

Sistem Kendali Dan Monitoring Level Air Pada Dua Tangki Menggunakan NI DAQ

Alief Wicaksono Rusmana Putra¹, Heri Haryanto²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jln. Jenderal Sudirman Km 3 Cilegon- Banten 42435

aliefwicaksono@gmail.com¹, Heri.Haryanto@untirta.ac.id²

Abstrak - Pengendalian level air pada dua tangki merupakan tolak ukur klasik dalam permasalahan sistem kendali. Penggunaan dua tangki banyak ditemukan dalam banyak sistem nyata seperti distilasi, proses boiler, kilang minyak dan masih banyak lagi. Permasalahan pada proses ini adalah untuk mengatur level air dan laju air diantara kedua tangki. Sistem kendali di butuhkan agar air yang dialirkan dapat mengisi tangki dan dialirkan pada tangki berikutnya secara sistematis. Penelitian ini memberikan gambaran tentang pengendalian level air pada dua tangki beserta perangkat kerasnya untuk diteliti. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mengendalikan sistem dua tangki, namun penelitian ini membahas rancang bangun sistem kendali dan monitoring dua tangki pada skala laboratorium. Penggunaan Labview untuk membuat Human Machine Interface (HMI) dan National Instruments Data Acquisition (NI DAQ) 6008 sebagai data akusisi pada penelitian ini terbukti dapat mengatasi permasalahan sistem dua tangki dengan baik.

Kata kunci: Kendali dua tangki, Level air, Laju debit air, HMI, NI DAQ 6008

1. Pendahuluan

Sejak dua dekade terakhir, sistem kendali level pada dua tangki telah menarik banyak perhatian dari para peneliti di seluruh dunia. Sistem ini menjadi salah satu teknik kendali yang paling menantang karena fase *non-linear* dan ketidak-stabilan sistemnya. Industri proses memainkan peran penting dalam mengatur peningkatan ekonomi negara. Kendali level cairan pada tangki dan laju debit cairan diantara tangki menjadi kebutuhan dasar di hampir setiap industri proses seperti pengolahan air limbah, industri kimia, petrokimia, farmasi, makanan, minuman dan lain sebagainya [1].

Permasalahan utama dari sistem ini adalah untuk mengendalikan level air pada masing-masing tangki, waktu pengisian tangki juga menjadi faktor penentu untuk itu pengendalian laju debit air diperlukan.

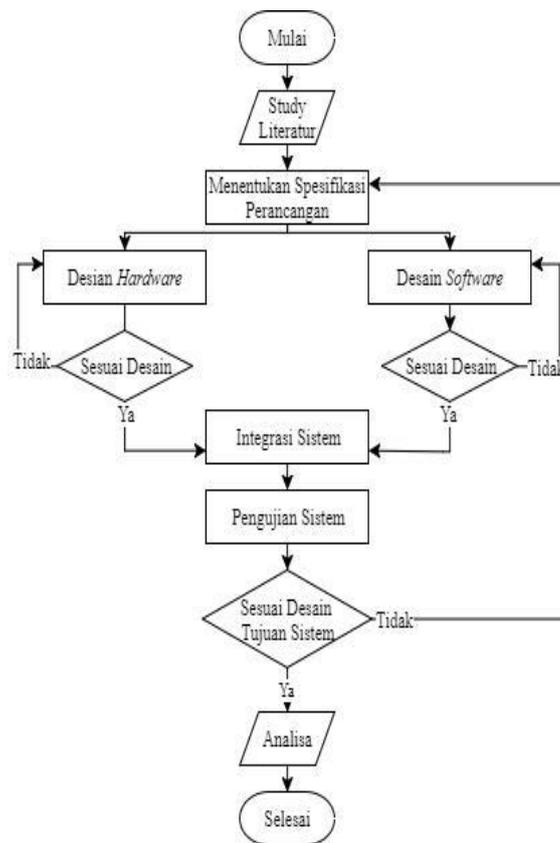
Beberapa contoh penelitian sebelumnya adalah merancang sistem kendali dua tangki menggunakan PID Controller pada MATLAB. Software digunakan untuk membuat model Simulink. Performa kontroler dievaluasi berdasarkan nilai *overshoot*, *rise time* dan *steady state error* [2]. Penelitian lainnya adalah sistem kendali level tangki menggunakan PLC dan membuat HMI dengan SCADA. Penelitian ini membahas sistem kendali dan *monitoring* level air secara terus menerus dan memastikan bahwa tingkat air tetap terjaga dengan memantaunya lewat HMI [3]

