

Rancang Bangun Pengendalian Flow Menggunakan Mikrokontroler Dengan Metoda PID berbasis Nirkabel

Astri Kusuma Dewi^{1,*}, Suka Handaja², Muhammad Gufron Al Kindi³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu Jawa Tengah, Indonesia 55312

Info Artikel

Histori Artikel:

Diterima berkas 05/04/2023

Direvisi 20/05/2023

Disetujui terbit 30/05/2023

Keyword:

Mikrokontroler

PID Controller

Lora sx1278

Blynk

Flow control

ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang perancangan dan konstruksi pengendalian flow menggunakan mikrokontroler dengan metode PID berbasis Lora SX1278 dan Blynk. Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem pengendalian aliran menggunakan metode PID berbasis Lora SX1278 dan Blynk. Pengendalian aliran dimaksudkan untuk menjaga kestabilan aliran fluida dalam suatu proses. Metode PID digunakan untuk mengatur dan mengendalikan aliran agar tetap pada setpoint yang telah ditentukan. Lora SX1278 digunakan sebagai komunikasi nirkabel antara modul pengirim dan penerima. Sedangkan Blynk digunakan sebagai interface untuk memantau hasil pengendalian. Metode Ziegler Nichols Ultimate Sensitivity digunakan untuk melakukan tuning PID. Pengujian dilakukan dengan memberikan gangguan pada pipa saluran masuk untuk menguji karakteristik respon pengendali dalam mempertahankan aliran pada setpoint yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengendalian aliran yang dirancang mampu menjaga kestabilan aliran fluida pada setpoint yang telah ditentukan

ABSTRACT

This study discusses the design and construction of flow control using a microcontroller with the PID method based on Lora SX1278 and Blynk. The purpose of this study was to design flow control using the PID method based on Lora SX1278 and Blynk. Flow control is intended to maintain the stability of fluid flow in a process. The PID method is used to regulate and control flow so that it remains at a predetermined setpoint. The Lora SX1278 is used as a wireless communication between the transmitting and receiving modules. While Blynk is used as an interface for monitoring control results. The Ziegler Nichols ultimate sensitivity method is used to perform PID tuning. The test is carried out by providing disturbance to the inlet pipe to test the control response characteristics in maintaining flow at a predetermined setpoint. The test results show that the designed flow control is able to maintain the stability of fluid flow at a predetermined setpoint

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



SPESIFIKASI

Nama Alat	Rancang Bangun Pengendalian Flow berbasis nirkabel dengan Lora SX1278
Bidang	Instrumentasi, Control System
Kegunaan	Sebagai peraga pengendalian aliran fluida berbasis nirkabel
Harga Alat	Rp. 2.500.000,-

*Penulis Korespondensi:

Alamat Email: astrie.dewi@esdm.go.id (Astrie Kusuma Dewi)

1. PENDAHULUAN

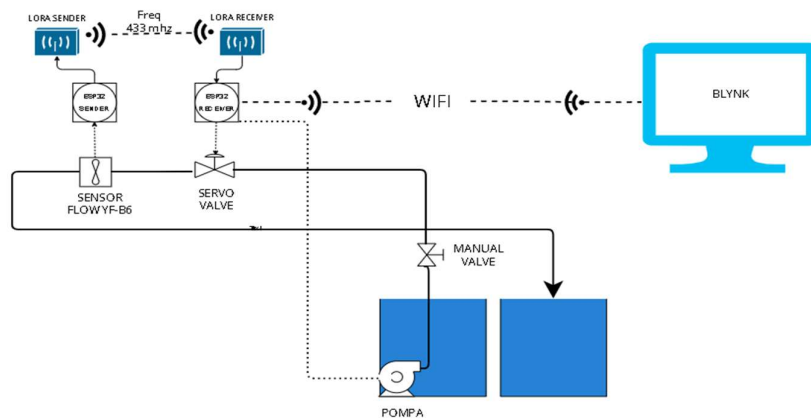
Dalam dunia industry, pengendalian dan monitoring yang efektif dan efisien sangat penting. Teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan pengendalian dan monitoring tanpa jarak. Pengiriman data menjadi kunci dalam mencapai pengendalian dan monitoring jarak jauh, baik melalui kabel maupun secara nirkabel [1]. Meskipun pengiriman data melalui kabel memiliki kecepatan tinggi dan risiko kehilangan data yang rendah, namun kurang praktis dalam pemasangannya. Pengiriman data nirkabel lebih praktis, namun rentan terhadap interferensi dan memiliki harga modul yang mahal. Protokol Radio Frekuensi dan modul LORA menjadi pilihan untuk komunikasi data jarak jauh, sedangkan mikrokontroler ESP32 dapat menggantikan PLC dengan biaya lebih terjangkau. Penelitian ini akan menggunakan ESP32 sebagai transmitter dan controller dalam pengendalian aliran dengan metode PID berbasis nirkabel, memanfaatkan komunikasi LORA sebagai komunikasi dengan protocol RF yang dirancang oleh peneliti [2], [3].

