

## **Sistem monitoring dan otomasi pengontrolan kelembaban media tanam (*soil moisture*) pada tanaman hidroponik berbasis web**

Yuyu Wahyudin, Suryono, dan Jatmiko Endro Suseno

Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail: [yuyu.wahyudin@st.fisika.undip.ac.id](mailto:yuyu.wahyudin@st.fisika.undip.ac.id)

### **ABSTRACT**

A web based system design for soil moisture monitoring and automation was conducted on this research. Soil moisture level controlling is highly needed to optimize plant cultivation result. The system contains of two main parts, a remote terminal unit (RTU) and control terminal unit (CTU). RTU has an ATSAM3X8E microcontroller and a microprocessor used for acquiring and sending soil moisture level to database using internet connection. Using internet as telemetry connection is really efficient and gives many advantages such as measurement could be done in distance and also has realtime result. YL-69 sensor used for soil moisture level measurement gives resistance as the output value. This sensor has a module with a 10K ohm voltage divider resistor. The output sensor value converted into digital value using microcontroller analog to digital converter (ADC). This result then being compared with setpoint value to decide whether the water pump turning on or off. The output sensor value also sent and then saved in online database system through internet connection. A reference was used for determining sensor characterization with the linear formulation  $y = -0.0245x + 99.9560$ . The result between sent and received data has no error, so there were no lost or gain data. The response from the sensor tested at setpoint value in 30, 40 and 50 giving errors 3.3%, 6.5% and 10.7% for each value. The system response tests showed that in a low setpoint value the system gave a very close value with the setpoint, but as the increase of the setpoint value, the system got error increase either.

**Keywords:** database, moisture, microcontroller, soil moisture sensor, telemetry

### **ABSTRAK**

Pada penelitian ini telah dilakukan rancang bangun sistem monitoring dan otomasi kelembaban media tanam untuk tanaman hidroponik berbasis web. Pengaturan kelembaban media tanam sangatlah diperlukan untuk memberikan hasil budidaya tanaman yang optimal. Sistem terbuat dari dua bagian, yaitu: remote terminal unit (RTU) dan control terminal unit (CTU). Pada RTU digunakan mikrokontroler ATSAM3X8E dan mikroprosesor yang berfungsi untuk mengakuisisi data kelembaban media tanam dan mengirimkan data ke database melalui jaringan internet. Penggunaan sistem telemetry melalui jaringan internet ini dipilih karena lebih efisien karena pengukuran dapat dilakukan dari jarak jauh dan hasil pengukuran didapatkan secara realtime. Pengukuran kelembaban media tanam dilakukan dengan menggunakan sensor YL-69 yang menghasilkan output berupa nilai resistansi. Sensor ini memiliki modul dengan hambatan pembagi tegangan sebesar 10K ohm. Hasil output dari sensor dikonversi menjadi data digital oleh analog to digital converter (ADC) mikrokontroler. Nilai output dari sensor kemudian akan dibandingkan oleh mikrokontroler dengan nilai setpoint yang diberikan dalam menentukan penyalaan pompa. Selain itu, Data yang diperoleh dikirim dan disimpan ke dalam basis data melalui jaringan internet. Karakterisasi sensor menggunakan acuan referensi dengan hubungan ADC dan kelembaban yang dirumuskan dalam persamaan  $y = -0.0245x + 99.9560$ . Hasil perbandingan antara data yang dikirim dan data yang diterima menunjukkan nilai yang sama, sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ada data yang hilang atau bertambah. Pengujian dilakukan pada nilai setpoint 30, 40 dan 50 menghasilkan error masing-masing sebesar 3,3%, 6,5% dan 10,7%. Dari hasil pengujian respon sistem menunjukkan bahwa pada nilai setpoint rendah, sistem bisa memberikan nilai akhir kelembaban yang cukup mendekati nilai setpoint yang diberikan, namun semakin besar nilai setpoint yang diberikan, sistem memberikan nilai error yang semakin besar.

