

IRIGASI CURAH OTOMATIS BERBASIS SISTEM PENGENDALI MIKRO MICROCONTROLLER SYSTEM BASED AUTOMATED SPRINKLE IRRIGATION

Oleh :

Satyanto Krido Saptomo *)✉, Rahmat Isnain *) , Budi Indra Setiawan *)

*)Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor,

✉Komunikasi penulis, email: saptomo.sk@gmail.com

Naskah ini diterima pada 9 September 2013; revisi pada 16 September 2013;
disetujui untuk dipublikasikan pada 26 September 2013

ABSTRACT

Determination of watering interval and moisture conditioning in sprinkle irrigation requires a supporting technology to optimize the irrigation. Arduino UNO microcontroller was used as an automatic controller that determine in watering based on soil moisture conditions determined by soil moisture sensor. The automatic sprinkle irrigation uses pF parameters to conditioning the soil moisture. Soil potential pF value between $4.2 \leq pF < 2$, and are equivalent to the percentage of soil moisture $38.5\% \leq \text{soil moisture} < 28.7\%$, were used as lower and upper set point in the automatic irrigation that operates solenoid valve for regulating irrigation water flow from water tank. The result shows that the automatic sprinkle irrigation system could keep the soil moisture between the desired setpoint range and thus can be applied for wider use.

Keywords : irrigation engineering, soil moisture, sprinkler, arduino, e-water management

ABSTRAK

Penentuan Interval penyiraman dan pengkondisian lengas tanah dalam irigasi curah membutuhkan teknologi pendukung untuk mengoptimalkan operasi. Mikrokontroler Arduino Uno digunakan sebagai pengendali otomatis yang menentukan penyiraman berdasarkan kondisi lengas tanah yang dideteksi oleh sensor lengas tanah. Irigasi curah otomatis menggunakan parameter pF untuk pengkondisian lengas tanah. Nilai pF antara $4,2 \leq pF < 2$ yang setara dengan persentase lengas tanah $38,5\% \leq \text{lengas tanah} < 28,7\%$, digunakan sebagai setpoint bawah dan atas dalam irigasi otomatis. Sistem kendali mengoperasikan *solenoid valve* untuk mengatur aliran air irigasi dari tandon. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem irigasi curah otomatis bisa menjaga lengas tanah antara rentang setpoint yang diinginkan dan dengan demikian dapat diterapkan untuk penggunaan yang lebih luas.

Kata Kunci : teknik irigasi, kelengasan tanah, sprinkler, arduino, e-water management

I. PENDAHULUAN

Irigasi yang sesuai dengan kebutuhan tanaman merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan produksi pertanian. Pada dasarnya air dikatakan tersedia bagi tanaman apabila air yang berada dalam pori-pori tanah tersebut dapat diambil oleh akar tanaman. Kondisi seperti ini biasanya berada pada rentang air tersedia dimana dalam rentang ini juga dapat dihindari terjadinya perkolasi yang tidak diperlukan.

Kondisi lengas tanah dapat diukur dengan alat ukur seperti tensiometer yang menunjukkan potensial tanah atau pF dari tanah. Selain itu dapat digunakan sensor lengas tanah yang telah dikalibrasi untuk menunjukkan lengas tanah aktual basis volume. Sensor seperti ini dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan lengas tanah secara *realtime*.

Pengkondisian tanah pada rentang air tersedia tidak mudah dilakukan secara manual bila menginginkan presisi yang baik. Untuk itu sistem kendali otomatis dapat digunakan untuk memperbaiki operasi secara manual. Sistem kendali otomatis ini menggunakan sensor untuk mengukur lengas tanah aktual sebagai acuan pengendalian. Otomatisasi pada irigasi akan menjadi inovasi yang bermanfaat dalam peningkatan produktivitas air, dan efisiensi tenaga kerja.

Irigasi curah merupakan salah satu inovasi dari metode-metode irigasi yang dapat digunakan untuk lahan kering. Dalam penelitian ini operasi air irigasi curah dilakukan secara otomatis memanfaatkan katup solenoida sebagai aktuator yang berfungsi membuka dan menutup aliran air secara otomatis dengan *microcontroller* (pengendali mikro) sebagai pengendali yang memberikan perintah kepada aktuator untuk membuka atau menutup. Pemberian air pada tanaman disesuaikan dengan kondisi kadar air tanah yang dideteksi menggunakan sensor sebagai acuan.

Tujuan penelitian ini adalah membuat sistem irigasi curah otomatis dan menguji kinerja sistem irigasi otomatis tersebut pada skala plot percobaan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Irigasi Curah

Irigasi adalah penambahan kekurangan (kadar) air secara buatan, yakni dengan memberikan air secara sistematis pada tanah yang diolah (Sosrodarsono dan Takeda, 1985). Irigasi secara umum bertujuan untuk menambah kekurangan air dari pasokan air hujan untuk pertumbuhan tanaman yang optimum, menyediakan perlindungan terhadap kekeringan sesaat serta membuat lingkungan pertumbuhan menjadi lebih nyaman melalui penurunan suhu tanah dan atmosfer di lingkungan sekitar.

