

## Technical Paper

## Sistem Kontrol Irigasi PID

## PID Control Irrigation System

Wiranto, Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan Sekolah Pascasarjana IPB,

Email : wiranto07@gmail.com

Budi Indra Setiawan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB. Email: budindra@yahoo.com

Satyanto Krido Saptomo, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB. Email: ddody@yahoo.com

**Abstract**

*Irrigation application on agriculture is used to fulfill plant water requirement. In its application, irrigation water should be used optimally. However in the field, irrigation activities are generally wasteful practices that may impact on the increasing cost for water requirement. Under these conditions automatic irrigation system which could provide water with expected conditions for the plants, are needed, especially for large area where the use of wireless automatic irrigation system is applicable. The advantages of the automatic system among others are the data could easily be downloaded and the devices could be easily installed. If it is installed properly, the system could facilitate the monitoring of irrigation in the region. In this study, PID model (Proportional, Integral and Derivative) is used for irrigation control systems and sensor connection with the logger (ATMega328 microcontroller). The objectives of this study is to improve irrigation efficiency by providing irrigation water required using control irrigation systems. The benefits of this approach is to provide an alternative method of automatic irrigation system for areas with limited water supply because this system is able to distribute the amount of irrigation water according to crop requirement.*

**Keywords:** automatic irrigation, control system, PID

**Abstrak**

Pemberian air irigasi pada lahan pertanian bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Dalam pemanfaatannya, air irigasi harus digunakan secara optimum. Namun pada kenyataannya kegiatan irigasi memberikan dampak boros air sehingga berdampak pada meningkatnya kebutuhan ekonomi untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Dengan kondisi tersebut, perlu dibuat suatu sistem irigasi otomatis yang mampu menyediakan air untuk tanaman dengan kondisi yang diharapkan, untuk area yang luas menggunakan sistem irigasi otomatis nirkabel. Kelebihan dari sistem ini diantaranya data mudah didownload dan perangkat mudah diinstalasi sehingga dapat memudahkan dalam monitoring seluruh kawasan irigasi. Pada penelitian ini digunakan model PID (*Proportional, Integral and Derivative*) dalam sistem kendali irigasi dan koneksi sensor dengan *logger* (*mikrokontroler ATMega328*) menggunakan sistem nirkabel (*wireless*) dengan memanfaatkan perangkat Xbee/xbee Pro. Metode penelitian dengan menggunakan simulasi PID diaplikasikan pada prototipe irigasi tanah perlakuan. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah meningkatkan efisiensi dan mengetahui jumlah air irigasi yang diperlukan dengan sistem irigasi kontrol nirkabel (*wireless*). Manfaat dari penelitian ini sendiri adalah memberikan alternatif sistem irigasi otomatis untuk kawasan dengan ketersediaan air terbatas karena sistem ini mampu mengatur pemberian air irigasi sesuai dengan kebutuhan tanaman (efisiensi terhadap penggunaan air irigasi).

**Kata kunci:** irigasi otomatis, PID, sistem kontrol

*Diterima: 02 April 2014 ;Disetujui :28 Juli 2014*

**Pendahuluan**

Irigasi merupakan salah satu alternatif dalam inputan air pada sistem pertanian jika terjadi kondisi kebutuhan air tanaman lebih besar dari ketersediaan air pada lahan pertanian. Pemberian air irigasi ke lahan pertanian bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman, namun dalam

pemanfaatannya harus benar-benar digunakan secara optimum. Kenyataannya, kegiatan irigasi memberikan dampak boros air sehingga berdampak pada meningkatnya kebutuhan ekonomi. Kebutuhan air memberikan pengaruh terhadap pengeluaran ekonomi agrobisnis, karena pada sekarang ini air didapat dengan upaya pembelian dalam satuan volume sehingga penggunaan air secara optimum

memberikan input positif bagi agribisnis tersebut.

Banyak sistem irigasi yang masih menggunakan tipe buka-tutup aliran irigasi terbuka, sementara sistem irigasi perpipaan serta irigasi otomatis baru mulai digunakan. Dari hasil survei masih banyak kendala yang didapat seperti kurangnya air irigasi terutama pada bagian hilir karena sistem irigasi yang tidak terkontrol, untuk masalah irigasi pipa biasanya terjadi penumpukan sampah sehingga pipa sering tersumbat. Irigasi otomatis pun masih banyak kerumitan pada bagian instalasi sensor dan respon time irigasi yang kurang optimum.