**Kata Kunci:** database, kelembaban, mikrokontroler, sensor kelembaban tanah, telemetry

## PENDAHULUAN

Di dalam bidang agrikultur, dilakukan beberapa rekayasa terhadap tanaman untuk bisa mendapatkan hasil yang optimal dengan waktu yang lebih cepat. Salah satunya adalah dengan teknologi budidaya tanaman secara hidroponik. Teknologi ini memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan budidaya secara konvensional, diantaranya pertumbuhan tanaman dapat di kontrol, tanaman dapat berproduksi dengan kualitas dan kuantitas yang tinggi, tanaman jarang terserang hama atau penyakit karena terlindungi, pemberian air irigasi dan larutan hara lebih efisien dan efektif, dapat diusahakan secara terus menerus tanpa tergantung oleh musim, dan dapat diterapkan pada lahan yang sempit [1].

Penelitian tentang *monitoring* tanaman menggunakan mikrokontroler sebelumnya telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Penelitian ini dilakukan dengan membuat rancang bangun sistem pengukuran untuk dapat memonitor kelembaban tanah, dan temperatur tanah, temperatur udara dan tingkat temperatur kanopi pada tanaman [2]. Penelitian lainnya mengenai otomasi sistem hidroponik dengan melakukan otomasi pemeliharaan tanaman hidroponik dengan menggunakan mikrokontroler dan sistem hidroponik yang berbeda [3].

Pada tumbuhan hijau, pembuatan makanan dilakukan melalui proses fotosintesis. Air diperlukan bagi tanaman untuk melakukan fotosintesis dan sangat tergantung pada ketersediaan air [4]. Kelembaban media tanam menunjukkan banyaknya air yang terkandung pada media tanam tersebut, sehingga diperlukan pengontrolan kelembaban pada media tanam untuk memenuhi ketersediaan air dan mengoptimalkan pertumbuhan tanaman.

Sistem berbasis *web* sangat penting untuk dikembangkan, karena sistem ini mampu merekam dan mengirimkan sinyal pengukuran dari suatu alat ukur secara

realtime. Selain itu, belum diterapkan teknologi *monitoring* dan juga otomasi tanaman hidroponik yang berbasis *web*. Teknologi ini menarik untuk dikaji lebih lanjut agar tercipta sistem *monitoring* yang dapat memberikan rekam jejak untuk menjadi referensi optimasi pertumbuhan tanaman.

## DASAR TEORI

### Hidroponik

Kata “hidroponik” diciptakan oleh Dr. W.F. Gericke pada tahun 1936 untuk mendeskripsikan penanaman pada tanaman biasa ataupun tanaman hias sebagai solusi dari kurangnya air dan nutrisi terlarut pada tanah. Hidroponik diambil dari bahasa Yunani yaitu *Hydro* yang artinya adalah air dan *Ponos* yang berarti media. Dalam metode penanaman ini, tanaman diberikan nutrisi yaitu dengan menyampur air dengan *nutrient* yang diperlukan. Di dalam metode hidroponik, *nutrient* dapat disirkulasikan ke semua akar dengan menggunakan gaya gravitasi atau dengan gaya elektromekanik dari pompa. Dalam beberapa sistem juga digunakan pompa yang digunakan untuk memberikan oksigen dari bawah, sehingga mencegah sagnasi dan menyediakan oksigen yang dibutuhkan oleh akar [1].

Sistem hidroponik dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu sistem aktif dan sistem pasif. Hidroponik dengan sistem aktif dilakukan dengan cara mencampur larutan air beserta nutrisi kemudian mensirkulasikannya dengan menggunakan pompa air, misalnya DFT (*Deep Flow Technique*), NFT (*Nutrient Film Technique*), dan *Run to Waste*. Pada sistem hidroponik pasif, larutan yang mengandung nutrisi diserap oleh medium dan diteruskan ke akar tanaman, tanpa tersirkulasi misalnya dengan menggunakan sumbu [1]. Dari berbagai macam jenis hidroponik yang ada, sistem NFT cocok digunakan untuk budidaya tanaman sayuran seperti selada, pakcoy dan sawi. Sedangkan untuk tanaman

yang memiliki buah seperti tomat, lebih cocok digunakan metode *Ducth Bucket System* ataupun irigasi tetes dengan pot-pot individu [5].

