

# Sistem Pengaturan Ketinggian Air pada Ladang di Desa Tanjung Merawa Kec. Payung Sumatera Utara

Maha Rani Br Sitepu<sup>#1</sup>, Maclaurin Hutagalung<sup>#2</sup>

<sup>#</sup>Departemen Sistem Komputer, Institut Teknologi Harapan Bangsa  
Jl. Dipati Ukur 80-84 Bandung 40132 – Indonesia

<sup>#1</sup>rani.sitepu.90@gmail.com

<sup>#2</sup>maclaurin@ithb.ac.id

**Abstrak**— Indonesia merupakan negara agraris karena sebagian besar penduduknya mempunyai mata pencaharian sebagai petani. Meskipun demikian, sistem irigasi di Indonesia masih banyak dilakukan dengan cara manual. Cara manual berarti membuka atau menutup sumber air dilakukan oleh para petani tanpa bantuan mesin. Dengan cara ini petani kesulitan untuk menjaga ketinggian air yang tepat pada setiap tingkat ladang jika terjadi perubahan debit air secara mendadak. Dalam makalah ini diajukan usulan sistem pengaturan ketinggian air pada ladang secara otomatis. Kasus yang dibahas sesuai dengan keadaan di Desa Tanjung Merawa Kec. Payung Sumatera Utara. Dengan sistem ini, ketinggian air pada setiap tingkat ladang dapat diatur sesuai kebutuhan.

**Kata kunci**— sistem pengaturan/kendali, ketinggian air, model irigasi, otomatis, kendali diskrit

**Abstract**— Indonesia is an agricultural country since most of the population do farming for living. Despite this, most irrigation system in Indonesia is done manually. Manually means opening or closing the floodgate are being done without the help of machine. In this way, farmers have difficulty to maintain proper water level at each level of the fields in the event of a sudden change in water debit. In this paper, we propose a system for automatically control the proper water level. The case discussed is derived from the field located in Desa Tanjung Merawa Kec. Payung Sumatera Utara. The proposed control system can maintain proper water level as required.

**Keywords**— control systems, water level, irrigation model, automatic, discrete control

## I. PENDAHULUAN

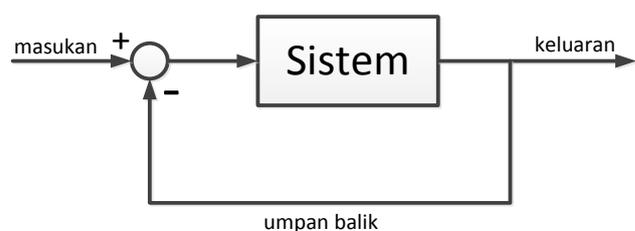
Sebagian besar sistem irigasi di Indonesia saat ini menggunakan sistem irigasi manual, dimana pintu-pintu gerbang air dibuka/ditutup oleh para petani. Kelemahan dari sistem manual tersebut adalah sulitnya untuk menjaga tingkat ketinggian air yang dibutuhkan jika terjadi fluktuasi debit air yang sering/tiba-tiba. Untuk mengatasi kelemahan pengaturan secara manual, maka dibuatlah sistem otomatis. Agar sistem otomatis dapat berjalan dengan baik, maka dibutuhkan suatu informasi umpan balik ketinggian air. Berdasarkan informasi yang diperoleh itu, sistem dapat mengatur debit air yang masuk/keluar dengan membuka atau menutup pintu air.

Tujuan dari sistem irigasi adalah untuk menghindari terjadinya kekurangan/kelebihan air sesuai dengan kebutuhan tanaman pada ladang. Sistem irigasi yang baik dapat mengalirkan air dari sumber air ke ladang secara efektif dan efisien. Dengan sistem irigasi yang baik, maka hasil pertanian dapat lebih maksimal [5, 1].

Tidak semua tanaman membutuhkan air dalam jumlah yang sama. Kita ambil contoh tanaman tomat yang ditanam di Desa Tanjung Merawa. Tanaman tomat hanya bertahan hidup untuk satu periode saja lalu akan layu dan mati. Selain itu, jika terlalu banyak mendapatkan air, maka tanaman tomat akan rusak dan mengalami busuk [6]. Karena tomat sangat sensitif terhadap air, maka para petani tomat harus membuat jadwal yang ketat untuk melakukan pengairan, baik pada musim hujan maupun pada musim kemarau.

