

Sistem Rancang Bangun Pendingin Otomatis Ruangan Pergudangan Menggunakan Pengendali PID dan SCADA

Saef Maulana^{1✉}, Yoedo Ageng Suryo²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 11-06-2024

Direvisi : 25-06-2024

Diterima : 28-06-2024

Kata Kunci:

Area pergudangan;
Dht11; Esp32; PID
kontrol; Scada Haiwell

Keywords :

Warehouse area,
Dht11,Esp32, PID control,
SCADA Haiwell

ABSTRAK

Seperti kita ketahui perkembangan teknologi masa kini jauh lebih pesat daripada era terdahulu. Khususnya dalam bidang sistem otomasi industri. Dengan semakin tumbuh pesatnya teknologi sekarang berfungsi untuk mempermudah pekerjaan manusia dengan mengontrol suatu system dengan otomatis. Artikel ini ditulis dengan metode perancangan dan pembuatan prototype system pendingin otomatis ruangan pergudangan menggunakan pengendali PID. Proses kerja dalam sistem ini yaitu untuk memonitoring suhu pada bagging pergudangan, system ini dikontrol menggunakan ESP32 dan pengendali sistemnya menggunakan PID sedangkan SCADA sebagai system monitoring dengan DHT11 sebagai sensor suhu dan juga dapat diakses melalui web. Hasil dari perancangan sistem ini berupa prototype dengan kontrol PID. Dimana konstanta yang ideal adalah $k_p=0.818$, $k_i=0.41$ dan $k_d=0.2$.

ABSTRACT

As we know, today's technological developments are much more rapid than in previous eras. Especially in the field of industrial automation systems. With the increasingly rapid growth of technology, it now functions to make human work easier by controlling a system automatically. This article was written using the method of designing and making a prototype of an automatic cooling system for a warehouse space using a PID controller. The work process in this system is to monitor the temperature in warehouse bagging, this system is controlled using ESP32 and the system controller uses PID while SCADA is the monitoring system with DHT11 as a temperature sensor and can also be accessed via the web. The results of designing this system are in the form of a prototype with PID control. Where the ideal constants are $k_p=0.818$, $k_i=0.41$ and $k_d=0.2$.

Corresponding Author :

Saef Maulana

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik, Indonesia

Jl. Sumatra No. 101, Mt. Malang, Randuagung, Gresik Regency 61121

Email : saefmaulana2706@gmail.com

PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi saat ini, sistem kendali merupakan suatu sistem yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari, mulai dari kendali suhu ruangan, kendali robot, dan lain sebagainya. Pada dasarnya sistem kendali dapat mempermudah kehidupan sehari-hari dan juga diharapkan dapat mempercepat proses secara stabil serta dapat mengurangi (mortal error) yang biasa dilakukan oleh manusia. Salah satu bentuk penerapan sistem pengatur suhu pendingin otomatis pada suatu ruangan.

Berdasarkan penelitian, sistem pendingin otomatis telah dibahas. Dari Oktavialdi 2023 dengan judul “ Prototype Sistem Pemantauan dan Pengendalian Suhu Cat Pada Proses Pengecatan Rangka Sepeda Motor Berbasis Internet of effects ”. Dari penelitian ini digunakan detector RTD PT100 dan detector Ds18B20 sebagai input. Dalam penelitian ini memiliki keunggulan monitoring yang dapat dipantau lewat android. Pada penelitian Susanto et al., 2021 dengan judul “ Rancang Bangun Prototipe Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembapan Gudang Berbasis SCADA ”. Pada penelitian ini digunakan input detector Aht10 yang menggunakan PLC outseal dengan pengontrol PID dan dilengkapi dengan SCADA.