Situasi seperti ini merupakan suatu contoh yang merugikan bagi pengguna air irigasi apalagi pada lembaga pertanian disektor agribisnis, terutama pada kondisi dengan keterbatasan air. Perlu adanya penelitian lebih lanjut sebagai alternatif solusi diatas, yaitu penelitian dengan model instalasi lebih praktis, kontrol otomatis dan tingkat presisi yang lebih tinggi, sistem kendali air irigasi yang seperti itu diharapkan mampu memberikan suatu jalan alternatif yang mampu menekan pengeluaran terhadap kebutuhan air. Dalam penelitian ini dikembangkan sistem kendali irigasi dengan PID sebagai pengendalian sistem kontrol irigasi secara otomatis. Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan efisiensi irigasi pada sistem irigasi otomatis.

**Bahan dan Metode**

Penelitian ini menggunakan bahan seperti: Akrilik, rangka prototipe (besi dan plat kayu), lem akrilik, *Sealant (Silicone Rubber)*, *Sensor Water Level*, *Sensor Soil Moisture*, *Relay*, Kabel, Baterai DC 12 V, *Solenoid Valve*, Xbee, Pipa, Mikrokontroler ATmega328P, RTC, SD card shield dan SD card. Peralatan yang digunakan adalah: komputer,

*electronics toll Kits*, Gergaji besi, Bor, Mesin las

**Tahapan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu analisis sistem, perancangan, implementasi, pengujian, percobaan dan analisis percobaan.

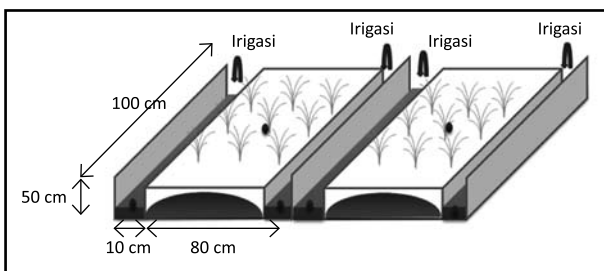
Tahap analisis sistem mencakup semua kebutuhan dalam membangun perancangan dan implementasi sistem irigasi otomatis dalam hal identifikasi masalah yang meliputi gerakan air dalam tanah, kontrol irigasi, sensor *water level* dan mikrokontroler ATmega328.

Tahap perancangan sistem irigasi terdiri dari perancangan *hardware* dan *software*. Prototipe irigasi didesain memiliki dua blok sistem irigasi, dengan dimensi setiap bloknya memiliki lebar 80 cm, panjang 100 cm dan tinggi 50 cm. Masing-masing blok memiliki dua stok air (pada bagan kanan dan kiri blok) dengan dimensi lebar 10 cm, panjang 100 cm dan tinggi 50 cm seperti tergambar pada gambar desain prototipe dan penampang melintang.

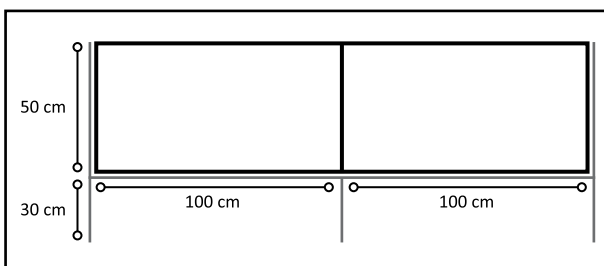
Perancangan software yang dilakukan adalah Simulasi model irigasi otomatis dan pembuatan software irigasi otomatis mikrokontroler. Dalam melakukan simulasi irigasi menggunakan pemograman Visual Basic dan untuk pemograman pada mikrokontroler ATmega328 menggunakan bahasa pemograman C dengan penulisan pemograman pada halaman arduino yang merupakan *open source arduino environment*

Perancangan hardware sistem irigasi ini terdiri atas sensor *water level*, sensor *soil moisture*, mikrokontroler ATmega328, *solenoid valve*, catu daya 12 volt dan relay. (Gambar 3)

