



Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC Pompa Hisap

Kamarudin¹, Louise Jerry Closse², March Michael³, dan Masyogi Waluyo⁴

Politeknik Negeri Batam

Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Instrumentasi

Parkway Street, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

E-mail: kamarudin@polibatam.ac.id,

Abstrak

Perkembangan teknologi saat ini mendorong inovasi dalam mengoptimalkan kinerja pompa air untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Metode kontrol PID (*Proportional Integral Derivative*) telah banyak digunakan untuk meningkatkan efisiensi pompa air. Sebuah ide baru diusulkan dalam penelitian ini, yakni "Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC Pompa Hisap" dengan implementasi PID yang dapat diakses melalui aplikasi *smartphone*. Sensor *flow* digunakan sebagai *feedback* untuk memastikan keluaran air sesuai dengan *setpoint* yang ditentukan. Pengujian sensor *flow* dilakukan dengan menggunakan *flow* meter K24 sebagai pembanding. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi yang baik, dengan beberapa aliran memerlukan perhatian lebih lanjut untuk meningkatkan presisi karena berdasarkan pengujian nilai *error* sensor memiliki rentang 0 sampai 8,3%. Respon sistem terhadap *setpoint* menunjukkan *risetime* yang moderat dan *Overshoot* yang signifikan pada beberapa kasus. Penyesuaian diperlukan untuk meningkatkan waktu *settling* dan mengurangi *Overshoot* guna meningkatkan kinerja sistem kontrol. Aplikasi *smartphone* memberikan fleksibilitas dan kemudahan akses, memungkinkan kontrol yang efisien dan efektif terhadap pompa air. Keseluruhan, sistem ini menawarkan solusi yang dapat diandalkan dan nyaman dalam memenuhi kebutuhan air bersih dengan kontrol yang presisi.

Kata kunci: Pompa Air, Motor DC, PID (*Proportional Integral Derivative*), Sensor Flow

Abstract

Current technological developments encourage innovation in optimizing water pump performance to meet clean water needs. The PID (Proportional Integral Derivative) control method has been widely used to increase the efficiency of water pumps. A new idea is proposed in this research, namely "Suction Pump DC Motor Speed Control System" with PID implementation which can be accessed via a smartphone application. The flow sensor is used as feedback to ensure the water output is in accordance with the specified setpoint. Flow sensor testing was carried out using a K24 flow meter as a comparison. Test results show a good level of accuracy, with some flows requiring further attention to improve precision because based on testing the sensor error value has a range of 0 to 8.3%. The system response to setpoint shows moderate risetime and significant Overshoot in some cases. Adjustments are needed to increase settling time and reduce Overshoot to improve control system performance. The smartphone app provides flexibility and ease of access, enabling efficient and effective control of the water pump. Overall, this system offers a reliable and convenient solution for meeting clean water needs with precise control.

Keywords : Water Pump, DC Motor, PID (*Proportional Integral Derivative*), Flow Sensor

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini mendorong manusia untuk terus berpikir kreatif dalam rangka memaksimalkan kinerja teknologi yang ada dengan tujuan memudahkan pekerjaan manusia dalam kehidupan sehari-hari seperti mengontrol kecepatan pompa air. Pompa air adalah alat yang digunakan manusia sebagai alat distribusi air dari suatu tempat ke tempat lain, dengan menggunakan pipa sebagai medianya dengan cara mendorong atau menghisap air yang berlangsung secara terus menerus [1]. Pada saat ini manusia menjadi sangat membutuhkan mesin

pompa air untuk mempermudah memenuhi kebutuhan air bersih.

Pada penggunaan pompa air terkadang volume air yang keluar pada keran air tidak sama volumenya dengan volume air yang seharusnya dikeluarkan dikarenakan melemahnya kecepatan air pada saat air melewati pipa yang panjang sehingga jumlah air yang keluar pada keran berbeda dengan yang seharusnya. Pada umumnya salah satu metode kontrol yang sering digunakan untuk mengendalikan sebuah motor biasanya menggunakan metode PID (*Proportional Integral Derivative*). Dengan menggunakan metode PID dapat memudahkan dalam mengontrol pompa air

agar lebih efisien dan mudah.

Sudah banyak produk pengembangan yang sudah dibuat untuk mengatasi hal tersebut salah satunya adalah “Sistem Kontrol Kecepatan Aliran Keluaran Tangki Air Menggunakan Kontroler PID Dilengkapi Sistem Monitoring Berbasis IoT” yang menggunakan *ball valve electric* sebagai *feedback* pada sistem kontrolnya dan menggunakan *website* sebagai alat untuk monitoring air yang keluar dari pompa [2].