Dalam penelitian Elektro et al., n.d. dengan judul “ Sistem pemantauan dan pengendalian suhu pada inkubator penetasan telur berbasis PID ”. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang alat penetas telur otomatis yang dapat meningkatkan hasil respon suhu inkubator dengan menggunakan pengontrol PID. Pada penelitian Rachmawan et al., 2021 yang berjudul “ implementasi metode PID pada space cooler panel inverter berbasis Arduino ”. Sistem ini dirancang dengan menggunakan metode PID untuk mempercepat respon sistem agar mencapai set point suhu yang telah diatur sebesar 27°C. Dalam penelitian perancangan sistem PID Simanullang et al., 2017 pengontrol ketinggian air berbasis modbus/ tcp- lcu dan knot pengontrol lapangan industri – rtu. Pada penelitian ini dibuat sistem kendali ketinggian air dengan menggunakan sistem kendali PID dan mengintegrasikan dua teknologi berbasis industri yang berbeda yaitu Local Control Unit(LCU) dari Advantech dan Remote Terminal Unit(RTU) dari Yokogawa.

Pada penelitian Ramadhan & Wildan tahun 2016, mereka merancang pengontrol suhu ruangan dengan metode PID. Pada penelitian ini sistem kendali suhu yang diimplementasikan memakai board Arduino dan LabVIEW. Pada sistem pengatur suhu ini digunakan detector suhu LM35. Dalam penelitian ini memiliki keunggulan sudah terhubung dengan software LabView.

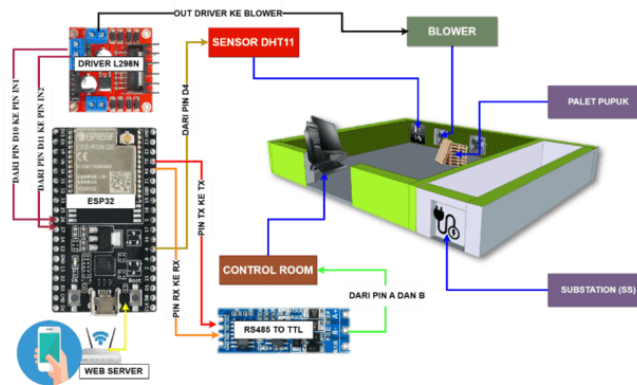
Berdasarkan latar belakang diatas peneliti ingin melakukan inovasi ialah membuat perancangan sistem pendingin otomatis ruang gudang dengan menggunakan pengontrol PID karena suhu pada gudang yang tinggi. Fungsi utama Esp32 adalah pengontrolnya. Secara tampilan menggunakan Haiwell Scada dan webserver serta pengontrol sistemnya menggunakan PID. Pada bagian input digunakan detector DHT 11. Dalam penelitian ini diharapkan dapat mengatasi latar belakang permasalahan di atas dan melengkapi penelitian sebelumnya.

METODE PENELITIAN

Setelah alat yang dibuat selesai, langkah selanjutnya adalah menguji alat tersebut. Pada pengujian alat ini dilakukan beberapa item yang dianalisis antara lain pengujian sensor DHT11, pengujian driver motor L298N, pengujian PID, pengujian web server, dan pengujian SCADA. Berikut data hasil pengujian pada alat sistem. Pada penelitian ini menggunakan metode PID kontrol.

Perancangan sistem

Pada tahap perancangan perangkat system ini akan dijelaskan komponen yang akan digunakan dalam alat tersebut. Dalam proses perancangan pendingin otomatis ruangan pergudangan menggunakan pengendali PID kemudian menggunakan beberapa komponen pendukung diantaranya ESP32 sebagai kontroler beserta PID, DHT11 digunakan input proses, dan Motor dc sebagai outputnya (kurniawan adris, 2014), (Pratomo et al., 2013), (Iqbal, n.d.). Pada motor dc menggunakan driver L298n (Romney & Steinbart, 2018). Untuk system monitoring menggunakan software Haiwell Cloud Scada (PT. Canindo Daya Elekrika, 2023) terhubung dengan rs485 sebagai komunikasi Modbus dengan Scada (Juanda, 2009), (By Alldatasheetcom, 2023). Pada web server menggunakan sistem ap point (Helen, n.d.), (Indra & Warman & Zahni, 2013). Perancangan system ini yaitu dengan merakit komponen serta memprogram system sehingga system dapat bekerja sesuai dengan fungsi. Secara garis besar desain perancangan system sebagai berikut.