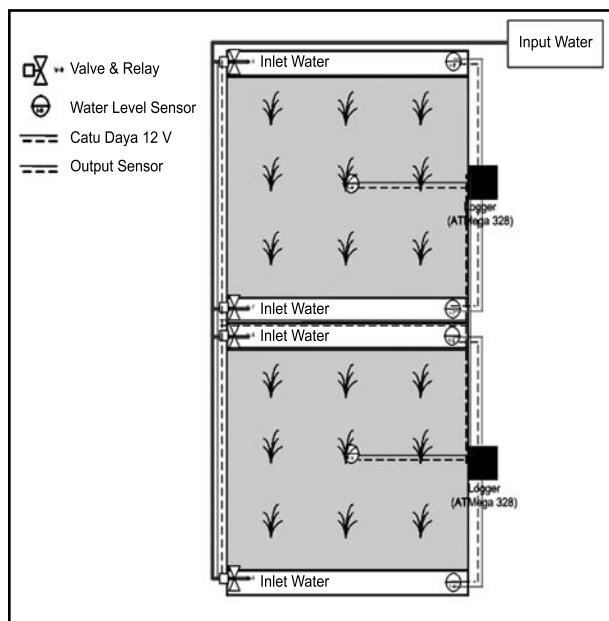
Gambar 4 adalah diagram alir dalam pembuatan simulasi sistem kontrol irigasi.



Gambar 1. Desain prototipe.

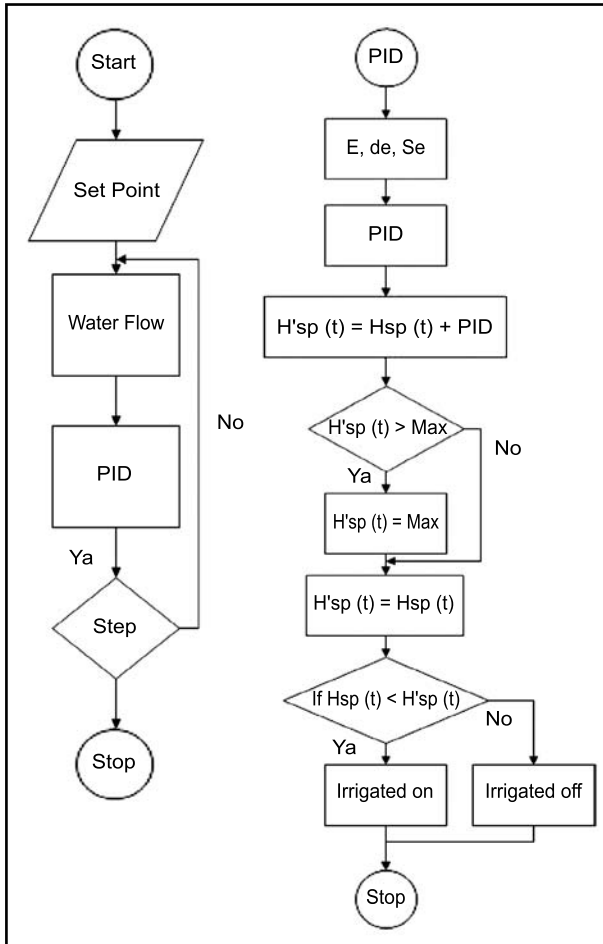


Gambar 2. Penampang melintang prototipe.



Gambar 3. Sistem irigasi otomatis.

Tahap Implementasi adalah rancangan sistem irigasi akan diterapkan pada prototipe irigasi. Sensor diatur dengan nilai keluaran < 5 volt DC, karena mikrokontroler hanya mampu mengenali nilai referensi sebesar 5 volt. Tahap pengujian dilakukan sebagai validasi model pergerakan air dalam tanah dan kontrol PID.



Gambar 4. Diagram alir irigasi otomatis dan PID

**Model Aliran Air Tanah pada Kondisi Jenuh**

Pergerakan air tanah dari keadaan kering kebasah karena penambahan irigasi dengan dua saluran irigasi pada kanan dan kiri profil dengan jarak S. Diasumsikan keadaan yang simetris, bidang lengkung dapat dibuat diantara kedua saluran untuk menggambarkan muka air tanah. Gambar 5 merupakan skematik aliran air tanah.

