



IMPLEMENTASI METODE KONTROL FEEDBACK MENGGUNAKAN SENSOR BUBBLE PADA MINIPLANT PROSES PENGENDALIAN LEVEL BAHAN CAIR

Aldo Bimanda¹, Muhammad Rifa'i², Leonardo Kamajaya³

^{1,2,3}, ³Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

E-mail: aldobima20@gmail.com, muh.rifai@polinema.ac.id,
leonardo42@polinema.ac.id

ABSTRACT

Modern industrial development demands faster and more efficient production processes while reducing reliance on manual labor without compromising product quality. To meet these requirements, automation systems such as Distributed Control System (DCS) and SCADA, commonly supported by PLCbased controllers, are widely implemented. In liquid-processing industries, tank filling is one of the most essential stages, where production success depends on the accuracy of material composition. Therefore, level control plays a crucial role to ensure that the material quantity matches product specifications. To achieve precise results and minimize interference, a DCS system is employed to maintain process stability. This research utilizes a feedback control method in the miniplant system, where the actual state of the physical process is continuously measured to determine deviations from the desired condition. The measurement results are then used to generate control signals that drive the system back to its intended state. The study results demonstrate that the system effectively maintains liquid level stability using the most optimal PID parameters at $K_p = 6$, $T_i = 297.5$ s, and $T_d = 1$ s

Keyword: Mini Plant, DCS, Feedback Control, PID, Level Control

ABSTRAK

Perkembangan industri modern menuntut proses produksi yang lebih cepat, efisien, dan mampu mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia tanpa mengurangi kualitas produk. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, sistem otomasi seperti DCS (Distributed Control System) dan SCADA yang umumnya menggunakan PLC sebagai pengontrol menjadi solusi utama. Salah satu proses penting dalam industri cair adalah pengisian tangki, di mana keberhasilan produksi sangat ditentukan oleh ketepatan komposisi material. Oleh karena itu, pengendalian level memiliki peranan vital agar jumlah material sesuai dengan spesifikasi produk. Untuk mencapai hasil yang presisi dan mengurangi interferensi, digunakan sistem DCS yang mampu menjaga stabilitas proses. Miniplant ini menerapkan metode kontrol feedback, di mana kondisi aktual sistem diukur secara terus-menerus untuk mengetahui penyimpangan terhadap kondisi yang diinginkan.

Article History

Received: November 2025

Reviewed: November 2025

Published: November 2025

Plagiarism Checker No 235

Prefix DOI :

[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Informasi tersebut kemudian digunakan untuk menghasilkan sinyal kendali yang mengarahkan sistem kembali ke kondisi target. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan level cairan secara stabil menggunakan parameter PID paling ideal pada $K_p = 6$, $T_i = 297,5$ s, dan $T_d = 1$ s.

Kata Kunci: Mini plant, DCS, Kontrol Umpan Balik, PID, Kontrol Level

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi industri berlangsung sangat cepat dan memicu persaingan yang semakin ketat. Salah satu bidang yang mengalami kemajuan pesat adalah otomasi industri, yang bertujuan meningkatkan kualitas produk, mempercepat waktu produksi, serta menekan biaya tenaga kerja. Dengan meningkatnya tuntutan efisiensi, penggunaan sistem otomasi menjadi semakin penting untuk mencapai proses produksi yang lebih efektif.

Dalam dunia manufaktur, khususnya pada sistem kontrol, berbagai metode kontrol yang efektif dan mudah diimplementasikan terus dikembangkan. Sistem yang kini banyak digunakan adalah DCS (Distributed Control System) dan SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), yang umumnya memanfaatkan PLC sebagai pengendali utama. Sistem ini menawarkan kemampuan pengelolaan proses yang lebih terstruktur, terintegrasi, dan dapat diandalkan untuk kebutuhan industri modern.

DCS dirancang sebagai sistem kontrol terdistribusi dengan PLC master sebagai pengelola dan satu atau beberapa PLC slave yang terhubung ke plant. Keuntungan utama DCS dalam industri adalah kemampuan monitoring dan kontrol yang terpusat melalui komputer. Salah satu penerapannya terdapat pada proses bahan cair yang membutuhkan pengawasan presisi terhadap suplai material untuk menjaga kualitas produk.

