Kajian Aplikasi Alat Penyiraman Otomatis dengan Sistem Irigasi Tetes Berbasis Perubahan Kadar Air Tanah pada Tanaman Pakcoy (*Brassica chinensis* L.) (Study of Application of Automatic Watering Equipment with Drip Irrigation System Based on Changes in Groundwater Level on Pakcoy (*Brassica chinensis* L.))

Khairunnisak¹, Devianti¹, Mustafiril^{1*}

¹Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

Abstrak. Pemberian air irigasi secara berlebihan yang tidak sesuai dengan kebutuhan air tanaman akan mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman. Salah satu model irigasi yang memungkinkan untuk mengatur jumlah air sesuai dengan kebutuhan tanaman adalah sistem irigasi tetes. Penjadwalan irigasi secara otomatis sangat mendukung disaat cuaca yang susah diprediksi akibat adanya perubahan iklim global. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji kinerja mikrokontroler pada sistem irigasi tetes yang mampu bekerja secara otomatis berdasarkan perubahan kadar air tanah pada tanaman pakcoy. Penelitian ini dilakukan di desa Lambhuk, Kecamatan Ulee Kareng, Kota Banda Aceh dengan ketinggian lahan 3,8 m di atas permukaan laut dengan ordo tanah regosol. Metode penelitian yang digunakan adalah tahap persiapan yaitu pengambilan sampel tanah untuk dianalisis di laboratorium, pembuatan jaringan sistem irigasi tetes, persemaian benih pakcoy, persiapan media tanam sebanyak 8 pot tanam, pengkalibrasian sensor kelembaban tanah, persiapan bibit pakcoy serta penanaman, dan pemasangan sistem kontrol irigasi tetes otomatis. Tahap pengamatan yaitu diukur tinggi dan jumlah helai daun pakcoy, dan ditimbang bobot segar pakcoy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kontrol irigasi tetes otomatis dapat memenuhi kebutuhan air tanaman pakcoy berdasarkan penentuan kadar air tanah pada keadaan air tersedia, dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,687. Kinerja alat penyiraman otomatis dengan menggunakan mikrokontroler dapat berfungsi dengan baik dalam memberikan air ke tanaman sesuai dengan yang diinginkan, hal ini dapat dilihat dari kemampuan alat merespon perubahan kadar air tanah menyebabkan katup terbuka dan tertutup sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan. Terdapat hubungan yang erat antara perubahan kadar air tanah terhadap pertumbuhan pakcoy dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,92 dan 0,799, dan terdapat hubungan yang erat antara pemberian air dengan sistem irigasi tetes otomatis terhadap pertumbuhan pakcoy dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,778 dan 0,696. Sistem irigasi tetes otomatis dapat mengurangi pemborosan air irigasi.

Kata kunci : Sistem kontrol irigasi tetes otomatis, mikrokontroler, kadar air tanah, tanaman pakcoy.

Abstract. Excessive administration of irrigation water that is inconsistent with crop water requirements will affect plant growth and production. One of the irrigation models that allows to regulate the amount of water in accordance with the needs of the plant is the drip irrigation system. Irrigation scheduling automatically is very supportive when the weather is difficult to predict due to global climate change. The purpose of this research is to test the performance of microcontroller in drip irrigation system that can work automatically based on changes in soil moisture content in pakcoy plant. This research was conducted in Lambhuk village, Ulee Kareng sub-district, Banda Aceh city with land height 3,8 m above sea level with regosol land order. The research method used is the preparation phase of soil sampling to be analyzed in the laboratory, the making of drip irrigation system network, the seedbed of pakcoy seed, the preparation of planting media of 8 planting pots, the calibration of soil moisture sensor, the preparation of pakcoy seeds as well as the planting and installation of the irrigation control system Auto drops. Observation phase is measured height and number of leaf of pakcoy leaf, and weighs fresh weight of pakcoy. The result of research indicates that automatic drip irrigation control system can fulfill the water requirement of pakcoy plant based on the determination of ground water level in available water condition, with coefficient of determination (R^2) equal to 0,687. The use of automatic drip irrigation control system has an effect on the growth and production of pakcoy. There is a close relationship between soil moisture change to the growth of pakcoy with coefficient of determination (R^2) of 0.92 and 0.799, and there is a close relationship between water delivery with automatic drip irrigation system to the growth of pakcoy with coefficient of determination (R^2) of 0.778 and 0.696.

