

Programmable Logic Controller (PLC) Based Paint Viscosity Control System

Sistem Kendali Viskositas Cat Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)

Gema Ridho Wicaksono, Riky Dwi Puriyanto

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirimkan 24 September 2019,
Direvisi 23 November 2019,
Diterima 03 Januari 2021.

Kata Kunci:

PLC,
Viskositas,
Kendali Suhu,
LM35DZ,
CX-Programmer.

Penulis Korespondensi:

Riky Dwi Puriyanto,
Teknik Elektro, Universitas
Ahmad Dahlan,
Kampus IV, Jl. Ring Road
Selatan, Tamanan,
Banguntapan, Bantul
Yogyakarta 55166.

Surel/Email:
rikydp@ee.uad.ac.id

ABSTRACT / ABSTRAK

Automatic control has been developed in various fields, one of which is paint quality control. Paint quality can be controlled from various categories, including paint quality based on its viscosity. Therefore, we need a system that can control the viscosity of paint. The paint viscosity control system uses the PLC OMRON CP1E-NA20DRA with a heater as a heat source, and the LM35DZ sensor as a temperature reading sensor and the RPM reading is used to calculate the viscosity value. The programming language used is the ladder diagram on the CX-Programmer. This system uses the PID (Proportional, Integral, and Derivative) Algorithm so that temperature control can be set at 30°C so as not to affect the viscosity of the paint. In addition, this prototype provides two PID tuning options, namely manual and auto tuning. Researchers get the results that a good temperature control system response has a PB value = 0.2%; Ti = 452.5s and TD = 66.6s. and control accuracy level of paint viscosity control of 67.82%.

Pengendalian otomatis dikembangkan di berbagai bidang, salah satunya yaitu kendali kualitas cat. Kualitas cat dapat dikendalikan dari berbagai kategori, di antaranya yaitu kualitas cat berdasarkan viskositasnya. Oleh karena itu diperlukannya suatu sistem yang dapat mengendalikan viskositas cat. Sistem kendali viskositas cat menggunakan PLC OMRON CP1E-NA20DRA dengan heater sebagai sumber panas, serta sensor LM35DZ sebagai sensor pembaca suhu serta pembacaan RPM digunakan untuk menghitung nilai viskositas. Bahasa pemrograman yang digunakan yaitu *ladder diagram* pada CX-Programmer. Sistem ini menggunakan Algoritma PID (*Proportional, Integral, and Derivative*) agar kontrol suhu dapat diatur pada suhu 30°C supaya tidak mempengaruhi viskositas cat. Selain itu purwarupa ini menyediakan dua pilihan penalaan PID yaitu manual dan *autotuning*. Peneliti memperoleh hasil bahwa respon sistem kendali suhu yang baik memiliki nilai PB = 0,2 % ; Ti= 452,5s dan TD = 66,6s. dan tingkat akurasi kendali pengendalian viskositas cat sebesar 67,82%.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



Sitasi Dokumen ini:

G. R. Wicaksono and R. D. Puriyanto, "Programmable Logic Controller (PLC) Based Paint Viscosity Control System," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 1-9, 2021. DOI: [10.12928/biste.v3i1.1109](https://doi.org/10.12928/biste.v3i1.1109)

1. PENDAHULUAN

Cat adalah suatu cairan yang dipakai untuk melapisi permukaan suatu bahan dengan tujuan memperindah (*decorative*), memperkuat (*reinforcing*) atau melindungi (*protective*) bahan tersebut. Adapun beberapa cara untuk melekatkan cat tersebut ke permukaan yaitu cara diusapkan (*wiping*), dilumurkan, disemprotkan (*spray*), dicelupkan (*dipping*) ataupun dengan cara yang lain. Salah satu faktor penentu kualitas pengecatan adalah proses pencampuran bahan baku cat utama dengan bahan tambahan lainnya dengan perbandingan yang tepat. Bahan tambahan yang dipakai menyesuaikan dengan teknik pengecatan yang akan digunakan dan permukaannya. Bahan tambahan yang dipakai untuk menentukan tingkat kekentalan (viskositas) cat tersebut adalah *thinner* [1].