Proses bahan cair, seperti pengisian tangki, menuntut ketepatan pengendalian level agar komposisi bahan sesuai dengan spesifikasi produk. Untuk menjaga kestabilan dan mengatasi gangguan, digunakan metode feedback control yang memungkinkan sistem mengukur kondisi aktual dan menyesuaikan terhadap kondisi yang diinginkan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian rekayasa sistem (systems engineering approach) yang mengacu pada tahapan terstruktur mulai dari studi literatur, perancangan, implementasi, hingga evaluasi sistem. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa proses perancangan mini plant pengendalian level bahan cair berjalan sistematis, terintegrasi, dan menghasilkan sistem kontrol yang dapat berfungsi secara optimal. Meskipun metode rekayasa sistem umumnya memiliki beberapa tahapan pengembangan, penelitian ini difokuskan

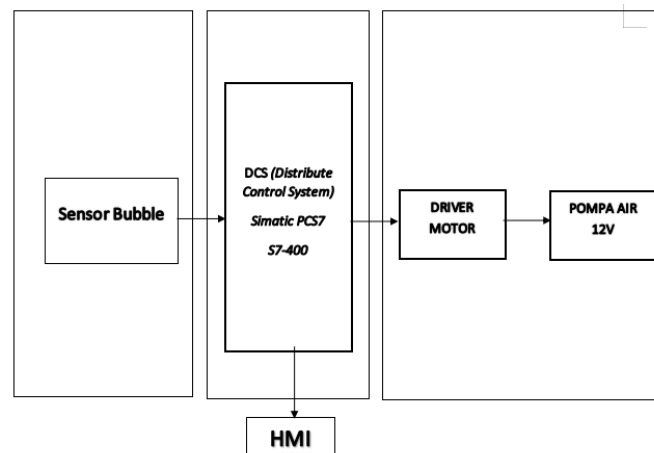
pada empat tahap utama yang relevan dengan tujuan penelitian, yaitu studi literatur, perancangan sistem, implementasi, serta pengujian dan evaluasi.

2.1 Tahap Studi Literatur

Tahap ini bertujuan memperoleh dasar teori mengenai sistem kontrol proses, konsep feedback control, sensor MPX2010DP, tuning PID Ziegler-Nichols, serta arsitektur DCS Siemens PCS7 sebagai acuan dalam merancang mini plant pengendalian level.

2.2 Tahap Perancangan Sistem

Perancangan dilakukan pada aspek mekanik, instalasi sensor bubble, konfigurasi I/O, serta penyusunan program CFC, SFC, dan HMI WinCC. Diagram blok disusun untuk menggambarkan alur sinyal dari sensor menuju aktuator.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Sistem sensor bubble bekerja dengan mengambil masukan dari tekanan udara yang dihasilkan oleh motor pump dan disalurkan ke tangki, kemudian tekanan tersebut dibaca oleh sensor MPX2010DP dan dikirim ke DCS melalui modul I/O AI 4xRTD/TC. Sinyal yang masuk ke DCS diproses berdasarkan setpoint untuk menentukan level cairan di dalam tangki. Dari hasil pemrosesan tersebut, DCS memberikan perintah keluaran menuju pompa air 12V yang berfungsi sebagai aktuator, dimana pompa telah dihubungkan dengan driver motor untuk mengatur kecepatan putaran sesuai kebutuhan pengendalian level

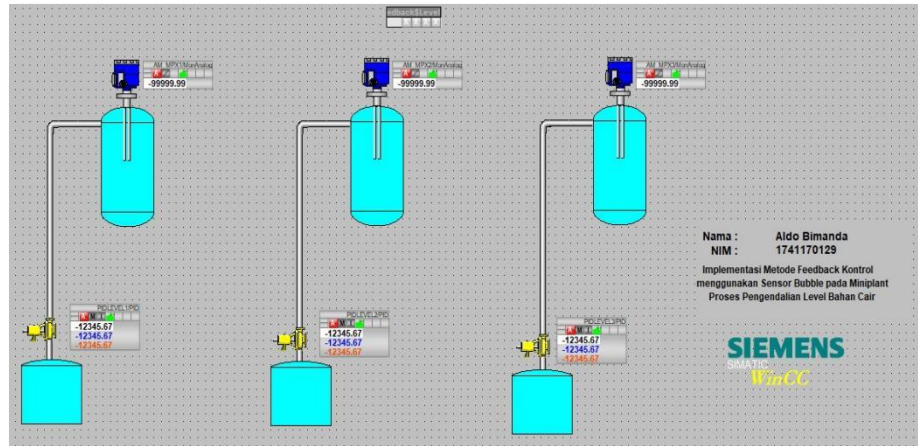


Gambar 2. Perancangan Mekanik

Dalam perancangan mini-plant multi-produk multi-jalur harus dirancang terlebih dahulu agar menghindari kesalahan ataupun ketidaksesuaian spesifikasi ketika pembuatan alat dilakukan. Perancangan yang dilakukan adalah antara lain mekanik dan elektrik

2.3 Tahap Implementasi

Pada tahap ini seluruh komponen dipasang dan diintegrasikan ke DCS. Program pengolahan sinyal analog, kontrol PID, dan pengendalian pompa diimplementasikan dan diuji untuk memastikan fungsi dasar berjalan baik.