Keywords: Automatic drip irrigation control system, microcontroller, ground water content, pakcoy.

PENDAHULUAN

Irigasi adalah prasarana yang cukup menentukan dalam pembangunan pertanian. Irigasi didefinisikan sebagai usaha penambahan air pada tanah dengan tujuan memelihara dan menambah kelembaban tanah sesuai dengan kebutuhan tanaman untuk pertumbuhannya. Jumlah air yang diberikan tergantung kepada kebutuhan tanaman, yang dipengaruhi oleh

temperatur dan curah hujan di daerah tersebut. Usaha untuk mencapai target produksi dengan efisiensinya dan teknologi tepat guna serta murah perlu dipertimbangkan, telah mendorong penggunaan air secara berlebihan tanpa mempertimbangkan efisiensi penggunaan sumber daya yang tersedia. Teknologi di bidang irigasi merupakan salah satu faktor penentu dalam upaya meningkatkan produksi pertanian.

Salah satu model irigasi yang memungkinkan untuk mengatur jumlah air sesuai dengan kebutuhan tanaman adalah sistem irigasi tetes (*drip irrigation*). Irigasi tetes sebagaimana didefinisikan oleh Sumarna (1998), merupakan metode pemberian air dengan debit yang rendah. Sistem irigasi tetes dapat menghemat pemakaian air karena dapat meminimumkan kehilangan air yang mungkin terjadi, seperti kehilangan karena infiltrasi, perkolasi, dan aliran permukaan.

Menurut Choir (2012), penjadwalan irigasi secara otomatis sangat mendukung disaat cuaca yang susah diprediksi akibat adanya perubahan iklim global dan perubahan pola hujan, sehingga meningkatkan ketidakpastian ketersediaan air. Mikrokontroler juga dapat mengurangi rutinitas kerja dalam mengairi tanaman yang selalu dilakukan operator pada umumnya.

Tanaman sawi sendok (pakcoy) merupakan jenis sayur yang digemari oleh masyarakat Indonesia. Konsumennya mulai dari golongan masyarakat kelas bawah, hingga golongan masyarakat kelas atas. Tanaman pakcoy bila ditinjau dari aspek ekonomis dan bisnisnya layak untuk dikembangkan atau diusahakan untuk memenuhi permintaan konsumen serta adanya peluang pasar. Kelayakan pengembangan budidaya tanaman pakcoy antara lain ditunjukkan oleh adanya keunggulan komparatif kondisi wilayah tropis Indonesia yang sangat cocok untuk komoditas tersebut, disamping itu umur panen pakcoy relatif pendek yakni 25-28 hari setelah tanam dan hasilnya memberikan keuntungan yang memadai.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kinerja mikrokontroler pada sistem irigasi tetes yang mampu bekerja secara otomatis berdasarkan perubahan kadar air tanah pada tanaman pakcoy.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Lambhuk, Kecamatan Ulee Kareng, Kota Banda Aceh dengan ketinggian lahan 3,8 m di atas permukaan laut dan pada lahan yang datar dengan ordo tanah regosol. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus - November 2016.

MATERI DAN METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem kontrol irigasi otomatis yang terdiri dari katup (*valve*) solenoid dan sensor kelembaban tanah. Gelas ukur, pisau, gunting, meteren, ring sampel, dan timbangan digital, tangki air. Alat pendukung lainnya yaitu *automatic weather station* (AWS) yang terdiri dari alat pengukur suhu dan kelembaban udara, kecepatan angin, sensor kadar air otomatis (*automatic water content*) dan *logger* WE 800.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah air, tanah, benih pakcoy, penetes (*emitter*) tipe stik, pot dengan diameter 31 cm, pipa PVC, penutup pipa, lem pipa, kayu, selang ukuran 4 mm dan data klimatologi seperti temperatur, kecepatan angin, kelembaban udara, dan lama penyinaran matahari.

Metode Penelitian

Tahap persiapan penelitian dilakukan pengambilan sampel tanah untuk dianalisis di laboratorium, pembuatan jaringan sistem irigasi tetes, persemaian benih pakcoy, persiapan media tanam sebanyak 8 pot tanam. Kemudian, dilakukan pengkalibrasian sensor kelembaban

tanah. Persiapan bibit pakcoy dan penanaman. Selanjutnya pemasangan sistem kontrol irigasi tetes otomatis. Tahap pengamatan yaitu diukur tinggi dan jumlah helai daun pakcoy, ditimbang bobot segar tanaman pakcoy.

