

## PERANCANGAN SISTEM KENDALI SUHU PADA *MINI STIRRED TANK HEATER* MENGUNAKAN PENGENDALI PID

Muhammad Nabil Al Denry<sup>1</sup>, Muhammad Adjie Novryanto<sup>1</sup>, Febri Mahendra<sup>1</sup>, Muhammad Otong<sup>2</sup>, Massus Subekti<sup>3</sup>, Irmawan<sup>1</sup>, Bhakti Yudho Suprpto<sup>1</sup>, dan Djulil Amri<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Palembang

<sup>2</sup>Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten

<sup>3</sup>Teknik Elektro, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta

\*Corresponding author e-mail: [djulilamri@ft.unsri.ac.id](mailto:djulilamri@ft.unsri.ac.id)

**ABSTRAK:** Perkembangan dunia industri saat ini semakin pesat, membutuhkan sistem kendali yang efisien dan mampu meningkatkan kualitas hasil produksi. Maka dari itu diperlukan pengembangan suatu sistem kendali yang mampu mengendalikan sistem secara otomatis dan mampu meminimalisir kesalahan atau eror. Salah satu proses industri ialah sistem pemanas, sistem pemanas yang banyak digunakan pada industri adalah stirred tank heater. Pada penelitian ini akan dilakukan suatu pengujian pada *Stirred Tank Heater*. Dimana, pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan simulasi terhadap respon sinyal keluaran suhu yang dihasilkan dari diagram blok sistem kendali suhu pada *Stirred Tank Heater* dan dengan menggunakan suatu pengendali yaitu pengendali PID serta menggunakan metode trial and eror untuk menentukan nilai parameter pengendalinya dengan diprogram melalui Arduino. Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa untuk simulasi respon sinyal keluaran suhu yang dihasilkan dari sistem kendali suhu *Stirred Tank Heater*. Parameter yang terbaik untuk sistem pengendaliannya adalah parameter PID menggunakan metode trial and eror dengan nilai parameternya  $K_P = 47$ ,  $K_I = 4$ , dan  $K_d = 0,6$ .

Kata Kunci: PID, Stirred Tank Heater, trial and eror, Arduino

**ABSTRACT:** The development of the industrial world is currently increasingly rapid, requiring an efficient control system and able to improve the quality of production results. Therefore, it is necessary to develop a control system that is able to control the system automatically and is able to minimize errors or errors. One of the industrial processes is the heating system, the heating system that is widely used in industry is the stirred tank heater. In this final project, a test will be conducted on the *Stirred Tank Heater*. Where, this test is carried out by simulating the response of the temperature output signal generated from the block diagram of the temperature control system on the *Stirred Tank Heater* and by using a controller, namely the PID controller and using the trial and error method to determine the value of the controller parameters by programming via Arduino. From the results of the tests carried out, it can be seen that for the simulation of the response of the temperature output signal generated from the *Stirred Tank Heater* temperature control system. The best parameters for the control system are PID parameters using the trial and error method with parameter values of  $K_P = 47$ ,  $K_I = 4$ , and  $K_d = 0.6$ .

Keywords: PID, Stirred Tank Heater, trial and error, Arduino

### 1 Pendahuluan

Perkembangan dunia industri saat ini semakin pesat, membutuhkan sistem kendali yang efisien dan mampu meningkatkan kualitas hasil produksi[1][2]. Maka dari itu diperlukan pengembangan suatu sistem kendali yang mampu mengendalikan sistem secara otomatis dan mampu meminimalisir kesalahan atau eror.