Gambar 3. Perancangan HMI pada WinCC (system DCS)

2.4 Tahap Pengujian dan Evaluasi

Pengujian dilakukan pada input-output, sensor MPX2010DP, serta respon PID terhadap berbagai parameter. Evaluasi difokuskan pada kestabilan level, waktu respon, dan error steady-state hingga diperoleh parameter PID paling optimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian hardware terdiri dari pengujian sensor dan actuator sedangkan pengujian software dilakukan dengan menguji setiap program yang dibuat pada masing-masing sensor maupun actuator.

3.1 Pengujian AI(Analog Input) pada DCS

Tabel 1. Pengujian Analog Input

No.	Vin (Power Supply) (V)	AI Modify (Hexa)	AI Modify (Desimal)
1.	0,09	01D6	470
2.	0.1	0E9F	3743
3.	0.14	1CF7	7415
4.	0.25	2963	10595
5.	0,30	377F	14207
6.	0,41	44A3	17571
7.	0,46	5347	21319
8.	0,67	60BD	24765
9.	0,98	6B4A	27466

3.2 Pengujian DQ(Digital Output) pada DCS

Pengujian digital output dilakukan untuk memastikan bahwa digital output dapat bekerja dengan cara memberikan nilai duty cycle pada DCS lalu mengukur tegangan keluar dari port digital output.

Tabel 2. Hasil Pengujian Digital Output DCS-PCS7

No.	Dutycycle In Driver (%)	Tegangan Keluaran port DQ (V)
1	10	1
2	20	2
3	30	3
4	40	4
5	50	5
6	60	6
7	70	7
8	80	8
9	90	9
10	100	10

3.3 Pengujian Sensor MPX2010DP

Pengujian sensor MPX2010DP dilakukan dengan cara mengukur ketinggian air di tangki dan tegangan pada pin 2 dan pin 4 sebagai Vout+ dan Vout- MPX2010DP. Sebelum melakukan pengukuran sensor di kalibrasi melalui fitur scaling di DCS. Tabel dibawah merupakan hasil pengujian sensor MPX2010DP pada tangki educt 1,2 dan 3.

MPX 2010DP Educt 1

Tabel 3. Hasil Pengujian MPX2010 DP Educt 1 terhadap ketinggian air

No	Tinggi air(cm)	Sensor Out(mV)	Tekanan(kPa)
1	12.5	4.5	1.8
2	10	3.8	1.52
3	7.5	3.2	1.28
4	4	2.3	0.92
5	2	1.6	0.64

Tabel 4. Hasil Pengujian Pembacaan Dcs terhadap volume tangki educt 1

No	Pembacaan DCS (L)	Isi Tangki		Error (%)
		Ketinggian air (cm)	Volume(L) = ketinggian air × l tangki × p tangki	
1	2.688	12.5	2.268	2.28
2	2.133	10	2.102	1.47
3	1.572	7.5	1.576	0.25
4	0.851	4	0.841	1.18
5	0.418	2	0.420	0.47
Rata - rata nilai error				1.13

MPX 2010DP Educt 2

Tabel 5. Hasil Pengujian MPX2010 DP Educt 2 terhadap ketinggian air

No	Tinggi air(cm)	Sensor Out(mV)	Tekanan(kPa)
1	13.5	3.6	1.44
2	11	3.1	1.24
3	9	2.6	1.04
4	6	1.7	0.68
5	3	1	0.4

Tabel 6. Hasil Pengujian Pembacaan Dcs terhadap volume tangki educt 2

No	Pembacaan DCS (L)	Isi Tangki		Error (%)
		Ketinggian air (cm)	Volume(L) = ketinggian air × l tangki × p tangki	
1	2.821	13.5	2.838	0.5
2	2.358	11	2.312	1.62
3	1.880	9	1.892	0.63
4	1.285	6	1.261	1.90
5	0.632	3	0.630	0.31
Rata - rata nilai error				0.99