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem kendali dan monitoring level air pada dua tangki. Sistem ini merupakan *Multi-Input-Multi-Output* (MIMO) dengan laju debit air sebagai masukan dan ketinggian air sebagai keluaran. Salah satu teknik kendali yang dapat menyelesaikan sistem MIMO dengan baik adalah *fuzzy*, untuk itu pada penelitian ini digunakan *fuzzy*. Selain itu dibahas pula pemantauan pada proses sistem dua tangki dengan HMI. HMI berguna untuk

meningkatkan interaksi antara mesin dengan operator melalui tampilan layar komputer, sehingga memenuhi kebutuhan pengguna terhadap informasi sistem yang diberikan sehingga mempermudah pekerjaan fisik [4]. Penelitian ini menggunakan NI DAQ 6008 sebagai data akuisisi. Penelitian ini diharapkan mampu membantu menambah wawasan mengenai sistem yang ada pada industri proses dalam skala laboratorium.

1. Metode Penelitian

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah perancangan dan eksperimen yakni membuat sistem *monitoring* dan kendali level air pada dua tangki menggunakan NI-DAQ 6008. *Flowchart* penelitian dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. *Flowchart* Perancangan Penelitian

2.1. Instrumen Penelitian

Penelitian ini membutuhkan beberapa instrumen yang dapat mendukung dan mempermudah kinerja dalam proses pengerjaan penelitian ini. Instrumen yang dibutuhkan berupa perangkat keras dan perangkat lunak.

2.1.1. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini berupa sensor dan aktuator yang disesuaikan dengan perancangan penelitian. Perangkat keras yang digunakan berupa Laptop Asus, NI DAQ 6008, sensor *flowmeter*, sensor level, *servo valve*. Spesifikasi instrumen yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Spesifikasi Perangkat Keras Penelitian

Perangkat	Jenis Spesifikasi Keras
Laptop Asus X550Z	AMD Quad Core FX-7600; 3.60GHz, RAM 4GB; sistem 64-bit
NI DAQ 6008	8 <i>analog inputs</i> (12-bit, 10 kS/s); 2 <i>static analog outputs</i> (12-bit); 12 <i>digital I/O</i> ; 32-bit counter
Sensor <i>Flowmeter</i>	Ukuran: 1/2" drat luar; Arus kerja: 10mA; Vin: DC 3-18 Volt; Kapasitas 1-30 L/m
<i>Valve</i>	1/2 Inch Stainless steel Frekuensi Kerja: 1520s / 330hz; Kecepatan Operasi (4.8V): 0.18 sec/60 (6V): 0.16 sec/60; Torsi (4.8V): 17.25 kg-cm (6V): 20.32 kg-cm
<i>Servo</i>	

2.1.2 Perangkat Lunak

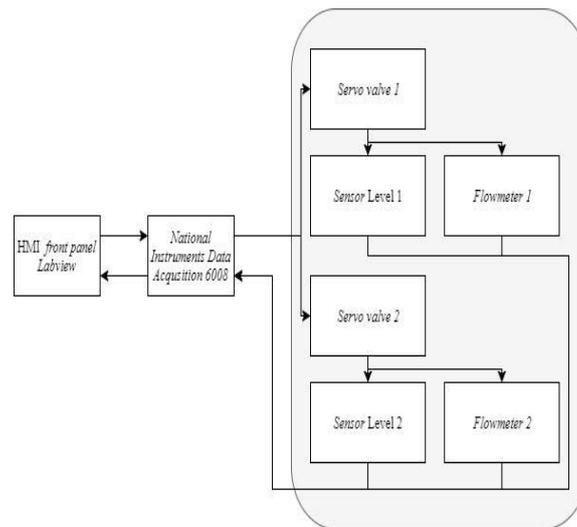
Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini merupakan perangkat yang disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. *Software* yang digunakan berupa NI Labview 2014 *Home and Student Edition*, MyDAQ 15.0, Arduino IDE dan *ISIS 7 Profesional 7.9 SPI*.