Model aliran air tanah pada suatu akuifer dengan masukan air dari infiltrasi (Bear dan Verruijt, 1978).

$$S \frac{\partial \phi}{\partial t} = T \left( \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} \right) + I \tag{1}$$

- Dimana: S = storativitas
- T = transmisivitas
- x,y = jarak pada arah y dan x
- I = laju infiltrasi
- $\phi$  = head piezometrik

Untuk penambahan desain parit di dalam lahan, sebagai alur pengaliran air agar lebih cepat merata mengalir lahan, maka dapat menggunakan bentuk persamaan satu dimensi sebagai berikut :

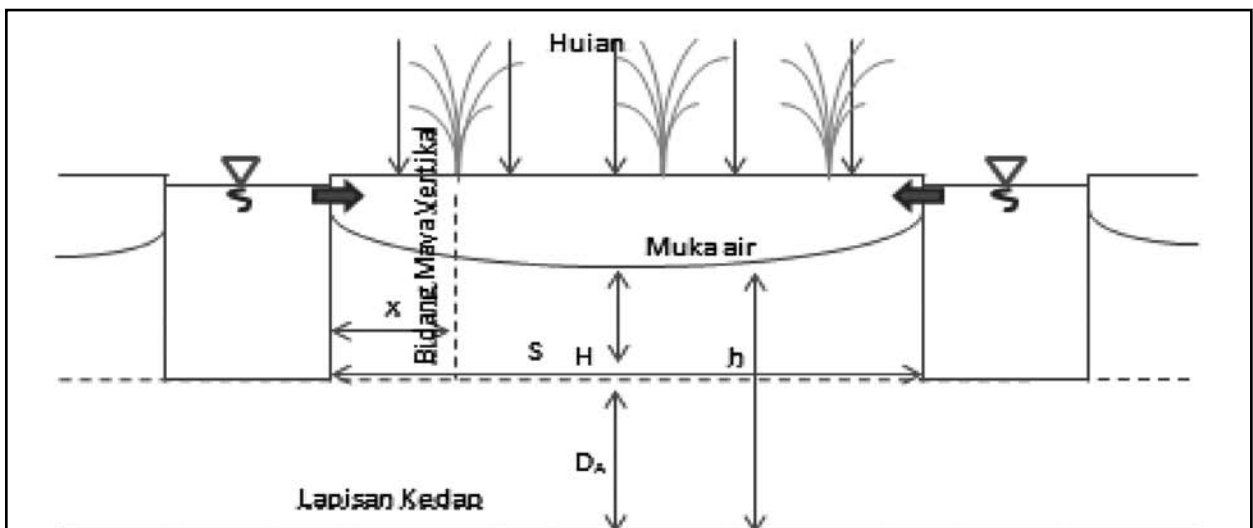
$$S \frac{\partial h}{\partial t} = T \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + q \tag{2}$$

Variabel q yang ditambahkan adalah faktor input atau output air ke dalam lahan tersebut, dapat berupa irigasi, evapotranspirasi, hujan, perkolasi ataupun run-off. Persamaan satu dimensi ini dapat diselesaikan secara sederhana menggunakan skema Finite Difference Method (FDM) untuk tujuan di atas.

$$h_x^{t+1} = h_x^t + q \frac{\Delta t}{S} + \alpha (h_{x-1}^t + h_{x+1}^t - 2h_x^t) \tag{3}$$

$$\alpha = t \frac{\Delta t}{S \Delta x^2} \tag{4}$$

Asumsi-asumsi yang digunakan adalah (Hillel, 1980): tanah homogen dengan konduktivitas



Gambar 5. Skematik aliran air tanah.

hidrolika konstan, saluran drainase yang paralel dan berjarak sama, gradien hidrolik pada setiap titik dibawah muka air tanah akan sama dengan kemiringan muka air diatasnya, berlaku hukum Darcy, terdapat lapisan kedap pada suatu kedalaman dibawah saluran, suplai air dari atas (hujan dan irigasi) memiliki laju konstan sebesar q.

**Kontrol PID**

Kontroler PID adalah hasil gabungan dari 3 bentuk kontroler yaitu kontroler proporsional, integral dan derivatif.

$$u_{PID} = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de}{dt} \quad (5)$$