Penambahan kekurangan air melalui irigasi diharapkan dapat mengisi kondisi pF (retensi lengas tanah) antara 2.54 (kapasitas lapang) sampai dengan 4.2 (titik layu permanen). Pada kondisi pF lebih besar dari 4.2 umumnya tanaman tidak lagi dapat menyerap air dari tanah dan tanaman akan menjadi layu apabila kondisi ini terus dibiarkan. Pemberian air sampai pada kondisi pF dibawah 2 akan mengakibatkan genangan dan perkolasi pada lahan tanam.

Pemberian air irigasi menurut Hansen, et al (1979) terbagi menjadi empat metode, yaitu: irigasi permukaan, irigasi bawah-permukaan, irigasi curah, dan irigasi tetes. Selain metode diatas juga ada metode-metode baru seperti irigasi kendi.

Irigasi curah atau *overhead irrigation* adalah metode pemberian air irigasi pada permukaan tanah melalui pipa-pipa bertekanan tinggi dan mencurukannya ke udara dalam bentuk butiran-butiran air kecil yang menyerupai hujan (Kay, 1983). Sistem irigasi curah terdiri dari beberapa unit komponen penyusun, yaitu: sumber air irigasi, pompa air dan tenaga penggeraknya, jaringan perpipaan dan *sprinkler* (Keller dan Bleisner, 1990).

Pengoperasian irigasi curah membutuhkan tekanan yang cukup agar distribusi air berjalan dengan baik yang dapat berasal dari gravitasi, pemompaan pada sumber air, penguatan tekanan dengan menggunakan pompa penguat tekanan (*booster pump*). Air didistribusikan dari sumber menuju ke lahan dengan suatu jaringan perpipaan yang baik yang pada irigasi curah terdiri dari pipa

lateral, pipa manifold, *valve line*, pipa utama, dan *supply line* (Keller dan Bleisner, 1990). Kinerja irigasi curah dapat berjalan dengan baik dengan penggunaan pencurah (*sprinkler*) yang sesuai dengan kebutuhan lahan. Penggunaan *sprinkler* yang tepat didasarkan pada jarak antar pipa lateral, jarak *sprinkler* pada lateral, debit nozle, angin, pola pengebaran dan keseragaman penyebaran (Ikadawanto dan Dody, 1993).

Analisis kesetimbangan air dapat dilakukan untuk melihat kuantitas dari masing-masing komponen kesetimbangan air. Untuk irigasi non genangan digunakan Persamaan (1) (van Lier et al, 1999). Pada penelitian ini lahan dan sistem irigasi telah dipersiapkan untuk menghindari terjadinya limpasan permukaan dan tidak ada pengaruh air tanah di lahan tersebut.

$$\theta_i = \theta_{i-1} + \frac{[P_i - (Q_r)_i] + (I_n)_i - (ETc)_i - DP_i + GW_i}{1000(Z_r)_i} \dots (1)$$

Keterangan :

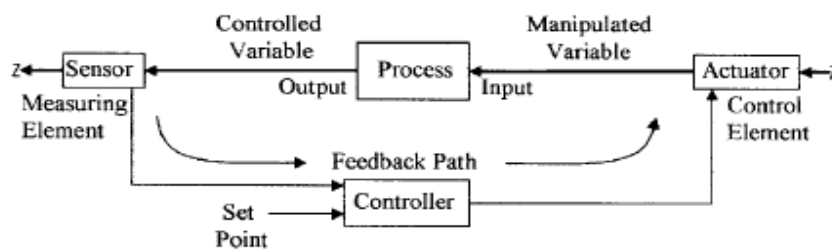
- θ = kadar air tanah volumetrik (m^3/m^3)
- h = tinggi muka air (mm)
- P = hujan (mm)
- Q_r = limpasan (mm)
- ET_c = Evapotranspirasi (mm)
- DP = Perkolasi (mm)
- Z_r = kedalaman solum tanah
- I = irigasi (mm)
- GW = kenaikan air kapiler dari air tanah (mm)

Persamaan ini dapat digunakan untuk menghitung nilai kadar air tanah setelah diberikannya irigasi bila diketahui komponen neraca air lainnya serta kondisi kadar air tanah pada waktu sebelumnya. Dengan persamaan yang sama pula dapat diperhitungkan kebutuhan air irigasi, kehilangan air melalui perkolasi dan juga komponen neraca air yang lainnya. Perkolasi dapat terjadi bila nilai lengas tanah lebih tinggi dari kapasitas lapang. Sehingga dengan menjaga pada level dibawah kapasitas lapang akan dapat dihindarkan perkolasi berlebihan yang tidak diinginkan.

2.2. Sistem Kontrol Otomatis

Sistem otomatis pada dasarnya terdiri dari 3 elemen yaitu elemen pengukuran (*sensor*), elemen kendali (*actuator*) dan pengendali itu sendiri (*controller*). Elemen pengukuran terdiri dari sensor, transduser dan transmitter, dimana elemen ini akan memberikan umpan balik (*feedback*) ke sistem kendali berupa kondisi aktual dari proses yang dikendalikan. Elemen kendali memiliki aktuator, sirkuit pengatur daya dan catu daya tersendiri dan berfungsi untuk aktualisasi perintah yang diberikan oleh pengendali. Pengendali memiliki unit pemroses yang dilengkapi dengan memori dan sirkuit pembandingan setpoint dengan nilai yang terbaca oleh sensor.

