiliki 14 pin input/output digital dan 6 pin input analog (Banzi 2011). Tegangan input yang direkomendasikan adalah 7V–12V DC. Untuk sensor kelembaban tanah dihubungkan dengan pin analog, sedangkan untuk layar lcd, data logger, relai dengan pin digital.

Sensor kelembaban tanah yang digunakan adalah Vegetronix VH400, yang berdaya relatif rendah ($< 7\text{mA}$) dan tahan korosi. Sensor diletakkan di sekitar daerah perakaran. Tegangan output sebanding dengan tingkat kelembaban tanah (Vegetronix 2017). Hubungan antara tegangan output dan nilai kelembaban tanah, tersaji pada Gambar 5. Hasil pembacaan nilai kelembaban tanah, masuk ke mikrokontroler sebagai nilai ADC. Berdasarkan data laboratorium, kapasitas lapang terjadi pada kelembaban tanah 29.2% dan titik layu permanen 18.9%. Namun di lapangan, saat tanah jenuh air, pembacaan sensor (nilai ADC) adalah 330 ekivalen kelembaban tanah 30%, sehingga nilai ini ditetapkan sebagai batas atas. Management allowable deficit (MAD) ditetapkan sebesar 60%, sehingga sebagai batas bawah ditetapkan nilai sensor 300 yang ekivalen dengan kelembaban tanah sebesar 23%.

Sebagai data logger, digunakan *SD card shield* yang merupakan penyimpan data ke memori SD card, dan *Real Time Clock (RTC) shield* yang merupakan pencatat waktu. Integrasi kedua komponen tersebut menghasilkan data yang berbasis waktu.

Untuk mengoperasikan katup *solenoid* dari mikrokontroler, digunakanlah relai. Tampilan pembacaan sensor terlihat pada LCD matrix 16x2 yang dihubungkan dengan pin digital mikrokontroler.

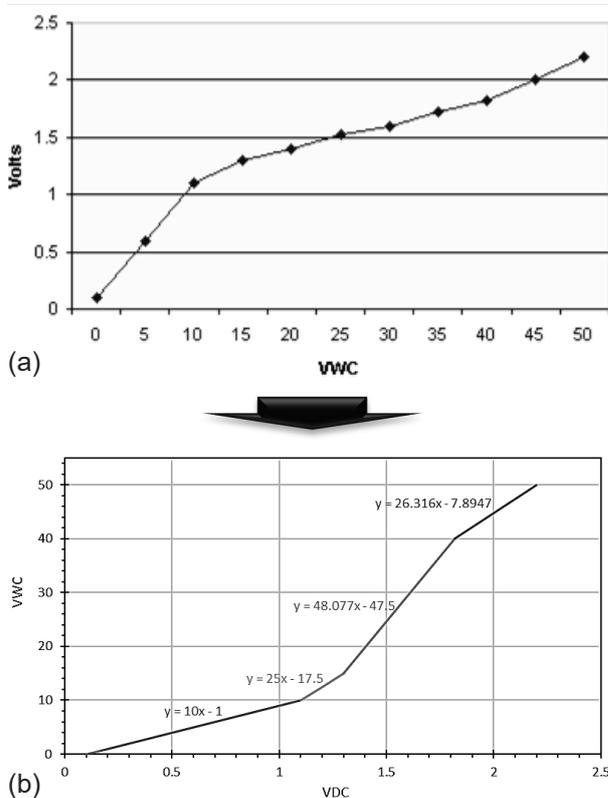
Program Arduino Sistem Otomatisasi Irigasi

Perangkat lunak yang digunakan untuk otomatisasi irigasi adalah Arduino IDE v.1.5.4. Struktur bahasa program dibagi menjadi 3 bagian, yaitu bagian deklarasi awal, setup, dan loop. Pada sistem ini, program dibuat untuk mengatur layar lcd, sensor, relai dan data *logger* (RTC dan SD).

Perangkat lunak yang digunakan untuk otomatisasi irigasi adalah Arduino v.1.5.4. Struktur bahasa program dibagi menjadi 3 bagian, yaitu

bagian deklarasi awal, setup, dan loop. Bagian deklarasi awal digunakan untuk mendeskripsikan variabel-variabel yang akan digunakan dalam program utama dan juga untuk menambahkan file-file program yang dibutuhkan untuk menjalankan program utama. File tersebut biasanya dikenal dengan istilah *library*, yaitu sekumpulan kode program yang dapat mengeksekusi perintah-perintah tertentu berdasarkan fungsi dan prosedur yang dibangun. Pada bagian ini dituliskan perintah memanggil lima *library* yang dibutuhkan, antara lain yaitu *Wire.h* yang merupakan *library* RTC dan I2C LCD, *RTClib.h library* RTC, **LiquidCrystal_I2C.h library** I2C LCD, **SPI.h** dan **SD.h library** SD. Alamat layar LCD diset sebagai **LiquidCrystal_I2C LCD(0x27,16.2)**. Variabel SD, RTC, relai, katup *solenoid*, set poin atas, dan set poin bawah diset *dataFile*, RTC, relay, solenoid, sa, dan sb. Set poin atas dan bawah sensor kelembaban tanah diset nilai ADCnya.