Oleh karena itu terciptalah ide agar sistem lebih efisien, yaitu “Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC Pompa Hisap” sebagai alat yang digunakan untuk kontrol kecepatan motor dengan kontrol PID yang menggunakan aplikasi *smartphone* sebagai pengontrol dari *setpoint* PID. Pada sistem ini menggunakan sensor *flow* sebagai *feedback* untuk memastikan air yang keluar melewati keran air sesuai dengan nilai *setpoint* yang sudah ditentukan dan membaca volume aliran air dengan tepat dan akurat.

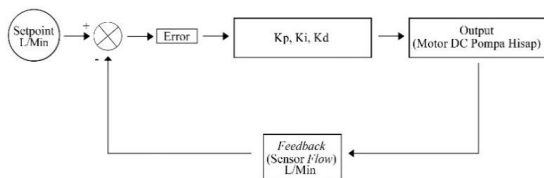
1. Dasar Teori

2.1 Mikrokontroler

“Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC Pompa Hisap” bekerja dengan menggunakan mikrokontroler *Nodemcu ESP8266*. Mikrokontroler pada sistem ini berfungsi untuk menerima data dari aplikasi dan mengirim data ke pompa kemudian menghitung debit air dari sensor *flow* kemudian menampilkan nilai data pada LCD. Penggunaan mikrokontroler ESP8266 sebagai komunikasi untuk otomasi dan kontrol peralatan elektronik jarak jauh via internet yang pernah dilakukan oleh Taryana Suryana dkk dimana mikrokontroler digunakan untuk komunikasi *web server nodemcu ESP8266* dan *web server Apache MYSQL* [3].

2.2 Sistem Kontrol

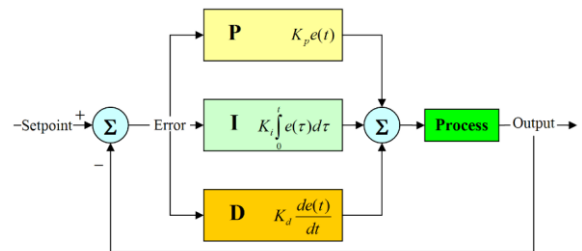
Sistem kontrol pada proyek ini menggunakan metode kontrol PID dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kontroler PID

Dengan memberi nilai *setpoint* dan nilai PID akan mengontrol *output* yaitu pompa air motor DC dengan menaikkan dan menurunkan kecepatan motor agar sesuai dengan *setpoint*. Dengan adanya *feedback* yaitu sensor *flow* akan mengontrol kestabilan *volume* air pada PID. Pada kontroler PID metode yang digunakan untuk mencari nilai parameter *Kp*, *Ki*, dan *Kd* adalah metode *trial and error*. PID merupakan kontroler untuk menentukan presisi dalam suatu sistem dengan

karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut yang terdiri dari 3 cara pengaturan yaitu kontrol *P* (*Proportional*) *I* (*Integral*) *D* (*Derivative*). Rumus umum kontrol PID dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rumus Umum PID Kontrol

Alfrino Andreas dkk pernah membuat sebuah sistem kontrol kecepatan motor pompa air dc menggunakan metode kontrol *PID-CSA* berdasarkan debit air [4]. Sistem pemantauan dan pengontrolan debit air menggunakan metode kontrol PID yang pernah dibuat oleh Shovyana Wulan Tika dkk [5]. Pada situs resmi *University of Michigan* terdapat sebuah introduksi yang mengenalkan desain kontroler PID [6].

2.3 Aplikasi

Penggunaan aplikasi pada proyek ini akan dibuat menggunakan *software Android Studio*. Fungsi dari aplikasi tersebut adalah sebagai alat untuk memasukkan nilai *setpoint* sesuai dengan keinginan pengguna dan mengontrol sensitivitas sensor *flow* untuk menghidupkan pompa air. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam membuat aplikasi ini adalah bahasa *java*. Aplikasi akan terhubung dengan *firebase* secara *realtime* dan terhubung pada ESP8266 secara *wireless* untuk mengontrol kecepatan pompa. Mohammad Arief Wicaksono dkk pernah melakukan penelitian komparasi perangkat lunak pengembang aplikasi *android* dengan metode *qualitative weight and sum* pada studi kasus aplikasi sudoku [7]. Penggunaan *firebase* pada aplikasi *android* pernah digunakan Wonohadidjojo dkk pada “Sistem Kontrol Jarak Jauh untuk Smart Home Melalui Aplikasi Android Menggunakan *NodeMCU* dan *firebase*” (Wonohadidjojo and Santoso, 2022). Penggunaan *firebase* pada aplikasi *android* pernah digunakan Wonohadidjojo dkk pada “Sistem Kontrol Jarak Jauh untuk *Smart Home* Melalui Aplikasi *Android* Menggunakan *NodeMCU* dan *firebase*” [8].