Unit pemroses ini selanjutnya akan menentukan sinyal koreksi berdasarkan selisih antara *setpoint* dan input dari sensor, untuk memberikan perintah pengaturan aktuator. *Setpoint* adalah nilai atau level dari suatu parameter yang diinginkan, misalnya tingkat kebasahan, ketinggian muka air dan sebagainya. Skema dari sistem otomatis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema sistem kendali otomatis (Dunn, 2005)

Irigasi otomatis adalah bagian dari sistem pengelolaan air, yang meliputi irigasi dan drainase. Contoh dari sistem ini dikembangkan dalam studi pengembangan sistem pengendalian

air di lahan basah (Setiawan, et Al. 2002, Saptomo et.al, 2004) yang menggunakan pompa untuk mengalirkan air ke dalam atau keluar dari lahan yang digunakan untuk pertanian.

III. METODOLOGI

3.1. Rancangan Pengendali

Rancangan terdiri dari dua bagian besar yaitu elektrikal dan jaringan perpipaan. Perancangan sektor elektrikal berupa perakitan pengendali mikro dan komponen sehingga menjadi rangkaian elektrik sistem kendali.

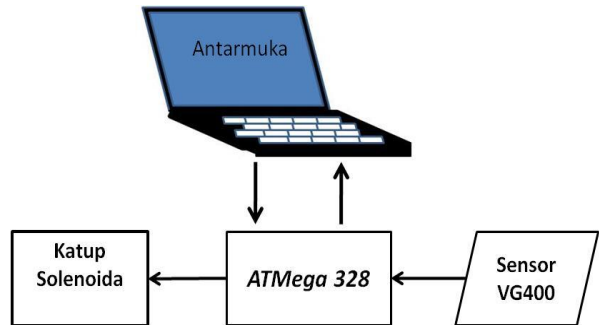
Sistem kendali memiliki beberapa fungsi utama pemrosesan data oleh pengendali mikro ATmega328 yang akan menerima input *setpoint* dari komputer dan juga dari sensor melalui *Analog to Digital Converter (ADC)*. Input dari sensor dibandingkan dengan *setpoint* dan menghasilkan sinyal kontrol untuk mengaktifkan atau menonaktifkan aktuator katup solenoida.

Kelengasan tanah sebagai acuan kendali dideteksi dengan mempergunakan *soil moisture sensor* (sensor lengas tanah) VG400 yang memberikan keluaran berupa voltase yang menunjukkan level lengas tanah basis volume (*volumetric water content/vwc*). Untuk membuka dan menutup aliran dalam pipa utama digunakan katup solenoida yang bekerja dengan tegangan listrik yang akan dialirkan melalui *relay* dari sumber listrik. Air dialirkan dari *reservoir* ke *sprinkler* melalui jaringan perpipaan irigasi tersebut.

Sensor sensor lengas tanah ditanam pada kedalaman antara 5-10 cm. Relay diaktivasi oleh pengendali mikro dan akan mengalirkan arus untuk mengaktifkan *solenoid valve* dan membuka aliran air irigasi. Rangkaian pengendali ini dihubungkan dengan komputer menggunakan koneksi *kabel Universal Serial Bus (USB)*. Komputer berfungsi sebagai antar muka pengguna untuk memonitor dari hasil pembacaan sensor, waktu dan aktivitas sistem kendali irigasi, serta untuk mengubah *setting* pengendalian yang diinginkan.

Sebagai tambahan, digunakan modul *real time clock (RTC)* sebagai pembangkit tanggal dan waktu untuk menyediakan *time stamp* pada setiap data yang direkam. Selain itu digunakan modul

untuk penyimpanan data yang menggunakan *SD memory* tempat menyimpan data tersebut. Bagan sistem pengendali dapat dilihat pada Gambar 2.

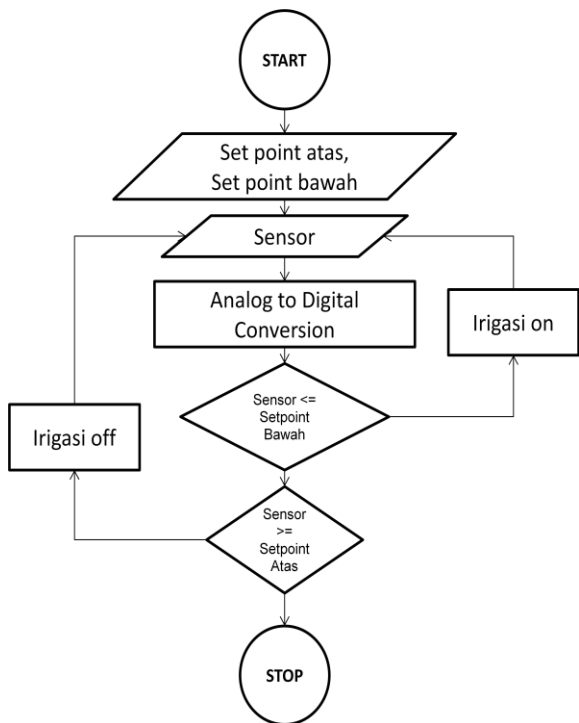


Gambar 2 Bagan Sistem Pengendali

Sistem kendali otomatis yang dibuat ini seluruhnya dirakit dengan menggunakan Arduino UNO yang merupakan pengendali mikro berbasis ATmega328 yang mudah digunakan untuk pengembangan prototipe sistem elektronik (www.arduino.cc, 2012).