Gambar 1 Wiring I/O perancangan system.

Di bawah ini adalah tata letak pin pada sistem di atas :

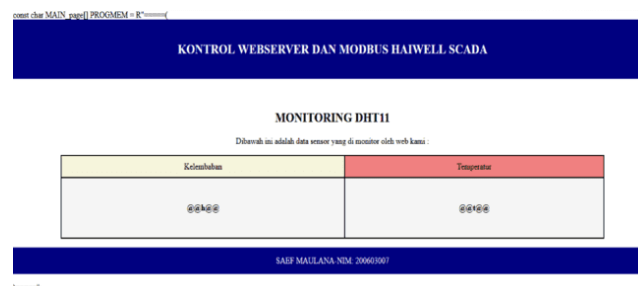
Tabel 1. Tata Letak Pin

Nama	Pin Out Esp32
Dht 11	D4
Driver L298n	D10,D11
Rs 485	Rx,Tx
Power Supply	5v
Motor Dc	Out Driver L298n

Pada artikel ini juga dilengkapi beberapa fitur SCADA dan Webserver sebagai berikut :

Tampilan Webserver

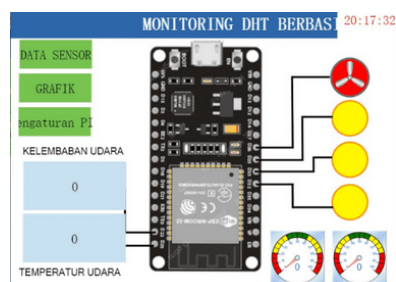
Dalam tampilan pada web (2021; Telkomunikasi, 2020) ratomo et al., 2013) memiliki beberapa data yang dapat di monitoring . Diantaranya adalah nilai kelembaban dan temperature secara real time. Nilai pada sensor di web sudah auto refresh dengan keadaan nyata.



Gambar 2. Tampilan Webserver

Tampilan SCADA

Pada tampilan SCADA memiliki beberapa fitur diantaranya adalah menu utama, data report, grafik dan pengaturan PID.



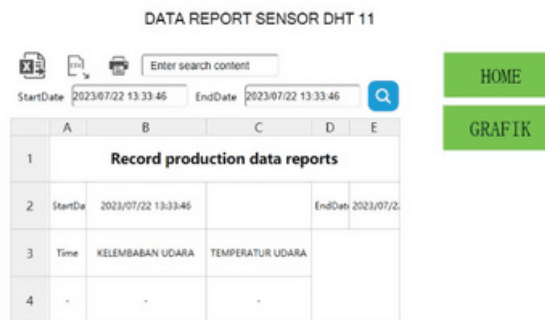
Gambar 3. Tampilan menu utama

Menu Utama

Menu utama merupakan bagian dari layar SCADA yang berfungsi sebagai bagian dari layar utama. Menu ini memiliki beberapa fungsi. Ini adalah tombol popup, laporan popup dan pengaturan PID popup.

Data Report

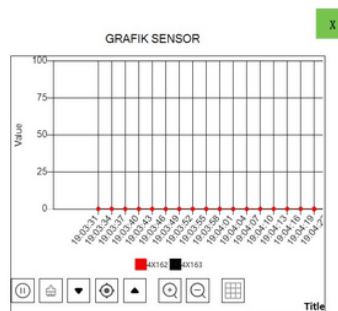
Layar laporan adalah berupa bagaian yang menunjukkan kejadian sistem secara real time dari awal sistem hingga akhir operasi. Pada menu ini dapat disimpan dalam format PDF, XLS atau CSV. Informasi yang dibaca dari laporan tersebut adalah suhu dan kelembaban udara dari sensor DHT11.