2.4 Sensor Flow

Sensor *flow* pada proyek ini digunakan untuk membaca kecepatan aliran air yang mengalir dari pompa air lalu melewati sensor *flow*. Sensor *flow* juga digunakan sebagai *feedback* pada sistem kontrol PID untuk memastikan nilai *setpoint* yang diberikan sesuai dengan output pada keluaran pompa air. Sensor *flow* yang digunakan pada proyek ini berjenis DN20 G3/4 Copper. Sensor *flow* atau sensor aliran air terdiri dari 2 bagian, rotor (bagian yang berputar) dan sensor *hall*

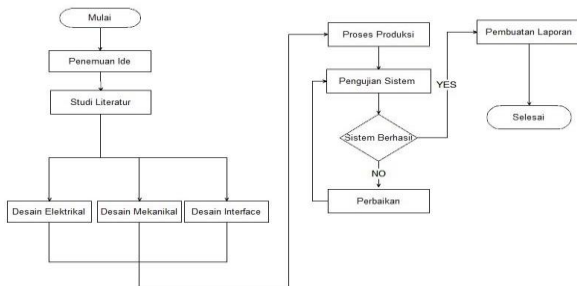
effect. Rotor akan berputar pada saat air mengalir melaluinya, kecepatan rotor akan bergantung pada kecepatan aliran air, sensor hall effect akan mengeluarkan sinyal pulsa sesuai dengan besarnya kecepatan aliran air. Prinsip kerja sensor *hall effect* pernah digunakan oleh Roni Sinaga dkk untuk pengontrol kecepatan motor DC menggunakan sensor hall berbasis mikrokontroler atmega8535 [9].

2.5 Aktuator

Aktuator pada “Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC Pompa Hisap” berupa pompa air DC 12V yang digunakan untuk mendistribusikan air dari tempat penyimpanan air ke rumah-rumah untuk dikonsumsi. Pompa air akan menyala ketika air yang lewat dari sensor *flow* sesuai dengan *setpoint* yang diberikan dan kecepatan dari pompa tersebut akan dapat diatur dengan menggunakan sistem kontrol metode PID. Pemakaian pompa air DC 12V pernah digunakan oleh Parwati Putra dkk pengendalian kecepatan motor pompa air DC 12V menggunakan kontroler PID dengan variasi *volume* air pada perkebunan hidroponik [10].

2. Metode

Pelaksanaan pembuatan “Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC Pompa Hisap” dapat dilihat pada gambar 3 yang menjelaskan secara umum urutan pelaksanaan kegiatan program.



Gambar 3. Flowchart Pelaksanaan

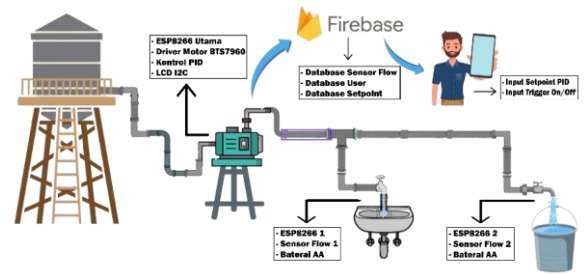
3.1 Perancangan Alat

Perancangan “Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC Pompa Hisap” terdiri dari perancangan cara kerja alat, perancangan sistem mekanikal, perancangan sistem elektrikal, perancangan sistem *interface* dan aplikasi.