Perbandingan campuran cat dengan *thinner* yang tidak tepat dapat menyebabkan tingkat viskositas tidak sesuai kebutuhan (terlalu encer ataupun terlalu kental) yang akan berpengaruh terhadap proses pelapisan cat yaitu tingkat kekilapan cat [2]. Masalah pencampuran cat ini terkadang dianggap masalah yang sepele di kalangan masyarakat, tetapi tanpa mengetahui dampak yang besar terhadap kualitas cat tersebut. Berkat teknologi dan ilmu pengetahuan yang semakin berkembang maka didapatkan sebuah solusi dengan membuat sebuah alat yang dapat mencampur maupun mengendalikan tingkat viskositas yang tepat antara cat dengan bahan tambahan lainnya. Hal ini dapat diketahui dengan menggunakan prinsip pengukuran viskositas dengan metode pembacaan rpm yang akan diubah menjadi nilai viskositas [1][3].

Selain viskositas, suhu yang baik dalam pencampuran cat yaitu 30°C [4]. Kendali suhu beserta viskositas dapat dipermudah menggunakan alat elektronik berupa mikrokontroler atau PLC. Pada Penelitian ini pengolahan data menggunakan alat elektronik berupa PLC (*Programmable Logic Controller*).

PLC (*Programmable Logic Controller*) adalah sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan *relay* yang ada pada sistem kendali konvensional. PLC bekerja dengan cara mengamati masukan (melalui sensor), kemudian melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan, berupa menghidupkan atau mematikan keluaran. Program yang digunakan adalah berupa *ladder diagram* yang kemudian harus dijalankan oleh PLC [5][6][7].

Tujuan penelitian ini adalah membuat suatu sistem kendali viskositas dalam pencampuran cat dengan bahan tambahan lainnya menggunakan PLC secara otomatis dengan deskripsi berikut :

1. Membuat purwarupa/Prototipe sistem kendali viskositas cat berbasis PLC,
2. Mengimplementasikan PID pada sensor suhu LM35DZ untuk mendapatkan suhu 30°C,
3. Membuat HMI untuk menampilkan nilai viskositas serta suhu yang diinginkan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian sistem kendali viskositas cat berbasis PLC ditunjukkan diagram alir pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1. sistem bekerja secara berurutan. Proses awal yang dilakukan yaitu inisialisasi yang akan dilanjutkan proses penuangan bahan ke dalam tangki dengan membuka pompa cat dan *thinner* yang kemudian dibaca nilai viskositasnya. Apabila nilai viskositas lebih dari nilai set point maka pompa thinner akan terbuka dan pompa cat tertutup, begitu pun sebaliknya dan apabila nilai viskositas sesuai dengan set point maka motor DC pengaduk akan Berhenti.

Adapun nilai viskositas yang akan diatur dalam Penelitian ini yaitu 7,62 CP (*centipoise*). Metode pembacaan kecepatan putar motor dapat dihitung dengan persamaan 1.

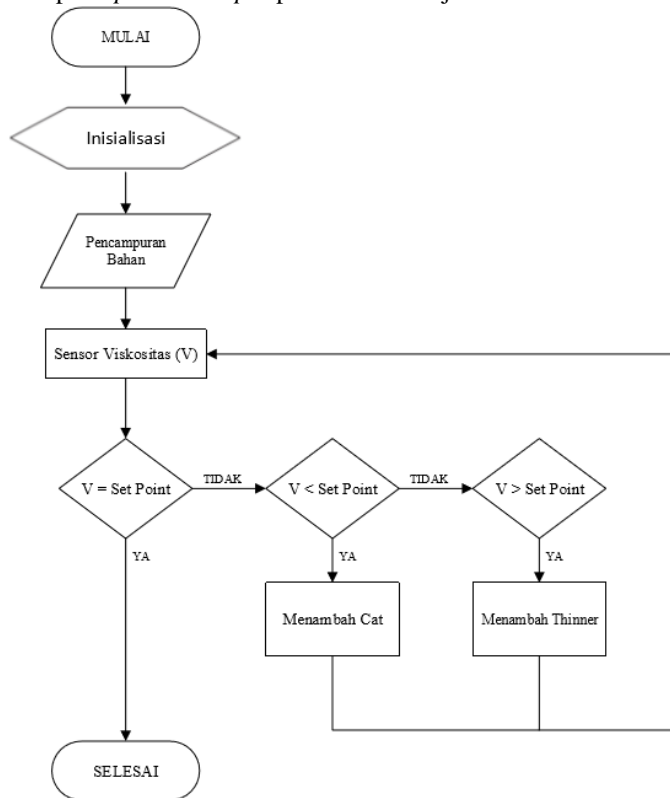
$$\text{viskositas} = 1,7711 \times \text{rotasi putaran} - 232,22 \quad (1)$$