Gambar 4. Data report

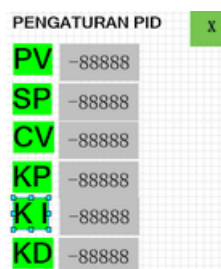
Grafik

Tampilan grafis juga merupakan suatu bagian yang menunjukkan proses naik turunnya suatu objek yang ditunjuk dalam bentuk fluktuasi garis, dengan adanya tampilan grafis memberi kesan lebih terinci lagi untuk melihat perubahan temperature dan kelembaban suhu pada tiap detik, menit, maupun jam. Pada Grafik warna merah adalah grafik temperatur sedangkan warna hitam adalah kelembaban pada sensor dht11.



Gambar 5. Grafik

Pengaturan PID



Gambar 6. Pengaturan Pid

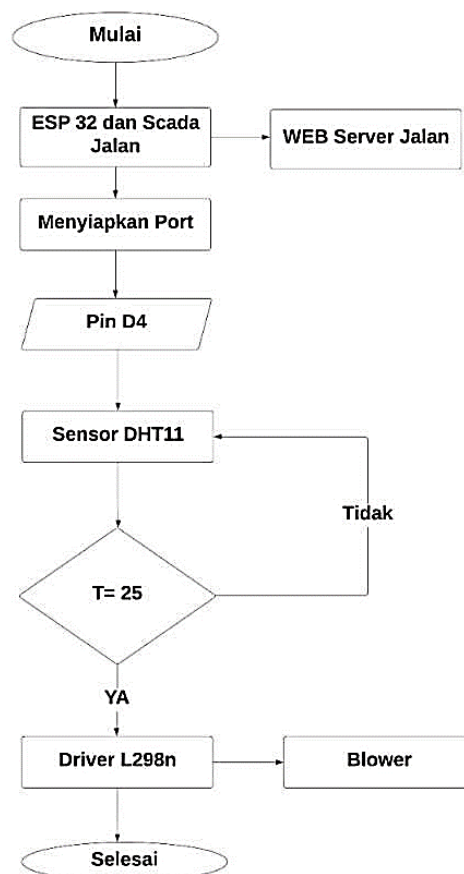
Pada tampilan ini juga menampilkan pengaturan PID. Dalam tampilan ini terdapat 3 jenis data yang ditampilkan antara lain adalah PV, SP dan CV. Pengertian PV tersendiri merupakan nilai input sensor sebelum memasuki pengendali PID. Sp merupakan nilai set yang diatur sebagai acuan pada pengendali PID supaya terjadi kestabilan pada output. Cv adalah nilai output setelah melalui pengendali PID berupa nilai frekuensi.

Desain Alur Sistem Kerja Alat

Diagram alur system adalah suatu dari urutan instruksi berjalannya system program alat pada suatu rancangan. Arti dari fungsi diagram alur yang bisa memberikan suatu gambaran secara jelas serta berurutan kerja dari alur system alat yang sudah dibuat. Penjelasan alur system alat dapat dilihat dari gambar 7. cara kerja sistem ini terpusat pada ESP32 dan SCADA sebagai pengendali terpusat. Dalam diagram alur tersebut dimulai dari ESP32 dan SCADA Ketika on. Saat sensor DHT11 menyala yang terhubung pada pin D4, maka akan menyalakan kecepatan driver motor L298n yang dikontrol melalui PID.

$$mv(t) = Kp \left(e(t) + \frac{1}{Ti} \int_0^1 e(t) dt + Td \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (1)$$

Dalam perhitungan dan proses menyalakan pada input serta output bisa terpantau secara realtime dan dapat juga dipantau melalui web.