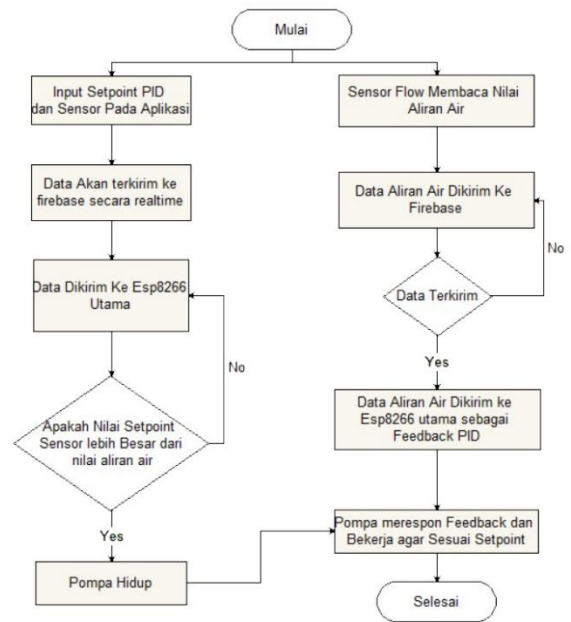
3.1.1 Perancangan Cara Kerja Alat

Perancangan cara kerja alat dimulai dari pengguna yang menggunakan aplikasi *smartphone* yang terhubung ke *firebase* kemudian data dikirim ke Esp8266 pada pompa kemudian pompa akan bekerja sesuai kontrol PID yang digunakan dengan *feedback* sesuai dengan nilai aliran air yang dibaca oleh sensor *flow* pada keran. Diagram alir alat dapat dilihat pada gambar 4 dan *flowchart* cara kerja alat dapat dilihat

pada gambar 5.



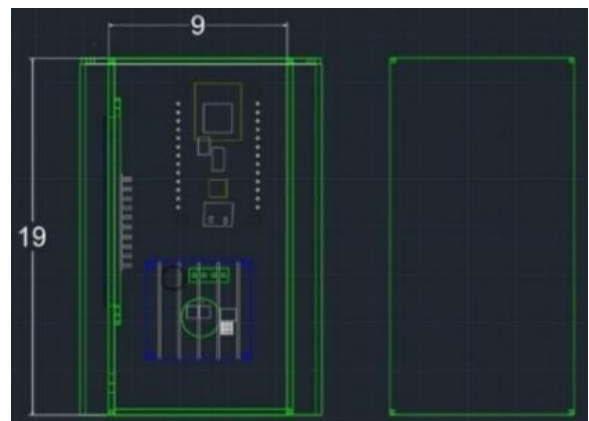
Gambar 4. Diagram Alir Alat



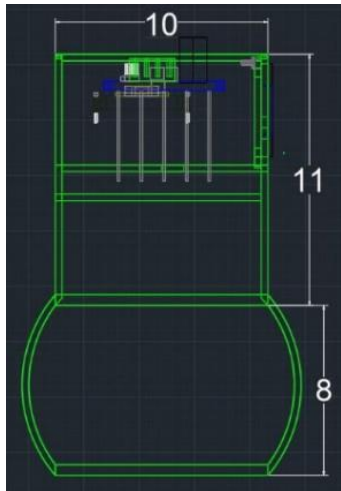
Gambar 5. Flowchart Cara Kerja Alat

3.1.2 Perancangan Sistem Mekanikal

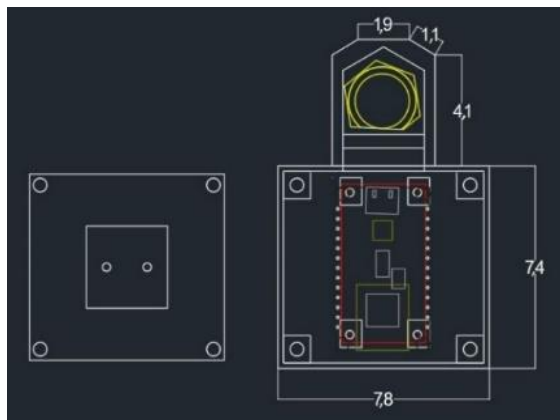
Desain mekanikal dibuat dengan menggunakan aplikasi *Autodesk Autocad* dimana bentuk alat terdiri dari *cover* dan dudukan pompa air motor DC dengan ukuran 19 x 19 x 9cm dan juga terdapat desain dudukan untuk sensor *flow* dengan ukuran 7,8 x 6,1 x 11,5cm. Desain mekanikal dapat dilihat pada gambar 6, 7, dan 8.



Gambar 6. Desain Mekanikal Cover Tampak Atas



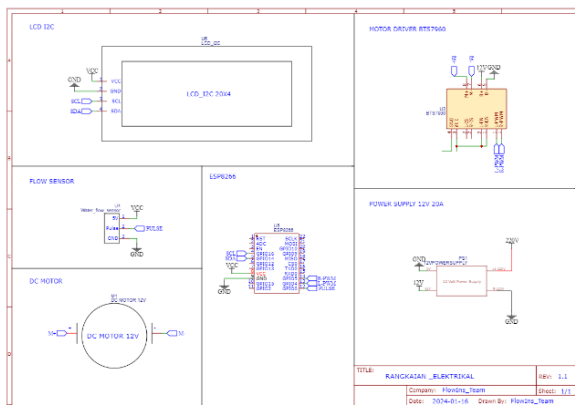
Gambar 7. Desain Mekanikal Cover Tampak Samping