Analisa Data

1. Jumlah Air yang Diberikan Per Tanaman

Banyaknya air yang diberikan kepada tanaman per potnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = \frac{Q_m - Q_{losses}}{\Sigma \text{ pot}} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

Q = Jumlah air yang diberikan per tanaman

Q_m = Jumlah air yang terbaca pada meteran

Q_{losses} = Perkolasi

2. Efisiensi Irigasi

Menurut Simangunsong dkk. (2013), efisiensi irigasi meliputi efisiensi pemakaian dan penyimpanan air.

Efisiensi pemakaian air dihitung dengan menggunakan rumus:

$$E_a = \frac{W_s}{W_f} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

E_a = Efisiensi pemakaian air (%)

W_s = Air yang ditampung/diterima dalam tanah (air yang disalurkan - perkolasi) (ml)

W_f = Air yang disalurkan (ml)

Efisiensi penyimpanan air dihitung dengan menggunakan rumus:

$$E_s = \frac{W_s}{W_n} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

E_s = efisiensi penyimpanan air (%)

W_s = Air yang ditampung (kadar air setelah pemberian air irigasi – kadar air awal)

W_n = Air yang dibutuhkan tanaman sebelum irigasi (kadar air kapasitas lapang – kadar air awal)

3. Evapotranspirasi Tanaman (ET_c)

Untuk mengetahui besarnya evapotranspirasi tanaman dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$ET_c = K_c \times ET_o \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

ET_c = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

ET_o = Evapotranspirasi acuan (mm/hari)

K_c = Koefisien tanaman

Evapotranspirasi acuan (ET_o) dapat dianalisa dengan menggunakan rumus Penman-Monteith berikut:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

- ET_o = evapotranspirasi acuan (mm/hari)
 R_n = radiasi netto pada permukaan tanaman ($MJ/m^2/hari$)
 G = perpindahan panas tanah ($MJ/m^2/hari$)
 T = suhu udara rata-rata pada ketinggian tempat 2 m ($^{\circ}C$)
 U_2 = kecepatan angin pada ketinggian 2 m (m/s)
 e_s = tekanan uap jenuh (kPa)
 e_a = tekanan uap aktual (kPa)
 $e_s - e_a$ = pengurangan tekanan uap jenuh (kPa)
 Δ = kurva kemiringan tekanan uap ($kPa/^{\circ}C$)
 γ = konstanta psikometrik ($kPa/^{\circ}C$)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Fisik Tanah

Analisis tanah di Laboratorium Penelitian Tanah dan Tanaman serta Laboratorium Fisika Tanah dan Lingkungan didapatkan hasil analisis sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Analisis Laboratorium

No.	Hasil Analisis	Nilai	Keterangan
1.	Kelas tekstur		Lempung berpasir
	Fraksi pasir (<i>sand</i>)	64%	
	Fraksi debu (<i>silt</i>)	30%	
	Fraksi liat (<i>clay</i>)	6%	
2.	Permeabilitas	12,5 cm/jam	Kriteria sedang
3.	Porositas total	48,91%	Kriteria kurang baik
4.	Berat isi	1,26 gram/cm ³	Kriteria berat

Sumber: Analisis Laboratorium, 2016

Hasil analisis laboratorium didapat kelas tekstur tanah berupa lempung berpasir memiliki komposisi fraksi pasir dan debu yang tinggi yaitu sebesar 64% dan 30%, dan fraksi liat yang rendah yaitu sebesar 6%. Permeabilitas tanah memiliki kecepatan 12,5 cm/jam dengan kriteria sedang. Sedangkan porositas total sebesar 48,91% dengan kriteria kurang baik, dan berat isi tanah yang merupakan perbandingan berat tanah kering dengan suatu volume tanah sebesar 1,26 gram/cm³ dengan kriteria berat.

Tabel 2. Hasil Analisis Laboratorium

No	Tegangan Air (pF)	Kadar Air Tanah (%)
1	2,54	24,48
2	4,25	17,11

Sumber: Analisis Laboratorium, 2016

Hasil analisis laboratorium didapat kadar air pada kapasitas lapang (pF 2,54) sebesar 24,48%, dan kadar air pada titik layu permanen (pF 4,25) sebesar 17,11%. Nilai kadar air ini akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan batas atas dan batas bawah dari sistem kontrol otomatis, dimana kadar air pada kapasitas lapang sebagai batas atas dan kadar air pada titik layu sebagai batas bawah yang mana nilai ini nantinya akan dikalibrasi ke dalam satuan volt.

