

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGATURAN TINGGI  
PERMUKAAN CAIRAN UNTUK DUA TANGKI  
MENGUNAKAN PENGENDALI INTEGRAL**

**PENELITIAN TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara

Disusun oleh:

**DEDE MUKHSIN AL HAMDANI / 41037002200002**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA**

**2024**

# LEMBAR PENGESAHAN

( Rancang Bangun Sistem Pengaturan Tinggi Permukaan Cairan  
Untuk Dua Tangki Menggunakan Pengendali Integral )

## LAPORAN PENELITIAN TUGAS AKHIR

DEDE MUKHSIN AL HAMDANI

41037002200002

### TEKNIK ELEKTRO

Telah disetujui dan disahkan

Tanggal : 30 Juli 2024

**Menyetujui,**

Dosen Pembimbing



**Dr. Iksal Rachman, M.T.**

NIDN. 0405026404

**Mengetahui,**

Ketua Program Studi Teknik Elektro



**Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc.**

NIDN: 0402129002

## ABSTRAK

Penelitian ini membahas implementasi sistem pengaturan tinggi permukaan cairan untuk dua tangki menggunakan pengendali integral. Sistem ini terdiri dari dua tangki yang terhubung, di mana satu tangki berfungsi sebagai tangki utama (sumber) dan yang lainnya sebagai tangki sekunder (penampung). Tujuan utama dari sistem ini adalah untuk menjaga agar tinggi permukaan cairan di kedua tangki tetap stabil sesuai dengan ketinggian yang diinginkan, dengan memanfaatkan pengendali integral untuk mengurangi kesalahan steady-state dan mencapai kestabilan sistem.

**Kata kunci** : Kendali, Integral, tanki

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sistem pengendali sangat penting dalam kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan mengatur sistem agar berfungsi sesuai spesifikasi yang ditetapkan. Seiring dengan kemajuan teknologi, metode analisis dan perancangan sistem pengendali juga berkembang pesat.

Di industri, sistem pengendali biasanya didasarkan pada model fisik dan parameter kuantitatif. Namun, gangguan eksternal yang tidak terduga seringkali mempengaruhi performa sistem. Oleh karena itu, pengembangan sistem pengendali sangat penting untuk menghadapi tantangan tersebut, meningkatkan efisiensi operasional, dan memastikan kinerja sistem yang optimal di berbagai sektor industri.

Pada penelitian ini membahas pengendalian pada sistem pengaturan tinggi permukaan cairan untuk dua tangki menggunakan pengendali integral dengan spesifikasi yang sudah diberikan.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini sebagai berikut :

- Tujuan secara umum

Untuk menganalisa performa kerja dari sebuah pengendali integral, yang akan diujicoba pada pengendalian sistem pengaturan tinggi permukaan cairan untuk dua tangki dalam bentuk simulasi.

- Tujuan secara khusus

Untuk mengamati pengaruh pengendali Integral terhadap performa sistem, yang menjadi pusat pengamatan adalah error steady state.

### 1.3 Batasam Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini perancangan sistemnya adalah sistem tinggi permukaan cairan. Metode estimasi yang digunakan adalah metode kuadrat terkecil rekursif (recursive least-squares)

#### **1.4 Metode penelitian**

Semua pembahasan teoritis dalam tugas akhir ini dipaparkan berdasarkan referensi pustaka berupa makalah dan buku-buku yang relevan dengan pengaturan pengendali Integral. Dengan pemaparan teori yang mendasar dapat dilihat dalam persamaan matematisnya. Sedangkan untuk melihat karakteristik perancangan dan pengaruh pengaturan pengendali integral pada plant yang dibuat, dilakukan simulasi menggunakan komputer digital.

#### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan pada proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

##### **BAB I : PENDAHULUAN**

Berisi penjelasan tentang latar belakang dari penulisan tugas akhir ini, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup dan batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika pembahasan

##### **BAB II : DASAR TEORI**

Berisi uraian tentang pengaturan kendali Integral adaptif metode estimasi (identifikasi), dan teori hukum-hukum fluida.