2. METODA

2.1. Proptotype Pengendalian Flow

Pada prototipe ini, pengendalian aliran fluida dilakukan dengan mengatur debit fluida sebesar 8 L/m di dalam pipa. Analisis dilakukan terhadap perbandingan komposisi fluida berdasarkan data yang diperoleh dari lapangan atau percobaan. Komunikasi antara dua mikrokontroler ESP32 menggunakan modul LORA Sx1278. Satu ESP32 berfungsi sebagai transmitter yang terhubung dengan sensor, sedangkan ESP32 lainnya berperan sebagai receiver yang terhubung dengan servo valve, pompa, dan aplikasi Blynk. Pembacaan sensor dikirim dari ESP32 transmitter ke ESP32 receiver melalui LORA Sx1278. Setelah menerima nilai pembacaan sensor, ESP32 receiver membandingkan nilai PV dan SP untuk menghasilkan nilai MV yang dikirim ke servo valve. Nilai pembacaan sensor dan bukaan valve dapat dipantau melalui aplikasi Blynk.

Komunikasi antara LORA sender dan LORA receiver dilakukan pada frekuensi 433MHz. Konfigurasi parameter seperti frekuensi, bandwidth, spreading factor, dan coding rate harus sama pada kedua perangkat agar terjadi komunikasi. Proses komunikasi ini memungkinkan pengiriman dan penerimaan data antara transmitter dan receiver. Dengan demikian, pengendalian aliran fluida dapat dilakukan secara efektif melalui pengaturan set point (SP) dan variabel proses (PV), serta melalui aplikasi Blynk yang memungkinkan pengguna untuk mengatur nilai SP sesuai kebutuhan



Gambar 1 Desain Prototype Pengendalian Flow dengan LORA

2.2. Protokol Komunikasi Long Range (LORA)

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan melibatkan penggunaan teknologi komunikasi nirkabel LORA (Long Range) yang memiliki jangkauan yang luas dan konsumsi daya rendah. LORA menggunakan spread spectrum pada pita frekuensi sub-GHz, memungkinkan pengiriman data dalam jarak yang lebih jauh dan memperpanjang masa pakai baterai [4]. Fitur-fitur LORA seperti geolocation, biaya rendah, kompatibilitas dengan standar produk dan lainnya, serta daya baterai yang rendah menjadikannya pilihan yang tepat untuk aplikasi pengendalian dan monitoring jarak jauh. Perbandingan dengan teknologi komunikasi nirkabel lainnya menunjukkan bahwa LORA memiliki keunggulan dalam jangkauan komunikasi yang lebih besar dan konsumsi daya yang lebih rendah [5].

Dalam penelitian ini, parameter-parameter penting seperti RSSI (Received Signal Strength Indicator) dan SNR (Signal-to-Noise Ratio) digunakan untuk mengevaluasi kualitas sinyal dalam Nichol LORA. Nilai RSSI mengindikasikan kekuatan sinyal yang diterima, sedangkan SNR mencerminkan kualitas data yang diterima.