Gambar 8. Desain Mekanikal Dudukan Sensor Flow

3.1.3 Perancangan Sistem Elektrikal

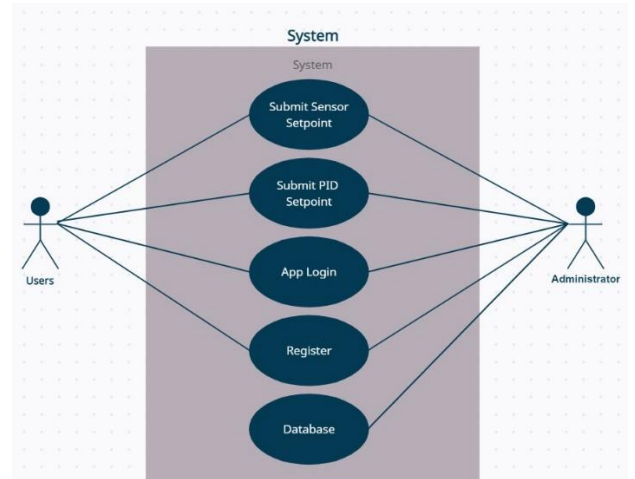
Desain elektrikal dirancang menggunakan aplikasi *EasyEDA* dimana komponen yang digunakan pada sistem yaitu ESP8266, Sensor *Flow*, LCD *oled*, pompa air motor DC, dan *driver motor bts7960* yang dirangkai sedemikian rupa. Perancangan sistem elektrikal dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Perancangan Sistem Elektrikal

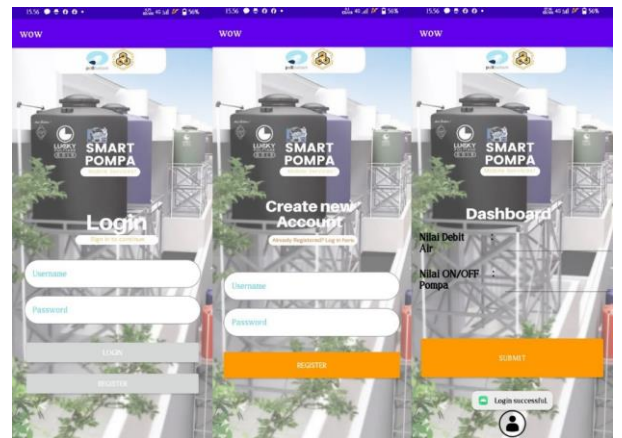
3.1.4 Perancangan Sistem Interface dan Aplikasi

Perancangan *usecase interface* dan aplikasi *smartphone* dibuat sesuai dengan fungsi aplikasi *smartphone* dan pihak – pihak yang mengoperasikan aplikasi. *Usecase* Perancangan Sistem *Interface* dan Aplikasi dapat dilihat pada gambar 10.



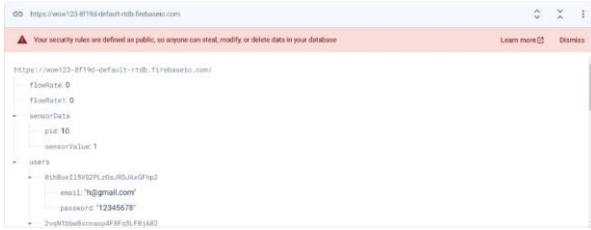
Gambar 10. *Usecase* Perancangan Sistem *Interface* dan Aplikasi

Desain *interface* aplikasi *smartphone* dirancang menggunakan aplikasi *Android Studio* yang menggambarkan bagaimana tampilan dan menu yang akan digunakan dalam aplikasi ponsel. *Interface* aplikasi *smartphone* dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. *Interface* Aplikasi *Smartphone*

Database aplikasi *smartphone* yang digunakan adalah *firebase*. *Firestore* digunakan untuk menyimpan data sensor *flow* yang dikirim esp pengirim 1 dan 2, dan juga untuk menerima data *setpoint* yang dikirim oleh aplikasi *smartphone* yang akan dikirim esp penerima pada pompa air. Database aplikasi *smartphone* dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Database Aplikasi Smartphone

3. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengujian Sensor Flow

Sensor *flow* diuji dengan cara menghubungkannya pada mikrokontroler dan *flow* meter sebagai alat pembanding, dan memasukan program ke dalam mikrokontroler. Sehingga dapat diketahui apakah sensor tersebut dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Kemudian pengujian pengukuran alat ini dengan menggunakan wadah sebagai penampung keluaran air dari sensor *flow* tersebut. Hasil perhitungan akan ditampilkan pada layar LCD. Pengujian sensor *flow* dilakukan untuk mengetahui tingkat keakurasian pembacaan sensor terhadap *flow rate* air yang terbaca pada *flow* meter sebagai alat pembanding serta persentase dari kesalahan (*error*) dengan membandingkan hasil pembacaan dengan *flow* meter. Berikut hasil pengujian sensor *flow* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Flow

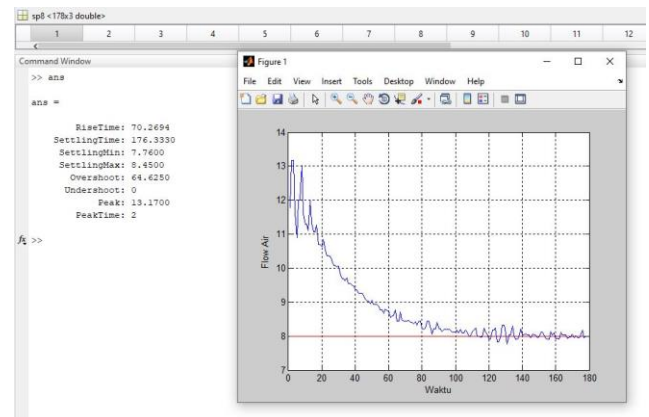
	Sensor Flow (L/Min)					
Percobaan 1	1,6	4,1	5,3	6,2	7,2	8,5
Percobaan 2	1,6	4,1	5,2	6,6	7,3	8,5
Percobaan 3	1,5	4,1	5,3	6,6	7,6	8,6
Percobaan 4	1,5	4,1	5,2	6,6	7,7	8,5
Percobaan 5	1,6	4,1	5,3	6,5	7,8	8,6
Percobaan 6	1,5	4,1	5,3	6,5	7,8	8,6
Percobaan 7	1,5	4,1	5,3	6,7	7,8	8,5
Percobaan 8	1,6	4,1	5,2	6,5	7,8	8,6
Percobaan 9	1,5	4,1	5,3	6,6	7,8	8,5
Percobaan 10	1,5	4,1	5,2	6,5	7,8	8,6
Percobaan 11	1,4	4,1	5,3	6,5	7,8	8,5
Percobaan 12	1,5	4,1	5,2	6,6	7,7	8,5
Percobaan 13	1,5	4,1	5,3	6,6	7,8	8,5
Percobaan 14	1,5	4,1	5,3	6,6	7,7	8,6
Percobaan 15	1,5	4,1	5,3	6,6	7,7	8,6

Percobaan 16	1,4	4,1	5,3	6,6	7,7	8,5
Percobaan 17	1,5	4,1	5,2	6,5	7,8	8,6
Percobaan 18	1,4	4,1	5,3	6,5	7,8	8,5
Percobaan 19	1,5	4,1	5,3	6,5	7,7	8,4
Percobaan 20	1,4	4,1	5,2	6,6	7,8	8,6
Rata-Rata (L/Min)	1,5	4,1	5,3	6,5	7,7	8,5
Flow Meter (L/Min)	1,5	4	5,1	6	7,4	8
Persentase Error (%)	0,0	2,5	3,9	8,3	4,1	6,3

4.2 Pengujian Kontrol Flow Rate Air PID

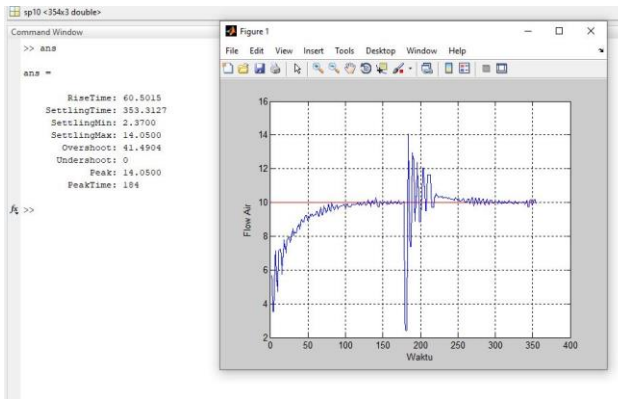
Pada pengujian kontrol *Flow Rate* air berbasis PID, metode *tuning* yang digunakan untuk PID adalah metode *trial* dan *error* dengan cara memasukan nilai parameter K_p , K_i , dan K_d secara manual, lalu diperhatikan grafik PID dan ambil data sebanyak yang diperlukan dan dari data-data tersebut diambil yang paling bagus berdasarkan *Risetime*, *Overshoot*, *Undershoot*, dan *SteadyState Time*.