3.2. Algoritma Pengendali

Pengendalian irigasi dilakukan dengan mengacu pada nilai kadar air volumetrik θ (cm^3/cm^3) sebagai *setpoint*. Nilai θ dideteksi oleh sensor dan menjadi input bagi pengendali. Terdapat 2 nilai yang digunakan ada 2, yaitu *setpoint* atas dan bawah, yang bersesuaian dengan lengas tanah pada pF yang telah ditentukan yaitu 2.54 dan 4.2. Pengendali diprogram sedemikian hingga air irigasi akan mengalir apabila nilai lengas tanah sudah mencapai *setpoint* bawah. Setelah itu irigasi akan tetap diberikan sampai nilai lengas tanah mencapai *setpoint* atas. Air irigasi dialirkan dengan membuka katup solenoida yang akan diaktifkan (dibuka) dengan perintah dari sistem kendali yang memberikan sinyal listrik ke saklar magnetis (*relay*) untuk mengalirkan arus listrik ke katup. Bagan alir pengendalian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Bagan alir sistem kendali

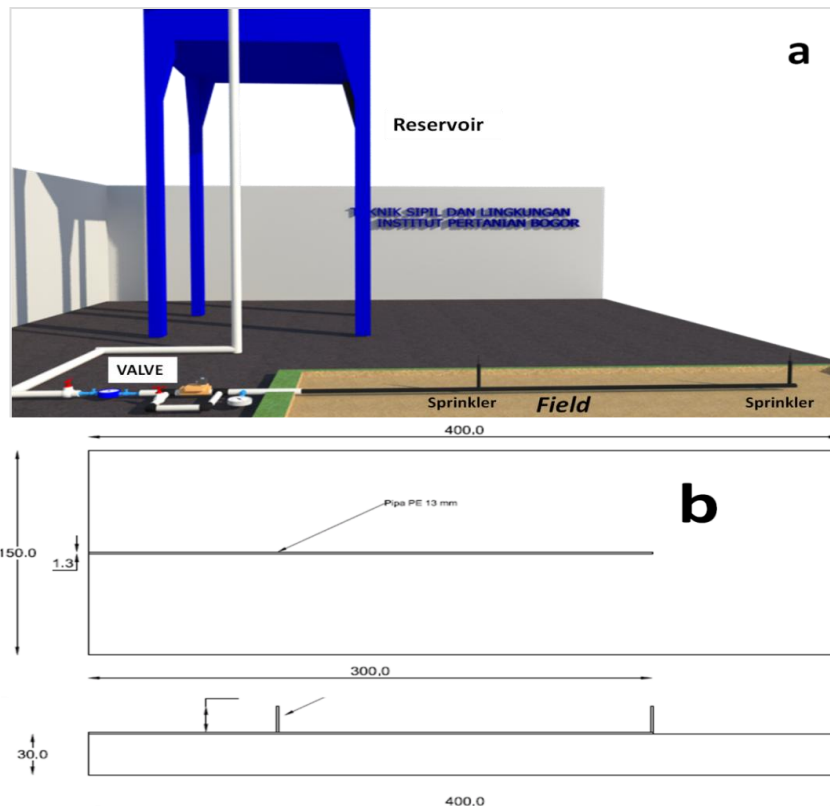
3.3. Penentuan Kelengasan Kendali

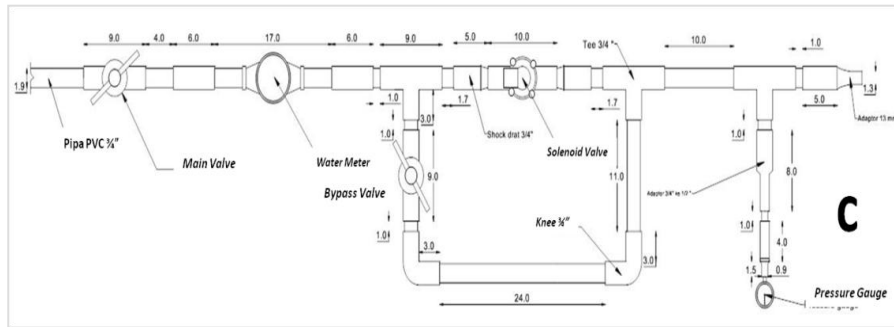
Lengas tanah dikendalikan dengan menggunakan nilai *setpoint* yang didasarkan pada informasi retensi atau pF tanah yang diperoleh dari pengujian sampel tanah. Nilai pF tersebut dikonversi menjadi nilai lengas tanah volumetrik menggunakan persamaan van Genuchten (1980) berikut:

$$\theta = \frac{\theta_r + \theta_h}{1 + \left(\frac{h}{\alpha} \right)^m} \quad (2)$$

Keterangan:

- θ_h : kelengasan tanah volumetrik (cm^3/cm^3)
- θ_r : kelengasan tanah volumetrik residual (cm^3/cm^3)
- θ_s : kwlwngasan tanah volumetrik jenuh (cm^3/cm^3)
- h : hisapan tanah (cm)
- α : hisapan tanah pada saat udara mulai masuk ke pori-pori tanah (cm)
- n, m : koefisien





Gambar 4 Skema sistem irigasi curah di lahan percobaan (a), tampak atas dan samping pipa irigasi curah (b) dan instalasi aktuatur (c)

Persamaan di atas setelah diparameterisasi dapat digunakan untuk menggambarkan kurva retensi dari tanah di lokasi lahan percobaan.