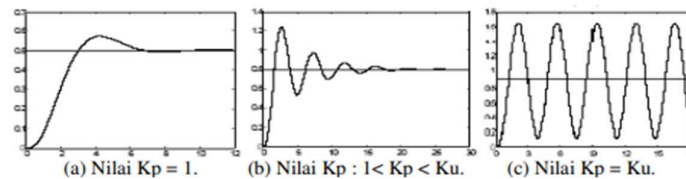
Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa RSSI menurun secara konsisten dengan peningkatan jarak dari gateway, sementara nilai SNR yang lebih besar menunjukkan kualitas data yang lebih baik [6]. Dengan memanfaatkan teknologi LORA dan menganalisis parameter-parameter tersebut, penelitian ini akan melibatkan pengendalian flow menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan metode PID berbasis nirkabel [7].

2.3. Validasi Sensor YF-B6

Untuk melakukan kalibrasi sensor flow yf-b6 dilakukan dengan menggunakan metode membandingkan debit air di dalam tangki pembanding dengan debit yang terbaca oleh sensor flow yf-b6 yang bisa di lihat di monitor blynk. Untuk langkah-langkah dalam melakukan kalibrasi sensor flow, yaitu yang pertama membuat kontroler dalam mode manual, kedua mengganti- ganti nilai konstanta di coding arduino ide sampai nilai debit yang terbaca oleh sensor yf-b6 mendekati nilai debit di tangki pembanding, ketiga, jika sudah mendapatkan nilai konstanta yang mendekati nilai debit di tangki pembanding, maka selanjutnya melakukan pengujian dengan 8 kondisi bukaan valve dari bukaan 10% sampai 80% dilanjutkan dengan melakukan pengujian dengan 8 kondisi bukaan valve, selanjutnya menghitung nilai error dan %error dari sensor yf-b6 5. Setelah mendapatkan nilai error dan %error, selanjutnya membuat perbandingan dengan grafik linierisasi untuk melihat perbandingan debit dari sensor yf-b6 dan tangki pembanding

2.4. Tuning PID dengan Metoda Ziegler Nichols Ultimate Sensitivity

Metode Ultimate Sensitivity menggunakan kurva close loop, dengan masukan referensi yang digunakan untuk fungsi step. Pengendali pada metode di setting sebagai pengendali *proportional* (P). Nilai K_p , di ubah-ubah dari 0 sampai dengan nilai kritis K_p , sehingga didapatkan *output* yang terus-menerus berosilasi dengan amplitudo yang sama. Nilai kritis K_p ini disebut *ultimate gain* atau K_u . Respon *output* yang didapatkan di tiga keadaan penguatan *proportional* ditunjukkan pada Gambar di bawah ini . Sistem dapat berosilasi dengan stabil pada saat $K_p = K_u$.



Gambar 2. Grafik Respon pengendali dengan berbagai nilai K_p

Nilai Ultimate period (T_u), didapatkan setelah output dari system mencapai keadaan yang terus menerus berosilasi. Nilai dari Ultimate gain (K_u), dan Ultimate Period (T_u). Digunakan untuk menentukan konstanta-konstanta pengontrol sesuai dengan tetapan empiris Ziegler-Nichols pada Tabel 1[8].

Tabel 1 Ketetapan Empiris Ziegler Nichols

Pengendalian	K_p	K_i	K_d
P	$0.5K_u$		
PI	$0.45K_u$	$1.2K_p/T_u$	
PID	$0.6K_u$	$2K_p/T_u$	$K_p T_u/8$

Berdasarkan rumus Ziegler Nichols metode ultimate sensitivity di tabel 1 diatas ketetapan empiris Ziegler Nichols untuk persamaan yang di gunakan secara matematis dan menggunakan persamaan sebagai berikut [9]:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Adapun Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut yaitu yang pertama letakkan pengendalian pada posisi manual. Bila pengendali mengandung unsur I dan D, maka integral time dibuat tak terhingga atau K_i kecil sekali atau nol dan derivative time menjadi sekecil mungkin. Letakkan K_p pada posisi tertentu dan beri perubahan nilai MV serta amati responnya. Jika response underdamp naikan nilai K_p dan jika respon overdamp kecilkan K_p . Lakukan berulang-ulang hingga konsisi respon terjadi osilasi yang menunjukkan gain loop sama dengan 1. Saat terjadi osilasi ini yang disebut kondisi ultimate, catat nilai K_p sebagai nilai K_u atau

nilai k_p saat kondisi ultimate dan dapatkan nilai perioda saat ultimate sebagai nilai T_u . Selanjutnya hitung K_p , K_i dan K_d dengan menggunakan tabel diatas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Noise Komunikasi Lora SX1278 Sender dan Receiver