**Pengaruh kelembaban pada pertumbuhan tanaman**

Kelembaban didefinisikan sebagai perbandingan konsentrasi air dengan udara, sedangkan kelembaban relatif adalah perbandingan antara tekanan parsial uap air dalam campuran terhadap tekanan uap jenuh air pada temperatur tersebut [6]. Kelembaban relatif dinyatakan pada Persamaan (1).

$$RH = \frac{P(H_2O)}{P^*(H_2O)} \times 100\% \quad (1)$$

dengan, *RH* adalah nilai dari kelembaban relatif campuran, *P*(H<sub>2</sub>O) adalah tekanan parsial uap dalam campuran, dan *P*<sup>\*</sup>(H<sub>2</sub>O) adalah tekanan uap jenuh air dalam campuran pada temperatur tersebut

Kelembaban media tanam tumbuhan (substrat), seperti: tanah, arang sekam, pasir atau pun serbuk kayu, ditentukan berdasarkan perbandingan antara berat air yang dikandung media tersebut dengan berat kering mutlak dari media tersebut, seperti dituliskan pada Persamaan (2) [7].

$$Kelembaban = \frac{B_{tl} - B_{tkm}}{B_{tkm}} \times 100\% \quad (2)$$

dengan, *B<sub>tl</sub>* adalah berat tanah lembab, *B<sub>tkm</sub>* adalah berat tanah kering mutlak. Kelembaban tanah ataupun media tanam lainnya sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Produksi makanan pada tanaman dilakukan melalui proses fotosintesis dan sangat tergantung pada ketersediaan air. Kelembaban tanah juga merupakan faktor pengontrol dari penyerapan mineral pada tanaman [4].

Pengontrolan kelembaban pada media tanam sangat penting untuk dilakukan, agar mendapatkan hasil budidaya tanaman yang optimal. Dari penelitian yang dilakukan oleh Sumampow tentang pengaruh kelembaban tanah terhadap perkecambahan kedelai menghasilkan data yang ditunjukkan oleh

Tabel 1. Pada penelitian tersebut, diberikan empat perlakuan yang berbeda pada kedelai. Perlakuan A tanaman diberikan kelembaban tanah sebesar 10%, perlakuan B sebesar 20%, perlakuan C sebesar 30% dan perlakuan D sebesar 40%.

**Tabel 1.** Pengaruh Kelembaban Tanah Terhadap Persentase Kedelai yang Berkecambah

Perlakuan	Kedelai yang berkecambah	Rata-tara Arcsin V x
A	0,00a	0,00
B	57,45b	71,00
C	97,97c	99,50
D	59,68b	74,50
BNJ 1% = 6,5		

Dapat terlihat bahwa kedelai tidak berkecambah pada kelembaban tanah sebesar 10% karena kelembaban yang sangat rendah sehingga tidak tersedia air yang cukup untuk kedelai berkecambah. Persentase kedelai yang berkecambah akan semakin naik sesuai dengan kelembaban tanah yang ada dan akan turun pada batas tertentu [7]. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kelembaban tanah atau kelembaban pada media tanam perlu untuk dikontrol agar bisa mengoptimalkan hasil budidaya tanaman.

**Mikrokontroler**

Mikrokontroler merupakan bagian dari keluarga mikroprosesor yang dikhususkan untuk instrumentasi dan kendali yang dilengkapi dengan pin masukan dan keluaran serta kendali dan juga program yang bias ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Komponen ini merupakan komputer di dalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekan efisiensi dan efektifitas biaya. Dapat dikatakan bahwa mikrokontroler adalah pengendali kecil dimana system dimana system elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat

direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini [8].