2.2 Perancangan Penelitian

Perancangan penelitian merupakan penjelasan yang membahas tentang sistem yang akan dibuat secara keseluruhan, mencakup perancangan alat, perancangan sistem HMI, perancangan virtual instruments dan perancangan sistem kendali.

2.2.1 Perancangan Alat

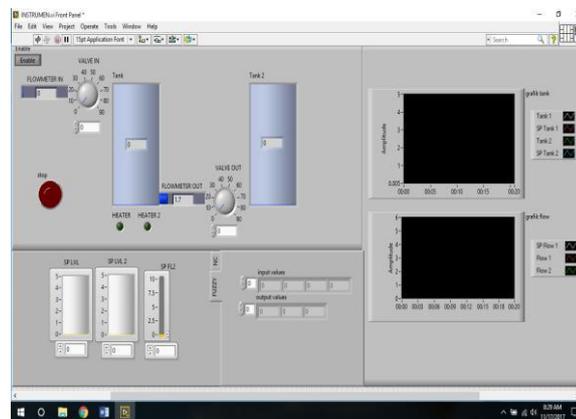
Untuk merelisasikan perancangan alat yang dirancang, langkah pertama yang dilakukan adalah mengetahui bagaimana hubungan dan fungsi alat yang akan dirancang dalam sistem. Hubungan implementasi peralatan dapat ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2. Blok Diagram Hubungan antar Peralatan

2.2.2. Perancangan Sistem HMI

Sistem HMI berfungsi untuk memudahkan user dalam mengamati dan menjalankan proses yang berlangsung. HMI dibuat dengan menggunakan Labview yang terintegrasi oleh NI DAQ 6008 dan *plant heat exchanger* selama proses *input* dan *output* berlangsung. HMI yang telah dirancang dapat dilihat pada Gambar 3

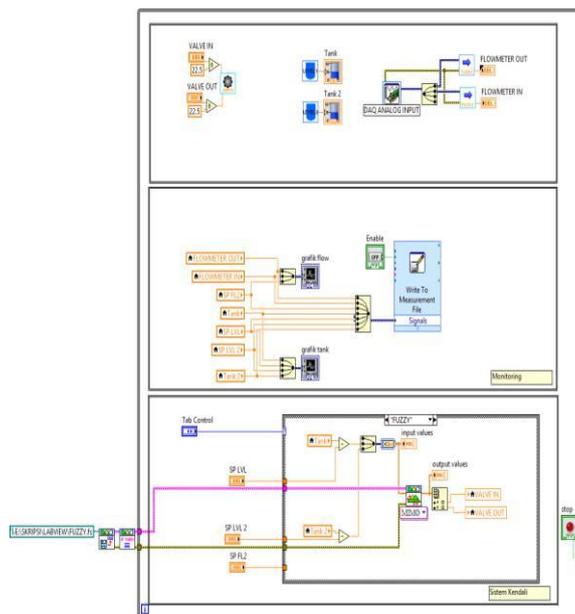


Gambar 3. Tampilan Front panel HMI pada Labview

HMI yang dirancang pada Gambar 3 mempunyai 3 blok sistem yang berfungsi untuk memudahkan proses pengamatan. Blok pertama berfungsi untuk menampilkan proses *input* dan *output* yang sedang berlangsung. Blok kedua berfungsi untuk memilih sistem kendali dan memasukkan nilai *setpoint* yang diinginkan. Blok ketiga berfungsi untuk menampilkan nilai *input* dan *output* dalam bentuk grafik.

