

## PENINGKATAN EFISIENSI AIR IRIGASI DENGAN INTRODUKSI SISTEM OTOMATIS PADA SISTEM IRIGASI DI LAHAN PRODUKSI PANGAN

Satyanto K. Saptomo<sup>1\*</sup>, Yudi Chadirin<sup>1</sup>,  
Budi I. Setiawan<sup>1</sup>, dan Hanhan A. Sofiyudin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor

<sup>2</sup>Balai Irigasi, Puslitbang SDA, Kementerian Pekerjaan Umum

\*saptomo.sk@gmail.com, saptomo@ipb.ac.id

### INTISARI

Beberapa ujicoba telah dilakukan untuk implementasi sistem otomatis pada irigasi lahan produksi pangan. Jenis irigasi yang telah dicoba termasuk irigasi permukaan dan irigasi mikro. Pengendalian dilakukan dengan memanfaatkan teknologi *digital computer*, mikrokontroler dan jaringan sensor dengan dan tanpa kabel.

Sistem kendali otomatis digunakan dengan tujuan menggerakkan sistem aktuasi kran air listrik. Sebagai acuan digunakan sensor yang akan mendeteksi kondisi kelembaban tanah dan tinggi muka air di lahan. Sistem kendali diatur menjaga status air di lahan sesuai dengan kondisi air memenuhi kriteria terhindar kehilangan air yang tidak perlu seperti *run-off level* muka air yang terlalu tinggi melewati pematang atau perkolasi. Untuk irigasi curah air harus tersedia di lahan sesuai dengan kebutuhan tanaman diantara pF 2.54 dan 4.2. Untuk lahan sawah, ujicoba dilakukan dengan menerapkan irigasi terputus (*intermittent*) sehingga ketinggian muka air *setpoint* akan berubah sesuai jadwal penggenangan yang telah dibuat. Hasil-hasil yang diperoleh menunjukkan keberhasilan dalam pencapaian dan penjagaan kondisi air di lahan sesuai dengan yang diinginkan.

Kata kunci : irigasi otomatis, pertanian, kesetimbangan air, kecukupan air

### PENDAHULUAN

Pengembangan sumber daya air yang digunakan untuk berbagai kebutuhan selalu dituntut untuk mencukupi semua sektor kegiatan. Apabila total kuantitas air yang tersedia lebih rendah dari yang diminta oleh masing-masing sektor biasanya akan terjadi negosiasi dan pembatasan. Pada masing-masing sektor jumlah air yang tersedia tersebut harus dialokasikan sesuai kebutuhan dengan meningkatkan efisiensi penggunaan air. Selain itu, perubahan iklim global dan perubahan pola curah hujan telah meningkatkan ketidakpastian ketersediaan air. Menghadapi hal tersebut, upaya efisiensi dalam pemanfaatan air, termasuk efisiensi air irigasi untuk pertanian sangat diperlukan.

Peningkatan efisiensi air irigasi untuk lahan produksi pangan, berbagai metode dan teknologi telah dikembangkan, seperti introduksi metode pertanian hemat air dan metode irigasi terputus. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menemukan teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air untuk menghindari kehilangan air yang tidak perlu dan mengurangi jumlah air yang harus disediakan untuk sektor pertanian. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah otomatisasi irigasi.

Dalam makalah ini dipresentasikan introduksi sistem otomatis pada sistem irigasi untuk lahan produksi pangan untuk peningkatan efisiensi penggunaan air irigasi.