### Sensor resistansi

Sebuah sensor sering didefinisikan sebagai sebuah alat yang menerima dan merespon pada sebuah sinyal atau stimulus. Sensor biasa disebut sebagai konverter besaran fisis atau kimia menjadi besaran elektrik yang terukur. Dalam kaitannya dengan sistem elektronik, sensor merupakan suatu peralatan yang dapat mendeteksi suatu bentuk gejala-gejala fisis yang berasal dari perubahan suatu energi [9].

Salah satu besaran yang dapat diukur menggunakan sensor adalah resistansi. Sensor kelembaban tanah terdiri dari dua elektroda dan prinsip kerjanya berbasis resistansi. Sensor ini membaca nilai kelembaban tanah yang ada di sekitar elektrodanya. Arus listrik akan mengalir di antara kedua elektroda melalui tanah sebagai mediumnya. Resistansi yang ada pada tanah akan menentukan nilai kelembaban tanah tersebut.

Apabila kadar air dalam tanah atau nilai kelembabannya tinggi, ion yang ada dalam air akan mempermudah arus listrik untuk mengalir melalui tanah sehingga resistansi menjadi kecil. Demikian juga sebaliknya apabila kadar air dalam tanah atau kelembaban rendah maka resistansi besar. Hubungan antara resistansi dengan arus dinyatakan oleh Hukum Ohm pada Persamaan (3).

$$R = \frac{V}{I} \quad (3)$$

dengan,  $R$  adalah resistansi tanah atau media tanam,  $V$  adalah beda potensial antar elektroda dan  $I$  adalah arus [10].

### Jaringan komputer

Jaringan komputer dapat diartikan sebagai sekumpulan komputer yang masing-masing berdiri sendiri dan dapat saling terhubung melalui teknologi tertentu sehingga komputer-komputer tersebut dapat saling

berinteraksi dan bertukar informasi. Ada beberapa macam jenis jaringan komputer, diantaranya adalah *Local Area Network* (LAN), *Metropolitan Area Network* (MAN) dan *Wide Area Network*.

Jaringan *wireless* (nirkabel) merupakan perkembangan dari jaringan komputer yang dapat berkomunikasi tanpa menggunakan kabel. Jaringan ini menggunakan media transmisi berupa gelombang elektromagnetik, gelombang radio, *bluetooth*, dan inframerah [11].

*Socket* adalah merupakan representasi perangkat lunak yang digunakan sebagai terminal pada hubungan antara dua komputer atau proses yang saling berinterkoneksi. *Socket* dibutuhkan agar *client* dan *server* bisa saling berhubungan [12]. Protokol TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) merupakan gabungan dari TCP dan IP yang dalam fungsinya sebagai sarana pengiriman data ataupun untuk tukar menukar data dari satu komputer ke komputer lain yang secara keseluruhannya menggunakan jaringan internet sebagai medianya. TCP/IP sendiri sebenarnya merupakan suite dari gabungan beberapa protokol. Di dalamnya terdapat protokol TCP, IP, SMTP, POP dan sebagainya.

TCP menyediakan layanan berorientasi koneksi (*connection oriented service*), yang berdasarkan koneksi antara *clients* dan *servers*. Berorientasi koneksi artinya koneksi terhubung terlebih dahulu sebelum proses dapat bertukar data. *Transmission Control Protocol* sangat dapat diandalkan karena ketika sebuah TCP *client* mengirim data ke *server*, dibutuhkan pengenalan. Jika, pengenalan tersebut tidak diterima, TCP secara otomatis mentransmisikan data kembali dan menunggu untuk waktu yang lama [13].