Persamaan 1 kemudian diubah dalam bentuk bahasa *ladder diagram*, setelah pengolahan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai viskositas(cP) maka proses selanjutnya yaitu menyesuaikan nilai viskositas terbaca dengan nilai viskositas *setpoint* yang sudah ditetapkan. Proses ini dapat dioperasikan dalam bahasa *ladder* dengan menggunakan fungsi *comparator* (perbandingan). Kalibrasi yang dilakukan pada sistem ini yaitu membandingkan suatu cairan dengan nilai baku suatu cairan lain. Nilai baku cairan ditunjukkan pada Tabel 1.

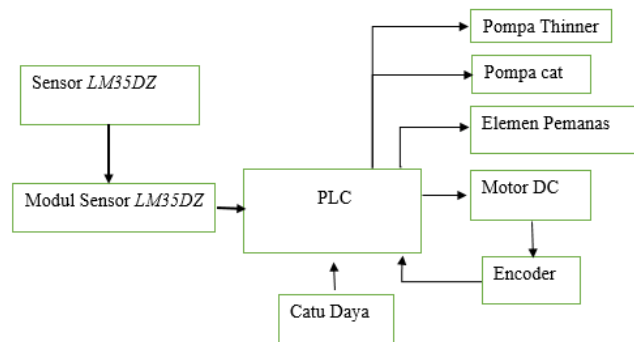
Tabel 1. Nilai viskositas

No	Cairan	Viskositas (P)
1	Akuades	$9,6 \times 10^{-4}$
2	Alkohol	$1,47 \times 10^{-3}$
3	Air	$7,96 \times 10^{-4}$
4	Aseton	$5,11 \times 10^{-4}$
5	Santan Kara	$3,79 \times 10^{-4}$

Adapun rangkaian perangkat keras ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan diagram blok pusat sistem yaitu PLC sebagai pusat kendali. Sistem ini menggunakan MIMO (*Multi Input Multi Output*) dalam menjalankan program, deskripsi *input* dan *output* pada PLC ditunjukkan tabel 2.



Gambar 1. Diagram alir sistem



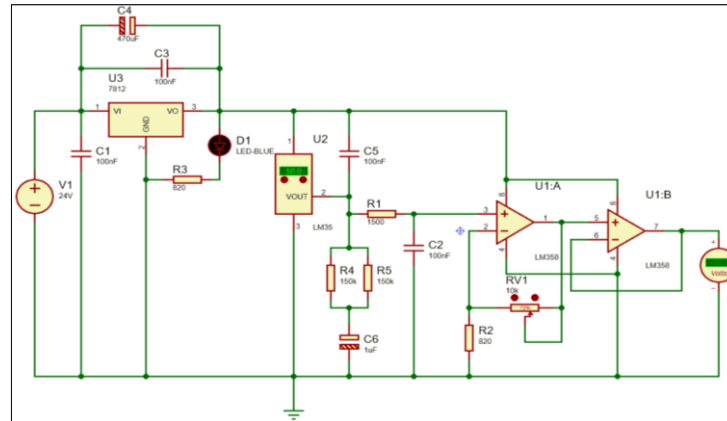
Gambar 2. Diagram blok sistem

Tabel 2. *Input* dan *output* pada PLC

No	<i>Input</i>	<i>Output</i>
1	Sensor LM35DZ Modul sensor LM35DZ	Elemen pemanas
2	Motor DC + <i>encoder</i>	Pompa <i>thinner</i> dan pompa cat

Sensor LM35DZ memerlukan modul LM35 DZ supaya sensor dapat menyesuaikan keluaran analog pin PLC. Modul LM35DZ yaitu modul untuk menguatkan sinyal dari sensor LM35DZ menjadi 10 kali lipat dari spesifikasi sensor LM35DZ. Sensor LM35DZ memiliki keluaran 10mV/°C, kemudian dikuatkan modul LM35DZ menjadi 100mV/°C untuk menyesuaikan keluaran input analog sebesar 10VDC [8]. Rentang suhu

yang dibaca sensor sesuai dengan modul dan analog input yaitu 10V/°C. Rangkaian skematik modul LM35DZ ditunjukkan Gambar 3.