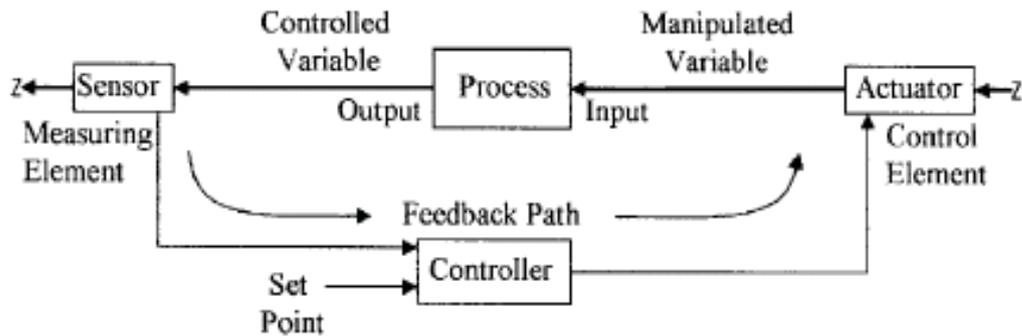
### **Tinjauan Pustaka**

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 (lengas tanah) antara 2.54 sampai dengan 4.2. Penentuan nilai pF tersebut disebabkan tanaman dapat menyerap air secara optimum pada kondisi *permanent wilting point* (pF 4.2) dan *field capacity* (pF 2.54). Pemberian air irigasi 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. Metode pemberian air irigasi di Indonesia yang telah diterapkan diantaranya irigasi permukaan, irigasi bawah-permukaan, irigasi tetes, irigasi curah, dan irigasi kendi.

Sistem otomatis pada dasarnya terdiri dari 3 elemen yaitu elemen pengukuran, elemen kendali dan pengendali itu sendiri. Elemen pengukuran terdiri dari sensor, transduser dan transmiter yang memiliki catu daya tersendiri. Elemen kendali memiliki aktuator, sirkuit pengatur daya dan catu daya tersendiri. Pengendali memiliki unit pemroses yang dilengkapi dengan memori dan sirkuit pembanding *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* di ini 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.

Irigasi otomatis adalah bagian dari sistem pengelolaan air, yang meliputi irigasi dan drainase. Salah satu 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 tanah yang digunakan untuk pertanian. Sebuah sistem yang sedikit berbeda juga diterapkan untuk simulasi komputer sistem irigasi untuk System of Rice Intensification (SRI) (Arif *et.al* 2009).



Gambar 1 Skema sistem kendali otomatis (Dunn, 2005)

## METODOLOGI STUDI

### Sistem Irigasi Otomatis

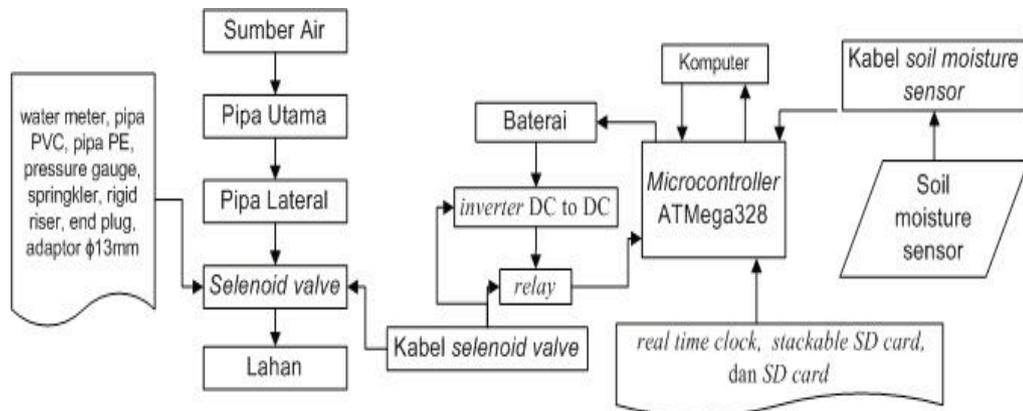
Sistem otomatis yang diterapkan untuk mengendalikan irigasi permukaan dan irigasi curah menggunakan sensor sebagai acuan kendali. Untuk sistem irigasi permukaan dilakukan sensor tekanan untuk mendeteksi level muka air baik diatas maupun dibawah tanah. Pada sistem curah, sensor yang digunakan adalah sensor kelembaban tanah. Sensor-sensor tersebut akan mendeteksi perubahan ketinggian muka air atau perubahan kelembaban tanah dan mengirimkan output ke pengendali.

Pengendali yang digunakan adalah berbasis sistem digital yaitu komputer dan pengendali mikro (*micro-controller*) yang telah diprogram untuk melakukan pengendalian secara otomatis. Pengendali ini akan memberikan perintah ke aktuator berupa kran elektris (*motorized valve* dan *solenoid valve*) yang akan membuka atau menutup jalur irigasi apabila level muka air atau kelembaban air menyimpang dari *setpoint* yang diharapkan.