2. Uji Kinerja Sistem Kontrol Irigasi Tetes Otomatis Kalibrasi Sensor Kelembaban Tanah

Kalibrasi sensor kelembaban tanah (*soil moisture*) dilakukan dengan mengukur kadar air tanah pada berbagai tingkat kadar air tanah. Data yang diperoleh digunakan untuk mendapatkan persamaan regresi.

Gambar 1. Grafik kalibrasi sensor kelembaban tanah

Berdasarkan Gambar 1 didapatkan persamaan regresi $y = 10,84x + 302,3$. Persamaan regresi tersebut akan digunakan untuk mengkonversi nilai bacaan sensor kelembaban tanah yang berupa besaran tegangan (volt). Tabel 3 berikut memperlihatkan nilai batas bawah dan batas atas dari sistem kontrol irigasi otomatis yang didapatkan dari persamaan regresi di atas.

Tabel 3. Nilai batas bawah dan batas atas sistem kontrol otomatis

	Kadar air (%)	Sistem kontrol otomatis (mV)
Batas atas	24,48	568
Batas bawah	17,11	488

Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2016

Berdasarkan Tabel 3 didapatkan nilai batas atas yaitu 568 volt dan nilai batas bawah yaitu 488 volt. Nilai ini akan dimasukkan pada sistem kontrol irigasi otomatis sebagai acuan dalam memberikan air pada tanaman pakcoy.

Sistem Kontrol Irigasi Tetes Otomatis

Pengujian sistem kontrol irigasi tetes otomatis ini meliputi jumlah air yang diberikan per tanaman dan efisiensi irigasi sistem kontrol otomatis. Gambar 2 berikut memperlihatkan kinerja sistem kontrol irigasi otomatis dalam menjaga kadar air tanah dan pengoperasian katup sesuai dengan batas rentang *setpoint* yang telah ditentukan.

Gambar 2. Hasil monitoring sistem kontrol irigasi tetes otomatis

Hasil penelitian menunjukkan kadar air tanah mengalami perubahan setiap saat, namun sistem kontrol irigasi otomatis dapat mengontrol sistem aktuasi katup pada *setpoint* yang diinginkan. Sistem kontrol otomatis mengatur waktu untuk proses buka – tutup katup setiap 10 detik. Dapat dilihat pula bahwa katup terbuka saat kadar air tanah mencapai batas bawah dan katup tertutup saat kadar air tanah mencapai batas atas.

a. Jumlah Air yang Diberikan Per Tanaman

Banyaknya air yang diberikan oleh sistem kontrol irigasi otomatis terhadap tanaman pakcoy yaitu dengan melihat berapa jumlah air yang dibaca oleh meteran air yang dipasang pada jaringan irigasi tetes selama penelitian. Banyaknya air yang diberikan per tanaman dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Jumlah air yang disalurkan sistem kontrol otomatis pada tanaman pakcoy

Tanggal	Jumlah air yang disalurkan (ml)
22 Okt	
24 Okt	40
27 Okt	70
28 Okt	10
29 Okt	10
31 Okt	20
2 Nov	10
3 Nov	10
4 Nov	30
5 Nov	30
7 Nov	100
10 Nov	10
11 Nov	10
14 Nov	20
15 Nov	30
Jumlah	400

Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2016

Banyaknya air yang disalurkan oleh sistem kontrol irigasi tetes otomatis ke seluruh tanaman selama penelitian yaitu sebesar 400 ml setara dengan 67 ml/tanaman. Sedikitnya air yang disalurkan ke tanaman dikarenakan sistem kontrol otomatis ini memberikan air ke tanaman ketika tanaman benar-benar membutuhkan air dan air yang diberikan dalam jumlah yang tepat (tidak berlebihan) pada rentang kapasitas lapang dan titik layu permanen.

a. Perhitungan Koefisien Tanaman (Kc) Pakcoy

Koefisien tanaman pakcoy dihitung berdasarkan evapotranspirasi (ET_o) dan kebutuhan air tanaman (ET_c) pakcoy, dimana nilai evapotranspirasi diperoleh berdasarkan data klimatologi pada saat penelitian dan nilai kebutuhan air tanaman diperoleh dari banyaknya air yang disalurkan sistem kontrol irigasi tetes otomatis yang dibaca oleh meteran air (Tabel 10). Perhitungan koefisien tanaman pakcoy ini bertujuan untuk mendapatkan perbandingan koefisien tanaman pakcoy berdasarkan hasil penelitian dengan koefisien tanaman berdasarkan ketentuan *Food and Agriculture Organization* (FAO). Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 3 berikut.