3.4. Jaringan Irigasi

Percobaan dilakukan pada lahan dengan luas 1.5 x 4 m. Dua buah *sprinkler* tipe *single piece jet* 1.5 mm - 360° dipasang dengan jarak antara 2 m. Rancangan irigasi curah ini tidak menggunakan pompa air namun memanfaatkan gaya gravitasi dengan adanya beda tinggi dari reservoir ke lahan. Perbedaan tinggi ini sebesar 5 m dari tanah ke dasar reservoir dengan tinggi muka air yang ada di dalam tandon diasumsikan stabil pada 1 m. Tekanan operasi yang diperoleh adalah 0.6 kg/cm², tetapi hanya dipergunakan sebesar 0.4 kg/cm² untuk menyesuaikan sebaran air yang cukup merata dalam luasan lahan yang digunakan. Gambar 4 memperlihatkan skema instalasi sistem irigasi curah dan perpipaannya di lahan.

IV. Hasil dan Pembahasan

Pengujian sistem irigasi curah otomatis dilakukan di lahan percobaan Kampus Institut Pertanian Bogor. Gambar 5 memperlihatkan sensor, pengendali mikro dan aktuatur yang diaplikasikan pada sistem irigasi curah. Tanah pada lahan percobaan tersebut secara umum memiliki

tekstur liat menurut klasifikasi USDA. Tabel 1. menunjukkan sifat fisika tanah di lahan percobaan.

Tabel 1 Sifat fisik tanah lahan percobaan

Contoh tanah		Titik 1		Titik 2		
Kedalaman (cm)		5-10	10-15	5-10	10-15	
Tekstur						
Pasir	%	32.8	31.6	31.3	25	
Debu	%	40.7	42	41.1	50.2	
Liat	%	26.4	26.4	27.6	24.9	
Bulk Density	g/cc	1.1	1.1	1	1	
Particle Density	g/cc	2.4	2.3	2.5	2.1	
Kadar Air	Lapang	(cm ³ /cm ³)	0.401	0.391	0.34	0.358
	pF1		0.479	0.492	0.54	0.486
	pF 2		0.389	0.448	0.447	0.46
	pF2.54		0.339	0.399	0.394	0.405
	pF 4.2		0.244	0.273	0.255	0.289
Pori Drainase	Cepat	0.145	0.060	0.143	0.082	
	Lambat	0.051	0.049	0.053	0.055	
Air tersedia (% vol.)		0.095	0.126	0.139	0.116	
Permeabilitas cm/jam		13.7	2.2	12.4	3.3	



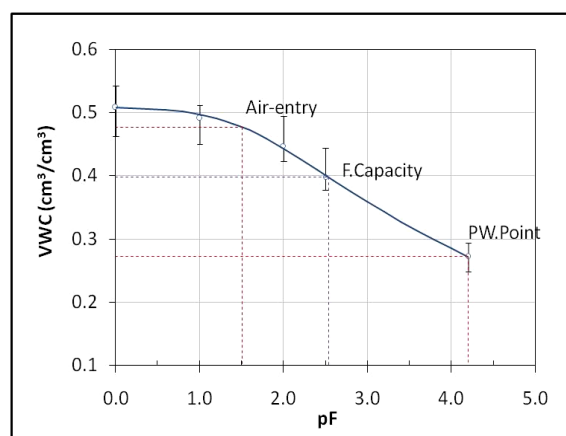
Gambar 5 Sensor, Pengendali, Aktuator dan Sprinkler

3.5. Kelengasan Kendali

Nilai *set point*, batas atas dan batas bawah, ditentukan dari nilai pF tanah. Nilai pF dan lengas tanah yang bersesuaian pada Tabel 1 dirata-ratakan dan kemudian dimodelkan dengan menggunakan persamaan van Genuchten untuk memperoleh kurva retensi tanah. Nilai yang digunakan sebagai acuan batas atas dan batas bawah adalah lengas tanah pada pF 2.54 (kapasitas lapang) dan 4.2 (titik layu permanen). Penentuan nilai pF sebagai *set point* dalam rancangan ini bertujuan untuk mempertahankan kan lengas tanah pada tingkat air tersedia, menurunkan perkolasi dan genangan yang terjadi ketika proses pemberian air irigasi. Dengan demikian diharapkan air dapat digunakan secara optimal oleh tanaman untuk pertumbuhan dan evapotranspirasi serta proses evaporasi yang secara alami terjadi pada lahan. Rata-rata ruang pori tanah lahan percobaan sebesar 0.55 dan digunakan sebagai kondisi jenuh tanah di lahan tersebut. Nilai ini digunakan sebagai maksimum dalam kalibrasi sensor.

Hubungan antara nilai lengas tanah volumetrik dan nilai pF menggambarkan karakteristik penahanan matriks tanah terhadap air yang disebut kurva retensi air tanah (*water retention curve*).

Gambar 6 memperlihatkan hubungan pF dan kadar air volumetrik. Data (titik-titik) yang diplotkan grafik ini merupakan nilai rata-rata dari data pF dan lengas tanah pada Tabel 1 dengan sebaran nilai untuk setiap sampel yang ditunjukkan dengan garis error (*error bars*). Garis bersambung pada gambar ini merupakan plot data perhitungan dengan menggunakan model van Genuchten untuk lahan ini.