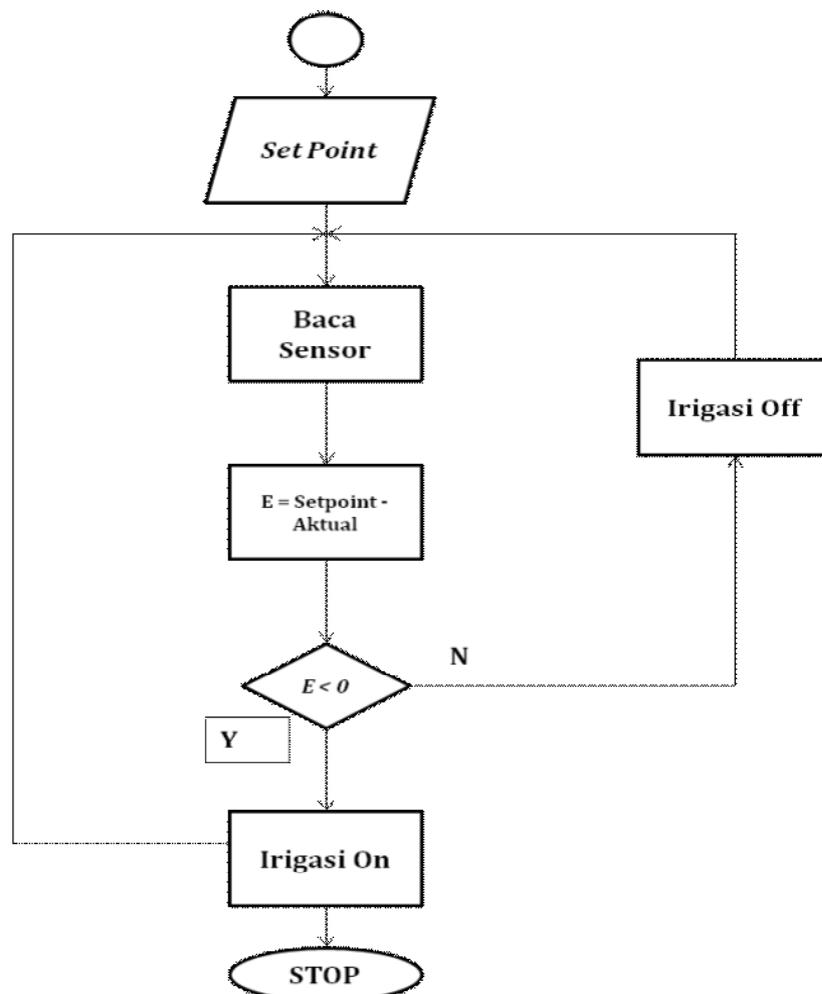
Untuk irigasi permukaan, *setpoint* yang ditentukan adalah -10 cm sebagai *setpoint* bawah dan 2 cm sebagai *setpoint* atas dengan datum permukaan tanah. Nilai *setpoint* ini sewaktu-waktu diubah menjadi lebih tinggi dengan tujuan penyiangan gulma. Pada percobaan irigasi curah ditentukan *setpoint* bawah pada pF 4.2 dan *setpoint* atas pada 2.54, dimana pada rentang pF ini kelembaban tanah mencukupi dan air tersedia bagi tanaman tetapi air tidak dapat bergerak vertikal secara gravitasi. Gambar 2 dan 3 menunjukkan skema sistem irigasi otomatis dan bagan alir algoritma pengendalian yang digunakan.

### Percobaan Lapangan

Percobaan lapangan dilakukan pada plot berukuran 18 m x 7 m untuk irigasi permukaan. Sketsa sistem irigasi otomatis dapat dilihat pada Gambar 4 berikut. Sensor tekanan dipasang dengan ujung sensor yang berfungsi sebagai pendeteksi tekanan diposisikan di bawah permukaan tanah. Sistem elektronik yang digunakan adalah sistem jaringan sensor nirkabel (*Wireless Sensor Network*) yang menghubungkan antara *node* dan komputer tanpa menggunakan kabel.