Salah satu proses industri ialah sistem pemanas, sistem pemanas yang banyak digunakan pada industri adalah stirred tank heater[3]. *Stirred Tank Heater* adalah sebuah tanki pengaduk yang menggunakan prinsip pemanas untuk melakukan reaksi secara batch pada skala kecil sehingga dapat menghasilkan suatu material baru[4][5]. Sistem pemanas yang baik sangat menentukan

hasil produksi. Maka dari itu dibutuhkan sistem kendali yang baik untuk mengatur sistem pada stirred tank Heater. Sistem kendali suhu yang efektif sangat dibutuhkan untuk menjamin kualitas dan keamanan proses serta efisiensi energi[6]. Pada praktiknya, pengaturan suhu pada *Stirred Tank Heater* seringkali menghadapi tantangan berupa variasi suhu yang tidak stabil akibat gangguan eksternal dan proses perpindahan panas yang kompleks. Oleh karena itu, dibutuhkan metode kendali suhu yang responsif dan akurat. Salah satu pengendali yang paling banyak digunakan di dunia industri ialah PID (*Proportional, Integral, Derivative*)[7]. Keunggulan PID sebagai bagian dari kendali proses dilatar belakangi oleh kesederhanaan struktur serta kemudahan dalam melakukan penalaan (tuning) parameter kendalinya[8].

Pengendali PID menjadi pilihan populer karena kemampuannya dalam mengatur sistem kontrol dengan kestabilan dan presisi yang tinggi, serta kemudahannya dalam implementasi pada berbagai sistem otomasi industri[5][8]. Penggunaan pengendali PID pada *Stirred Tank Heater* menyediakan solusi untuk mengontrol posisi bukaan burner atau elemen pemanas sehingga suhu cairan dapat dicapai sesuai set-point yang diinginkan dan dipertahankan secara optimal. Sistem kendali suhu yang baik tidak hanya meningkatkan performa proses tetapi juga dapat meminimalkan energi yang terbuang serta memperpanjang masa pakai peralatan. Dalam penelitian terkait sebelumnya, penggunaan pengendali PID telah diterapkan dengan hasil yang memuaskan, terlihat dari tingkat error yang rendah pada pengaturan suhu sistem stirred tank heater. Dimana pada tingkat pengoperasian, seseorang tidak dituntut untuk menguasai pengetahuan matematika yang rumit. Dalam pengendali PID memiliki beberapa parameter yaitu : KP, KI, dan KD. Dimana parameter - parameter tersebut mempunyai ciri khasnya masing - masing sehingga dapat mempengaruhi bentuk keluaran yang dihasilkan. Penalaan parameter ini juga banyak diteliti diantaranya menggunakan metode Ziegler Nichols[9], Genetic Algorithm[3], Fuzzy Logic[4] dan Particle Swarm Optimization (PSO)[10]. Pada penelitian lainnya tentang *Stirred Tank Heater* yang menggunakan SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)[6]. Sebagai alat bantu operator dalam memonitor dan mengontrol suhu pada stirred tank heater.

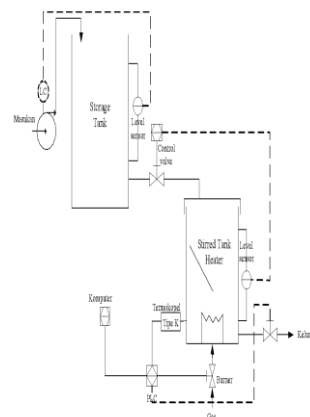
## 2 Metode

Pada tahapan ini dilakukan perancangan sistem *Stirred Tank Heater* lengkap dengan masukan, pengendali

sampai pada keluarannya. *Stirred Tank Heater* adalah plant yang digunakan untuk suatu proses reaksi. Pada plant ini terjadi proses pencampuran suatu medium cair yang terdapat dalam tangki heater dengan yang tersimpan pada tangki penyimpanan (*storage tank*)[3][6]. Dalam proses keseluruhannya, sebuah pompa akan menyediakan medium cair yang berasal dari suatu sumber masukkan, dimana medium cair tersebut akan disimpan ke dalam storagetank. Selain sebagai tempat penyimpanan sementara, storagetank berfungsi sebagai tangki regulator, dimana sebelum medium cair dialirkan ke dalam stirred tank heater, laju aliran keluarannya akan diatur sesuai dengan laju aliran fluida yang diinginkan.