Dengan u(t) adalah sinyal kendali (kontrol), K adalah penguatan, e(t) adalah sinyal error yang diperoleh dari selisih antara nilai sinyal output – sinyal setpoint. Parameter utama dari pengendali PID adalah penguatan proporsional Kp, waktu integral Ti, dan waktu derivatif Td. Persamaan tersebut adalah persamaan dalam nilai waktu (t), sehingga persamaan tersebut dikonversikan dengan menggunakan *finite deferensial* orde pertama

$$\frac{df}{dt} \Big|_k = \frac{(f_k - f_{k-1})}{\Delta t} \quad (6)$$

$$\int e(t) dt = \sum e_k \cdot \Delta t \quad (7)$$

Sehingga persamaan PID menjadi

$$u_{pid} = k_p \left[ T_d \frac{(e_n - e_{n-1})}{\Delta t} + e_n + \frac{1}{T} \sum_{k=0}^n e_k \cdot \Delta t \right] \quad (8)$$

Dimana

$$k_i = k_p \frac{T_s}{T} \quad \text{dan} \quad k_d = k_p \frac{T_s}{T_s} \quad \text{dengan} \quad \Delta t = T_s .$$

Apabila  $S_n = S_{n-1} + e_n$  maka persamaan kontroler PID menjadi  $u_{pid} = K_p \cdot e_n + K_i \cdot S_n + K_d (e_n - e_{n-1})$  dengan  $S_n$  = jumlah error,  $S_{n-1}$  = jumlah error sebelumnya,  $e_n$  = eror sekarang,  $e_{n-1}$  = eror sebelumnya.

Sinyal pengendali PID merupakan penjumlahan dari pengolahan ketiganya yaitu proporsional (sebanding dengan perubahan error), integral (sebanding dengan integral/penjumlahan error),

dan derivatif/turunan (sebanding dengan kecepatan perubahan error).

**Hasil dan Pembahasan**

**Uji Sifat Fisik Tanah**

Tanah yang digunakan adalah tanah perlakuan dengan perlakuan ukuran saringan 5 mm. Tinggi tanah yang digunakan pada masing-masing blok adalah 30 cm sehingga total volume tanah perlakuan yang digunakan pada penelitian ini adalah 0.8 m<sup>3</sup>. Pengujian sifat fisik tanah dilakukan di Balai Penelitian Tanah kota Bogor. Pengujian tanah berupa nilai pF tanah, sifat fisik dan struktur tanah. Hasil uji sifat fisik tanah didapat nilai *storativity* (S) 66.1 dan nilai konduktifitas hidrolik (Ks) sebesar 9.54 cm/jam.

**Prototipe Irigasi**

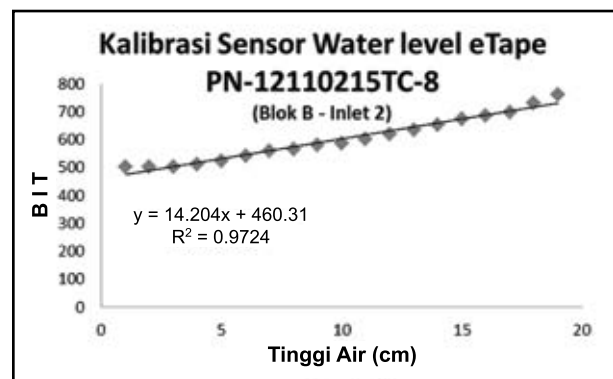
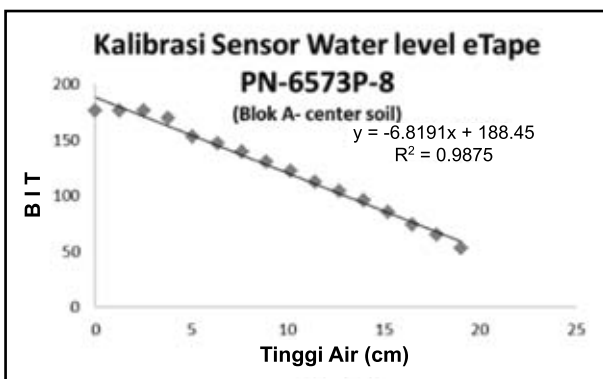
Prototipe irigasi didesain memiliki dua blok sistem irigasi, dengan dimensi setiap bloknnya memiliki lebar 80 cm, panjang 100 cm dan tinggi 50 cm. Masing-masing blok memiliki dua stok air (pada bagan kanan dan kiri blok) dengan dimensi lebar 10 cm, panjang 100 cm dan tinggi 50 cm. Tinggi tanah perlakuan adalah 30 cm. Sekat antara stok air dengan tanah memiliki ukuran pori 1 mm. Sumber air untuk sistem irigasi ini bersumber pada PDAM dan mengalir ke *valve*, *valve* sebagai aktuator irigasi yang dikendalikan oleh logger yang setiap bloknnya terdiri dari dua *valve*. *Valve* yang digunakan adalah *valve* tipe *solenoid* 12 volt DC. Pada prototipe irigasi terdapat 1 *valve* manual sebagai jalur pembuangan air.