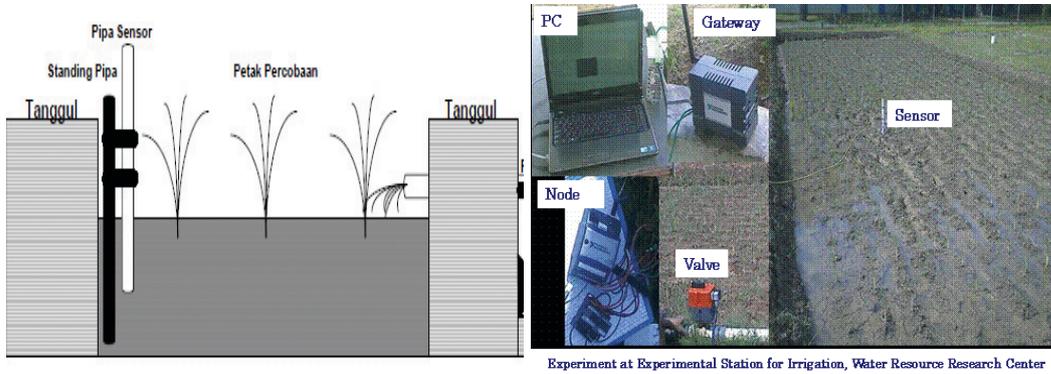
Gambar 2 Skema sistem irigasi curah otomatis



Gambar 3 Bagan alir alogritma pengendalian

Data bacaan sensor diteruskan ke komputer melalui jaringan nirkabel dan *gateway* untuk kemudian diproses oleh komputer. Hasil proses komputer ini merupakan sinyal kendali yang dikirimkan melalui jaringan nirkabel juga ke *node* aktuator yang berupa *motorized valve* untuk membuka atau menutup kran irigasi.

Gambar 5 menunjukkan skema sistem irigasi curah otomatis yang digunakan dalam percobaan. Sebuah tandon air digunakan sebagai tampungan air sumber yang akan digunakan untuk irigasi. Air sumber diambil langsung dari menara air karena adanya kebutuhan tekanan hidrolis untuk memungkinkan pencurahan dengan baik, yang diharapkan dapat dipenuhi selisih *head* antara air pada tandon dan *nozzle* pencurah. Pada percobaan ini menggunakan modul pengendali lapang (*field controller*) dimana program kendali sudah tertanam di dalam sebuah pengendali mikro yang sekaligus berfungsi untuk akuisisi data dari sensor.



Gambar 4 Sistem irigasi genangan otomatis di lahan percobaan



Gambar 5 Sistem irigasi curah otomatis di lahan percobaan

**Analisis Kesetimbangan Air**

Analisis kesetimbangan air dilakukan untuk melihat kuantitas dari masing-masing komponen kesetimbangan air. Untuk irigasi genangan analisis dilakukan berdasarkan Persamaan (1) dan untuk irigasi curah digunakan Persamaan (2) (van Lier et al, 1999). Pada kedua persamaan ini run-off diabaikan dengan asumsi lahan dan sistem telah dipersiapkan untuk menghindari terjadinya run-off dan tidak ada pengaruh air tanah tersebut.

$$h_i = h_{i-1} + [P_i - (Q_r)_i] + (I_n)_i - (ETc)_i - DP_{ii} \dots\dots\dots (1)$$

$$\theta_i = \theta_{i-1} + \frac{[P_i - (Q_r)_i] + (I_n)_i - (ET_c)_i - DP_i + GW_i}{1000(Z)_i} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

$\theta$  = kadar air tanah volumetrik (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)

$h$  = tinggi muka air (mm)

$P$  = hujan (mm)

$Q_r$  = Run-off (mm)

$ET_c$  = Evapotranspirasi (mm)

$DP$  = Perkolasi (mm)

$Z_r$  = kedalaman solum tanah

$I$  = irigasi (mm)

Untuk penyederhanaan, komponen  $I$  dalam analisis digantikan dengan  $Q_{bl}$  yang mencakup residual dari perhitungan kesetimbangan air termasuk komponen irigasi. Kemudian Persamaan (2) dimodifikasi untuk mendapatkan kadar air tanah dalam satuan mm.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Irigasi Permukaan