Tabel 5. Perhitungan Koefisien Tanaman (K_c) Pakcoy pada Setiap Fase Pertumbuhan

	Fase Awal	Fase Tengah	Fase Akhir
ET _o (ml)	1520	1365	546
ET _c (ml)	130	220	50
K _c rerata	0,08	0,1	0,09

Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017

Gambar. 3. Grafik Nilai K_c untuk Setiap Tingkat Pertumbuhan Pakcoy

Berdasarkan Tabel 11 di atas diperoleh koefisien tanaman pakcoy pada fase awal pertumbuhan yaitu 0,08, fase tengah pertumbuhan yaitu 0,1 dan fase akhir pertumbuhan yaitu 0,09.

b. Efisiensi Irigasi Sistem Kontrol Otomatis

Efisiensi irigasi ini meliputi efisiensi pemakaian dan penyimpanan air. Efisiensi pemakaian air merupakan perbandingan antara air yang disalurkan dengan air yang diterima oleh tanaman. Efisiensi pemakaian air dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Efisiensi Pemakaian Air

Pot	Ws (ml)	Wf (ml)	Ea (%)
1	67	67	100
2	67	67	100
3	67	67	100
4	67	67	100
5	67	67	100
6	67	67	100

Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2016

Dari Tabel 6 di atas diperoleh efisiensi pemakaian air irigasi sangat tinggi yaitu sebesar 100%, besarnya efisiensi pemakaian air ini dikarenakan tidak terjadinya perkolasi. Hal ini menunjukkan bahwa air yang disalurkan pada saat pemberian air dapat diterima seluruhnya oleh tanaman tanpa ada air yang merembes atau perkolasi.

Efisiensi penyimpanan air merupakan kemampuan tanah untuk menyimpan air pada daerah perakaran tanaman selama pemberian air. Efisiensi penyimpanan air disajikan pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Efisiensi penyimpanan air

Pot	Ws (ml)	Wn (ml)	Es (%)
1	7,37	7,37	100
2	7,37	7,37	100
3	7,37	7,37	100
4	7,37	7,37	100
5	7,37	7,37	100
6	7,37	7,37	100

Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2016

Berdasarkan Tabel 7 di atas nilai efisiensi penyimpanan air yang diperoleh sangat tinggi yaitu sebesar 100%. Hal ini menunjukkan bahwa air yang diberikan telah memenuhi air kebutuhan tanaman pakcoy sebelum irigasi. Tingginya efisiensi penyimpanan air disebabkan sistem kontrol irigasi tetes otomatis mampu meningkatkan efisiensi penyimpanan air pada tanah dimana sistem kontrol otomatis ini hanya memberikan air pada keadaan air tersedia menyebabkan tanah selalu dalam keadaan lembab, sehingga tanah dapat menyimpan air dengan maksimal.

3. Kebutuhan Air Tanaman (ETc) Pakcoy Berdasarkan Persamaan Penman-Monteith

Berdasarkan hasil perhitungan evapotranspirasi acuan dengan menggunakan metode Penman-Monteith serta kebutuhan air tanaman pakcoy perhari masa tanam didapatkan kebutuhan air tanaman selama penelitian sebesar 4,860 L/tanaman. Kebutuhan air tanaman tertinggi terdapat pada periode tengah pertumbuhan yaitu 4,45 mm/hari atau 336 ml/hari dan kebutuhan air terendah terdapat pada periode awal pertumbuhan yaitu 0,93 mm/hari atau 70 ml/hari.

Jumlah air ini sangat besar bila dibandingkan dengan banyaknya air yang diberikan secara otomatis dimana banyaknya kebutuhan air tanamannya sebesar 67 ml/tanaman selama masa tanam. Banyaknya air yang disalurkan oleh sistem kontrol irigasi otomatis ke tanaman hanya 1,38% dari banyaknya air yang diberikan secara konvensional.