**Kalibrasi Sensor**

Sensor yang digunakan adalah sensor tinggi muka air merk eTape dengan tipe *elektroda resistance* sehingga nilai keluaran yang dihasilkan adalah ohm. Jenis sensor yang digunakan adalah jenis eTape PN-6573P-8 dan eTape PN-12110215TC-8

**Model Aliran Air Tanah dan PID**

Model aliran tanah dengan kontrol PID dengan nilai PID sebagai perubah nilai set point (H'sp)



Gambar 6. Kalibrasi sensor.

pada kedua inlet (*stok water*). Nilai PID didapat dari perubahan nilai set point ( $H_{sp}$ ) pada sensor *water level* yang berada di tengah-tengah blok pengamatan.

Pada simulasi digunakan nilai  $S$  sebesar 1 dan  $K_s$  sebesar 0.5, set point pada sensor tengah blok adalah 29, dengan  $K_p = 5$ ,  $K_i = 3$  dan  $K_d = 0.94$ . pergerakan nilai  $h(0)$  dan  $h(n)$  pada kedua ujung inlet merupakan perubahan set point akibat nilai  $P_v$  kurang dari set point sensor tengah, perubahan tersebut berawal pada kondisi ke 19.

**Tuning PID**

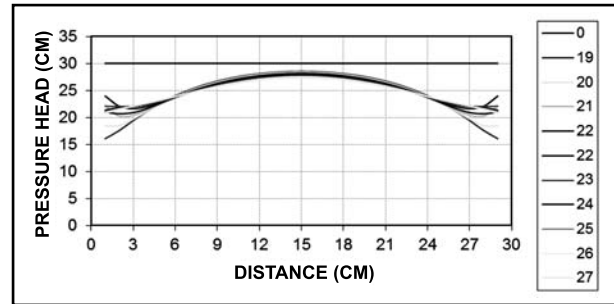
Tuning PID dengan menggunakan metode *trial error* pada model aliran tanah dan PID. Tuning PID dilakukan untuk mendapatkan nilai konstanta  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$ . Kondisi yang digunakan dalam simulasi adalah  $K_s = 228.96$ ;  $S = 66.1$ ;  $H_{sp} = 18$  cm; dengan nilai  $K_p = 0.5$ ;  $K_i = 0.002$ ;  $K_d = 0.3$  menghasilkan *current time* pada  $H'_{sp} = 20.3$  cm adalah 3.6 hari dan irigasi pada hari ke 2.

**Kode Program pada Mikrokontroler**

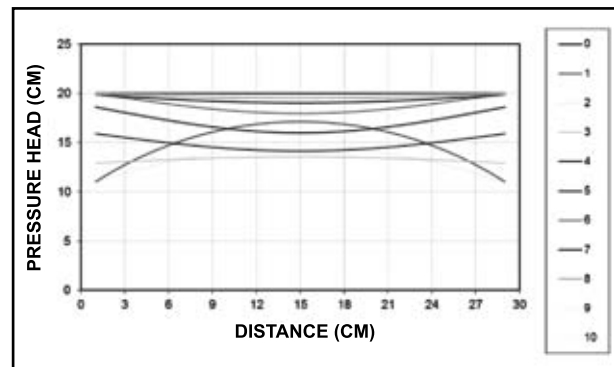
Aktuator (*valve*) diatur oleh nilai set point pada sensor *water level* yang terletak pada tengah blok. Jika  $PV < \text{set point}$  maka terdapat nilai selisih, nilai tersebut adalah nilai error. Penulisan pemrograman  $PID = K_p \cdot e_n + K_i \cdot S_n + K_d (e_n - e_{n-1})$  pada bahasa C/C++ dalam *open source arduino environment* ditulis dalam pemrograman dengan persamaan  $PID = P(\text{Error}, P_v, K_p) + D (\text{Error}, \text{LastError}, K_d) + I (\text{LastError}, \text{Error}, K_i)$ .