MPX2010DP Educt 3

Tabel 7. Hasil Pengujian MPX2010 DP Educt 3 terhadap ketinggian air

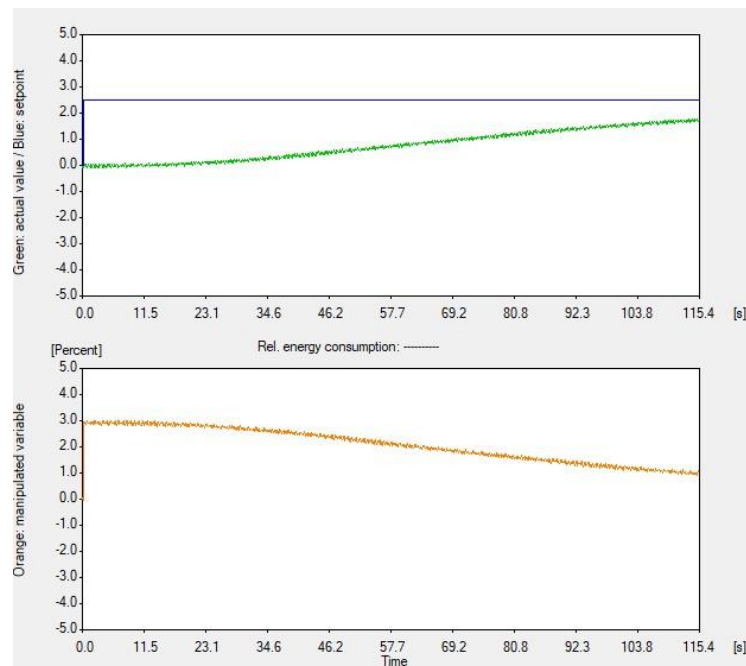
No	Tinggi air(cm)	Sensor Out(mV)	Tekanan(kPa)
1	13.5	3.6	1.44
2	9	3.1	1.24
3	7	2.5	1
4	5	1.9	0.76
5	1	0.9	0.36

Tabel 8. Hasil Pengujian Pembacaan Dcs terhadap volume tangki educt 3

No	Pembacaan DCS (L)	Isi Tangki		Error (%)
		Ketinggian air (cm)	Volume(L) = ketinggian air × l tangki × p tangki	
1	2.819	13.5	2.838	0.66
2	1.884	9	1.892	0.42
3	1.463	7	1.471	0.54
4	1.075	5	1.051	2.28
5	0.232	1	0.210	10.47
Rata - rata nilai error				2.87

3.4 Pengujian PID

Pada pengujian ini kontrol PID ini mengacu pada perancangan metode Ziegler-Nichols untuk mencapai set poin 2,5 L. Pada pengujian ini tidak diberi gangguan karena untuk melihat respon sistem untuk mencapai set poin yang ditentukan.



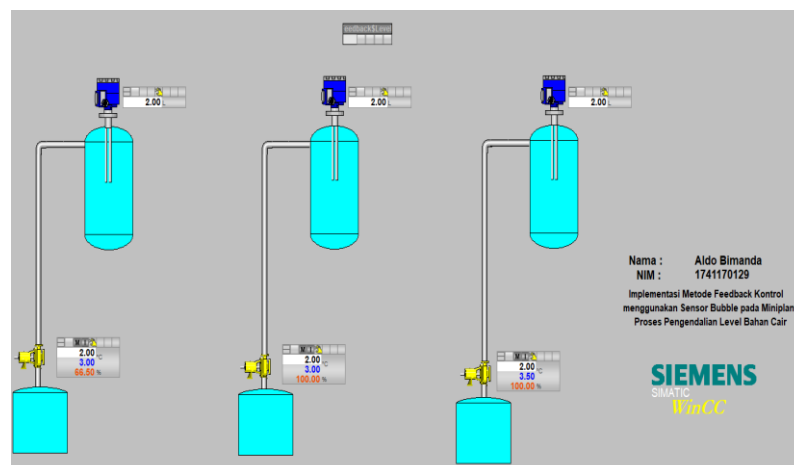
Gambar 4. Trial Error Tuning PID

Pada perancangan plant dibutuhkan volume air yang tepat agar bahan cair tidak kurang atau tidak lebih dari set poin, maka dari itu dilakukan tuning PID dengan cara trial and error untuk mencari respon yang paling baik.