##### **BAB III : PERANCANGAN SISTEM**

Berisi tentang penerapan pengaturan kendali Integral adaptif pada perancangan sistem tinggi permukaan cairan.

##### **BAB IV : SIMULASI DAN HASIL SIMULASI**

Berisi tentang beberapa gambar grafik yang didapat dari hasil simulasi dengan menggunakan computer digital.

##### **BAB V : KESIMPULAN**

Berisi kesimpulan yang diambil dari hasil simulasi dan analisa pengujian system.

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Sistem Pengendalian

##### 2.1.1 Definisi Sistem Pengendalian

Sistem pengendalian adalah sistem yang dirancang untuk mengelola dan mengatur perilaku suatu sistem untuk mencapai tujuan tertentu. Sistem ini memonitor variabel output dan membandingkannya dengan nilai referensi atau setpoint, kemudian menyesuaikan input untuk mempertahankan output pada nilai yang diinginkan. (Anand, D. K. (2013))

##### 2.1.2 Komponen Sistem Pengendalian

- **Sensor:** Mengukur variabel sistem, seperti tinggi permukaan cairan.
- **Pengendali:** Menganalisis data dari sensor dan mengeluarkan sinyal kontrol untuk mengatur aktuator.
- **Aktuator:** Mengubah input sesuai dengan sinyal dari pengendali, seperti mengatur aliran cairan.

#### 2.2 Model Sistem Tangki

##### 2.2.1 Model Dinamika Tangki

Sistem dua tangki yang terhubung dapat dimodelkan dengan dua persamaan diferensial yang menggambarkan perubahan tinggi permukaan cairan di masing-masing tangki.

- **Tangki Utama (Tangki 1)**

$$C1 \frac{dH1}{dt} = q - q1 \quad (2.1)$$

di mana  $H1$  adalah tinggi permukaan cairan,  $q$  adalah aliran masuk,  $q1$  adalah aliran keluar dari tangki utama, dan  $C1$  adalah luas penampang tangki utama.

- **Tangki Sekunder (Tangki 2)**

$$C2 \frac{dH2}{dt} = q1 - q2 \quad (2.2)$$

di mana  $H2$  adalah tinggi permukaan cairan,  $q2$  adalah aliran keluar dari tangki sekunder, dan  $C2$  adalah luas penampang tangki sekunder.

## 2.3 Pengendali Integral

### 2.3.1 Konsep Pengendali Integral

Pengendali integral adalah salah satu tipe kontroler dalam sistem kontrol yang dirancang untuk mengurangi kesalahan steady-state dengan mengintegrasikan kesalahan sepanjang waktu. Ini memungkinkan sistem untuk mengakumulasi kesalahan dan mengoreksi deviasi jangka panjang dari nilai referensi.

### 2.3.2 Persamaan Kontroler Integral

Pengendali integral memiliki fungsi transfer berikut:  $C(t) = K_i \int e(t)dt$  dimana  $e(t)$  adalah kesalahan antara nilai referensi dan output aktual, dan  $K_i$  adalah konstanta gain integral.

### 2.3.3 Fungsi dan Kelebihan

- **Menghilangkan Kesalahan Steady-State:** Pengendali integral efektif dalam mengeliminasi kesalahan steady-state yang tidak dapat diatasi oleh kontroler proportional saja.
- **Penyesuaian Kesalahan Akumulatif:** Dengan mengakumulasi kesalahan dari waktu ke waktu, kontroler integral dapat melakukan penyesuaian yang lebih baik terhadap deviasi jangka panjang.

### 2.3.4 Tantangan Pengendali Integral

- **Overshoot dan Osilasi:** Pengaturan parameter yang tidak tepat dapat menyebabkan overshoot atau osilasi pada sistem.
- **Waktu Respons:** Mungkin memerlukan waktu tambahan untuk mencapai nilai steady-state yang diinginkan jika gain terlalu tinggi.