2.2.3. Perancangan Virtual Instruments pada Labview

Virtual Instruments berisi blok-blok diagram program pada Labview. Untuk bisa membuat sistem bekerja dengan baik diperlukan program yang dapat melakukan perintah yang diinginkan. *Virtual instruments* berisi blok digram yang dapat digunakan untuk membuat program agar sistem bekerja dengan baik. *Virtual Instruments* yang telah dirancang dapat dilihat pada Gambar 4

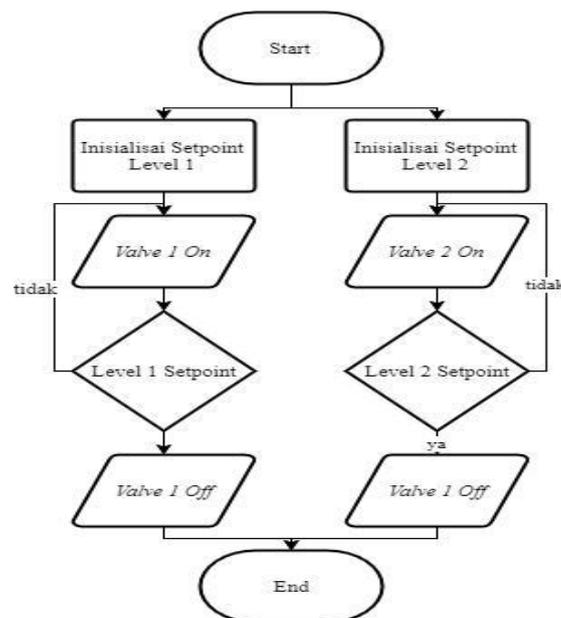


Gambar 4. *Virtual instruments* Perancangan Sistem

Virtual Instruments yang dirancang berdasarkan Gambar 4 mempunyai 3 blok sistem. Blok pertama berisi blok digram untuk pembacaan sensor dan aktuatur. Blok kedua berisi blok diagram yang digunakan untuk mengirimkan data *input* dan *output* agar dapat disimpan dalam bentuk Microsoft Excel. Blok ketiga berisi blok diagram yang digunakan untuk mengendalikan sistem.

2.2.4. Perancangan Sistem Kendali

Perancangan sistem kendali menggunakan *fuzzy* akan dibahas menggunakan *flowchart*. Spesifikasi fungsional sistem kendali yang dirancang harus dapat ditentukan melalui fungsi *input* dan *output* program. Perancangan ini berfungsi untuk mengendalikan sistem sesuai dengan yang diinginkan. *Flowchart* perancangan sistem kendali dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. *Flowchart* Sistem Kendali

Penjelasan dari *flowchart* pada Gambar 5 adalah sebagai berikut:

- Dimulai dengan inisialisasi dan melakukan input berupa nilai *setpoint* pada level 1 dan level 2.
- Sistem akan melakukan pembacaan nilai *setpoint* yang telah dimasukan, kemudian *servo valve* 1 dan *servo valve* 2 akan hidup apabila nilai *setpoint* belum sesuai.
- Setelah level 1 dan level 2 berada pada posisi *setpoint* maka *servo valve* 1 dan *servo valve* 2 akan mati.
- Apabila semua sistem telah mencapai nilai *setpoint* maka sistem dianggap telah selesai.

3. Hasil Dan Analisa

Pengujian sistem *monitoring* dan kendali pada plant *heat exchanger* dilakukan dalam beberapa tahap, dimulai dengan pengujian sensor *flowmeter*, sensor level, dan rangkaian *servo valve*. Selanjutnya dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan berupa pengujian variasi nilai *setpoint* level dan pengujian gangguan level. Perancangan sistem dua tangki dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. *Plant* Level Dua Tangki

3.1. Pengujian *Servo Valve*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari *servo* untuk menggerakkan *ball valve* agar dapat mengatur debit air yang masuk dan keluar pada tangki berdasarkan derajat sudut. Pengujian dilakukan dengan cara menguji tegangan keluaran yang keluar dari analog *output* NI-DAQ 6008 dengan menggunakan multimeter dan menguji derajat sudut pada *valve* yang sudah di-*mounting* dengan *servo*.