Gambar 7. Flowchart alur sistem kerja

Pada gambar 7, alur kerja alat dimulai Esp32 dan SCADA beserta webserver jalan. Kemudian menyiapkan port pin d4 yang terhubung pada pin out sensor dht11. Setelah itu data sensor dht11 diolah dengan pengendali PID berupa suhu. Jika suhu mencapai setpoint sebesar 25 maka akan mengubah kecepatan driver l298n yang menggerakkan blower/kipas. Sebaliknya jika suhu melebihi 25 maka driver l298n menjadi berhenti.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 8. Prototype sistem

Setelah alat yang dibuat selesai, langkah selanjutnya adalah menguji alat tersebut. Pada pengujian alat ini dilakukan beberapa item yang dianalisis antara lain pengujian sensor DHT11, pengujian driver motor L298N, pengujian PID, pengujian web server, dan pengujian SCADA. Berikut data hasil pengujian pada alat sistem rancang bangun pendingin otomatis ruangan perdagangan menggunakan pengendali pid.

Pengujian Sensor Dht 1



Gambar 9. Pengujian sensor dht11

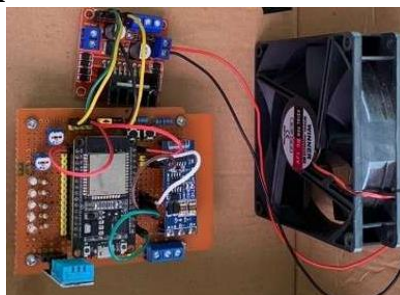
Pada tahap pengujian pertama adalah menguji data sensor DHT11 . Pada tahap ini hal yang di uji adalah suhu sensor DHT11. Di bawah ini adalah data pengujian suhu sensor DHT11.

Tabel 2. Pengujian sensor dht11

NO	Tanggal	Data Suhu	Data Aktual Suhu	Error Suhu
1.	14/05/2024	30.90°C	31.00°C	0.30°C
2.	15/05/2024	40.00°C	40.50°C	0.50°C
3.	16/05/2024	40.10°C	40.20°C	0.10°C

Pengujian sensor DHT 11 di lakukan dengan memasang sensor tersebut pada prototype system ini. Pengujian sensor ini di lakukan 3 kali . Pada tanggal 14/05/2024 data suhu sensor DHT 11 terdapat selisih dengan suhu actual sebesar 0.30°C. Pada pengujian kedua juga terdapat selisih antara data suhu sensor Dht 11 dan data suhu actual sebesar 0.50°C. Pada pengujian ketiga juga terdapat selisih antara data suhu Dht11 dengan data aktual suhu sebesar 0.10°C. Hal yang mempengaruhi terjadinya perbedaan nilai adalah pada sensor dht 11 pada saat perubahan nilai karena sensor tersebut memerlukan waktu tunda sehingga data yang dihasilkan sedikit berbeda.

Pengujian Driver Motor L298n



Gambar 10. Pengujian driver motor L298n

Pada tahap pengujian pertama adalah menguji data driver motor L298n . Pada tahap ini hal yang di uji adalah PWM dan kondisi motor. Di bawah ini adalah data pengujian tersebut.

Tabel 3. Pengujian driver motor l298n

PWM	Kondisi kecepatan motor
0	Berhenti
125	Sedang
255	Cepat

Pengujian driver L298n ini berfungsi menguji kecepatan motor atau kipas pada sistem ini. Pada kondisi pwm bernilai 0 kondisi motor adalah berhenti. Pada kondisi pwm 125 kondisi motor dengan kecepatan sedang. Pada pwm 255 maka kondisi motor adalah cepat. Semakin besar kecepatan motor maka semakin besar juga nilai pwmnya. Hal tersebut di pengaruhi oleh nilai tegangan dan frekuensinya.