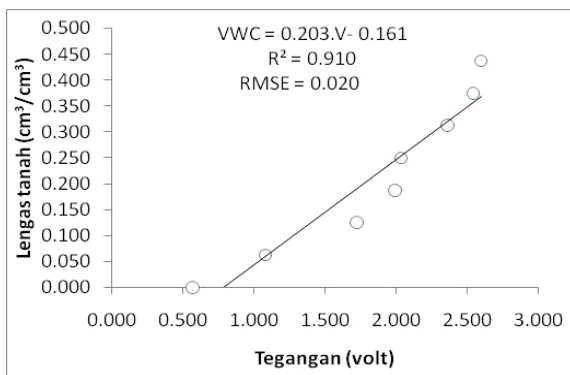


Gambar 6 Kurva retensi air dalam tanah (*Soil water retention curve*)

Dengan mempergunakan kurva retensi tanah, dapat ditentukan batas atas pada pF 2.54 memiliki lengas tanah sebesar 0.385. Cara yang sama dapat dilakukan untuk menentukan batas bawah yang bersesuaian dengan pF 4.2. Dalam percoaan ini ditentukan nilai batas bawah sebesar 0.287, yaitu 10% diatas pF 4.2 guna mencegah terjadinya kekeringan. Kedua nilai setpoint ini diinput ke sistem kendali untuk menjalankan irigasi curah secara otomatis dan menjadi lengas tanah pada rentang tersebut.

3.6. Kalibrasi Sensor

Input yang akan diumpangkan ke pengendali sebagai sinyal keluaran dari sensor harus dalam besaran tegangan listrik (volt). Kalibrasi dilakukan dengan melakukan pengukuran lengas tanah mempergunakan sensor lengas tanah pada berbagai tingkat lengas tanah. Data yang diperoleh digunakan untuk membentuk persamaan linier, untuk memperoleh hubungan nilai lengas tanah dan tegangan keluaran dari sensor ini yang digunakan sebagai persamaan kalibrasi.



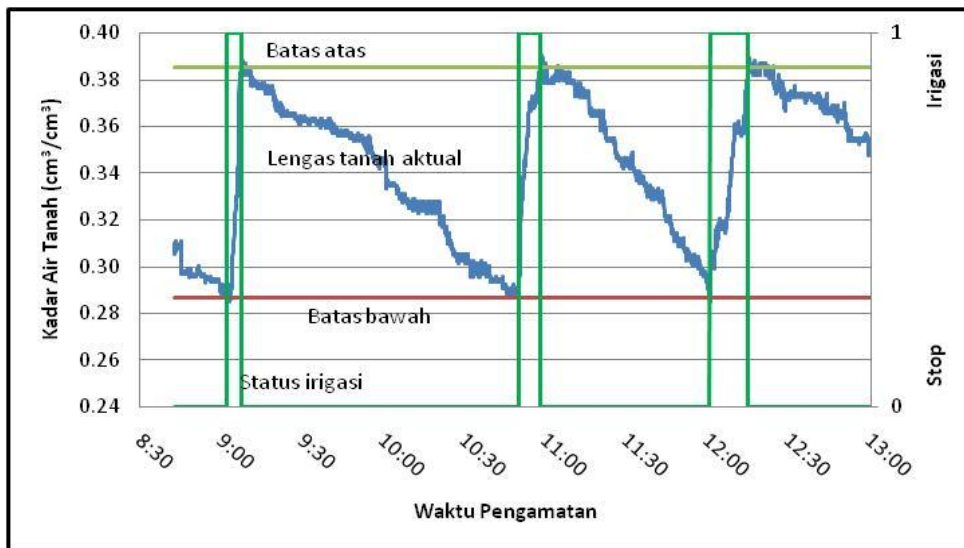
Gambar 7 Kurva kalibrasi sensor lengas tanah

Gambar 7 menunjukkan hubungan persentase kadar air tanah terhadap voltase output sensor. Hasil kalibrasi menunjukkan hubungan yang cukup linier dengan nilai korelasi 0.910. Persamaan linear kalibrasi yang diperoleh akan digunakan untuk mengkonversi nilai bacaan sensor berupa voltase ke nilai lengas tanah volumetrik aktual.

Set point yang diberikan sebagai acuan sistem kendali adalah nilai voltase yang ekuivalen dengan lengas tanah volumetrik, yang akan digunakan sebagai pembandingan dengan voltase output dari sensor. Nilai tersebut diperoleh dengan konversi batas bawah dan atas lengas tanah yang telah ditentukan yaitu 0.287 sensor 0.385 ke dalam nilai voltase ekuivalen mempergunakan persamaan linier hasil kalibrasi sensor, yaitu 2.06V sensor 2.47V. Sistem irigasi curah akan mengairi lahan ketika kondisi nilai kadar air tanah yang setara dengan nilai bacaan sensor berada pada kondisi di bawah batas bawah. Pemberian air irigasi akan berhenti ketika kondisi lengas tanah yang berada pada kondisi lebih dari batas atas.

3.7. Pengujian dan Kinerja Sistem Irigasi Curah Otomatis

Data pemantauan lengas tanah diperoleh dari hasil uji rancangan di lahan yang dilakukan pada dua kali pengujian (Gambar 8 dan 9). Sumbu absis pada kurva menunjukkan waktu pengambilan data dan sumbu ordinat primer menunjukkan perubahan kadar air tanah (cm³/cm³). Sumbu ordinat sekunder di sebelah kanan gambar menunjukkan aktivitas irigasi (stop/irigasi) sesuai perintah dari sistem kendali.