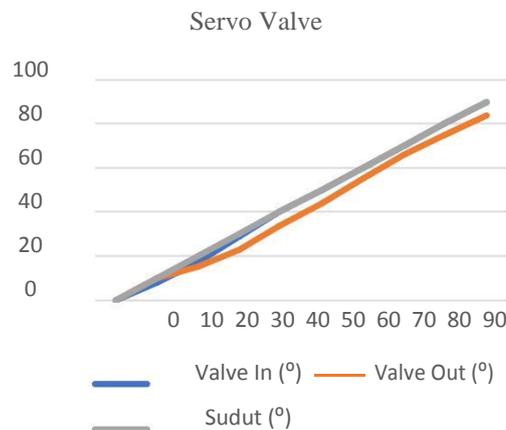
Pengujian tegangan keluaran dari analog *output* NI-DAQ 6008 dilakukan dengan cara membandingkannya dengan menggunakan multimeter Heles-UX838TR. Hasil pengujian analog *output* dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Tabel Pengujian Tegangan Keluaran

DAQ 6008		
Vout (V)	Vout DAQ (V)	Multimeter (V)
0.1	0,1	0,1
0.5	0,5	0,5
1	1	1
1,5	1,5	1,5
2	2	2
2,5	2,5	2,5
3	3	3
3,5	3,5	3,5
4	4	4
4,5	4,5	4,5
5	5	5

Hasil pengujian tegangan keluaran dari DAQ-6008 (Tabel 2) dilakukan dengan membaca kembali nilai tegangan yang diatur pada Labview dengan menggunakan Multimeter. NI-DAQ 6008 mempunyai akurasi analog *output* pada keadaan *no load* sebesar 7mv, sehingga keluaran sebesar 0,1V dapat diberikan dengan baik.

Tegangan keluaran yang diatur pada NI-DAQ 6008 memberikan nilai pada ATTiny Digispark untuk mengatur pulsa yang dibutuhkan untuk mengatur *servo* bergerak. Pengujian sudut pergerakan *servo* yang telah di-*mounting* pada *valve* bertujuan untuk mengetahui kinerja dari *servo valve* untuk mengatur debit air yang masuk ke dalam tangki, hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7. Grafik Pengujian Sudut Servo Valve

Berdasarkan pada Gambar 7 didapatkan margin *error* pada *servo valve* 1 sebesar 3,83 % dan *servo valve* 2 sebesar 10,23%, hal ini terjadi karena *mounting* yang digunakan kurang sempurna dalam tingkat presisi dan akurasi sehingga terjadi rugi-rugi mekanis yang mengakibatkan *servo* kesulitan dalam menggerakkan *ball valve* untuk mengatur debit air yang keluar-masuk tangki.

3.2. Pengujian Rangkaian Sensor Level Air

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui volume air yang berada pada tangki 1 dan tangki 2. Sensor level air mempunyai keluaran berupa *output digital* bernilai 0 dan 1 yang berasal dari saklar elektrik berupa transistor. Pengujian pertama dilakukan dengan cara menghubungkan *probe* kedalam air untuk mengetahui rangkaian pengkondisi sinyal transistor telah bekerja sesuai perintah. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Rangkaian Transistor

Level sensor 1			
Probe	Kondisi Probe	Vout (V)	Input Digital
L1	Contact	0,6	0
	No	3,6	1
L2	Contact	0,6	0
	No	3,6	1
L3	Contact	0,6	0
	No	3,6	1
L4	Contact	0,6	0
	No	3,6	1
L5	Contact	0,6	0
	No	3,6	1
Level sensor 2			
Probe	Kondisi Probe	Vout (V)	Input Digital
L1	Contact	0,6	0
	No	3,6	1
L2	Contact	0,6	0
	No	3,6	1
L3	Contact	0,6	0
	No	3,6	1
L4	Contact	0,6	0
	No	3,6	1
L5	Contact	0,6	0
	No	3,6	1

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3 merupakan hasil pengujian rangkaian transistor saat *probe* pada sensor melakukan kontak dengan air. Air mempunyai hambatan sangat besar dalam merubah arus basis sehingga transistor dapat merubah tegangan keluaran, saat tidak terjadi kontak dengan air sensor bernilai *low* dan saat terjadi kontak bernilai *high*.