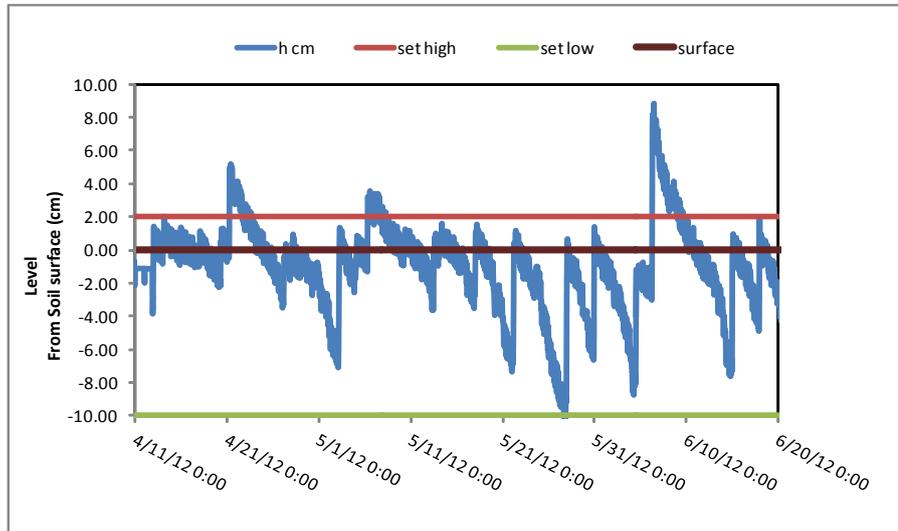
Percobaan irigasi permukaan secara otomatis dengan pola irigasi terputus dilakukan selama beberapa hari. Gambar 6 memperlihatkan hasil percobaan tersebut. Batas atas set point di gambarkan dengan garis “set high” dan “set low” menandakan *setpoint* bawah. Ketinggian level muka air muka air yang diizinkan adalah pada rentang batas-batas tersebut. Pada beberapa hari terdapat ketinggian air ( $h$ ) yang melampaui *setpoint* atas. Pada masa-masa ini dibedakan menjadi 2 kondisi yaitu adanya hujan dan adanya upaya penyiangan gulma dengan penggenangan.

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa sistem irigasi otomatis telah dapat bekerja menjaga ketinggian muka air pada level tertentu. Pada level -10 cm sampai 2 cm, kelembaban tanah selalu berada pada kondisi pF dibawah 2 yang berarti tanah berada pada kondisi jenuh atau macak-macak dan tidak kekurangan air. Tetapi pemberian batas atas dan bawah seperti ini menyebabkan sistem irigasi yang berjalan adalah sistem terputus yaitu tidak menggunakan penggenangan secara terus menerus yang dalam hal penggunaan air irigasi lebih hemat.

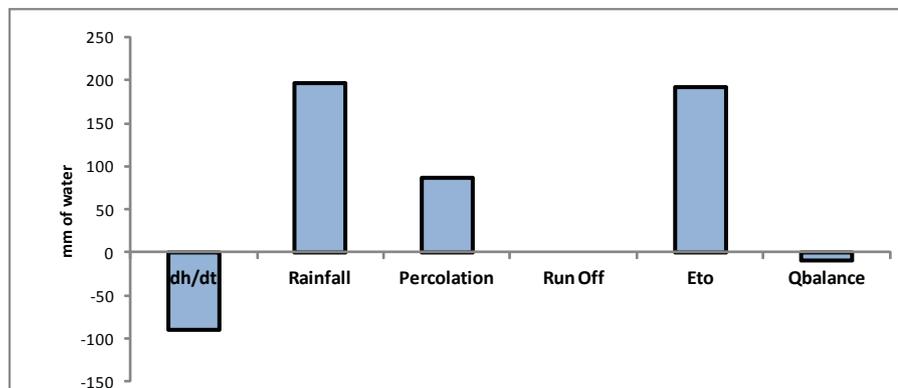
Dalam kondisi tanah jenuh seperti itu, perkolasi yang terjadi adalah perkolasi yang maksimum dan terus menerus. Karena lahan percobaan ini adalah lahan buatan, lapisan bawah tanah telah diatur sedemikian hingga perkolasi dapat diatur atau diketahui. Dalam percobaan ini lahan memiliki perkolasi sebesar 1.2 mm/hari.

Gambar 7 menunjukkan komponen-komponen pada kesetimbangan air : perubahan level air  $dh/dt$ , curah hujan, perkolasi, run off, evapotranspirasi  $ETo$  dan residual  $Q$  balance. Nilai  $Q$  balance dan  $dh/dt$  yang negatif menunjukkan bahwa selama percobaan terjadi suplai air alami yang cukup besar, yaitu hujan seperti terlah

pada gambar tersebut, sehingga dapat disimpulkan bahwa selama ada suplai air dari hujan, sistem irigasi tidak akan beroperasi dengan adanya informasi ketinggian air yang berada dalam batas *setpoint* yang diizinkan.