## BAB III

### PERANCANGAN SISTEM

#### 3.1 Pendahuluan

Dalam sistem tinggi permukaan cairan, pertama-tama yang akan kita tinjau adalah hukum-hukum aliran fluida. Dalam menganalisa sistem yang melibatkan aliran fluida, kita perlu membagi daerah aliran menjadi dua aliran sesuai dengan besarnya bilangan Reynold yaitu :

- a. Aliran laminer, dengan bilangan Reynold lebih kecil atau kurang dari 2000.
- b. Aliran turbulen, dengan bilangan Reynold lebih besar dari 3000 sampai 4000.

Dalam hal aliran laminer, aliran fluida mengikuti garis-garis arus tanpa turbulensi. Sistem yang melibatkan aliran turbulensi sering kali harus dinyatakan dalam persamaan differensial non linier, sedangkan sistem yang melibatkan aliran laminer dapat dinyatakan dalam persamaan differensial linier.

Dalam proses-proses industri, seringkali melibatkan aliran cairan melalui pipa-pipa penghubung dengan tangki-tangki yang besar sebagai penampungnya. Aliran cairan yang digunakan dalam proses industri ini seringkali menggunakan aliran turbulen, bukan aliran laminer. (Muhammad Syarif,Iksal.2007)

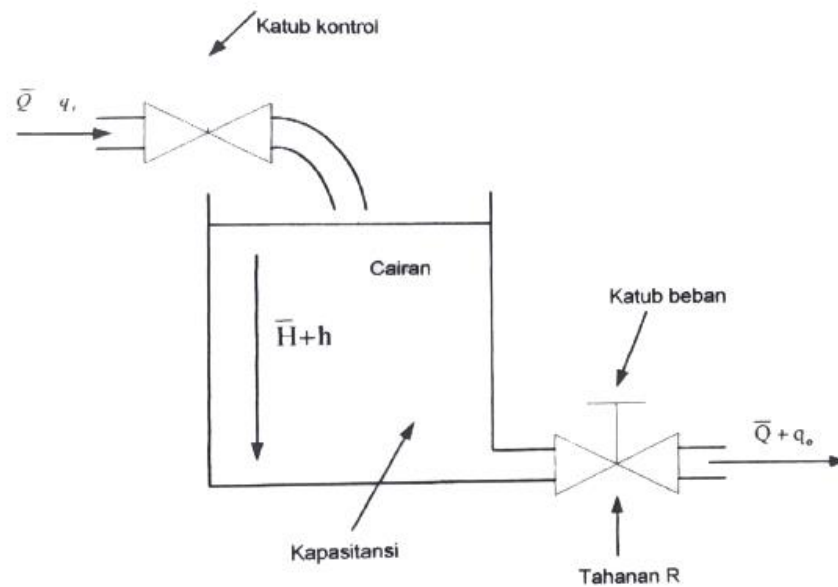
#### 3.2 Konsep Dasar

Selanjutnya akan dibahas konsep dasar yang akan mendukung karakteristik dan sistem tinggi permukaan cairan yaitu tentang tahanan dan kapasitansi. Disini kita tinjau bahwa suatu aliran yang melalui suatu pipa pendek yang menghubungkan dua buah tangki atau bak penampung. Tahanan aliran cairan untuk suatu penghalang didefinisikan sebagai perubahan beda tinggi permukaan cairan di dua tangki yang diperlukan untuk menimbulkan satu-satu perubahan lagu aliran. Sehingga persamaan rumusnya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$R = \frac{\text{Perubahan beda tinggi permukaan (m)}}{\text{Perubahan layu aliran (m' detik)}}$$

Karena hubungan antara laju aliran dengan beda tinggi permukaan aliran laminer dengan aliran turbulen berbeda, maka kita akan meninjau kedua kasus tersebut pada pembahasan berikut ini.

Tinjau sistem tinggi permukaan cairan yang ditunjukkan pada gambar 1 dengan sebuah tangki dan cairan keluar melalui katub beban disamping tangki.