4. Pertumbuhan dan Produksi Pakcoy

1. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman pakcoy diukur dari pangkal sampai titik tumbuh tanaman menggunakan meteran, pengukuran dilakukan setiap minggu selama masa tanam. Tinggi tanaman disajikan pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Tinggi Tanaman Pakcoy

Hari Ke-	Tinggi Tanaman (cm)							
	Pot 1	Pot 2	Pot 3	Pot 4	Pot 5	Pot 6	Pot 7	Pot 8
7	9,7	12,3	11,1	9,3	8,5	8,7	10,1	10
14	18,1	19,8	18,7	19,5	17,3	17,5	20,8	19,5
21	19	22,3	21,4	22,5	22,5	20	21,2	20,5
25	26	28,2	24,3	24,7	25,8	23,7	25,8	25,4

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Berikut disajikan grafik yang menunjukkan perbedaan tinggi tanaman pakcoy per minggu selama masa tanam.

Gambar 3. Grafik tinggi tanaman

Keterangan: Pot 1, Pot 2, Pot 3, Pot 4, Pot 5, Pot 6 = Penyiraman Secara Otomatis; Pot 7, Pot 8 = Penyiraman Secara Konvensional

Hasil penelitian menunjukkan tanaman yang diberi air irigasi secara otomatis memiliki tinggi tanaman yang tidak jauh berbeda dengan tinggi tanaman yang diberi air irigasi secara konvensional. Namun demikian, tanaman yang diberikan air irigasi secara otomatis memiliki tinggi tanaman lebih baik dibandingkan dengan tanaman yang diberikan air irigasi secara konvensional. Tanaman yang diberikan air irigasi secara otomatis memiliki tinggi tanaman tertinggi sebesar 28,2 cm sedangkan tanaman yang diberikan air irigasi secara konvensional memiliki tinggi tanaman tertinggi sebesar 25,8 cm.

2. Jumlah Helai Daun

Jumlah helai daun tanaman pakcoy dihitung bila daun sudah terbentuk sempurna, pengukuran dilakukan setiap minggu selama masa tanam. Jumlah helai daun disajikan pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Jumlah Helai Daun Tanaman Pakcoy

Hari Ke-	Jumlah Helai Daun							
	Pot 1	Pot 2	Pot 3	Pot 4	Pot 5	Pot 6	Pot 7	Pot 8
Pertama	5	5	5	5	5	5	5	5
7	8	8	8	7	7	7	7	8
14	11	11	12	11	11	10	10	10
21	13	13	14	13	13	12	12	13
25	15	16	17	16	16	14	14	16

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Berikut disajikan grafik yang menunjukkan perbedaan jumlah helai daun tanaman pakcoy per minggu selama masa tanam.

Gambar 4. Grafik jumlah helai daun

Keterangan: Pot 1, Pot 2, Pot 3, Pot 4, Pot 5, Pot 6 = Penyiraman Secara Otomatis; Pot 7, Pot 8 = Penyiraman Secara Konvensional

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman yang diberi air irigasi secara otomatis memiliki jumlah daun yang tidak jauh berbeda dengan jumlah daun tanaman yang diberi air irigasi secara konvensional. Namun demikian, tanaman yang diberikan air irigasi secara otomatis memiliki jumlah daun lebih banyak dibandingkan dengan tanaman yang diberikan air irigasi secara konvensional. Tanaman yang diberikan air irigasi secara otomatis memiliki jumlah daun terbanyak yaitu 17 helai sedangkan tanaman yang diberikan air irigasi secara konvensional memiliki jumlah daun terbanyak yaitu 16 helai.

3. Produksi Pakcoy

Hasil produksi tanaman pakcoy yaitu dengan menimbang bobot segar tanaman pada saat panen (umur 25 hari) dengan menggunakan timbangan digital. Hasil produksi pakcoy disajikan pada Tabel 10 dan 11 berikut.

Tabel 10. Hasil produksi tanaman pakcoy dengan menggunakan irigasi tetes otomatis

Pot	Bobot Segar Tanaman (gr)	Bobot Akar (gr)	Panjang Akar (cm)
1	93,8	1,6	10,1
2	158,6	2,0	13,5
3	168,4	2,2	10,3
4	133,8	1,6	13,0
5	165,4	2,4	14,6
6	75,0	1,6	12,5
Rata-rata	132,5	1,9	12,3

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Tabel 11. Hasil produksi tanaman pakcoy dengan menggunakan irigasi konvensional

Pot	Bobot Segar Tanaman (gr)	Bobot Akar (gr)	Panjang Akar (cm)
7	119,8	1,4	13,8
8	140,2	1,8	9,4
Rata-rata	130,0	1,6	11,6

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman yang diberi air irigasi secara otomatis memiliki bobot yang tidak jauh berbeda dengan bobot tanaman yang diberi air irigasi secara konvensional. Namun demikian, tanaman yang diberikan air irigasi secara otomatis memiliki bobot rata-rata lebih berat dibandingkan dengan tanaman yang diberikan air irigasi secara konvensional.

konvensional. Tanaman yang diberikan air irigasi secara otomatis memiliki bobot rata-rata yaitu 132,5 sedangkan tanaman yang diberikan air irigasi secara konvensional memiliki bobot rata-rata yaitu 130 gr.