### Antarmuka komputer

Antarmuka komputer merupakan metode perangkat keras maupun perangkat lunak antara beberapa sistem yang berkoneksi

dengan komunikasi data. Sistem antarmuka terbagi menjadi *interfacing* ke mikroprosesor dan *interfacing* ke sistem mikroprosesor. Pada sistem komputer terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), memori, dan I/O (*Input/Output*). Bagian-bagian tersebut saling berkoneksi guna menyelesaikan suatu masalah tertentu yang diberikan oleh manusia atau programmer. Bagian dari sistem komputer memiliki fungsi tersendiri, antara lain CPU sebagai tempat pemrosesan instruksi program yang dibuat. Memori digunakan sebagai proses pengolahan dan penyimpanan data. Sedangkan alat *Input/Output* (I/O) sebagai pengakomodir seluruh input dan output dari sebuah hasil pemrosesan komputer [14].

## METODE PENELITIAN

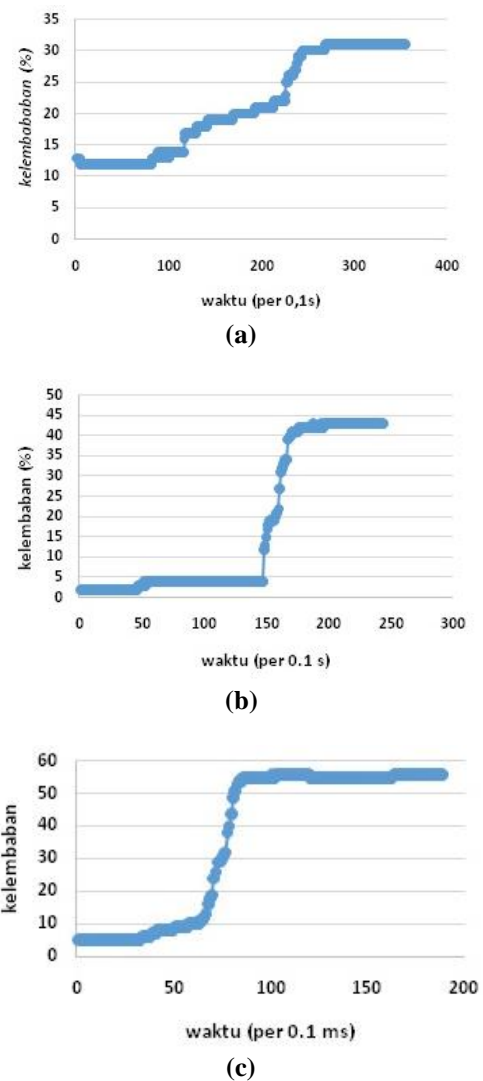
Sistem *monitoring* dan otomasi pengontrolan media tanam berbasis web terdiri dari perancangan dan pembuatan *hardware* dan perangkat lunak. Peralatan yang digunakan, antara lain: sistem mikrokontroler, YL-69 *soil moisture sensor*, pompaair, relay, multimeter digital, *Personal Computer* (PC), solder dan modem. Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk melihat bahwa sistem mampu memberikan nilai kelembaban sesuai dengan nilai *setpoint* yang telah diberikan sebelumnya. Data hasil *monitoring* kelembaban yang didapatkan dari pengukuran kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian rangkaian sensor dan sistem akuisisi data

Pengujian sistem akuisisi dan otomasi dilakukan dengan cara memberikan beberapa *setpoint* dan melihat respon sistem berupa pembacaan kelembaban setiap 100 ms. Gambar 1 menunjukkan grafik pembacaan kelembaban untuk beberapa *setpoint*. Pada nilai *set point* 30, respon sistem memberikan

nilai akhir kelembaban sebesar 31 yang berarti memiliki *error* sebesar 3,3% dari nilai *set point* yang diberikan. Pada *set point* 40, sistem memberikan nilai akhir kelembaban sebesar 43 atau memiliki *error* sebesar 6,5%, sedangkan pada *set point* 50 sistem memberikan nilai akhir kelembaban sebesar 56 atau *error* sebesar 10,7%. Terlihat bahwa sistem dapat menyalakan dan mematikan pompa secara otomatis untuk menaikkan nilai kelembaban. Pada nilai *set point* rendah, sistem memberikan nilai akhir kelembaban yang sangat mendekati, namun semakin besar nilai *setpoint* yang diberikan, sistem memberikan nilai *error* yang semakin besar.