Gambar 6 Hasil percobaan irigasi otomatis untuk irigasi permukaan

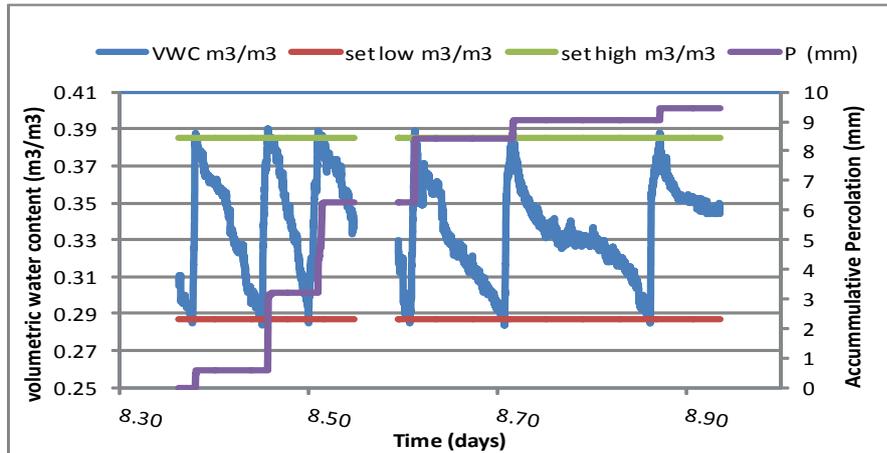


Gambar 7 Akumulasi komponen kesetimbangan air pada percobaan irigasi permukaan

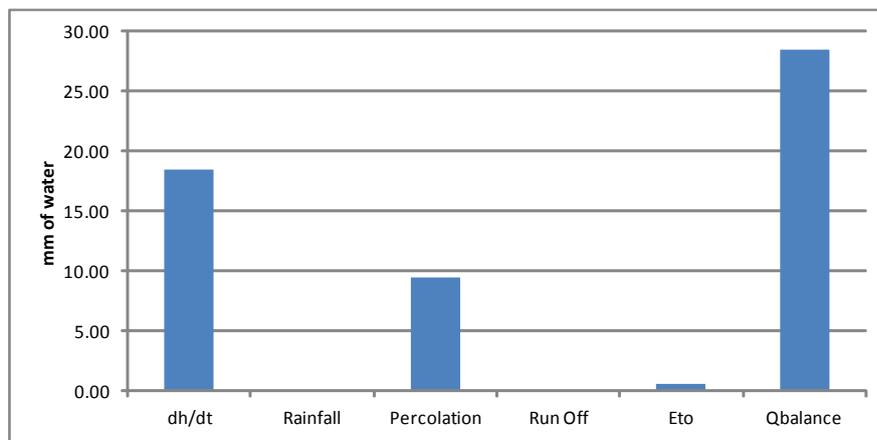
### Sistem Irigasi Curah

Sedikit berbeda dengan sistem irigasi permukaan, sistem irigasi curah otomatis menunjukkan kinerja yang lebih jelas dalam hal efisiensi air terutama dalam hal perkolasi. Seperti diketahui bahwa perkolasi hanya akan terjadi pada saat air berada di dalam tanah pada jumlah yang cukup sehingga memungkinkan aliran vertikal ke bawah karena gravitasi. Hal tersebut akan terjadi pada kapasitas lapang atau pF 2.54 kebawah dimana tanah cukup basah sampai jenuh.