**Set Point dan Uji Model Aliran Air Tanah dengan PID**

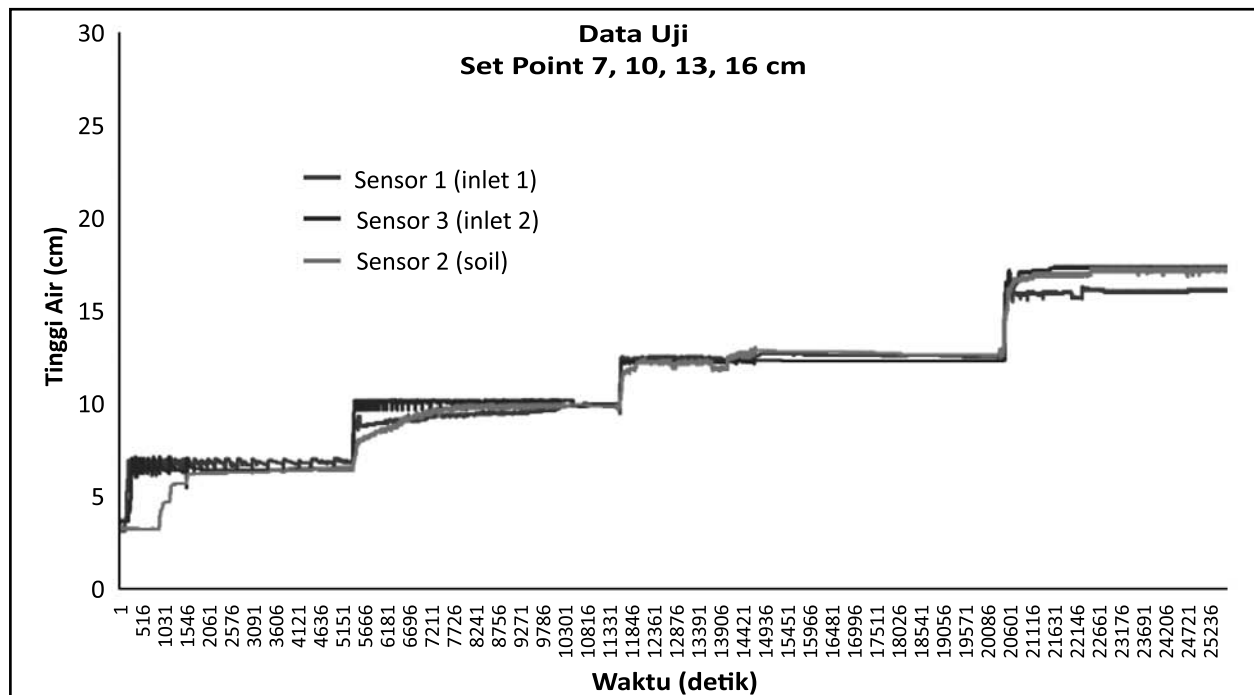
Set point yang digunakan adalah set point 7, 10, 13 dan 16 cm, gerakan air hingga sama dengan set point inlet sekitar 45 menit. Setiap blok terdiri dari 3 sensor *water level* (inlet 1, sensor pada tanah dan inlet 2). Sensor *water level* yang terletak pada tanah dengan jarak  $\pm 40$  cm diantara inlet, mulai tergenangi air pada waktu 916 detik atau 15-16 menit setelah kontrol dinyalakan



Gambar 7. Hasil model aliran air tanah – PID.



Gambar 8. Tuning PID model aliran tanah.



Gambar 9. Uji coba 1.

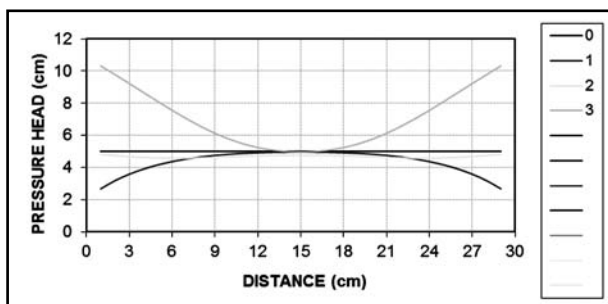
Dengan nilai input  $K_s = 228.96$  dan nilai Storativity 66.1, set point pada  $h(15)$  yang digunakan adalah 5 cm maka didapat nilai simulasi gerakan air tanah sewaktu set point kurang dari 5 cm maka terjadi penambahan pada kedua *water stock* / sisi bloknya hingga mencapai 10 cm