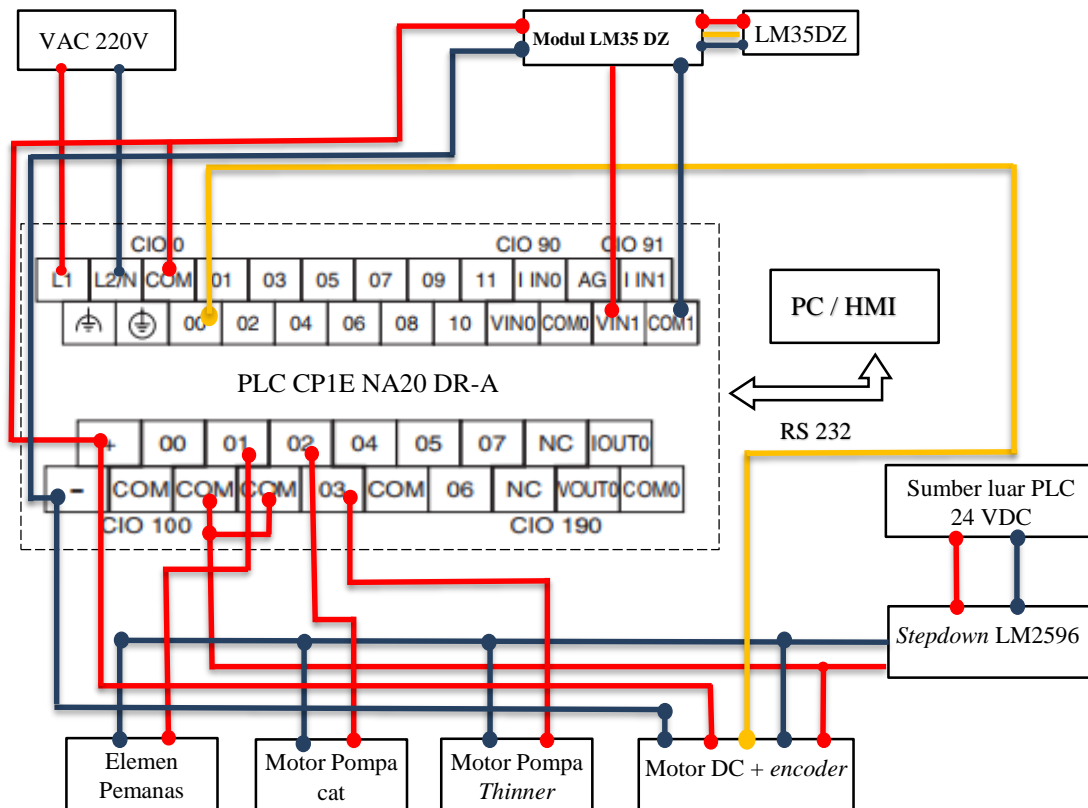
Gambar 3. Rangkaian skematik modul LM35DZ

Nilai tegangan keluaran modul diubah oleh ADC dari PLC dan dilakukan penskalaan dengan rumus penskalaan sebagai berikut [9]:

$$Suhu = X \frac{range\ input}{resolusi \times linearitas} \tag{2}$$

Dengan X adalah nilai analog yang dibaca di CIO 91, Range *input* = 10 (0-10V), Resolusi = 6000, Linearitas = 0,1 V/°C

Diagram pengkabelan sistem ditunjukkan pada Gambar 4 dan Penjelasan pin I/O ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 4. Diagram Pengkabelan pada PLC

Ket :