Untuk mengatur irigasi yang baik secara otomatis, maka dibutuhkan sebuah sistem kendali lup tertutup, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Sistem kendali sendiri dapat didefinisikan sebagai sekumpulan elemen yang memiliki fungsi saling terkait dan bekerja sama untuk mengatur suatu kondisi yang diharapkan [3, 4].

Untuk menemukan hukum kendali yang sesuai, maka langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menemukan model dari sistem yang hendak dikendalikan. Di dalam makalah ini, disajikan model tinggi air pada ladang bertingkat yang sederhana pada Bab II. Di Bab III diajukan sistem kendali diskrit untuk mengatur ketinggian air yang sesuai pada ladang. Selanjutnya Bab IV menunjukkan hasil simulasi sistem kendali pada kasus ladang 6 tingkat di Desa Tanjung Merawa. Bab V memberikan kesimpulan dan saran untuk pengembangan sistem kendali yang telah diusulkan.



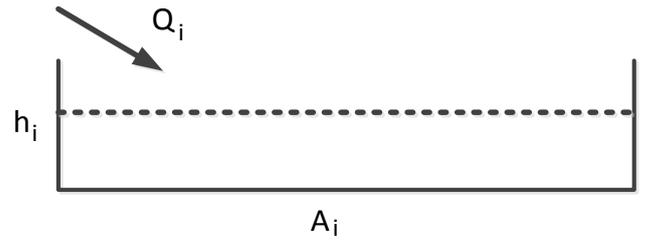
Gambar 1. Sistem kendali lup tertutup

## II. MODEL TINGGI AIR PADA LADANG BERTINGKAT

Model ketinggian air pada ladang bertingkat diberikan pada persamaan (1) berikut:

$$\frac{dh_i}{dt}(t) = \frac{k_i Q_i(t)}{A_i} - \beta h_i(t), i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

dimana  $h_i, Q_i, A_i$  adalah ketinggian air, debit air, dan luas permukaan tanah pada tingkat ladang ke- $i$ , dimana tingkat pertama adalah tingkat terendah dari ladang yang diacu,  $\beta$  adalah koefisien penyerapan air oleh tanah, dan  $k_i$  parameter penyesuaian debit air pada tingkat ke- $i$ . Model pada Pers. (1) adalah model yang disederhanakan dari model yang ditemukan di [6]. Untuk menghitung debit air  $Q_i$ , dibutuhkan informasi kecepatan air yang mengalir lewat suatu luas penampang saluran air. Dalam hal ini, luas penampang saluran air dihitung dari luas penampang yang terbuka pada pintu air. Model matematika pada Pers. (1) dapat digambarkan secara sederhana seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Gambaran ketinggian dan debit air pada ladang tingkat  $i$

## III. USULAN SISTEM KENDALI

Proses pengendalian ketinggian air pada setiap ladang dilakukan dengan membuka/menutup pintu-pintu air. Untuk hal ini digunakan masukan diskrit, 0, 1, untuk menutup dan membuka pintu air. Perlu diperhatikan di sini bahwa sistem kendali tidak mengatur seberapa besar pintu-pintu air dibuka. Selain itu, sistem kendali yang diusulkan mengadopsi cara pengairan tradisional yang dilakukan oleh para petani, yaitu dengan terlebih dahulu mengairi ladang pada tingkat terbawah.

Persamaan sistem kendali lup tertutup dari model pada Pers. (1) ditunjukkan pada Pers. (2) berikut:

$$\frac{dh_i}{dt}(t) = \frac{k_i Q_i(t)}{A_i} u_i(t) - \beta h_i(t), i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

dengan

$$u_i(t) = \begin{cases} 0, & h_i(t) \geq h_{ref} \\ 1, & h_i(t) < h_{ref} \wedge h_{i-1}(t) \geq h_{ref} \end{cases}$$

dimana  $u_i$  adalah kendali buka/tutup pintu air dan  $h_{ref}$  adalah tingkat ketinggian air yang hendak dicapai.