Berikut ini adalah hasil uji *noise* RSSI dan SNR pada jarak antar Lora ± 40 cm :

Tabel 2 Uji Noise Komunikasi dengan Lora pada jarak 40 cm

Time	RSSI	SNR
04/25/23 08:41:00 PM	-6.0	11.00
04/25/23 08:40:59 PM	-6.0	11.00
04/25/23 08:40:58 PM	-6.0	11.00
04/25/23 08:40:57 PM	-6.0	11.00
04/25/23 08:40:56 PM	-6.0	11.00
04/25/23 08:40:55 PM	-6.0	11.00
04/25/23 08:40:54 PM	-6.0	11.00
04/25/23 08:40:53 PM	-6.0	11.00
04/25/23 08:40:52 PM	-6.0	11.00
04/25/23 08:40:51 PM	-6.0	11.00

Nilai RSSI dan SNR yang tampil pada monitor terlihat di tabel 2, nilai RSSI berkisar antara 0 hingga -10 dB dan nilai SNR berkisar antara 1 hingga 20 dB. Rentang nilai RSSI dan SNR yang dianggap baik atau buruk tergantung pada lingkungan dan perangkat yang digunakan. Nilai RSSI yang rendah menunjukkan sinyal pengiriman antara sender dan receiver yang baik. Dalam kasus ini, sinyal pengiriman sangat baik karena jarak antara Lora sender dan Lora receiver hanya berjarak ± 40 cm. Proses pengendalian tidak pernah mengalami keterlambatan atau kegagalan nilai tx Power pada Lora sender dibuat pada nilai 20 sehingga meningkatkan sisi pengiriman sinyal. Pada penelitian ini belum bisa menunjukkan keefektifan penggunaan LORA, mengingat kemampuan LORA yang mampu mengirimkan data dengan jarak jauh akan tetapi pada kasus ini hanya digunakan pada jarak yang sangat dekat.

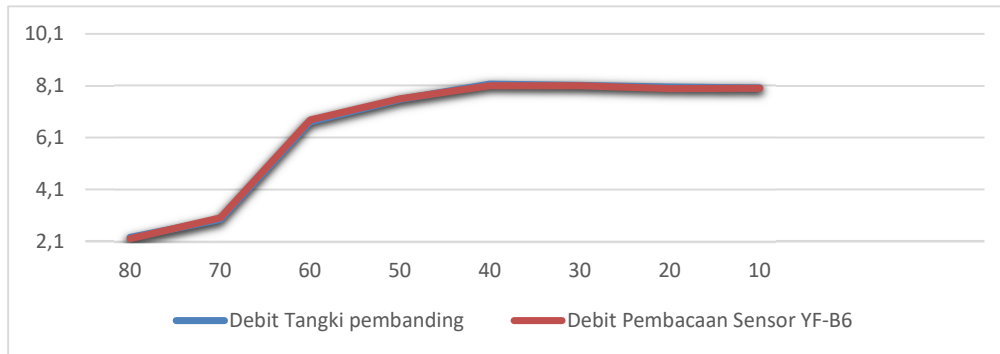
3.2 Validasi Sensor YF-B6

Pada pengujian sensor flow YF-B6 ini dilakukan dengan cara melakukan perbandingan hasil pembacaan dari serial monitor dengan nilai vol pada tangki ukur. Pengujian sensor ini bertujuan untuk mengetahui apakah sensor sudah sesuai apa belum dengan kondisi aktualnya. Berikut adalah hasil uji coba sensor YF-B6.