- = - / Netral
- = Data
- = +/Fasa

Tabel 3. Pin I/O yang digunakan pada PLC

NO	Komponen	Alamat	Keterangan
1	Modul LM35DZ	+ / 24 VDC PLC	Masukan VCC modul LM35DZ
		- / Netral PLC	Masukan netral modul LM35DZ
		CIO 91 VIN 1	Keluaran VCC pada modul LM35DZ
		CIO 91 COM 1	Keluaran netral pada modul LM35DZ
2	Elemen pemanas	CIO 100.01	Keluaran PLC VCC
		-	Pin netral elemen pemanas sambungkan dengan netral <i>stepdown</i>
3	Motor pompa cat	CIO 100.02	Keluaran PLC VCC
		-	Pin netral motor pompa cat sambungkan dengan netral <i>stepdown</i>
4	Motor pompa <i>thinner</i>	CIO 100.03	Keluaran PLC VCC
		-	Pin netral motor pompa cat sambungkan dengan netral <i>stepdown</i>
5	Motor DC + <i>encoder</i>	+ / 24 VDC PLC	Masukan VCC
		- / Netral PLC	Masukan netral
		CIO 0.00	Masukan data sensor <i>encoder</i> pada PLC
		COM CIO 0.00 – 0.11	Memberikan tegangan 12 VDC pada masukan PLC alamat tsb
6	<i>Stepdown</i> LM2596	COM CIO 100.01	Memberikan tegangan 12 VDC pada keluaran PLC alamat tsb
		COM CIO 100.02 dan 100.03	

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan yang akan dilakukan yaitu pembahasan/pengujian dengan perangkat keras maupun perangkat lunak.

3.1 Pengujian Modul LM35DZ

Pengujian dilakukan dengan mengamati apakah suhu yang terbaca pada sensor LM35DZ sama dengan termometer. Pengujian dilakukan dimulai dari suhu 27°C - 30 °C dengan mengamati tegangan keluaran. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian modul LM35DZ

No	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Termometer (°C)	Selisih
1	27	2,7	27	0
2	27,2	2,72	27,3	0,1
3	27,7	2,77	27,7	0
4	28,2	2,82	28,1	0,1
5	28,4	2,84	28,3	0,1
6	28,8	2,88	28,7	0,1
7	29,2	2,90	29,0	0,2
8	29,4	2,94	29,2	0,2
9	29,7	2,97	29,3	0,4
10	29,9	2,99	29,5	0,4
11	30,1	3,01	29,9	0,2
12	30,3	3,03	30,0	0,3
Σ	Jumlah			2,1
	Rata-rata			2,1/12= 0,175

Berdasarkan Tabel 4 sensor suhu berjalan dengan baik dengan tingkat error $\pm 0,175$ °C, tetapi dalam pengujian yang lain semakin lama sensor hidup maka sensor semakin jauh dari termometer dengan rentang di bawah 1 °C. Sedangkan hubungan antara suhu dan tegangan menunjukkan bahwa penskalaan 10x lipat berjalan dengan baik.

3.2 Pengujian Kendali Suhu

Pengujian kendali suhu dilakukan dengan metode PID yang dilakukan dengan cara *tuning* maupun *autotuning*.

3.2.1 Pengujian Secara Autotuning

Pengujian proses *autotuning* dilakukan dengan *setpoint* 30°C dengan cara mengaktifkan mode *autotuning* dengan memberi nilai *sampling* = 0,5 s. Hasil penalaan secara *autotuning* didapatkan nilai *Proportional Band* (PB) = 0,3 % ; *Integral Constant* (Ti) = 457,7s dan *Derrivative Constant* (TD) = 68,7s. Didapatkan nilai *Rise Time* (TR) = 12 menit; *Peak Time* (TP) = 13,5 menit; nilai *max overshoot*= 0,3 °C. Hasil penalaan secara *autotuning* ditunjukkan Gambar 5.



Gambar 5. Penalaan secara *autotuning*

3.2.2 Pengaruh Perubahan Nilai PID

Pengujian proses *tuning* pertama dilakukan dengan *setpoint* 30°C dengan memberi nilai *sampling* = 0,5 s. Proses penalaan dengan nilai (*Proportional Band*) PB = 0,3 % ; (*Integral Constant*) Ti= 52,6s dan (*Derrivative Constant*) TD = 66s. Maka didapatkan nilai *Rise Time* (TR) = 12 menit; *Peak Time* (TP) = 16 menit; dengan nilai *max overshoot* = 0,4 °C. Hasil penalaan secara *autotuning* ditunjukkan Gambar 6