**Gambar 1.** Pembacaan kelembaban untuk *setpoint* (a) 30, (b) 40 dan (c) 50.

*Overshoot* atau kelebihan dari nilai *set point* yang diberikan dapat terjadi akibat adanya waktu tunda ketika air mulai meresap ke media tanam hingga sampai ke sensor. Pada saat itu sensor masih membaca keadaan kering sehingga pompa terus menyala hingga sensor membaca nilai yang sama dengan atau lebih dari *set point*.

**Pengujian sistem telemetri**

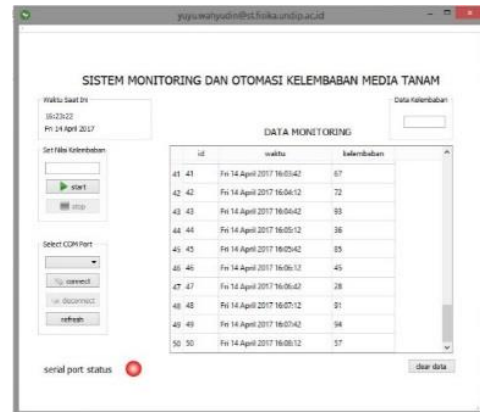
Data yang ada di lapangan atau yang berasal dari *remote terminal unit* (RTU) dikirim ke online *database* menggunakan fitur *remotedatabase*, sehingga data dapat tersimpan dan dapat diakses secara *online*. Hal ini tentunya sangat efektif dan mempermudah pengguna untuk memantau keadaan yang ada di lapangan. Pengujian sistem telemetri dilakukan dengan cara mengirimkan nilai acak dengan jangkauan 0-100. Pengujian menunjukkan bahwa data yang ada pada perangkat lunak atau *interface* sistem sama dengan data yang ada pada *database* dan yang dimunculkan pada *webbrowser* atau *control terminal unit* (CTU), seperti ditunjukkan Tabel 2.

**Tabel 2.** Pengujian sistem pengiriman dan penerimaan data

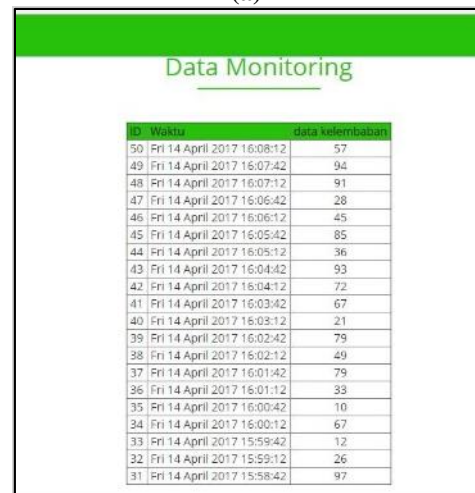
No pengujian	Variable (dikirim)			Variabel (diterima)		
	id	Waktu	Kelembaban (%)	id	Waktu	Kelembaban (%)
1	43	Jum 14 April 2017 16:04:42	93	43	Jum 14 April 2017 16:04:42	93
2	44	Jum 14 April 2017 16:05:12	36	44	Jum 14 April 2017 16:05:12	36
3	45	Jum 14 April 2017 16:05:42	85	45	Jum 14 April 2017 16:05:42	85
4	46	Jum 14 April 2017 16:06:12	45	46	Jum 14 April 2017 16:06:12	45
5	47	Jum 14 April 2017 16:06:42	28	47	Jum 14 April 2017 16:06:42	28
6	48	Jum 14 April 2017 16:07:12	91	48	Jum 14 April 2017 16:07:12	91
7	49	Jum 14 April 2017 16:07:42	94	49	Jum 14 April 2017 16:07:42	94
8	50	Jum 14 April 2017 16:08:12	57	50	Jum 14 April 2017 16:08:12	57