Bagian setup hanya dijalankan sekali saja yaitu pada saat awal program dijalankan atau ketika program direset. Bagian ini diawali dengan membuka *port* serial dengan *baud rate* 9600 bps. Kemudian dilanjutkan dengan menginisiasi pin untuk relai pada pin digital 6. Selain itu *library* RTC dan LCD juga diinisiasi. Selanjutnya mengecek nyala LCD dengan menghidupkan lampu LCD dan keberadaan SD card pada komponen *SD card module*. Jika SD card tidak ditemukan, maka program akan berhenti. Nama file tempat menyimpan data harus



Gambar 5. Kurva sensor kelembaban tanah vegetronix VH400 (a) VWC terhadap tegangan (b) tegangan terhadap VWC.

sama dengan nama file yang tertulis pada program arduino, yang dalam kasus ini ditentukan bernama datalog.csv. Jika keberadaan file tersebut di SD card tidak ditemukan, maka program juga berhenti.

Bagian loop digunakan untuk menjalankan suatu siklus program, yang akan dilakukan terus-menerus hingga Arduino mati/reset. Pada baris awal ditentukan nilai waktu (tanggal dan jam) RTC yang disesuaikan dengan waktu yang ada di komputer, saat pertama kali program diupload dari komputer ke papan Arduino. Jika tidak terhubung dengan komputer, maka nilai waktu sesuai dengan yang sudah tersimpan di RTC. Baris berikutnya menentukan pin pembacaan sensor kelembaban tanah yaitu pin A0 dan A1. Kondisi pembukaan katup solenoid, ditentukan dengan kondisi pembacaan ADC sensor kelembaban tanah. Jika nilai ADC di bawah set poin bawah, maka akan membuka, dan jika sudah melewati set poin atas akan menutup. Perintah penulisan data pada file mengikuti format: tanggal/bulan/tahun;jam:menit:detik;katup solenoid buka atau tutup;bacaan sensor 1;bacaan sensor 2;batas bawah;batas atas. Perintah penulisan data diakhiri dengan flush(). Perintah ini berguna untuk mengakhiri perintah penulisan data, sekaligus mengosongkan data pembacaan sebelumnya ditempatkan pada buffer. Pengulangan perintah pada bagian ini dilakukan setiap 20 detik.