Gambar 6. Penalaan secara manual pertama

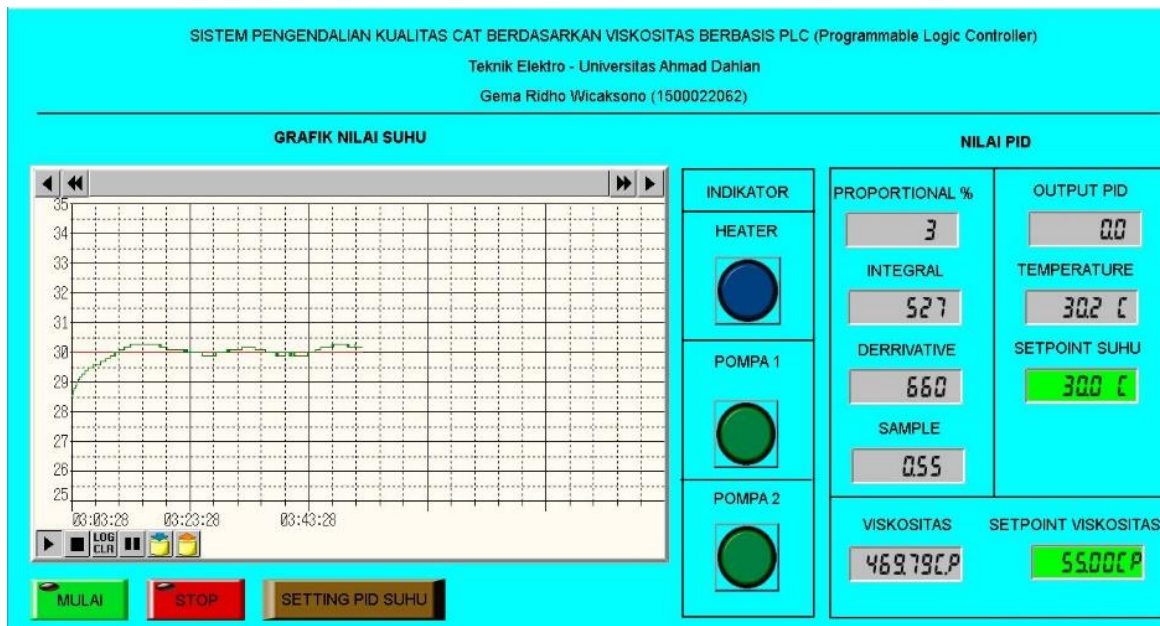
Pengujian proses *tuning* kedua dilakukan dengan *setpoint* 30°C dengan memberi nilai *sampling* = 0,5 s. Proses penalaan dengan nilai *Proportional Band* (PB) = 0,2 % ; *Integral Constant* (Ti)= 452,5s dan *Derrivative*

Constant (TD) = 66,6s. Maka didapatkan nilai *Rise Time* (TR) = 22 menit; *Peak Time* (TP) = 24 menit ; dengan nilai *max overshoot* = 0,45 °C. Hasil penalaan secara *autotuning* ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Penalaan secara manual kedua

Pengujian proses *tuning* pertama dilakukan dengan *setpoint* 30°C dengan memberi nilai *sampling*= 0,5 s. Proses penalaan dengan nilai *Proportional Band* (PB) = 0.3 % ; *Integral Constant* (Ti)= 52,7s dan *Derivative Constant* (TD) = 66s. Maka didapatkan nilai *Rise Time* (TR) = 8 menit; *Peak Time* (TP) = 12 menit ; dengan nilai *max overshoot* = 0,3 °C. Hasil penalaan secara *autotuning* ditunjukkan Gambar 8.



Gambar 8. Penalaan secara manual ketiga

Berdasarkan percobaan PID melalui *tuning* ataupun *autotuning* didapatkan respon terbaik dengan nilai *Proportional Band* (PB) = 0,2 % ; *Integral Constant* (Ti)= 452,5s dan *Derivative Constant* (TD) = 66,6s.. Nilai tersebut baik dikarenakan memiliki nilai koreksi yang kecil.