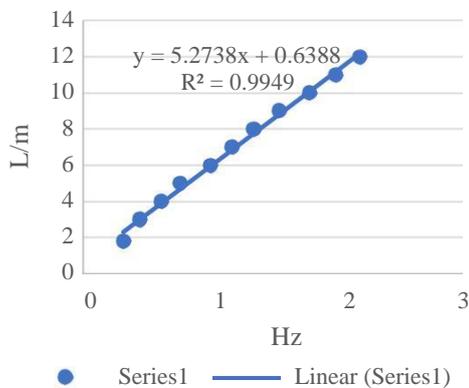
3.3. Pengujian Sensor *Flowmeter*

Pengujian sensor *flowmeter* bertujuan untuk mengetahui keakuratan nilai pembacaan debit air yang didapat. Pengujian dilakukan dengan cara kalibrasi sensor *flowmeter digital* menggunakan *flowmeter* analog dan memvalidasi hasil kalibrasi dengan menghitung volume air yang masuk pada bejana ukur. Data perbandingan sensor *flowmeter digital* dan analog dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Perbandingan Sensor *Flowmeter Digital* dengan *Flowmeter* Analog

<i>Flowmeter</i> analog (L/m)	<i>Flowmeter digital</i> (Hz)
1,8	0,32
4	0,62
6	1,01
8	1,35
10	1,79

Hasil perbandingan nilai sensor *flowmeter digital* dengan sensor *flowmeter* analog (Tabel 4) masih berupa nilai mentah, untuk itu diperlukan suatu nilai pembacaan yang mendekati nilai pembacaan *flowmeter* analog dengan cara perhitungan analisis linier. Kurva linier sensor nantinya akan mendapatkan konstanta untuk mengkonversi satuan Hz pada *flowmeter digital* menjadi L/m (liter/menit). Kurva analisis linier dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva Linier *Flowmeter Digital* dengan Analog

Nilai yang didapatkan pada Gambar 8 merupakan nilai konstanta untuk mengkonversi pembacaan sensor *flowmeter digital* berupa pulsa frekuensi menjadi nilai L/m. Nilai yang didapatkan adalah $y=5,3738x + 0,6388$ dimana x adalah frekuensi pulsa yang dihasilkan oleh *flowmeter digital*.

Nilai konversi dari sensor *flowmeter digital* yang telah didapatkan perlu dilakukan pengujian kesesuaiannya dengan pembacaan pada sensor *flowmeter* analog. Hasil yang didapatkan untuk pengujian kesesuaian pembacaan sensor *flowmeter digital* dan *flowmeter* analog dapat dilihat pada Tabel 5

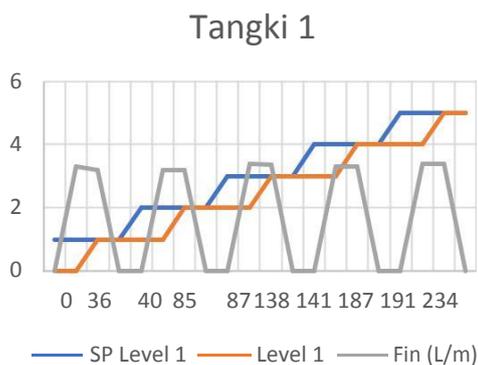
Tabel 5. Validasi Sensor *Flowmeter* dengan Menggunakan Bejana