Pengujian Pid

Di pengujian yang keempat ialah pengujian pid. pengujian tersebut merupakan pengujian parameter dan respon kontrol pid. Langkah awal pengujian pid adalah melakukan perhitungan parameternya yaitu :

Diketahui

$L=2,3$ cm

$T=1,2$ cm

Maka waktu sebenarnya adalah $= \frac{t_{RT}}{t_{Arduino}} = \frac{18,7}{9} = 0,64$ s (2)

Sehingga dihasilkan data parameter berikut :

Tabel 4. Data perhitungan parameter

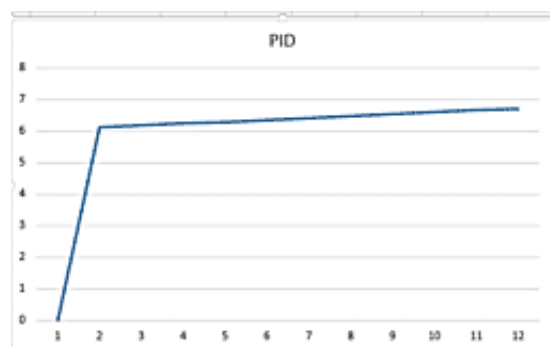
Lrt	Trt	KP	KI	KD
1,472 cm	0,788 cm	0.818	0.41	0.2

Dibawah ini adalah tabel hasil pengujian

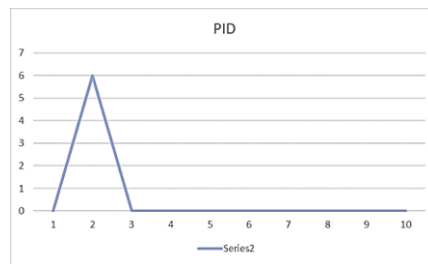
Tabel 5. Pengujian Pid

Percobaan	Nilai konstanta			PV	Set point	CV
	KP	KI	KD			
1	0.818	0.41	0.2	24.589	25.00	6.12
2	0.818	0.41	0.2	31.00	31.00	8.184

Dalam pengujian data tersebut menghasilkan gambar dibawah ini.

**Gambar 11. Pengujian PID1**

Pada gambar 11 merupakan hasil pengujian pid dengan $k_p=0.1$, $k_i=0.41$, $k_d=0.2$, $p_v=24,589$ dan set point=25. Pada parameter ini terlihat stabilartinya terjadi kesesuaian antara sistem dengan metode yang di gunakan jika PV tidak melebihi set point. Dalam grafik tersebut terlihat jika kecepatan blower atau kipas stabil dengan rata rata nilai cv sebesar 6.12.



Gambar 12. Pengujian PID 2

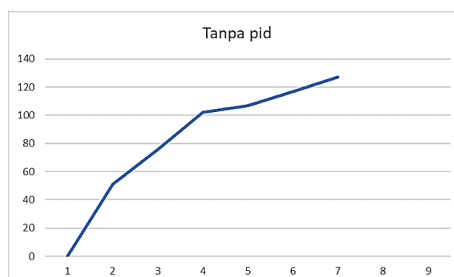
Pada gambar 11 merupakan hasil pengujian pid dengan $k_p=0.1$, $k_i=0.41$, $k_d=0.2$, $p_v=25$ dan set point=25. Pada hasil pengukuran ini grafik awal terlihat naik kemudian turun menjadi 0 dengan stabil. Pada saat antara nilai PV sama dengan Setpoint atau P_v melebihi set point maka nilai CV akan 0 artinya kipas akan berhenti.

Tanpa PID

Sebagai perbandingan maka akan ditampilkan data sistem jika tanpa menggunakan metode pid. Dibawah ini adalah tabel pengujian sistem tanpa pid.

Tabel 6. Pengujian tanpa pid

No	Nilai temperatur	Output Pwm
1.	0	0
2.	10	51
3.	15	76
4.	20	102
5.	21	107
6.	23	117
7.	25	127



Gambar 13. Pengujian tanpa pid

Pada program tanpa pid nilai output cenderung relative naik artinya tidak ada respon umpan balik yang di proses lagi. Selain itu terjadi respon yang lambat pada saat perubahan data antara input dan outputnya. Tingkat ke eroran juga tidak terkoreksi sehingga tidak ada kemampuan kompensasi gangguan sistem secara eksternal