5. Hubungan Perubahan Kadar Air Tanah dan Kinerja Alat Penyiraman Otomatis dengan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy

1. Hubungan Perubahan Kadar Air Tanah dengan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy

Perubahan kadar air tanah berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy selama penelitian, parameter yang diamati yaitu tinggi dan jumlah helai daun tanaman pakcoy yang disajikan pada Gambar 5 dan 6.

Gambar 5. Grafik Hubungan Perubahan Kadar Air Tanah Terhadap Tinggi Tanaman Pakcoy

Gambar 5 memperlihatkan terdapat hubungan yang erat antara perubahan kadar air tanah dan tinggi tanaman pakcoy berdasarkan koefisien determinasi yang dihasilkan yang disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Rumus regresi dan koefisien determinasi hubungan perubahan kadar air tanah dengan tinggi tanaman pakcoy

Pot	Rumus Regresi	Koefisien Determinasi (R^2)
1	$y = -0,161x + 97,00$	0,854
2	$y = -0,156x + 97,05$	0,825
3	$y = -0,139x + 87,06$	0,888
4	$y = -0,170x + 102,4$	0,920
5	$y = -0,179x + 106,0$	0,826
6	$y = -0,158x + 94,88$	0,902

Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017

Berdasarkan Tabel 12 diperoleh koefisien determinasi (R^2) pada setiap pot (tanaman) tergolong tinggi yaitu 0,8-0,9, ini berarti tinggi tanaman pakcoy dipengaruhi oleh faktor perubahan kadar air tanah sebesar 80-90%. Tingginya nilai koefisien determinasi berarti perubahan kadar air tanah sangat mempengaruhi tinggi tanaman pakcoy.

Berikut ini disajikan grafik hubungan perubahan kadar air tanah terhadap jumlah helai daun pakcoy selama penelitian.

Gambar 6. Grafik hubungan perubahan kadar air tanah dengan jumlah helai daun tanaman pakcoy

Gambar 6 memperlihatkan terdapat hubungan yang erat antara perubahan kadar air tanah dan jumlah helai daun tanaman pakcoy berdasarkan koefisien determinasi yang dihasilkan yang disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Rumus regresi dan koefisien determinasi hubungan perubahan kadar air tanah dengan jumlah helai daun tanaman pakcoy

Pot	Rumus Regresi	Koefisien Determinasi (R^2)
1	$y = -0,068x + 45,38$	0,778
2	$y = -0,075x + 48,86$	0,735
3	$y = -0,088x + 55,84$	0,799
4	$y = -0,088x + 54,84$	0,799
5	$y = -0,088x + 54,84$	0,799
6	$y = -0,068x + 44,38$	0,778

Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017

Berdasarkan Tabel 13 diperoleh koefisien determinasi (R^2) pada setiap pot (tanaman) tergolong tinggi dengan nilai rata-rata sebesar 0,8, ini berarti jumlah helai daun pakcoy dipengaruhi oleh faktor perubahan kadar air tanah sebesar 80%. Tingginya nilai koefisien determinasi berarti perubahan kadar air tanah sangat mempengaruhi jumlah helai daun tanaman pakcoy.

2. Hubungan Kinerja Alat Penyiraman Otomatis dengan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy

Kinerja alat penyiraman otomatis berpengaruh terhadap pertumbuhan pakcoy selama penelitian, parameter yang diamati yaitu jumlah air yang diberikan ke tanaman yang mempengaruhi tinggi dan jumlah helai daun tanaman pakcoy yang disajikan pada Gambar 7 dan 8.