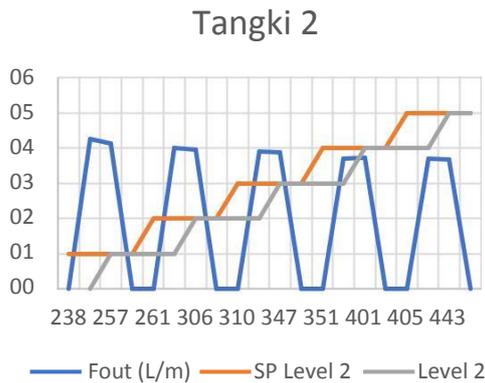
<i>Flow sensor 1</i>				
<i>Time</i> (s)	<i>Flow</i> (L/m)	<i>V air</i> (L)	<i>V bejana</i> (L)	<i>Error</i> (%)
113	2,65	4,99	5	0,18
55	5,42	4,96	5	0,63
36	8,29	4,97	5	0,52
Rata-rata <i>error</i>				0,44
<i>Flow sensor 2</i>				
<i>Time</i> (s)	<i>Flow</i> (L/m)	<i>V air</i> (L)	<i>V bejana</i> (L)	<i>Error</i> (%)
99	3,02	4,983	5	0,34
129	2,31	4,966	5	0,67
167	1,8	5,01	5	0,2
Rata-rata <i>error</i>				0,40

Hasil validasi yang didapatkan pada Tabel 5 menunjukkan adanya margin *error* pada *flowmeter* 1 sebesar 0,45% dan *flowmeter* 2 sebesar 0,4%, hasil ini sebanding dengan nilai pengujian *flowmeter digital* dengan *flowmeter analog* dimana *error* lebih besar ditunjukkan pada *flowmeter* 1.

3.4 Pengujian Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja keseluruhan sistem pada *plant*. Pengujian ini dilakukan secara kontinyu dengan memberikan variasi nilai *setpoint level* pada *front panel* Labview kemudian mengamati respon yang terjadi. Pengujian dilakukan dalam lima nilai *setpoint level*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 9





(b)



(c)

Gambar 9. Grafik Pengujian (a) Tangki satu (b) Tangki 2 (c) Sistem Dua Tangki

Berdasarkan pada Gambar 9 hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan sistem bekerja selama 236 detik untuk mencapai seluruh nilai *setpoint* pada tangki satu dan 448 detik untuk mencapai seluruh nilai *setpoint* pada tangki 2. Pemberian nilai *setpoint* dilakukan secara bertahap dari level satu sampai lima. *Servo valve* aktif saat nilai *setpoint* tidak sesuai dengan pengukuran sensor level, ketika *servo valve* aktif maka *flowmeter* membaca debit air yang mengalir. *Servo valve* akan tidak aktif saat nilai *setpoint* telah sesuai dengan pembacaan sensor level.

Pengujian pada tangki satu dilakukan dengan debit air konstan sebesar 3,4 L/m. Dibutuhkan waktu selama 36 detik untuk mencapai nilai *setpoint* level 1, 85 detik untuk mencapai nilai *setpoint* level 2, 138 detik untuk mencapai nilai *setpoint* level 3, 187 detik untuk mencapai nilai *setpoint* level 4 dan 236 detik untuk mencapai nilai *setpoint* level 5.

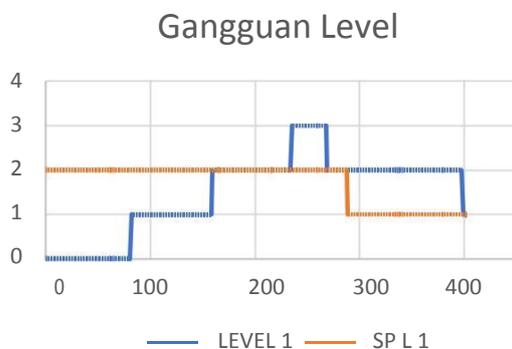
Pengujian sistem dilakukan secara kontinu untuk itu pengujian pada tangki dua dilakukan saat tangki satu telah mencapai seluruh nilai *setpoint*.