Pengujian Web Server



Gambar 14. Pengujian Web Server

Tabel 7. Hasil Pengujian webserver

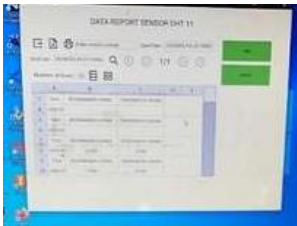
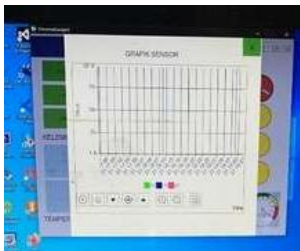
NO	Jenis Pengujian	Kesesuaian		Keterangan
		Ya	Tidak	
1.	Kelembaban	√	-	Sesaa
2.	Suhu	√	-	Sesuai

Di pengujian yang ke-empat ialah pengujian webserver . Pengujian tersebut meliputi pengujian data sensor kelembaban temperature pada dht 11. Pada pengujian ini dari data tabel datas sudah sesuai fungsi dan dapat memunculkan data secara real time. Pada proses pembacaan data sensor tersebut sudah auto refresh otomatis .Artinya server tidak perlu melakukan reload web dan secara manual. Web server pada sistem ini menggunakan jenis ap point . Artinya esp32 sebagai pemancar dan pengontrol sistem

Pengujian Scada

Pengujian selanjutnya adalah pengujian scada. Pada pengujian ini dilakukan 4 kali pengujian tampilan yaitu tampilan menu utama , tampilan data reprot , tampilan grafik dan tampilan pengaturan PID. Pada tabel 8 merupakan hasil yang telah di uji scada .

Tabel 8. Hasil pengujian SCADA

NO	Jenis Pengujian	Kesesuaian		Keterangan
		Ya	Tidak	
1.	Tampilan menu utama	√	-	Pada tampilan menu utama sudah sesuai fungsi .dari point point yang sudah di tampilkan sudah bekerja sesuai kerja program pada hardware.Dapat di lihat dari pemunculan nilai sensor , menu pop dan indikator yang lain
				
	Gambar 15.Menu utama			
2.	Tampilan data report	√	-	Pada tampilan data report sudah sesuai fungsi artinya data hasil pembacaan sistem sudah dapat tersimpan dan muncul dalam tabel dan tersimpan dalam bentuk excel Hasil data report ini muncul nilai input berupa suhu sensor dht dan nilai pwm .
				
	Gambar 16.Data report			
3.	Tampilan grafik	√	-	Pada hasil pengujian tampilan grafik sudah sesuai prinsip. Terlihat pada gambar tampilan grafik sudah muncul grafik data input set point dan output per detik.
				
	Gambar 17. Grafik			
4.	Tampilan pengaturan pid	√	-	Pada hasil pngujian pengaturan pid sudah sesuai prinsipnya .Dalam pengujian ini



Gambar 18. Pengaturan PID

merupakan tampilan pengaturan nilai parameter pada pid. Pada gambar tersebut sudah memunculkan nilai pv, sp, cv kp, ki, kd sesuai program dalam sistem ini.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian penelitian dengan judul” sistem rancang bangun pendingin otomatis ruangan pergudangan menggunakan pengendali pid dan SCADA” berjalan dengan baik antara prototype dan metode pid control. Sistem ini mampu mengatur keadaan blower sesuai keadaan suhu dengan ditampilkan pada scada maupun webserver secara ap point. Apabila suhu pv melebihi set point pada control pid nya maka kipas atau blower akan off. Dari beberapa pengujian parameter pid nilai konstanta yang ideal adalah $k_p=0.818$, $k_i=0.41$ dan $k_d=0.2$. Hal tersebut terpengaruh karena pembacaan inputnya sensor dht 11 berupa sensor digital yang pembacaan dan perubahan data memerlukan waktu tunda.

Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas untuk mengembangkan penelitian pid lebih baik menggunakan inputan berupa sensor analog karena tidak membutuhkan waktu tunda pada perubahan nilainya ketika ada respon.