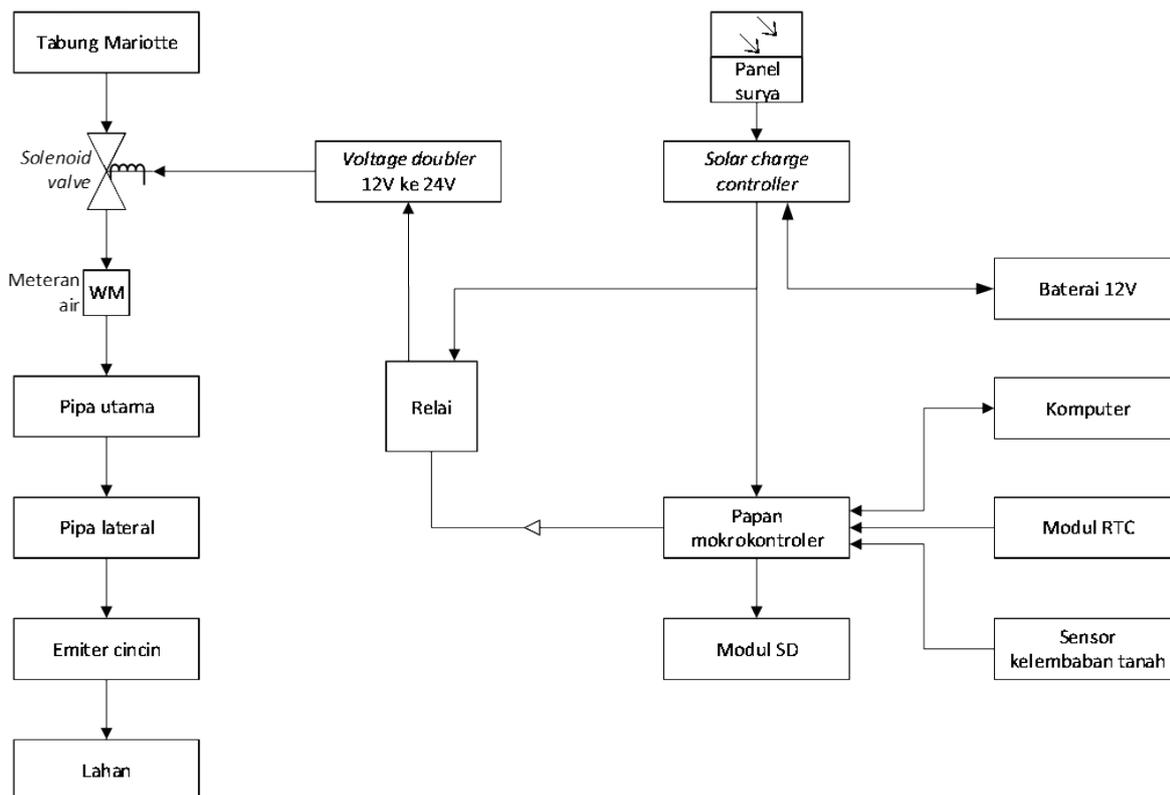
Program yang ditulis tampak sederhana dan mudah dipahami dibanding menggunakan pemrograman mikrokontroler lainnya. Hal ini karena adanya file library yang telah disediakan oleh produsen komponen pendukung ataupun

diunduh dari situs komunitas pengguna Arduino. Keunggulan lain adalah perangkat lunak Arduino IDE dipublikasikan secara gratis.

Kinerja Sistem Otomatisasi Irigasi

Pada areal penelitian, tidak terdapat aliran listrik dari PLN. Sebagai sumber tenaga untuk sistem otomatisasi, digunakan satu buah panel surya monokristal dengan daya 100WP. Listrik yang dihasilkan panel surya, diteruskan ke charge controller kemudian disimpan di akumulator. Dari akumulator inilah, listrik akan memberikan tenaga ke mikrokontroler Arduino untuk mengendalikan sistem otomatisasi irigasi. Sistem yang terintegrasi dengan sistem energi surya dapat dilihat pada Gambar 6.

Sistem irigasi otomatis akan membuka pasokan air dari tabung mariotte ke lahan hingga terhentinya pasokan dengan menutupnya solenoid valve, saat kelembaban tanah mencapai kondisi optimum. Jika kelembaban tanah berkurang hingga batas bawah, katup solenoid akan membuka kembali untuk mengalirkan air kembali. Sensor kelembaban tanah ditempatkan pada daerah perakaran tanaman yang berada di ujung pipa lateral. Di saat kelembaban tanah mencapai batas bawah, sistem irigasi akan mengalirkan air. Namun karena air akan mengairi tanaman yang lebih dekat dengan tabung mariotte terlebih dahulu, maka saat air sudah mencapai ujung pipa lateral, kelembaban tanah di sekitar sensor sudah di bawah batas bawah seperti terlihat pada Gambar 7. Begitu juga saat kelembaban tanah sudah mencapai batas atas, sistem irigasi



Gambar 6. Integrasi sistem otomatisasi irigasi dengan sistem tenaga surya.