Tabel 3. Hasil Validasi Sensor YF-B6

Debit Tangki pembeding	Debit Pembacaan Sensor YF-B6	Servo	error	%error
8,00	8,02	10	0,02	-0,25
7,99	8,05	20	0,06	-0,75
8,10	8,12	30	0,02	-0,24
8,10	8,16	40	0,06	-0,74
7,60	7,58	50	0,02	0,26
6,79	6,70	60	0,09	1,32
3,00	2,94	70	0,06	2,00
2,20	2,25	80	0,05	-2,27
Rata rata Error (%)				-0,08

Dari tabel 3, terlihat bahwa sensor YF-B6 memberikan hasil rata-rata error sebesar -0,08%, dengan grafik seperti ditunjukkan pada grafik linearisasi seperti gambar 2. Terlihat pada bukaan dari kecil hingga bukaan 50, aliran cenderung konstan di sekitar 8, yang menunjukkan kapasitas maksimal dari servo valve sehingga pada aplikasi pengendalian flow, nilai operasi flow berada di nilai 2 hingga 8.



Gambar 3. Grafik hasil validasi sensor YF-B6

3.3. Tuning PID dengan Ziegler Nichols Ultimate Sensitivity

Pada tahap tuning didapatkan nilai K_u sebesar 15 dan nilai T_u sebesar 4s. Berikut adalah grafik yang saya dapatkan dari $K_u = 15$.

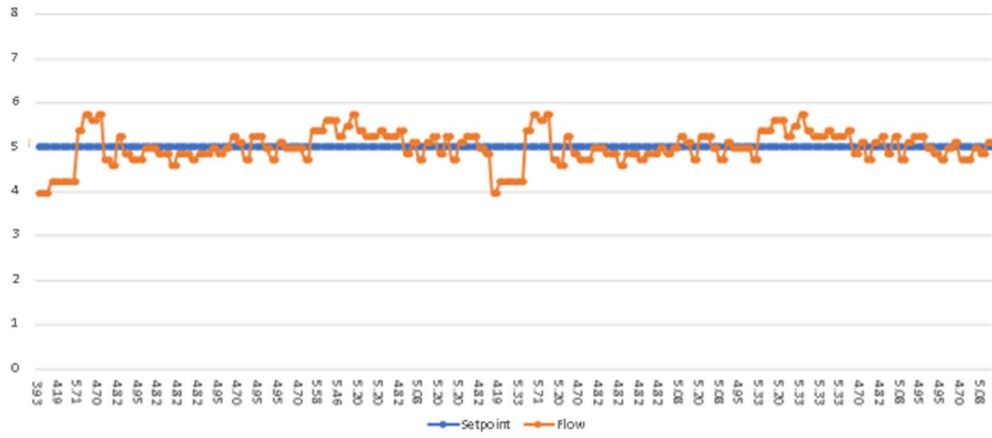
Gambar 4 Grafik respon proses saat nilai $K_p = 15$

Berdasarkan hasil tuning Ziegler Nichols metode ultimate sensitivity untuk parameter K_p , K_i dan K_d dapat dihitung setelah mengetahui nilai K_u dan T_u , hasil perhitungan nilai parameter PID berdasarkan tabel 1 didapatkan nilai $K_p = 6,75$, $K_i = 2$, $K_d = 0$. Pada penelitian ini parameter yang dipilih hanya P dan I, hal ini disebabkan karena pada pengendalian flow merupakan pengendalian dengan respon yang cepat sehingga penggunaan parameter derivatif harus dihindari karena jika unsur derivatif digunakan akan menyebabkan proses sulit dikendalikan karena akan penambahan respon bukaan valve akibat adanya fluktuasi nilai proses.

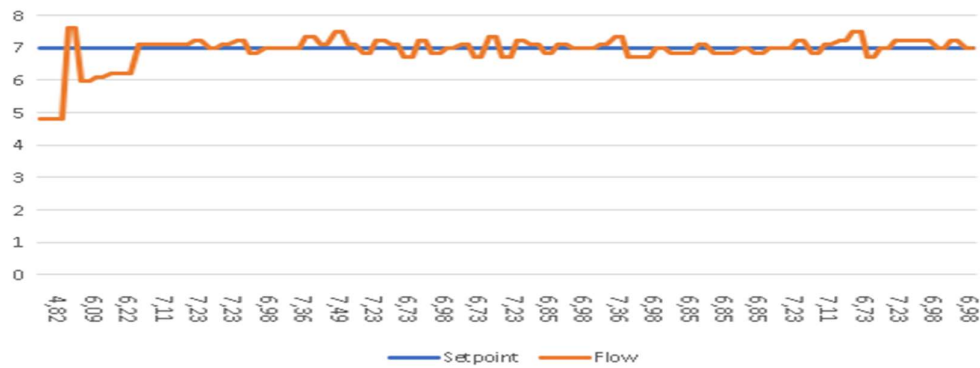
3.4. Pengujian Sistem Dengan PID Tuning Ziegler Nichols