Gambar 7. Grafik hubungan pemberian air irigasi secara otomatis dengan tinggi tanaman pakcoy

Gambar 7 memperlihatkan terdapat hubungan yang erat pemberian air irigasi secara otomatis dan tinggi tanaman pakcoy berdasarkan koefisien determinasi yang dihasilkan yang disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Rumus regresi dan koefisien determinasi hubungan pemberian air irigasi secara otomatis dengan tinggi tanaman pakcoy

Pot	Rumus Regresi	Koefisien Determinasi (R^2)
1	$y = -0,165x + 34,75$	0,778
2	$y = -0,156x + 36,30$	0,715
3	$y = -0,119x + 30,82$	0,563
4	$y = -0,133x + 32,31$	0,484
5	$y = -0,153x + 33,92$	0,527
6	$y = -0,137x + 31,26$	0,591

Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017

Berdasarkan Tabel 14 diperoleh koefisien determinasi (R^2) tergolong tinggi dengan nilai rata-rata sebesar 0,61, ini berarti tinggi tanaman pakcoy dipengaruhi oleh faktor pemberian air irigasi secara otomatis sebesar 61%. Tingginya nilai koefisien determinasi berarti pemberian air irigasi secara otomatis sangat mempengaruhi tinggi tanaman pakcoy.

Berikut ini disajikan grafik hubungan pemberian air irigasi secara otomatis dengan jumlah helai daun tanaman pakcoy selama penelitian.

Gambar 8. Grafik hubungan pemberian air irigasi secara otomatis dengan jumlah helai daun tanaman pakcoy

Gambar 8 memperlihatkan terdapat hubungan yang erat antara pemberian air irigasi secara otomatis dan jumlah helai tanaman pakcoy berdasarkan koefisien determinasi yang dihasilkan yang disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Rumus regresi dan koefisien determinasi hubungan pemberian air irigasi secara otomatis dengan jumlah helai daun tanaman pakcoy

Pot	Rumus Regresi	Koefisien Determinasi (R^2)
1	$y = -0,065x + 18,32$	0,614
2	$y = -0,078x + 19,89$	0,696
3	$y = -0,086x + 21,43$	0,670
4	$y = -0,086x + 20,43$	0,670
5	$y = -0,086x + 20,43$	0,670
6	$y = -0,065x + 17,32$	0,614

Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2017

Berdasarkan Tabel 15 diperoleh koefisien determinasi (R^2) tergolong tinggi dengan nilai rata-rata sebesar 0,66, ini berarti jumlah helai daun tanaman pakcoy dipengaruhi oleh faktor pemberian air irigasi secara otomatis sebesar 66%. Tingginya nilai koefisien determinasi berarti pemberian air irigasi secara otomatis sangat mempengaruhi tinggi tanaman pakcoy.

Selain berpengaruh terhadap pertumbuhan pakcoy, perubahan kadar air tanah dan pemberian air dengan sistem irigasi tetes otomatis juga berpengaruh terhadap produksi pakcoy yaitu bobot segar tanaman. Namun tidak dilakukan uji hubungan dikarenakan bobot segar tanaman pakcoy (sebagai sumbu y) hanya memiliki satu nilai, jadi tidak bisa dibuat grafik uji hubungan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem kontrol irigasi tetes otomatis dapat memenuhi kebutuhan air tanaman pakcoy berdasarkan penentuan kadar air tanah pada keadaan air tersedia, dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,687. Kinerja alat penyiraman otomatis dengan menggunakan mikrokontroler dapat berfungsi dengan baik dalam memberikan air ke tanaman sesuai dengan yang diinginkan, hal ini dapat dilihat dari kemampuan alat merespon perubahan kadar air tanah menyebabkan katup terbuka dan tertutup sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan. Terdapat hubungan yang erat antara perubahan kadar air tanah dan pertumbuhan tanaman pakcoy dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,92 dan 0,799. Terdapat hubungan yang erat antara kinerja alat penyiraman otomatis dan pertumbuhan tanaman pakcoy dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,778 dan 0,696. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi irigasi tetes otomatis sebesar 100%. Sistem irigasi tetes otomatis dapat mengurangi pemborosan air irigasi.

Sebaiknya dipasangkan meteran air yang lebih baik agar data yang dihasilkan lebih akurat. Sebaiknya dipasangkan alat pengukur evapotranspirasi pada tanaman pakcoy yang diberikan air secara otomatis agar diketahui jumlah evapotranspirasi yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Choir, A. A. 2012. Rancangan dan Uji Coba Otomatisasi Irigasi Kendi. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sumarna, A. 1998. Irigasi Tetes pada Budidaya Cabai. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Bandung.