Hasil pengujian menunjukkan debit air yang mengalir pada tangki dua mengalami penurunan dari 4,3 L/m ke 3,7 L/m saat akhir pengujian, hal ini dikarenakan pada tangki satu terjadi penurunan level air. Saat terjadi gangguan pengurangan nilai *setpoint* pada tangki satu maka sistem akan merespon dengan mengaktifkan *servo valve*.

Pengujian pada tangki dua dibutuhkan waktu selama 257 detik untuk mencapai nilai *setpoint* level 1, 306 detik untuk mencapai nilai *setpoint* level 2, 347 detik untuk mencapai nilai *setpoint* level 3, 401 detik untuk mencapai nilai *setpoint* level 4 dan 443 detik untuk mencapai nilai *setpoint* level 5.

3.5. Pengujian Terhadap Gangguan

Pengujian terhadap gangguan ini bertujuan untuk mengetahui respon sistem terhadap gangguan yang ada. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan air kepada tangki satu yang telah *setpoint*. Hasil pengujian gangguan dapat dilihat pada Gambar 10



Gambar 10. Hasil Pengujian Terhadap Gangguan

Berdasarkan pada Gambar 10 hasil pengujian gangguan, sistem mampu merespon gangguan yang diberikan berupa air saat level telah *setpoint* dengan membuka *servo valve* 2 dan mengalirkan air yang berlebih pada tangki satu ke tangki dua. Dalam pengujian juga dilakukan penurunan nilai *setpoint* dari level 2 ke level 1, sistem merespon dengan membuka *servo valve* 2 dan sistem kembali mencapai nilai *setpoint* yang diinginkan.

Pengujian sistem kendali dan monitoring pada dua tangki secara keseluruhan bekerja dengan baik dan mampu memberikan respon pada nilai *setpoint* yang diinginkan pada tiap tangki. Ketika terjadi gangguan sistem mampu mengatasi dengan mengalirkan air ke tangki yang sedang mengalami gangguan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian sistem kendali dan monitoring level air pada dua tangki menggunakan NI DAQ 6008 dapat disimpulkan, sebagai berikut:

1. Sistem kendali level air pada dua tangki menggunakan NI DAQ 6008 mampu memberikan performa yang baik dengan merespon setiap nilai *setpoint* pada tangki satu selama 236 detik dengan debit air 3,4 L/m dan tangki dua selama 448 detik dengan debit air 4 L/m.
2. Sistem *monitoring* yang diterapkan mampu mempermudah penelitian dengan memberikan informasi proses secara aktual.
3. NI DAQ 6008 mampu membaca sensor level serta sensor *flowmeter* dan mengikstrusikan *servo valve* untuk mengikuti instruksi yang diberikan oleh sistem kendali.

Terdapat beberapa saran untuk penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini, yaitu:

1. Perancangan sistem kendali level air pada dua tangki masih banyak mengalami kekurangan, terutama pada sistem kendali, diharapkan pada penelitian selanjutnya dibuat sistem kendali yang lebih kompleks sehingga performa sistem ini dapat lebih baik lagi
2. Pembuangan air pada tangki dua di penelitian ini masih dilakukan secara manual, untuk itu penambahan *servo valve* dan *flowmeter* diperlukan agar ketika terjadi gangguan pada tangki dua sistem dapat mengatasinya.

Daftar Pustaka

- [1]. Mahapatro SR. Control Algorithms for a Two Tank Liquid Level System: An Experimental Study. Thesis. Odisha: National Institute of Technology;2014.
- [2]. Fellani MA, Aboubaker MG. PID Controller Design for Two Tanks Liquid Level Control System Using Matlab. International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM). 2015; 4(5): 5-10.
- [3]. Das R, Sayantan D, Anusree S, Kaushik S. Automation of Tank Level Using Plc and Establishment of Hmi by Scada. IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE). 2013; 7(2): 61-67.
- [4]. Haryanto H, Sarif H. Perancangan HMI (Human Machine Interface) untuk Pengendalian Kecepatan Motor DC. SETRUM. 2012; 1(2): 9-16.
- [5]. Heriyanto. Pengendalian Proses. Bandung: Politeknik Negeri Bandung. 2010.