**Gambar 1. Tinggi permukaan cairan**

Variabel-variabel yang terlihat dari gambar diatas, didefinisikan sebagai berikut:

- $Q$ =Laju aliran keadaan tunak, pada kondisi sebelum terjadiperubahan (m' detik).
- $q$ =Deviasi kecil dari laju aliran masuk dari harga keadaan tunaknya. (m' detik).
- $q$ =Deviasi kecil dari laju aliran keluar dari harga keadaan tunaknya (m' detik).
- $H$ =Tinggi tekan keadaan tunak pada kondisi sebelum terjadi perubahan (m).
- $h$ =Deviasi kecil tinggi tekan dari harga keadaan tunaknya (m).

Jika aliran melalui penghalang ini laminar, maka hubungan antara laju aliran keadaan tunak dengan tinggi tekan keadaan tunak pada penghalang tersebut diberikan oleh persamaan:

$$Q=KH \quad (3.1)$$

Dimana persamaan (3.1) ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

$Q$ = laju aliran keadaan tunak cairan (m' detik)

$K$ = koefisien (m<sup>2</sup> detik)

$H =$  tinggi tekanan keadaan tunak (m)

Perhatikan bahwa hukum aliran laminar analog dengan hukum Coulomb, yang menyatakan bahwa arus berbanding langsung dengan beda potensial. Untuk suatu aliran laminar, tahanan laminar ( $R$ ) diperoleh persamaan:

$$R_1 = \frac{dH}{dQ} = \frac{H}{Q} \quad (3.2)$$

Tahanan aliran laminar adalah konstanta analog dengan tahanan listrik. Jika aliran yang melalui penghalang adalah turbulen, maka laju aliran keadaan tunaknya diberikan persamaan sebagai berikut:

$$Q = K\sqrt{H} \quad (3.3)$$

Dimana dalam persamaan (3.3) ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

$Q =$  laju aliran keadaan tunak cairan (m<sup>3</sup>/detik)

$K =$  koefisien (m/detik)

$H =$  tinggi tekanan keadaan tunak (m)

Sedangkan tahanan turbulen ( $R$ ) untuk aliran turbulen diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$R_1 = \frac{dH}{dQ} = \frac{2H}{Q} \quad (3.4)$$

Harga tahanan aliran turbulen bergantung pada laju aliran dan tinggi tekanan keadaan tunak.

Dengan menggunakan tahanan aliran turbulen, kita dapat melinierkan hubungan antara  $H$  dan  $Q$ , seperti yang telah diberikan persamaan (3.4). Linierisasi ini berlaku dengan syarat bahwa perubahan tinggi tekan dan laju aliran dari masing-masing harga tunaknya adalah kecil. Hubungan yang dilinierkan diberikan oleh :

$$Q = \frac{2H}{R_1} \quad (3.5)$$

Harga  $R$ , dapat dianggap konstan jika perubahan tinggi tekan dan laju aliran adalah kecil. Dalam beberapa kasus praktis, harga koefisien  $K$  pada persamaan (3.3), yang bergantung pada koefisien aliran dan luas penghalang, tidak diketahui. Selanjutnya tahanan tersebut dapat ditentukan dengan menggambarkan kurva tinggi tekan terhadap laju aliran yang didasarkan pada data eksperimental dan mengukur kemiringan kurva pada titik kerja. Kapasitansi  $C$  dari suatu tangki di definisikan sebagai perubahan jumlah cairan yang tersimpan, yang diperlukan untuk

menimbulkan satu potensial (tinggi tekanan). Kapasitansi C ini dapat dinyatakan dalam defenisi dibawah ini :

$$C = \text{Perubahan cairan yang tersimpan (m)} / \text{Perubahan tinggi tekan (m)}$$

Sebagai catatan bahwa kapasitansi dinyatakan dalam satuan meter persegi (m) dan kapasitas dinyatakan dalam satuan meter kubik (m) Kapasitansi tangki sama dengan luas penampang lintangnya. Jika luas penampang besarnya konstan, maka kapasitansi adalah konstan untuk setiap tinggi tekan.

Seperti yang telah dinyatakan sebelumnya bahwa suatu sistem dapat dianggap linier jika alirannya adalah laminer. Sekalipun aliran turbulen, sistem dapat dilinierkan jika perubahan harga variabel-variabelnya adalah kecil.