Data hasil akuisisi yang dikirim ke *database* oleh sistem RTU diperlihatkan oleh Gambar 2(a). Data ini ditampilkan secara *ascending* pada *table view*, sehingga data terbaru berada di paling bawah. Kelebihan daripada tabel *monitoring* yang ada di RTU adalah dapat melihat seluruh data yang telah disimpan di *database*, berbeda dengan tampilan pada CTU yang diakses melalui

*webbrowser* hanya dapat menampilkan dua puluh data pada tabel. Pada CTU data hasil akuisisi ditampilkan secara *descending*, sehingga data terbaru berada di paling atas dari tabel ditunjukkan oleh Gambar 2(b).



(a)



(b)

**Gambar 2.** Data hasil akuisisi (a) RTU dan (b) *webbrowser* atau CTU

**Pengujian sistem secara keseluruhan**

RTU memiliki perangkat lunak (*software*) berupa *graphic user interface* yang memudahkan pengguna untuk menggunakan sistem dan melakukan pengaturan setpoint yang akan diberikan. Sebelum mengirimkan nilai *setpoint* ke mikrokontroler, terlebih dahulu hubungkan *serial port* sesuai dengan COM *port* yang digunakan mikrokontroler, kemudian mengetikkan nilai *setpoint* yang diinginkan dan setelah itu menekan tombol



start. Nilai setpoint yang diberikan mengaktifkan mikrokontroler untuk mengambil (mengakuisisi) data kelembaban media tanam. Relay akan aktif jika nilai yang terbaca oleh sensor masih dibawah nilai setpoint yang diberikan oleh pengguna dan akan mati jika nilai kelembaban telah sama atau melebihi nilai setpoint yang diberikan.

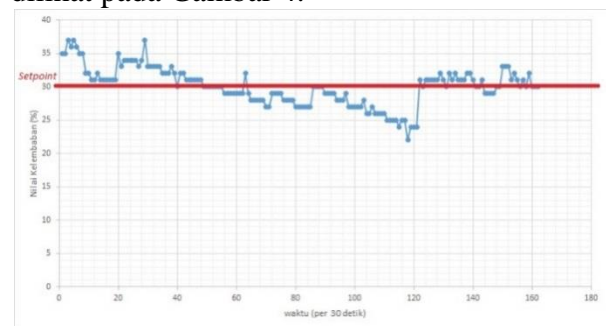
Sistem perangkat lunak dari RTU akan meminta data setiap 30 detik untuk kemudian dimasukkan ke dalam sistem *database*. Jeda 30 detik yang diberikan dimaksudkan agar server tidak terlalu sibuk karena diakses secara terus menerus. Dengan demikian sistem pengiriman data stabil dan data yang tersimpan sama dengan data yang diakuisisi oleh sensor. Sistem RTU yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Remote Terminal Unit (RTU)

CTU memiliki *interface* melalui halaman *web* yang dapat diakses menggunakan laptop, *personal computer* ataupun *handphone* selama adanya koneksi internet. Pada pengujian sistem dengan *setpoint* sebesar 30 diperoleh hasil sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Pengujian ini dilakukan pada hari Sabtu, 15 April 2017 dari pukul 10:53:33 hingga 12:15:03 dengan suhu udara 30°C. Pada awal sistem terlihat bahwa terjadi *overshoot* setelah penyalaan pompa atau error awal yang diberikan sebesar 23% dari nilai *setpoint*,

namun setelah 6 menit, atau pada pukul 10:59:32 nilai kelembaban turun akibat panas matahari menjadi 31 yang cukup mendekati nilai *setpoint* yang diberikan. Sedangkan dari pukul 11:03:32 hingga pukul 11:08:32 terjadi kenaikan kelembaban yang dimungkinkan akibat mulai menyebarnya air ke seluruh media tanam. Dari pukul 11:08:32 hingga pukul 11:53:03 dapat terlihat terjadi penurunan kelembaban hingga mencapai nilai 22 yang kemudian membuat relay kembali aktif dan menyalakan pompa air sehingga nilai kelembaban meningkat menjadi 31. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang telah dibuat mampu untuk menjaga nilai kelembaban mendekati nilai *setpoint* yang telah diberikan. Untuk data pengujian yang lebih detail, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik kelembaban terhadap waktu