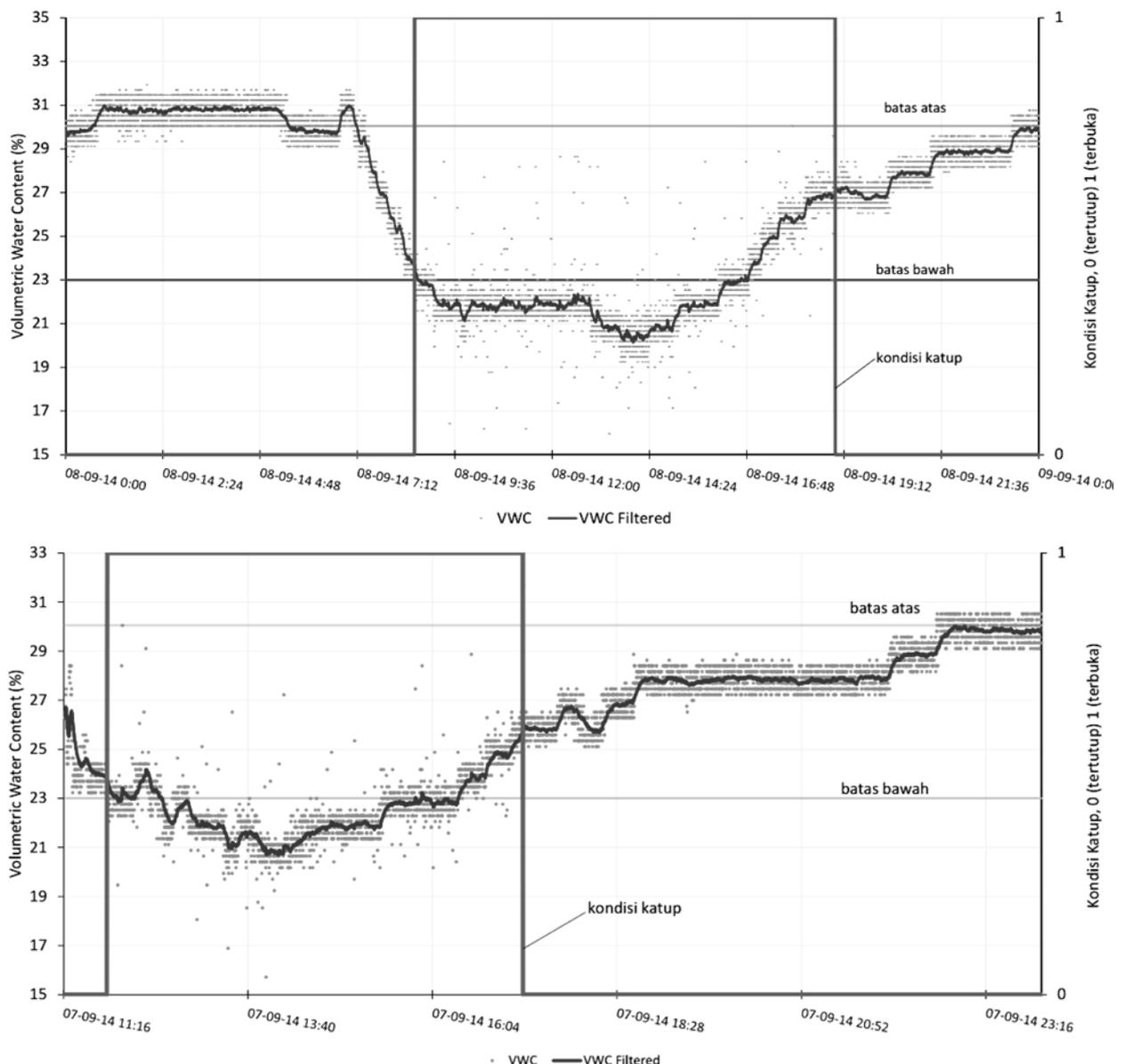
akan menutup pasokan air. Saat solenoid valve menutup, air di dalam pipa masih terisi, sehingga sampai beberapa saat, air di dalam pipa masih mengalir memasok daerah perakaran hingga air di dalam pipa habis. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 7, bahwa kelembaban tanah masih dapat dipertahankan di kapasitas lapang hingga beberapa saat sampai pada kondisi air dalam pipa habis, kemudian kelembaban tanah mulai menurun kembali.

Selama penelitian, sistem irigasi ini tidak pernah dilepas, hingga tanaman Cabai berhasil panen. Tanpa adanya irigasi, umumnya daerah di sekitar penelitian dibiarkan untuk tidak ditanami, karena solum tanah yang sangat tipis hingga kurang dari 5cm. Irigasi permukaan yang pernah dilakukan banyak memerlukan air dengan biaya relatif mahal. Irigasi tersebut hanya bertahan 3-4 hari, sehingga harus dilakukan irigasi 2 kali seminggu.

Penerapan sistem otomatisasi irigasi pada lahan terbatas sumber daya air, mengubah kegiatan pertanian yang pada saat musim kemarau tidak dapat menanam, menjadi dapat diberdayakan dengan kegiatan penanaman dengan penggunaan air yang relatif hemat.