Berikut merupakan hasil kontrol *Flow Rate* air menggunakan PID dengan *setpoint* 8 liter/menit dengan nilai $K_p = 9,6$ $K_i = 8,5$ $K_d = 1,2$ yang dapat dilihat pada gambar 13.



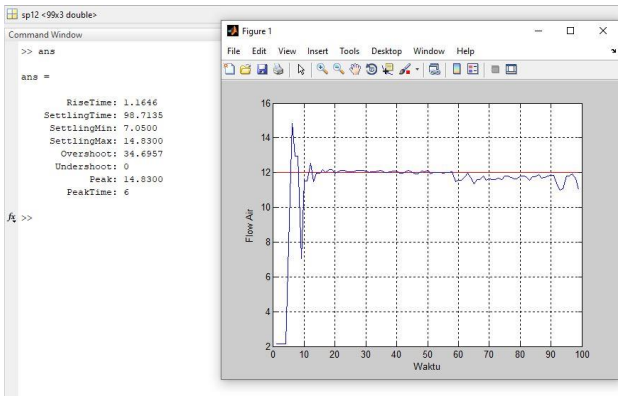
Gambar 13. Hasil Setpoint 8L/Min

Berikut merupakan hasil kontrol *Flow Rate* air menggunakan PID dengan *setpoint* 10 liter/menit dengan nilai $K_p = 9,6$ $K_i = 8,5$ $K_d = 1,2$ yang dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 14. Hasil *Setpoint* 10L/Min

Berikut merupakan hasil kontrol *Flow Rate* air menggunakan PID dengan *setpoint* 12 liter/menit dengan nilai $K_p = 9,6$ $K_i = 8,5$ $K_d = 1,2$ yang dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 15. Hasil *Setpoint* 12L/Min

4.3 Pengujian Aplikasi *Smartphone* dan *Database*

Berikut merupakan hasil pengujian aplikasi *smartphone* yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Aplikasi *Smartphone* dan *Database*

No	Pertanyaan	Keterangan	
		Ya	Tidak
1.	Apakah <i>Database</i> dapat bekerja secara <i>online</i> ?	✓	
2.	Apakah <i>Interface</i> dapat tersinkronkan dengan data yang terdapat di <i>Database</i> ?	✓	

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dari Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC Pompa Hisap, maka dapat disimpulkan:

1. Untuk menguji sensor *flow* diperlukan beberapa hal, *flow* meter sebagai pembanding yang berfungsi membandingkan apakah pembacaan sensor sudah

sesuai. Alat pembanding yang digunakan yaitu *flow* meter K24, *range* pengukuran *flow* air adalah 10 – 100 L/Min. Program sensor yang akurat juga diperlukan dalam pengujian sensor *flow*, program sensor *flow* dapat diambil pada datasheet yang sesuai dengan sensor yang digunakan. Pada data pengujian sensor *flow* pada Aliran 1 memiliki tingkat akurasi yang baik dengan persentase *error* 0,0%. Aliran 2 memiliki sedikit kesalahan sekitar 2,5%, namun masih dapat diterima. Aliran 3 dan 6 memiliki kesalahan yang relatif rendah sekitar 3,9% dan 6,3%, tetapi masih dalam batas toleransi. Aliran 4 memiliki persentase *error* yang agak tinggi sekitar 8,3%, perlu diperiksa lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi. Aliran 5 memiliki kesalahan sekitar 4,1%, perlu perhatian lebih lanjut. Secara keseluruhan, sensor *flow* menunjukkan kinerja yang baik, namun mungkin perlu kalibrasi atau peningkatan pada beberapa aliran untuk mengurangi kesalahan.

2. Hasil respon sistem pada *setpoint* 8 liter/menit memiliki *risetime* yang moderat. Waktu *settling* mungkin membutuhkan perbaikan untuk mencapai kestabilan lebih cepat. Terjadi *Overshoot* yang signifikan (64.6250%), yang dapat dianggap tinggi tergantung pada aplikasi dan persyaratan sistem. Tidak ada *undershoot* yang baik. Nilai puncak respon cukup tinggi (13,1700), yang menunjukkan respons yang kuat terhadap perubahan. Waktu mencapai nilai puncak relatif cepat (*PeakTime*: 2). Dengan demikian, perbaikan pada waktu *settling* dan mengurangi *Overshoot* mungkin dapat meningkatkan performa sistem kontrol.