## KESIMPULAN

Sistem *monitoring* kelembaban media tanam dan otomasi pengontrolan menggunakan jaringan internet sebagai media pengiriman data pada penelitian ini mampu memberikan informasi nilai kelembaban media tanam dengan baik. Penggunaan jaringan internet sebagai media pengiriman data lebih efektif karena pemantauan bisa dilakukan kapanpun dan dimanapun selama tersedia koneksi internet. Data akuisisi dapat dikirim ke *online database* dengan baik. Hal ini berguna untuk mengetahui nilai kelembaban media tanam yang ada di lapangan. Pengujian dilakukan pada *setpoint* 30, 40 dan 50 menghasilkan *error* masing-

masing sebesar 3.3%, 6.5% dan 10.7%. Dari hasil pengujian respon sistem menunjukkan bahwa pada nilai setpoint rendah, sistem bisa memberikan nilai akhir kelembaban yang cukup mendekati nilai *setpoint* yang diberikan, namun semakin besar nilai *setpoint* yang diberikan, sistem memberikan nilai *error* yang semakin besar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jones, J.B.Jr. (2014) *Complete Guide for Growing Plants Hydroponically*, South Carolina, CRC Press.
- [2] Fisher, D. K. dan Kebede, H. (2010) *A Low-Cost Microcontroller-Based System to Monitor Crop Temperature and Water Status*, J. Comp. Elect. Agr., No. 74, 168-173.
- [3] Romadloni, P. L. (2015) *Rancang Bangun Sistem Otomasi Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique)*, Universitas Telkom, Bandung.
- [4] Rodriguez, I., Proporato, A. (2004) *Ecohydrology of Water-Controlled Ecosystems: Soil Moisture Dynamics*, Cambridge, USA.
- [5] Syarief, E., Duryatmo, S., Angkasa, S., dan Apriyanti, R. N. (2016) *Hidroponik Praktis*, Trubus Swadaya, Depok.
- [6] Perry, R.H. dan Green, D.W. (2007) *Perry's Chemical Engineer's Handbook 8<sup>th</sup> Edition*, The McGraw-Hill Companies, Inc. USA.
- [7] Sumampow, D.M.F. (1998) *Pengaruh Kelembaban Tanah Terhadap Perkecambahan Benih Kedelai (Glycine Max (L.) Merr.)*. *Jur. Agrotrop*. Vol. 1 No. 2.
- [8] Sumardi, S. (2013) *Mikrokontroler: Belajar AVR Mulaidari Nol*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [9] Fraden, J. (1996) *Handbook of Modern Sensors*, Springer Verlag, New York.
- [10] Andariesta. D.T., Fadhlika. M., Rajak. A., Aminah. N.S., dan Djamal. M. (2015) *Sistem Irigasi Sederhana Menggunakan Sensor Kelembaban untuk Otomatisasi dan Optimalisasi Pengairan Lahan*, Prosiding SKF, 89-93.
- [11] Tanenbaum, A. S. (2003) *Computer Networks*, Pearson Education Inc., New Jersey.
- [12] Fajar, A.N. (2006) *Pemrograman Socket Dengan Java Dalam Mengembangkan Software Dengan Arsitektur Client Server*, *Jur. Fasilkom*, Vol. 4 No. 2, 88-93.
- [13] Kalila, L. (2014), *Socket Programming*, *J. Comp. Science and Inf. Tech*. Vol. 5 No. 3, 4802-4807.
- [14] Sutiyo. (2008) *Integrasi Antar muka Komputer Dengan Jaringan Komputer Dalam Pengendalian dan Pemantauan Jarak Jauh*, IST AKPRIND, Yogyakarta.