REFERENSI

- By Alldatasheetcom, P. . L298 Stmicroelectronics | Alldatasheet. https://www.alldatasheet.com/view.jsp?searchword=datasheet&datasheet&gad_source=1&gclid=Cjwkaia512tbhbtewadsxjx_Z_Fdkmlntuhimy8rfktptgtqdrzvlvl4ct94xcycwra6c0wosaw1xocfcmqavd_Bwe
- Elektro, S. T., Teknik, F., Surabaya, U. N., Elektro, D. T., Teknik, F., & Surabaya, U. N. (N.D.). Sistem Monitoring Dan Pengontrolan Temperatur Pada Inkubator Penetas Telur Berbasis Pid Sofyan Shafiudin Nur Kholis Abstrak.
- Helen. (N.D.). Rs485 Wiring, Communication And Difference With Rs232. Shandong Renke Control Technology Co.,Ltd. Retrieved December 21, 2023, From <https://www.renkeer.com/what-is-rs485/>
- Kurniawan Adris. Rancangan Bangun Sistem Pengendalian Suhu Pada Inkubator Bayi Berbasis Andris Kurniawan Bambang Suprianto Abstrak. Jurnal Universitas Negeri Surabaya, Vol. 07 No, 22–223.
- Oktavialdi, M. Prototype Sistem Monitoring Dan Kontrol Temperatur Cat Pada Proses Pengecatan Rangka Sepeda Motor Berbasis Internet Of Things. Jurnal Teknologi Elektro, 14(1), 1. <https://doi.org/10.22441/jte.2023.v14i1.001>
- Prabowo, M. C. A., Sayekti, I., Astuti, S., Nursaputro, S. T., & Supriyati. Development Of An Iot-Based Egg Incubator With Pid Control System And Mobile Application. International Journal On Informatics Visualization, 8(1), 465–472. <https://doi.org/10.62527/joiv.8.1.2044>
- Prasetyo, D. K., Fauziyah, M., & Adhisuwignjo, S. Jurnal+Dimas+Kohesi (1). 2(6), 71–80.
- Pt. Canindo Daya ElektriKa. Haiwell Cloud Scada. www.canindo-cde.co.id
- Rachmawan, A., Muharom, S., Elektro, J. T., Elektro, T., Teknologi, D., Institut, I., Adhi, T., & Surabaya, T. (2021). Implementasi Metode Pid Pada Pendingin Ruang Panel Inverter

- Berbasis Arduino. 385.
- Ramadhan, F., & Wildan, Z. Pengontrol Suhu Ruangan Menggunakan Pid. Telekontran, 2 No 2(2).
- Romney & Steinbart. Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega8 Menggunakan Sensor Dht 11. Journal Of Chemical Information And Modeling, 53(9), 8–24.
- Simanullang, S. A., Rudati, P. S., & Feriyonika. Sistem Pid Pengendali Level Ketinggian Air Berbasis Modbus / Tcp - Lcu Dan Industrial Field Control Node - Rtu. Irons, Industrial Reasearch Workshop And National Seminar Negri Bandung, 653–661.
- Susanto, E., Tukadi, T., & Pambudi, W. S. Rancang Bangun Prototipe Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Gudang Berbasis Scada. Jurikom (Jurnal Riset Komputer), 8(6), 231. <https://doi.org/10.30865/Jurikom.V8i6.3628>
- Telkomunikasi, T. Workshop Aplikasi Mikroprosesor & Antarmuka Program Studi. <http://akuwan.lecturer.pens.ac.id/WmaD4/Materi-10.Pdf>
- Veda, J., Rivai, M., & Suwito, S. Sistem Kontrol Dan Monitoring Pemupukan Npk Tanaman Dengan Mikrokontroler Esp32. Jurnal Teknik Its, 11(3), 184–189. <https://doi.org/10.12962/J23373539.V11i3.93954>