Simpulan

Sistem otomatisasi irigasi berhasil dibuat dengan sistem kendali kelembaban tanah berbasis mikrokontroler Arduino. Berdasarkan data retensi tanah, kisaran ketersediaan air untuk tanaman berada pada kisaran $0.19 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3} - 0.29 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Sistem otomatisasi dapat membuka katup *solenoid* saat kelembaban tanah mencapai $0.23 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ dan menutup saat kelembaban tanah yang naik telah mencapai $0.30 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Dengan mekanisme



Gambar 7. Sistem otomatis membuka dan menutup katup *solenoid*.

tersebut, kelembaban tanah selalu terjaga dalam kisaran air tersedia yaitu antara pF2.54–pF4.2. Sistem ini dapat beroperasi selama 24 jam dengan bersumber tenaga dari sistem energi surya. Pemrograman otomatisasi irigasi menggunakan perangkat lunak Arduino IDE, yang ditanam pada papan mikrokontroler Arduino, relatif lebih ringkas dibanding menggunakan perangkat lunak lain. Dengan penerapan otomatisasi sistem irigasi, lahan dengan kondisi keterbatasan ketersediaan air, dapat diberdayakan dengan kegiatan budidaya pertanian.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Proyek Penelitian KKP3N *Based Contract* IPB 2013 yang telah menyediakan dana penelitian melalui kontrak nomor: 701/LB.620/ I.1/2/2013 tanggal 25 Pebruari 2013 dan 61/PL.220/I.1/3/2014 Tanggal 10 Maret 2014.

Daftar Pustaka

- Bajer, L., O. Krejcar. 2015. Design and realization of low cost control for greenhouse environment with remote control. *IFAC-PapersOnLine* vol. 48(4): 368-373. doi: 10.1016/j.ifacol.2015.07.062.
- Banzi, M. 2011. *Getting Started with Arduino*, 2nd Edition. Maker Media. Sebastopol CA (US).
- Botula, Y-D, W. Cornelis, G. Baert, E.V. Ranst. 2012. Evaluation of pedotransfer functions for predicting water retention of soils in Lower Congo (DR Congo). *Agricultural water management* vol. 111: 1-10.
- Coates, R.W., M.J. Delwiche, A. Broad, M. Holler. 2013. Wireless sensor network with irrigation valve control. *Computers and electronics in agriculture* vol. 96: 13-22. doi: 10.1016/j.compag.2013.04.013.
- Deveci, O., M. Onkol, H.O. Unver, Z. Ozturk. 2015. Design and development of a low-cost solar powered drip irrigation system using Systems Modeling Language. *Journal of Cleaner Production* vol. 102: 529-544. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.04.124.
- Devika, S., S. Khamuruddeen, S. Khamurunnisa, J. Thota, K. Shaik. 2014. Arduino based automatic plant watering system. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering* vol. 4(10): 449-456.
- Hong, G-Z, C-L. Hsieh. 2016. Application of Integrated Control Strategy and Bluetooth for Irrigating Romaine Lettuce in Greenhouse. *IFAC-PapersOnLine* vol. 49(16): 381-386. doi: 10.1016/j.ifacol.2016.10.070.
- Kamogawa, M.Y., J.C. Miranda. 2013. Use of "Arduino" open source hardware for solenoid device actuation in flow analysis systems. *Quimica Nova* vol. 36(8): 1232-1235. doi: 10.1590/S0100-40422013000800023
- Kim, J.Y., D.M. Glenn. 2017. Multi-modal sensor system for plant water stress assessment. *Computers and Electronics in Agriculture* vol. 141: 27-34. doi: 10.1016/j.compag.2017.07.009.
- Koenka, I.J., J.Sáiz, P.C. Hauser. 2014. Instrumentino: An open-source modular Python framework for controlling Arduino based experimental instruments. *Computer Physics Communications* vol. 185(10): 2724-2729. doi: 10.1016/j.cpc.2014.06.007.
- McCready, M., M. Dukes, G. Miller. 2009. Water conservation potential of smart irrigation controllers on St. Augustinegrass. *Agricultural Water Management* vol. 96(11): 1623-1632. doi: 10.1016/j.agwat.2009.06.007.
- Periasamy, P., N. Jain, I. Singh. 2015. A review on development of photovoltaic water pumping system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* vol. 43: 918-925. doi: 10.1016/j.rser.2014.11.019.
- Rudiyanto, B.I. Setiawan, S.K. Saptomo. 2006. Algoritma Filter Kalman untuk Menghaluskan Data Pengukuran. *Jurnal Keteknik Pertanian* vol. 20(3): 287-292.
- Salazar, R., J. Rangel, C. Pinzó, A. Rodríguez. 2013. Irrigation system through intelligent agents implemented with arduino technology. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal* vol. 1(6): 29-36. doi: 10.14201/ADCAIJ2014262936.
- [Vegetronix] Vegetronix Inc. 2017. VH400 Soil Moisture Sensor Probes. [diunduh 2017 Agustus 12] tersedia pada <http://www.vegetronix.com/Products/VH400/>.