## IV. SIMULASI

Bab ini memuat hasil simulasi dari hukum kendali yang diusulkan. Simulasi dilakukan terhadap tiga kasus yang berbeda. Kasus pertama ketika seluruh ladang kering, kasus kedua ketika salah satu tingkat ladang kekurangan air, dan kasus yang ketiga ketika salah satu tingkat ladang kelebihan air. Untuk keperluan simulasi, digunakan jumlah tingkat ladang  $n = 6$ , debit air konstan  $Q_i = 0,025m^3/dt$ , parameter  $k_i = (10/9)^{i-1}$ , tinggi acuan  $h_{ref} = 0,03m$ , dan  $\beta = 0,00001/dt$ .

### A. Kasus Seluruh Ladang Kering

Pada kasus ini, pada saat  $t = 0$ ,  $u_i(0) = 1$ , di mana seluruh pintu air terbuka. Pada saat ketinggian air di tingkat 1 sudah mencapai  $0,03m$  maka  $u_1(t) = 0$ . Dengan kata lain, air akan berhenti mengalir ke tingkat 1, namun masih mengalir ke tingkat 2 – 5. Pada saat tingkat 2 sudah penuh, maka  $u_2(t) = 0$ , sehingga hanya tingkat 3 – 5 saja yang masih dialiri air. Begitu seterusnya hingga seluruh tingkat mencapai ketinggian air yang diinginkan. Hasil simulasi untuk kasus ini dapat dilihat pada Gambar 3.

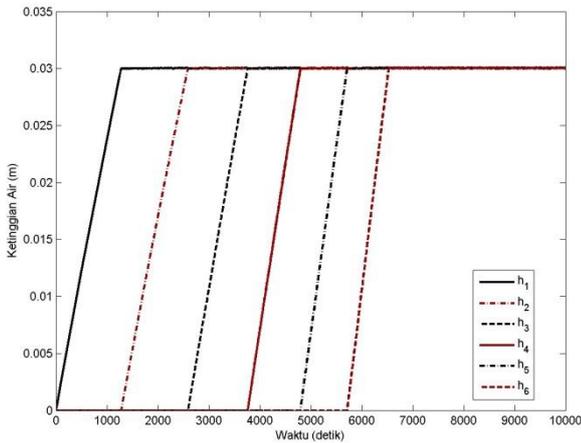
Pada Gambar 3 juga dapat dilihat bahwa ada perbedaan waktu pengisian air pada setiap tingkat ladang. Ladang di tingkat pertama memerlukan waktu terlama. Semakin ke atas, maka lama pengisian air menjadi semakin cepat. Hal ini karena ladang di tingkat atas lebih dekat dengan sumber air daripada ladang di tingkat bawahnya. Di dalam model matematika pada Pers. (1), ini berarti  $k_{i+1} > k_i$ .

### B. Kasus Jika Salah Satu Tingkatan Ladang Membutuhkan Air

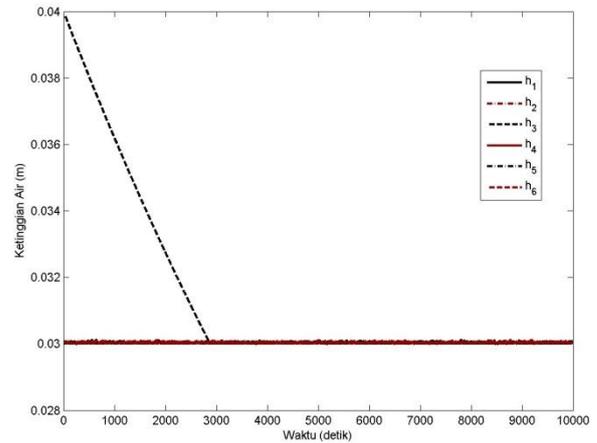
Untuk kasus salah satu tingkat ladang kekurangan air, hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4. Kondisi awal untuk kasus ini adalah  $h(0) = [3,3,1,3,3,3]cm$ . Dapat dilihat bahwa untuk menambah air di tingkat 3, maka pintu-pintu air 4 – 6 pun perlu dibuka. Dengan dibukanya pintu-pintu air tersebut, maka terjadi penurunan ketinggian air pada tingkat 4 – 6 seperti dapat dilihat pada Gbr. 4. Setelah ketinggian air pada ladang di tingkat 3 sudah memenuhi target, maka air akan mengisi tingkat 4 sampai memenuhi target dan diikuti oleh tingkat 5 dan 6 secara berurutan.