Berikut beberapa percobaan yang dilakukan untuk mengetahui respon sistem setelah dilakukan tuning parameter PID. Respon yang didapatkan dapat dipergunakan untuk menggambarkan keberhasilan atau kegagalan sistem dalam proses pengendalian. Parameter yang dipakai adalah penentuan kestabilan berupa settling time dan kecepatan respon berupa rise time serta kegagalan jika terdapat overshoot yang terlalu tinggi.

Berikut adalah respon sistem saat diberikan nilai setpoint 5 liter/menit dan 7 liter/menit yang ditunjukkan pada gambar 5 dan gambar 6. Dari kedua grafik dapat menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan yaitu Ketika setting diberikan nilai 5 liter/menit maka sistem bekerja sehingga nilai aliran juga berada pada 5 liter/menit demikian halnya saat diberikan setting 7 liter/menit

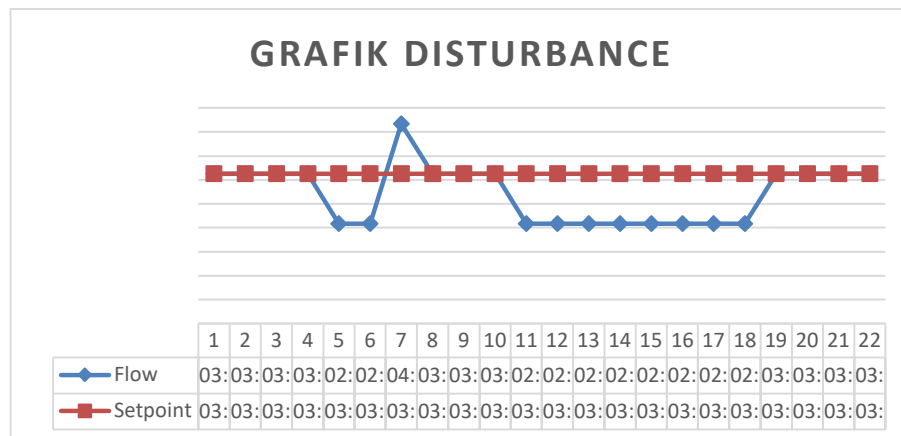


Gambar 5 Grafik respon saat setpoint 5 L/m



Gambar 6 Grafik respon saat setpoint 7 L/m

Dari kedua grafik respon didapatkan karakteristik respon hasil pengendalian berupa rise time sebesar 36 detik dan settling time sebesar 96 detik



Gambar 7. Grafik respon sistem dengan gangguan bukaan servo valve

Pengujian selanjutnya adalah dengan menggunakan uji gangguan yaitu dengan memberikan gangguan dengan mengubah posisi manual valve pada pipa input, yaitu dengan membuka manual valve ke kanan sebesar 45 derajat. Gangguan ini menyebabkan penurunan tiba-tiba dalam nilai flow, yang pada gilirannya mempengaruhi bukaan servo valve. Selanjutnya, dilakukan pengamatan terhadap perubahan nilai flow akibat gangguan tersebut, dan data hasil pengamatan dimasukkan ke dalam tabel. Berdasarkan hasil percobaan gangguan tersebut, data telah diolah dan dimasukkan ke dalam spreadsheet Excel untuk menghasilkan grafik yang menggambarkan hubungan antara nilai flow dan setpoint. Dari grafik 7, dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol mampu menjaga nilai flow yang stabil sesuai dengan setpoint yang ditentukan. Kontroler berupaya untuk mengatur servo valve agar nilai flow dapat naik kembali dan mencapai setpoint. Proses ini dilakukan oleh kontroler karena terjadi penurunan nilai flow dari 3 l/m menjadi 2 l/m, kemudian kembali naik menjadi 4 l/m. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai setpoint setelah gangguan adalah 42 detik, namun selama pemberian gangguan pada setpoint 3, sistem tidak mengalami osilasi