Karena aliran masuk dikurangi aliran keluar selama waktu kecil  $dt$  adalah sama dengan jumlah penambahan cairan yang tersimpan dalam tangki, kita lihat bahwa:

$$Cdh = (q_1 - q_0)dt \quad (3.6)$$

Dari defenisi tahanan, hubungan antara  $q_0$  dan  $h$  diberikan persamaan:

$$R_0 = h/R \quad (3.7)$$

Persamaan differensial sistem ini untuk harga  $R$  yang konstan menjadi

$$RC \, dh/dt + h = Rq, \quad (3.8)$$

Perhatikan bahwa  $RC$  adalah konstanta waktu. Dengan mencari Transformasi Laplace kedua ruas persamaan (3.8), dengan menganggap syarat awal nol, maka kita peroleh persamaan sebagai beriku t:

$$(RCs-1)H(s) - Rq_0s \quad (3.9)$$

Dimana:

$$H(s) \text{ Laplace } [h]$$

$$Q(i) \text{ Laplace } [q_i]$$

Jika  $q_0$  dianggap sebagai masukan dan sebagai keluaran, maka fungsi alih sistem adalah:

$$H(s)/Q_1(S) = R/ RCs+1 \quad (3.10)$$

Meskipun demikian, jika  $q_0$  diambil sebagai keluaran dan masukannya masih sama, maka fungsi alihnya menjadi:

$$Q(s)/Q_1(s) = 1/RCs+1 \quad (3.11)$$

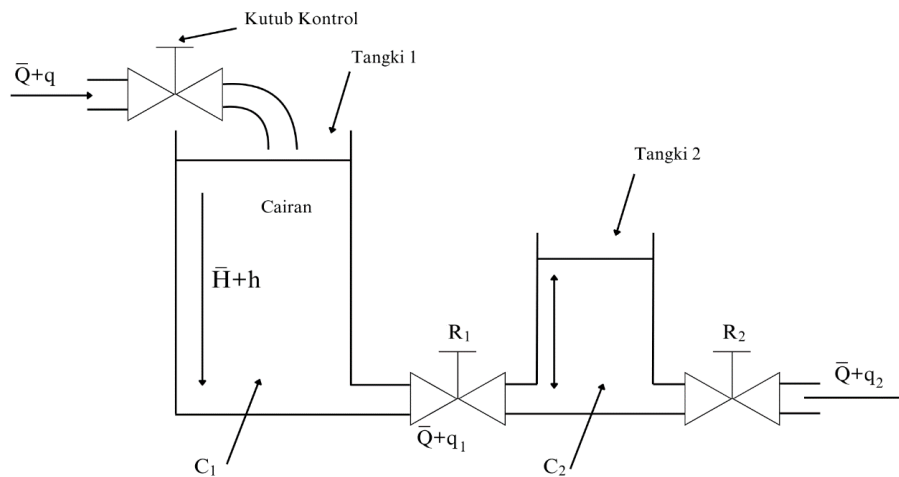
Dimana kita telah menggunakan hubungan:

$$Q(s) = 1/R H(s) \quad (3.12)$$

Sehingga dari persamaan (3.11) dapat dituliskan diagram blok sebagai berikut:

$$Q(s) = 1/RCS + 1$$

Selanjutnya akan dijelaskan mengenai sistem tinggi permukaan cairan dengan interaksi. Tinggi permukaan cairan dengan interaksi ini terdiri dari dua bagian seperti pada gambar 2 dan dihubungkan. Dari hubungan ini maka akan didapatkan aturan-aturan hubungan yang baru. Untuk lebih memperjelaskan hal ini, maka dapat diberikan gambaran dibawah ini:



**Gambar 2. Sistem Tinggi Permukaan Cairan dengan Interaksi**

Pada sistem ini, dua tangki tersebut saling berinteraksi. Dengan demikian fungsi alihnya tidak sama dengan hasil perkalian dua buah fungsi alih orde pertama atau dua kali fungsi alih pada gambar 1. Berikut ini kita hanya meninjau variasi variasi kecil dari harga-harga keadaan tunaknya. Dengan menggunakan simbol-simbol yang didefinisikan pada gambar 2, maka akan diperoleh persamaan sistem sebagai berikut:

$$H_1 - h_2 / R_1 = q_1 \quad (3.13)$$

$$C_1 dh_1/dt = q - q_1 \quad (3.14)$$

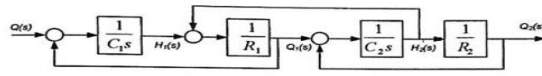
$$h_2 / R_2 = q_2 \quad (3.15)$$

$$C_2 dh_2/dt = q_1 - q_2 \quad (3.16)$$

Jika  $q$  merupakan masukan dan  $q_2$  adalah keluaran, fungsi alih sistem adalah:

$$\frac{Q_2(s)}{Q(s)} = \frac{1}{R_1 C_1 R_2 C_2 s^2 + (R_1 C_1 + R_2 C_2 + R_2 C_1) s + 1} \quad (3.17)$$

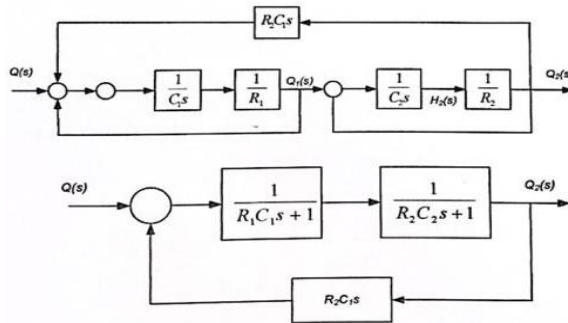
Sehingga penurunan dalam bentuk diagram bloknya dapat dijelaskan dalam



gambar diagram blok sebagai berikut:

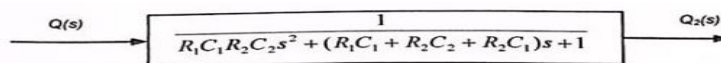
**Gambar 3. Diagram Blok 1**

Selanjutnya dapat disederhanakan lagi menjadi dua buah diagram blok



dibawah ini:

**Gambar 4. Diagram Blok 2**



Dan bentuk yang paling sederhana dari sistem ini adalah sebagai berikut:

**Gambar 5. Diagram Blok 3**

Bentuk ini adalah bentuk paling sederhana dari sistem fluida ini, dan sesuai dengan yang sudah diturunkan dalam fungsi transfer. (Ibrahim Nawawi. 2002)

**Tabel 1. Nilai parameter sistem**

Parameter	Nilai	Satuan
h1	30.0	cm <sup>2</sup>
h2	15.0	cm <sup>2</sup>
R1	0.010	cm <sup>2</sup> /detik
R2	0.010	cm <sup>2</sup> /detik
C1	250.0	cm
C2	250.0	cm

Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kendali Integral dengan gain Konstanta Integral ( $K_i$ ), yang mampu melakukan penalaan sendiri sesuai keadaan plant. Sehingga Kendali Integral mampu menyesuaikan sinyal input dengan kebutuhan plant agar dapat mengikuti referensi yang diberikan dengan minimum error.

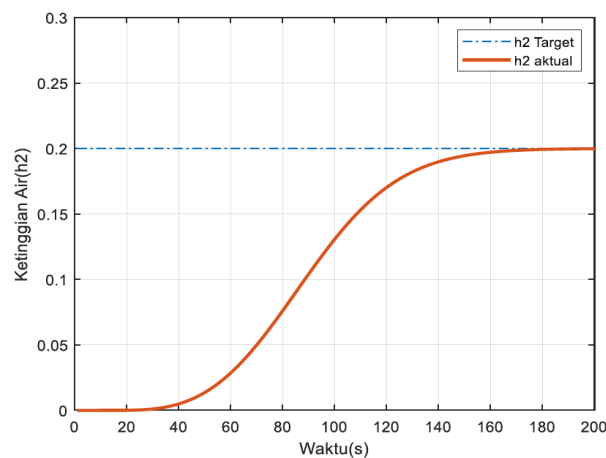
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, hasil diperoleh dengan menggunakan simulasi pada komputer. Hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode Adaptive Integral digunakan untuk dua buah keadaan.