3. Hasil respon sistem pada *setpoint* 10 liter/menit memiliki *risetime* yang relatif cepat. Waktu *settling* sangat tinggi, dan mungkin perlu diperbaiki untuk mencapai kestabilan lebih cepat. Terdapat *Overshoot* yang dapat diterima (41,4904%). Tidak ada *undershoot* yang positif. Nilai puncak respon cukup tinggi (14,0500), menunjukkan respon yang kuat terhadap perubahan. Waktu mencapai nilai puncak cukup lama (184 detik). Keseluruhan, sistem mungkin memerlukan penyesuaian lebih lanjut untuk mengurangi waktu *settling* dan memperbaiki performa keseluruhan.

4. Hasil respon sistem pada *setpoint* 12 liter/menit memiliki *risetime* yang sangat cepat. Waktu *settling* relatif moderat, menunjukkan bahwa sistem dapat mencapai kestabilan dalam waktu yang wajar. Terdapat *Overshoot* yang dapat diterima (34,6957%). Tidak ada *undershoot* yang positif. Nilai puncak respon cukup tinggi (14,8300), menunjukkan respons yang kuat terhadap perubahan. Waktu mencapai nilai puncak cukup cepat (6 unit waktu). Keseluruhan, sistem ini menunjukkan performa yang baik dengan *risetime* yang sangat cepat dan waktu *settling* yang moderat. *Overshoot* yang dapat diterima, dan tidak ada *undershoot*, juga menunjukkan respons yang stabil terhadap perubahan *setpoint*.

5. Penggunaan aplikasi *smartphone* untuk mengendalikan sistem kontrol motor DC pompa hisap berbasis PID memberikan fleksibilitas dan kemudahan akses. Respon kontrol cepat, kustomisasi *setpoint*, dan integrasi yang mudah merupakan keunggulan utama. Keseluruhan, aplikasi *smartphone* dapat memberikan penggunaan yang efisien, efektif, dan nyaman dalam mengelola dan mengontrol sistem kontrol motor DC pompa hisap.

Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535”, pp. 1-8.

[10] Parwati Putra, G. (2021). “Pengontrolan Kecepatan Motor Pompa Air DC 12V Menggunakan Kontroler PID dengan Variasi Debit Air Pada Perkebunan Hidroponik”, (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).

Daftar Pustaka

- [1] Faishol, M., Ismail, M. and Hapsari, J.P. (2022). “*Design and Build a Water Pump Protection Tool Using IoT (Internet Of Things) Based Water Flow Sensor*”. *Journal of Applied Science and Technology*, 2(02), pp. 16-27.
- [2] Nurma Aulia Tarmizi. *et al.* (2021). “Sistem Kontrol Kecepatan Aliran Keluaran Tangki Air Menggunakan Kontroler PID dilengkapi Sistem Monitoring Berbasis *Internet of Things*”. *Online. Available-at:*<http://elkolind.polinema.ac.id/index.php/elkolind/article/view/158>.
- [3] Suryana, T. (2021) “Implementasi Komunikasi *Web Server Nodemcu Esp8266* dan *Web Server Apache MySql* Untuk Otomatisasi Dan Kontrol Peralatan Elektronik Jarak Jauh Via Internet”, pp. 1-37.
- [4] Andreas, A. *et al.* (2020). “Kontrol Kecepatan Motor Pompa Air DC Menggunakan *PID-CSA* Berdasarkan Debit Air Berbasis Arduino”, *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, 1(01), pp. 1–14. *Online. Available at:* <https://doi.org/10.31328/jasee.v1i01.3>.
- [5] Tika, S.W., Baqaruzi, S. and Muhtar, A. (2021). “Perancangan Sistem Pemantauan dan Pengontrolan Debit Air Menggunakan Kontrol PID”. *ELECTRON: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 2(1), pp.41-47.
- [6] *University of Michigan. (2019). Introduction: PID Controller Design. Control TutorialsMatlab.*
- [7] Mohammad Arief Wicaksono. (2020) “Komparasi Perangkat Lunak pengembang Aplikasi *Android* dengan Metode *Qualitative Weight and Sum* Studi Kasus, Aplikasi Sudoku”, *Jurnal Resistor*. *Online. Available.*<http://jurnal.stikiindonesia.ac.id/index.php/jurnalresistor>.
- [8] Wonohadidjojo, D.M. and Santoso, H., 2022. “Sistem Kendali Jarak Jauh untuk *Smart Home* Melalui Aplikasi *Android* Menggunakan *NodeMCU* dan *Firebase*”. *Buletin Poltanesa*, 23(1)
- [9] Roni Sinaga. (2019). “Pengendali Kecepatan Motor DC Menggunakan Sensor *Hall Effect*