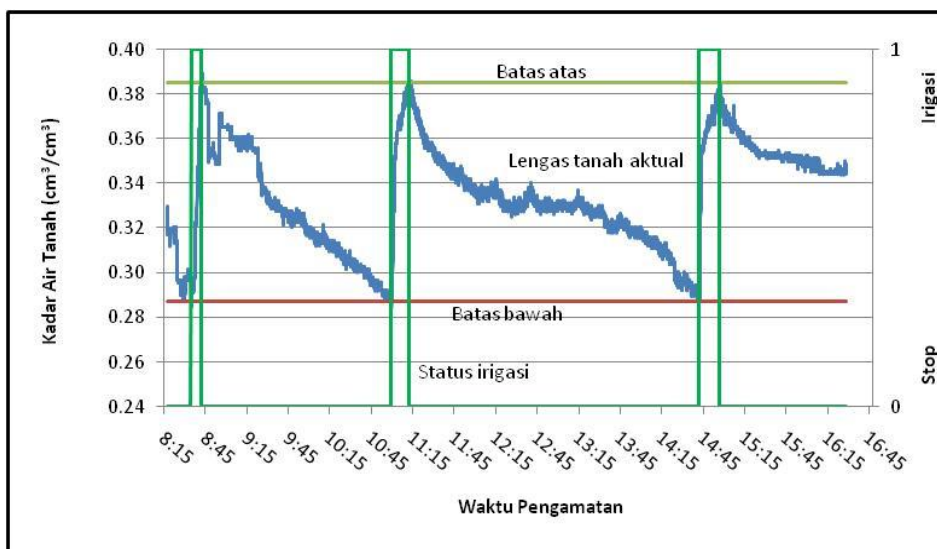


Gambar 8 Kinerja sistem irigasi curah otomatis pada hari pertama

Pada gambar tersebut terlihat terjadi pemberian air irigasi ketika kondisi lengas tanah kurang dari batas bawah dan akan berhenti saat kadar air tanah mencapai batas atas. Lengas tanah berfluktuasi pada rentang tersebut.

Pada saat terjadi penurunan lengas tanah, irigasi masih belum diberikan selama lengas tanah masih berada diatas batas bawah. Ketika lengas sistem kendali segera mengirimkan sinyal ke aktuatur untuk menutup katup solenoida dan menghentikan aliran air irigasi. Dengan tanah mencapai batas bawah, sistem akan membuka

katup, mengalirkan dan menyiramkan air irigasi melalui *sprinkler*. Penyiraman meningkatkan lengas tanah secara cepat namun akan terus dilakukan sampai lengas tanah mencapai batas atas, sebelum sistem menutup demikian kondisi kelebihan lengas tanah tersebut hanya sesaat dan perkolasi yang terjadi sangat sedikit atau dapat diabaikan. Hal ini menunjukkan sistem irigasi otomatis ini dapat mencegah kelebihan pemberian air dan menghindari perkolasi yang tidak diperlukan katup dan menghentikan irigasi.



Gambar 9 Kinerja sistem irigasi curah otomatis pada hari kedua

Ketika sistem mendeteksi kelengasan yang sudah melampaui batas atas yang diizinkan. Selama operasi, aktivitas pengendalian dapat, dilihat dari status aktuator. Apabila status aktuator memiliki nilai 1 artinya *solenoid valve* pada kondisi *on* atau irigasi diberikan. Hal yang sebaliknya terjadi apabila status aktuator bernilai 0 dan irigasi dihentikan.

Pada Gambar 8 dan 9 dapat dilihat adanya perbedaan durasi waktu pemberian air irigasi, sampai batas atas dicapai. Hal ini terjadi karena faktor angin yang menyebabkan butiran air yang tercurah sebagian jatuh ke luar lahan sehingga mengurangi laju pembasahan di lahan..

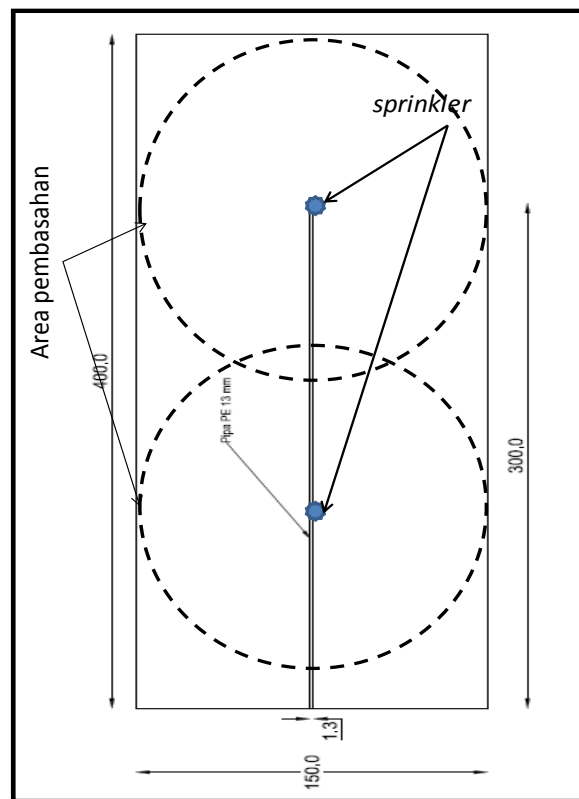
Penurunan lengas tanah pada waktu irigasi telah dihentikan terlihat memiliki kecepatan yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan perbedaan faktor cuaca di lokasi pengujian seperti temperatur udara dan penyinaran yang mempengaruhi laju penguapan. Perbedaan durasi penurunan sampai batas bawah ini menunjukkan bahwa interval penyiraman yang dibutuhkan tidak selalu sama dan dipengaruhi faktor alam, terutama cuaca. Penggunaan sistem otomatis seperti ini akan meningkatkan ketepatan pemberian air irigasi dalam menjaga kadar air tanah pada level yang diinginkan.