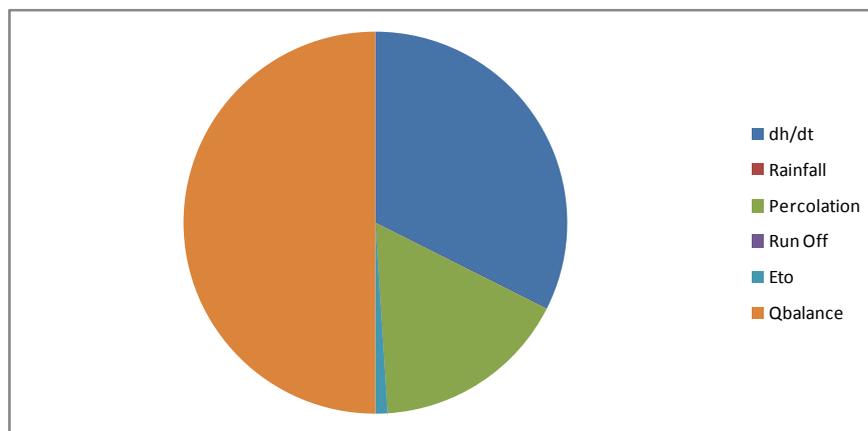
Secara sederhana perkolasi dapat diperkirakan sebagai selisih antara kadar air tanah aktual lebih tinggi dari kadar air kapasitas lapang dan kadar air tanah pada kapasitas lapang dalam satuan mm, sehingga pada Gambar 8 terlihat akumulasi perkolasi yang meningkat hanya terjadi pada saat kadar air tanah berada diatas *setpoint* atas (*sethigh*).



Gambar 8 Hasil percobaan irigasi otomatis untuk irigasi permukaan



Gambar 9 Akumulasi komponen kesetimbangan air pada percobaan irigasi curah



Gambar 10 Prosentase komponen kesetimbangan air pada percobaan irigasi curah

Gambar 8 memperlihatkan fluktuasi kadar air yang relatif terjaga pada rentang batas-batas kadar air tanah yang diizinkan, dengan pengecualian terjadi *overshoot* atau *undershoot* pada beberapa *event*. Sehingga dapat dikatakan bahwa sistem irigasi curah otomatis dapat bekerja sesuai keinginan yaitu menjaga kadar air tanah

pada tingkat yang tersedia untuk tanaman dan meminimalkan perkolasi. Gambar 9 dan 10 menunjukkan akumulasi komponen kesetimbangan air dan persentasenya yang dihitung untuk masa percobaan irigasi curah. Nilai evapotranspirasi yang kecil disebabkan lokasi percobaan yang agak ternaung dari radiasi matahari langsung dan temperatur yang relatif lebih rendah.

## KESIMPULAN

Hasil percobaan menunjukkan kemampuan sistem irigasi otomatis yang dapat berfungsi dengan baik dalam menyediakan air di lahan sesuai dengan yang diinginkan, baik untuk irigasi permukaan maupun irigasi curah, yaitu dalam batas-batas *setpoint* yang ditentukan. Karena batas *setpoint* yang ditentukan telah berada pada nilai dimana kadar air tanah mencukupi untuk tanaman maka sistem irigasi akan dapat menyediakan kondisi air dalam tanah yang cukup bagi tanaman dalam hal ini air tersedia (*available water*).

Sistem irigasi otomatis ini juga dapat memperkecil terjadinya kehilangan air akibat limpasan permukaan maupun perkolasi. Pada sistem genangan hal ini dapat dicapai dengan penggunaan metode irigasi genangan terputus dengan membatasi tinggi muka air pada level yang tidak menyebabkan terjadinya limpasan keluar dari lahan. Pada sistem curah, perkolasi dapat ditekan karena kelembaban tanah dapat dijaga pada kondisi pF diantara 2.54 dan 4.2. Perkolasi terjadi pada beberapa waktu dimana kelembaban air tanah berada pada level pF dibawah 2.54 akibat overshoot atau kondisi cuaca. Dengan demikian dapat dilihat bahwa aplikasi sistem otomatis untuk irigasi dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi irigasi untuk lahan produksi pangan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Hasil yang disajikan dalam makalah ini merupakan hasil penelitian yang dibiayai dari Project I-MHERE b2c IPB 2010-2012 dan penelitian bersama dengan Balai Irigasi, Balitbang SDA PU. Penulis mengucapkan terimakasih kepada IPB dan DIKTI, serta Balai Irigasi yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- Arif C., S.K.Saptomo, B.I.Setiawan, Marzan Aziz Iskandar. 2009. Water Table Controlling in Paddy Field Using a Simple Fuzzy Control System. PAWEES International Conference on Promising Practices for the Development of Sustainable Paddy Fields Bogor: October 7-9.
- 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.

- 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.
- Setiawan, B.I, Y. Sato, S.K. Saptomo and E. Saleh. 2002. Development of water control for tropical wetland agriculture. *Advances in Geoecology* No. 35, Pages 259-266, Catena Verl., Reikirchen, Germany.
- 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.