### C. Kasus Jika Salah Satu Tingkatan Ladang Kelebihan Air

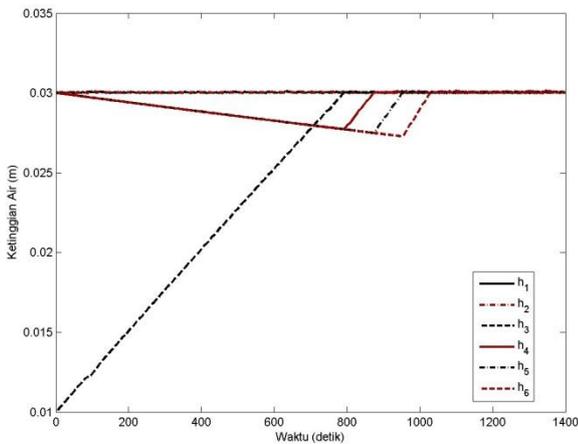
Pada kasus kali ini, ketika ladang kelebihan air, maka terjadi dua hal. Hal yang pertama, ladang tersebut tidak akan mendapatkan asupan air dari tingkatan di atasnya. Hal yang kedua, kelebihan air akan diserap oleh tanah sampai pada ketinggian yang ditentukan. Hasil simulasi dengan ketinggian air awal  $h(0) = [3,3,4,3,3,3]cm$  dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 3. Ketinggian air pada ladang dengan  $h(0) = [0,0,0,0,0,0]$ .



Gambar 5. Ketinggian air pada ladang dengan  $h(0) = [3,3,4,3,3,3]$  cm.



Gambar 4. Ketinggian air pada ladang dengan  $h(0) = [3,3,1,3,3,3]$  cm.

## V. KESIMPULAN

Sistem kendali untuk mengatur ketinggian air telah diusulkan berdasarkan model sederhana untuk ketinggian air pada ladang bertingkat. Dari hasil simulasi, usulan sistem kendali telah memberikan hasil yang memuaskan. Selain itu, perintah kendali yang digunakan menggunakan sistem diskrit buka/tutup, sehingga sederhana dan mudah diimplementasikan. Analisa kestabilan dari sistem kendali yang diusulkan dapat dilakukan dalam penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Irigasi (2012). Available: <http://id.wikipedia.org/wiki/Irigasi>
- [2] Michael Cantoni, Erik Weyer, Yuping Li, Su Ki Ooi, Iven Mareels, and Matthew Ryan. "Control of Large-Scale Irrigation Networks", in *Proc. Technology of Networked Control Systems*, invited paper, pp.75-91, Australia, 2007.
- [3] Ogata, K.. *Modern Control Engineering*, USA: Prentice Hall, 2002.
- [4] Phillips, C. L. and Harbor, R. D., *Feedback Control System*, USA: Prentice-Hall, 1996.
- [5] Salim, E. Hidayat and Siti Mariam. *Pengelolaan Tanah dan Air*, Bahan Kuliah, Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jatinangor, 2007.
- [6] Tjasyono, Bayong H. K., *Klimatologi*. Bandung: ITB, 2004.

**Maha Rani Br Sitepu**, mahasiswa Sistem Komputer Institut Teknologi Harapan Bangsa yang lulus pada tahun 2013.

**Maclaurin Hutagalung** menerima gelar Sarjana Teknik dari Institut Teknologi Bandung jurusan Teknik Elektro, gelar Magister Sains dari University of Twente Belanda di bidang Sinyal, Sistem, dan Kendali, dan gelar Doktor dari Tokyo Institute of Technology di bidang Sistem Kendali Nonlinear. Sejak tahun 2012 aktif sebagai pengajar di Departemen Sistem Komputer Institut Teknologi Harapan Bangsa di Bandung. Minat penelitian pada Kendali Sistem Dinamis, Robotika, dan Penerbangan.