3.5 Pengujian HMI

Dalam mini plant multi produk multi jalur ditunjang dengan tampilan HMI (Human Machine Interface) yang dibuat dalam Software WinCC yang sudah terintegrasi dengan software Simatic Manager pada perangkat DCS Siemens Simatic PCS7.

Dalam tampilan WinCC, dapat dilihat proses yang terjadi pada sistem mini plant multi produk multi jalur Terdapat beberapa kontrol yang dapat di monitor melalui HMI, diantaranya adalah kontrol pompa dan monitoring pembacaan sensor. Berikut ini tampilan HMI saat sistem berjalan.



Gambar 4.4 Pengujian WinCC

Dari gambar diatas bisa dilihat pada set poin motor adalah 2 Liter dan pembacaan sensor di dalam tangki educt sebesar 2 Liter jadi pada waktu ini sistem telah mencapai setpoin dan motor akan mati

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, berikut adalah beberapa kesimpulan utama yaitu **pengendalian level berbasis PID** bekerja akurat pada rentang 0-3,5 L dengan umpan balik sensor dan pengaturan motor melalui PWM. **Sistem DCS PCS7** menggunakan integrasi CFC dan SFC untuk mewujudkan kontrol terdistribusi pada miniplant multi jalur-multi produk. **Feedback control berjalan efektif** karena driver motor dapat mengubah PWM menjadi tegangan, sehingga sensor dan aktuator dapat bekerja dalam rentang analog input -50 mV hingga 50 mV dan terbaca oleh DCS

DAFTAR PUSTAKA

Dodu, AY Erwin ,2009. Sistem Kendali Umpan-Balik (Feedback Control Menggunakan Teknik Pengendalian Pid (Proporsional-Integral-Derivatif). Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tadulako..

Nurhaimi, Amalia Herlina, Moh. Bachrudin ,2020. Analisis Pengaturan Level Air Pada Degasifier Tank Unit 5 Dan 6 Paiton Menggunakan Metode Proportional Integratif Derivatif (Pid) . Program Studi Teknik Elektro Universitas Nurul Jadid

Mia Sabarina,Muhammad Kamal ,Jamaluddin,2018. Simulasi Pengendalian Level Kondensat Pada Separator D-418 Menggunakan Dcs Di Pertamina Hulu Energi Nsb. Prodi Instrumentasi Otomasi dan Industri Jurusan Teknik Elektro Politeknik negeri Lhokseumawe

Bachtera Indarto, Hasto Sunarno, Muhammad Fahrudin, dan Didiek B. Rahmat,2015. Pengukuran Ketinggian Permukaan Air Sungai menggunakan Prinsip Tekanan Berbasis Mikrokontroler ATmega328 . Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Febrianto, Vincentius Nyorendra (2004).APLIKASI KONTROL PID UNTUK PENGATURAN PUTARAN MOTOR DC PADA ALAT PENGEPRES ADONAN ROTI (SCREW CONVEYOR).Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Singgih,Hariyadi,2016. Optimalisasi Kendali PID Pada Sistem Pengaturan Temperatur. Politeknik Negeri Malang.

Ali muhamad,2013. Modul kuliah sistem kendali terdistribusi“fungsi kontrol DCS”. Jogja : Universitas Negeri Jogja.

Eka Candra Wijaya, Iwan Setiawan,ST. MT., Wahyudi,ST. MT.,2011 Auto Tuning PID Berbasis Metode Osilasi Ziegler-Nichols Menggunakan Mikrokontroler AT89S52 pada Pengendalian Suhu. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Edo, Daniel,2020. Implementasi Dcs (Distributed Control System) Pada Mini Plant Pasteurisasi Susu Dengan Metode Pid (Propotional Intergal Derivative)

Gunterus, Frans. 1994. Falsafah Dasar : Sistem Pengendalian Proses. Elex Media Komputindo: Jakarta.



Ogata, K, 1997. Teknik Kontrol Automatik, Jilid 2, Edisi 2, Erlangga, Jakarta.

Wicaksono, Handy, 2004. Analisa Performansi dan Robustness Beberapa Metode Tuning Kontroler PID pada Motor DC. Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra

L Khakim , Sunarno, Sugiyanto, 2010. PEMBUATAN SISTEM PENGATURAN PUTARAN MOTOR DC MENGGUNAKAN KONTROL PROPORTIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVE (PID) DENGAN MEMANFAATKAN SENSOR KMZ51. Jurusan Fisika, FMIPA UNNES.