3.2.3 Pengujian Viskositas

Sebelum pengujian pembacaan viskositas cat, sistem pembacaan harus dikalibrasi dengan nilai baku suatu cairan. Hasil uji coba percobaan didapatkan hasil pada Tabel 5

Tabel 5. Proses kalibrasi pembacaan nilai viskositas

No	Bahan	Viskositas terbaca (centiPoise)	Viskositas baku (centiPoise)	Akurasi
1	Santan Kara	7,40	3,790	51 %
2	Alkohol	7,76	14,7	52,78 %
3	Air biasa	7,94	7,96	99,7%
Akurasi rerata				67,82%

Pengujian dilakukan dengan bahan cat minyak merk INDACO dan *Thinner* kadar 5%. Pengujian dilakukan dengan melakukan beberapa uji coba membaca viskositas dari keempat sampel, kemudian dicari nilai *mean*. Hasil Pengujian ditunjukkan Pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji coba

No	Bahan	Viskositas (cP)
1	Cat + <i>thinner</i> 5 %	75,2
2	Cat + <i>thinner</i> 5 %	76,7
3	Cat + <i>thinner</i> 5 %	78,2
4	Cat + <i>thinner</i> 5 %	76,7
Rerata		76,2

Tabel 6 menunjukkan bahwa tingkat akurasi sistem adalah 67,8% sedangkan Tabel 5 menunjukkan nilai viskositas *setpoint* yaitu 76,2 cP

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil melakukan pengendalian suhu 30 °C menggunakan metode PID secara manual ataupun *autotuning* dengan respon terbaik pada nilai *Proportional Band* (PB) = 0,2 % ; *Integral Constant* (Ti)= 452,5s dan *Derivative Constant* (TD) = 66,6s. Penelitian ini berhasil membuat purwarupa pengaduk cat dengan mengendalikan viskositasnya, tetapi dengan tingkat akurasi 67,82 % HMI dapat menampilkan nilai suhu dan viskositas yang terkoneksi dengan PLC.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada editor dan reviewer atas segala saran, masukan dan telah membantu dalam proses penerbitan naskah. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pihak-pihak yang telah mendukung penelitian dan memberikan bantuan moral dan material.

REFERENSI

- [1] N. J. Habibie and S. Anwar, "Pengaruh Perbandingan Campuran Cat dengan Thinner Terhadap Kualitas Hasil Pengecatan," *JTM*, vol. 2, no. 3, pp. 97–104, 2014. [Online](#)
- [2] F. I. Permana and S. Anwar, "Pengaruh kualitas Thinner pada Campuran Cat Terhadap Hasil Pengecatan," *JTM*, vol. 3, no. 2, pp. 53–61, 2014. [Online](#)
- [3] P. M. Khadafi, "Alat Ukur Viskositas Cairan Menggunakan Metode Silinder Konsentris Berputar," *F. MIPA UI*, 2013.
- [4] A. Suwandi, "Peningkatan Kualitas untuk Meminimasi Cacat Produk Cat Polyurethane dengan Metode Taguchi," *Jurnal Inovasi*, vol. 12, no. 02, pp. 55-71, 2016. [Online](#)
- [5] OMRON, "Instructions Reference Manual PLC Omron," 2014. [Online](#)
- [6] R. D. Puriyanto, S. A. Akbar, and A. Aktawan, "Desain Sistem Biodiesel Berbasis PLC Berdasarkan Diagram Keadaan," *J. Ilm. Tek. Elektro Komput. dan Inform.*, vol. 4, no. 2, p. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.26555/jiteki.v4i2.12051>
- [7] OMRON, "CP1E CPU Unit Hardware User Manual," 2016. [Online](#)
- [8] M. F. Al Andzar and R. D. Puriyanto, "PID Control for Temperature and Motor Speed Based on PLC", *Sig.Img.Proc.Lett*, vol. 1, no. 1, pp. 7-13, Mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.31763/simple.v1i1.150>
- [9] A. Junaidi and W. S. Aji, "Sistem Pengontrol Suhu Ruangan dengan Algoritma PID Menggunakan PLC Omron CP1e-NA20DR-A," *J. Ilm. Tek. Elektro Komput. dan Inform.*, vol. 3, no. 2, p. 47, 2017. DOI: <https://doi.org/10.26555/jiteki.v3i2.7069>

BIOGRAFI PENULIS

Gema Ridho Wicaksono adalah mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta yang telah menyelesaikan pendidikan sarjana pada program studi tersebut.



Riky Dwi Puriyanto adalah Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.