- Skenario #1 merupakan keadaan dimana akan dilakukan pencarian gain Integral pada saat sistem baru dimulai dengan gain awal  $K_i = 0$ . Pengujian ini bertujuan untuk melihat kemampuan Adaptive Integral dalam mencari gain Integral ketika sistem baru mulai bekerja.
- Skenario #2 merupakan keadaan dimana akan dilakukan pencarian gain Integral dengan kondisi sistem sudah *steady state* namun kemudian terdapat gangguan atau perubahan parameter yang tidak diketahui. Gain Integral awal yang digunakan adalah gain Integral terbaik dari skenario #1. Sedangkan gangguan yaitu berkurangnya nilai parameter C yang merupakan luas penampang tanki, hal ini dikarenakan oleh penambahan material lain yang juga akan mempengaruhi volume tanki. Besar nilai pengurangan luas pada tanki 2 adalah sebesar -15%. Sistem akan diuji apakah sistem dapat kembali ke kondisi steady state atau tidak.

Pengujian simulasi dilakukan dengan waktu 200 detik, dan diperoleh hasil pengujian dengan menggunakan target ketinggian akhir sebesar 0.2 dari maksimum

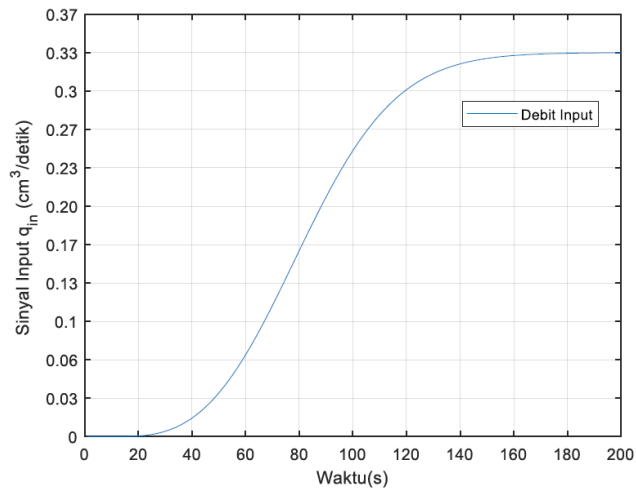


ketinggian adalah 0,3 pada skenario #1 seperti yang ditampilkan pada Gambar 6 :

**Gambar 6. Grafik pergerakan ketinggian air**

Pada gambar diatas menunjukkan grafik pergerakan ketinggian air terhadap waktu, dari grafik dapat dilihat bahwa ketinggian air mencapai target pada detik ke 170. Sedangkan grafik Pengisian air mulai muncul pada detik ke 16. Hal ini dikarenakan gain awal  $K_i$  bernilai 0, sehingga membuat pengisian awal dengan

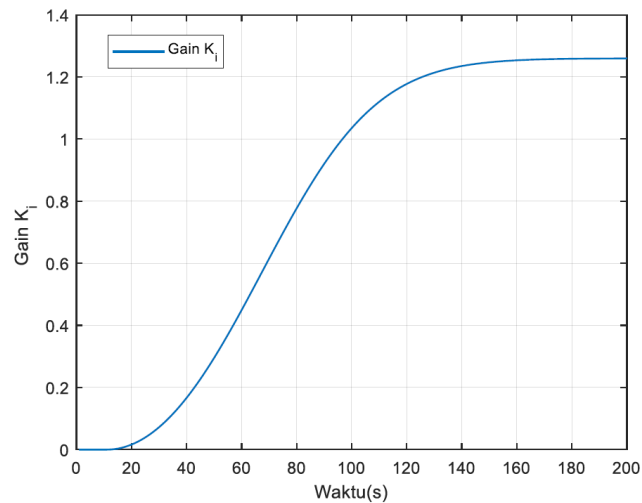
pembukaan kran yang sangat kecil karena sinyal input yang diberikan juga kecil



seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

**Gambar 7. Grafik sinyal input Tanki 2 ( $q_{in}$ )**

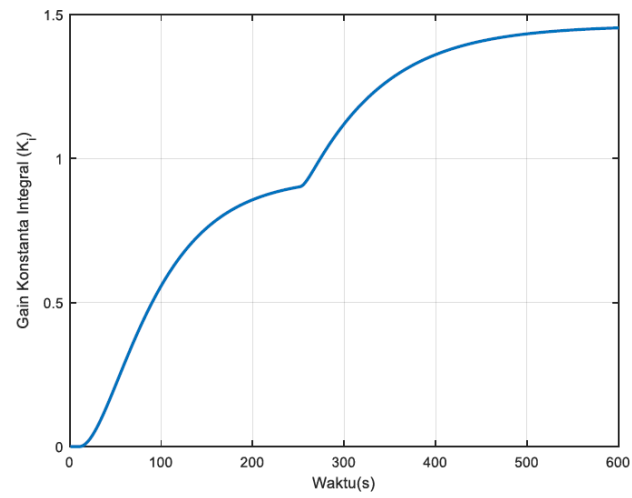
Pada Gambar 8 merupakan grafik perubahan gain Konstanta Integral ( $K_i$ ) terhadap waktu, dari gambar menunjukkan nilai gain  $K_i$  berhenti berubah pada nilai



$K_i=1.26$ .

**Gambar 8. Perubahan Gain  $K_i$**

Dari hasil percobaan diatas menunjukkan bahwa gain paling optimal adalah pada  $K_i = 1.26$ .



**Gambar 9. Perubahan Gain Konstanta Integral**

Pada Gambar 9 merupakan grafik pergerakan gain Konstanta Integral, terlihat gain mengalami perubahan ketika terjadi gangguan pada detik ke 250. Hal ini menunjukkan bahwa metode adaptive mampu menyesuaikan keadaan supaya luaran sistem menjadi lebih baik. (Anisa, U. D., & Swadexi, I. (2021))

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

Penelitian ini merupakan penggunaan metode kendali Integral adaptive untuk mengendalikan volume 2 tanki telah dilakukan dengan menggunakan simulasi komputer. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan metode ini menunjukkan bahwa gain  $K_i$  dapat berubah nilainya ketika sistem baru mulai berjalan. Dengan menggunakan sistem kendali Integral adaptive menunjukkan respon sistem mampu kembali dengan cepat karena nilai  $K_i$  juga diperbesar, meskipun demikian, nilai perbesaran tersebut tidak mengakibatkan sistem menjadi Agresif dan mengakibatkan overshoot. Pengujian juga dibandingkan dengan menggunakan metode kendali Integral dengan gain statis yang diperoleh pada skenario #1, dari hasil simulasi menunjukkan bahwa respon sistem lambat dalam mengembalikan posisi state ke posisi semula. Dari hasil pengujian ini menunjukkan sistem kendali Integral Adaptive berhasil mengendalikan 2 tanki air meskipun terdapat perubahan parameter ketika proses berjalan. (Anisa, U. D., & Swadexi, I. (2021))

## Daftar Pustaka

- Anand, D. K. (2013). *Introduction to control systems* (Vol. 8). Elsevier.
- Preitl, Z., Bars, R., & Haber, R. (2006, January). Case study for using advanced control strategies for level control in a two tank system. In *Advanced Control Strategies for Social and Economic Systems (ACS'04): A Proceedings Volume from the IFAC Multitrack Conference, Vienna, Austria, 2-4 September 2004* (p. 13). Elsevier.
- Anisa, U. D., & Swadexi, I. (2021). Sistem Kontrol Ketinggian Air pada Sistem Dua Tanki dengan Menggunakan Metode Proporsional Integral (PI) Adaptif. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 7(1), 37-44.
- Muhammad Syarif,Iksal,"Simulasi Kendali Adaptif Untuk Kestabilan Tinggi Permukaan Cairan",Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro ST.INTEN Bandung,2007.
- Ibrahim Nawawi,"Implementasi persamaan *Diopanthin* Pada Sistem Kendali Adaptif Skema *Self Tuning regulator*",Vol.32,No.2,Agustus 2002,<https://media.neliti.com>