4. KESIMPULAN

Sistem pengendalian aliran menggunakan mikrokontroler dengan metode PID berbasis nirkabel berhasil diimplementasikan pada pipeline. Respons transienya menunjukkan waktu naik (rise time) sebesar 36 detik untuk setpoint 5, dan 96 detik untuk setpoint 7. Pengujian dengan adanya disturbance menunjukkan bahwa sistem pengendalian kembali ke setpoint dalam waktu 42 detik tanpa mengalami osilasi. Sistem monitoring dan kontrol melalui aplikasi Blynk dapat secara efektif membantu pengendalian aliran. Aplikasi ini mampu menampilkan nilai flow, posisi servo valve, setpoint, RSSI, dan SNR. Selain itu, pengguna dapat mengatur setpoint secara interaktif melalui aplikasi. Blynk juga memungkinkan tuning parameter PID secara online dengan menginputkan nilai Kp, Ki, dan Kd melalui aplikasi. Uji coba komunikasi menggunakan modul LORA RA-02 SX1278 pada perangkat pengirim dan penerima menunjukkan bahwa tidak ada keterlambatan pengiriman data selama proses komunikasi, asalkan tidak ada hambatan fisik yang mengganggu jarak komunikasi. Penggunaan Blynk sebagai monitor aliran fluida sangat mudah dalam hal konfigurasi dengan mikrokontroler. Kelebihannya terletak pada kemampuan untuk melakukan tuning parameter secara online dan nirkabel. Namun, kekurangan Blynk sebagai monitor adalah keterbatasan dalam menampilkan parameter seperti overshoot dan undershoot, hanya mampu menampilkan nilai rise time dan settling time.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih atas kesempatan dan penggunaan laboratorium instrumentasi oleh Politeknik Energi dan Mineral Akamigas sehingga penelitian ini dapat diselesaikan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. F. Roby, A. Soetedjo, and I. S. Faradisa, "Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air pada IPAL Tirtarona Tlogomas Kota Malang menggunakan IoT Berbasis LoRa," *Pros. SENIATI*, vol. 6, no. 1, pp. 33–41, 2022, doi: 10.36040/seniati.v6i1.4839.
- [2] Z. Jamal, "IMPLEMENTASI KENDALI PID PENALAAAN ZIEGLER-NICHOLS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER," 2015.
- [3] S. W. Tika¹, S. Baqaruzi, and A. Muhtar, "Perancangan Sistem Pemantauan dan Pengendalian Debit Air Menggunakan Kontrol PID," *J. ELECTRON*, vol. 2, no. 1, pp. 41–47, 2021.
- [4] A. R. Batong, P. Murdiyat, and A. H. Kurniawan, "Analisis Kelayakan LoRa Untuk Jaringan Komunikasi Sistem Monitoring Listrik Di Politeknik Negeri Samarinda," *PoliGrid*, vol. 1, no. 2, p. 55, 2020, doi: 10.46964/poligrigrid.v1i2.602.
- [5] R. Ratiandi Yacoub, B. Wibowo Sanjaya, F. Imansyah, J. Marpaung, and Roberto, "Analisis Radio Transceiver Pada Lampu Jalan Dengan Sistem Modul Ra-02 Frekuensi 433 Mhz," vol. 02, pp. 1–10, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/48386>
- [6] A. Yanziah, S. Soim, and M. M. Rose, "Analisis Jarak Jangkauan Lora Dengan Parameter Rssi Dan Packet Loss Pada Area Urban," *J. Teknol. Technoscintia*, vol. 13, no. 1, pp. 27–34, 2020.
- [7] M. Alhasan, "Implementasi Wireless Sensor Network sebagai Pendeteksi Kebakaran Berbasis Lora," *Progr. Stud. Strat. 1 Tek. Elektro Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Jember*, no. 2019-08–19, pp. 1–82, 2019.

- [8] S. A. Altone, *Glow discharges and tokamaks*.
- [9] M. A. Johnson *et al.*, *PID control: New identification and design methods*. 2005. doi: 10.1007/1-84628-148-2.