Jumlah air yang terpakai untuk irigasi pada hari pertama dan kedua selama operasi irigasi curah otomatis adalah 17.6 liter dan 17.8 liter pada tekanan rata-rata sebesar 0.4 kg/cm². Jumlah air yang terpakai selama proses penyiraman dapat dilihat di *watermeter*. *Sprinkler* yang digunakan pada percobaan ini memberikan penyiraman pada lahan yang memiliki ukuran 1.5 m x 4 m, dengan daerah pembasahan seperti Gambar 10 yang memiliki total luas pembasahan sekitar 3.6 m².

Dalam dua hari percobaan ini diketahui dari data yang tersimpan di kartu memori sistem irigasi otomatis bahwa total waktu pembukaan katup irigasi adalah 3730 detik dan sistem irigasi mencurahkan air sebesar 9.49 cm³/detik. Total aplikasi irigasi yang diberikan setara dengan 9.9 mm. Evaporasi yang terjadi dihitung berdasar data cuaca selama percobaan dan diperoleh nilai 5.8 mm. Dengan demikian terdapat selisih sebesar 4.1 mm atau setara 14.8l air yang kemungkinan hilang dalam proses pencurahan dan tidak sampai ke permukaan lahan yang diirigasi.

Dalam percobaan ini belum dilakukan analisis keseragaman, baik CU maupun DU. Keduanya perlu dilakukan saat sistem kendali irigasi curah ini akan diuji dengan jaringan irigasi curah skala lahan yang lebih luas. Dalam hal ini perlu

dilakukan penempatan sensor yang lebih banyak untuk dapat merekam perubahan lengas tanah pada lokasi-lokasi yang cukup mewakili sehingga dapat memberikan informasi kinerja sistem irigasi curah otomatis dengan lebih baik.



Gambar 10 Daerah Pembasahan Sprinkler di Lahan

V. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Sistem irigasi curah otomatis berbasis pengendali mikro telah dibuat dan diuji pada skala plot percobaan. Sensor kelengasan tanah dapat menunjukkan hubungan yang cukup linier antara kelengasan terukur dengan sinyal output, dan dapat digunakan untuk mengukur lengas tanah sebagai acuan kendali irigasi. Durasi dan interval pemberian irigasi yang berbeda-beda menunjukkan bahwa irigasi diberikan dengan mengikuti kebutuhan penambahan lengas tanah yang dipengaruhi antara lain faktor cuaca. Sistem pengendali beroperasi sesuai algoritma kendali yang dibuat dan mengendalikan irigasi curah untuk menjaga lengas tanah volumetrik diantara 0.385 dan 0.287 sehingga mencegah kekurangan air dan sekaligus menghindari perkolasi.

5.2. Saran

Percobaan dengan berbagai tipe irigasi lainnya perlu dilakukan untuk menguji kehandalan sistem ini khususnya untuk irigasi mikro dan di lahan kering. Sistem suplai daya mandiri berbasis energi surya perlu ditambahkan agar sistem ini dapat diterapkan di lokasi yang jauh dari suplai daya listrik

DAFTAR PUSTAKA

- [Anonim]. www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno. [11 Juni 2012]
- Dunn, W.C. 2005. *Fundamental of Industrial Process Control*. The McGraw-Hill. New York
- Hansen, V.E. Israelsen, O.W. dan G.E. Stringham. 1979. *Irrigation Principle and Practice*. (terjemahan) John Willey and Sons. Inc. New York.
- Ikadawanto, Dody. 1993. *Penentuan Efisiensi Penyebaran Air Pada Sistem Irigasi Curah Melalui Uji Performansi*. Skripsi. FATETA, IPB. Bogor.
- Kay, M. 1983. *Sprinkler Irrigation*. Equipment and Practice. Anchor Press. London.
- Keller, J. and Bliesner, R.D. 1990. *Sprinkler and Trickler Irrigation*. AVI Book. New York.
- Saptomo, S.K., B.I. Setiawan and Y. Nakano. 2004. Water Regulation in Tidal Agriculture using Wetland Water Level Control Simulator. *The CIGR Journal of Scientific Research and Development*. Manuscript LW 03 001.
- Sosrodarsono, S. dan K. Takeda. 1985. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradya Paramita. Jakarta.
- van Lier, H. N., L. S. Pereira, F. R. Steiner. 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume I Land and Water Engineering. *American Society of Agricultural Engineers*.
- van Genuchten, M. 1980. A Closed-Form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. *Soil Sci. Soc. Am J.* 44:92-898.