### Simpulan

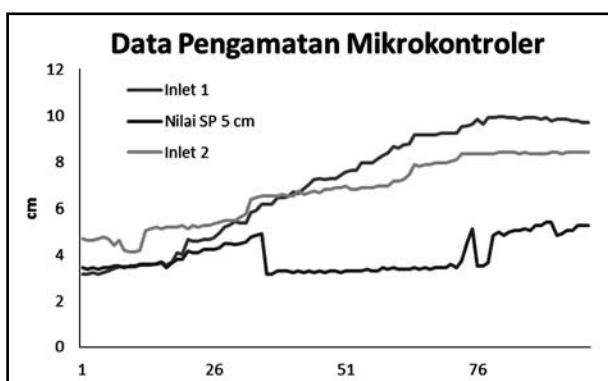
Pada penelitian ini sistem kendali irigasi dengan kontrol PID menggunakan komunikasi nirkabel telah berhasil dilakukan. Pergerakan air hingga menuju *head* pertengahan dengan  $K_s = 9.54$  cm/jam dan  $S = 66.1$  adalah selama 15 detik dan pergerakan nilai ketinggian hingga 3 cm membutuhkan waktu 45 menit. Kontrol PID digunakan untuk merubah nilai set point pada kedua inlet (*stok water*), dari nilai set point sensor water level yang berada di tengah

### Daftar Pustaka

Apriyantono, A. 1989. *Analisis Pangan : Penuntun Praktek*. Bogor : PAU-IPB.  
 Badan Standarisasi Nasional. 1998. SNI 01-3555-1998 : *Cara Uji Minyak dan Lemak*.



Gambar 10. Hasil Simulasi



Gambar 11. Hasil Pengamatan

Karoui, R., A.M. Mouazen, E. Dufour, L. Pillonel, E. Schaller, J.D. Baerdemaeker, and J.O. Bosset. 2006. *Chemical Characterisation of European Emmental Cheeses by Near Infrared Spectroscopy Using Chemometric Tools*. International Dairy Journal. 16(1): 1211-1217. doi:10.1016/j.idairyj.2005.10.002.

Keshvadi, A., J.B. Endan, H. Harun, D. Ahmad, and F. Saleena. 2012. *The Reflection of Moisture Content on Palm Oil Development During the Ripening Process of Fresh Fruits*. Journal of Food, Agriculture and Environment. 10 (1): 203-209.

Ketaren S. 1986. *Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI-Press.

Lengkey, LCECH., I.W. Budiastara, K.B. Seminar, dan B.S. Purwoko. 2013. *Model Pendugaan Kandungan Air, Lemak Dan Asam Lemak Bebas pada Tiga Provenan Biji Jarak Pagar (Jatropha curcas L.) Menggunakan Spektroskopi Inframerah Dekat Dengan Metode Partial Least Square (PLS)*. Jurnal Littri. 19(4): 203-211.

Moghimi, A, M.H. Aghkhani, A. Sazgarnia, and M. Sarmad. 2010. *Vis/NIR Spectroscopy and Chemometrics for the Prediction of Soluble Solids Content and Acidity (pH) of Kiwifruit*. Biosystem Engineering. 106(1): 295-302. doi:10.1016/j.biosystemseng. 2010.04.002

Omayma, A.E and N.B.S. Abdel. 2013. *Carotenoids*. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2(1): 225-234.

Osborne, B.G, T. Fearn, P.H. Hindle. 1993. *Practical NIR Spectroscopy with Application in Food and Beverage Analysis*. Singapore: Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd.

Saranwong, S., J. Sornsriwichai, and S. Kawano. 2004. *Prediction of Ripe-Stage Eating Quality Of Mango Fruit From Its Harvest Quality Measured Nondestructively by Near Infrared Spectroscopy*. Postharvest Biology and Technology. 31(1):137-145. doi:10.1016/j.postharvbio.2003.08.007.

William, P.C and D.C. Sobering. 1993. *Comparison of Commercial Near Infrared Transmittance and Reflectance Instruments for Analysis of Whole Grain and Seeds*. Journal Near Infrared Spectrosc. 1: 25-32.

Yanto, A. 2007. *Karakterisasi optic buah pisang lampung selama pematangan dengan metode reflektansi VIS/NIR*. (Skripsi). Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB. Bogor.