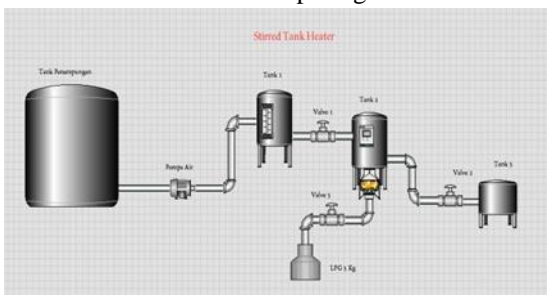
Hal ini dikaitkan dengan adanya sensor level yang ditanamkan ke dalam tangki tersebut. Selanjutnya dalam prosesnya, medium cair yang disimpan sementara pada tangki tersebut akan diisikan ke dalam stirred tank heater. Dengan ketetapan dalam perancangannya, proses pengisian (laju aliran keluaran dari tangki penyimpanan tersebut atau laju aliran masukan tangki pengolahannya) dijaga tetap konstan. Pada tangki pengolahan di dalamnya akan terjadi suatu proses dimana medium cair tersebut akan dipanaskan dengan mengatur titik panasnya pada nilai yang telah ditentukan dan dijadikan sebagai titik set point atau titik nilai yang dikontrol.

Keluaran laju aliran dan suhu (temperature) fluida pada *Stirred Tank Heater* juga di kontrol dengan adanya sensor berupa sensor level dan suhu yang ditanamkan kedalam tangki pengolahan tersebut. Dengan tujuan untuk menjaga laju aliran keluaran fluida pada tangki pengolahan tetap konstan sesuai dengan laju aliran masukannya dan juga pada suhu (temperature) tangki pengolahannya dijaga untuk tetap konstan sesuai dengan set pointsuhu yang diinginkan. Gambar 1 berikut ini adalah sistem kendali pada *stirred tank heater*.



Gambar 1. Sistem kendali *Stirred Tank Heater*[11]

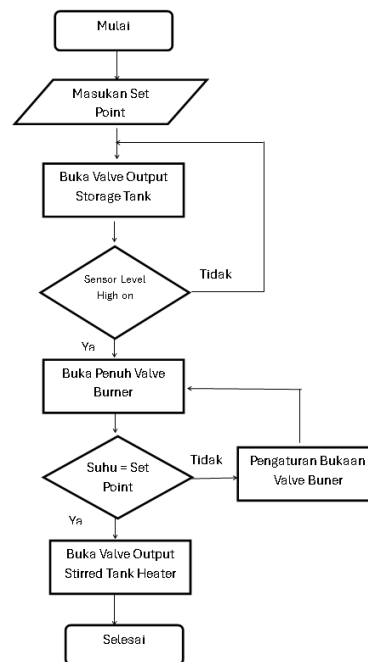
Pada perancangan alat *mini Stirred Tank Heater* ini, motor servo dipasang pada bagian valve 1, 2 dan 3, sensor level dipasang pada tank 1 dan 2, sensor thermocouple jenis K dipasang pada tank 2 dan dilengkapi LCD 16 x 2 sebagai penampil besarnya nilai  $K_p, K_i, K_d$  dan arduino Mega 2560 sebagai interface antara sensor dan perintah pada alat *stirred tank heater*. Motor servo pada valve 1 dan 2 berfungsi sebagai keran yang bekerja secara otomatis untuk mengalirkan air ke dalam tank 1 dan tank 2. Motor servo pada valve 3 berfungsi sebagai keran yang bekerja secara otomatis untuk mengalirkan gas untuk pemanasan air pada tank 2. Sensor *thermocouple* jenis K sebagai parameter suhu air pada tank 2 seperti terlihat pada disain *Stirred Tank Heater* pada gambar 2 berikut :



Gambar 2. Disain P&ID *Mini Stirred Tank Heater*

Prinsip kerja sistem kendali *Stirred Tank Heater* ini dapat dilihat pada gambar 3. Dimana diawali dengan penentuan *set point* suhu yang menjadi target. Kemudian kerjanya dimulai dengan memasukkan air ke tank storage dengan membuka *valve*. Ketika air masuk maka sensor level akan on, sensor ini akan terus mendeteksi level air pada tank. Jika sudah penuh maka *valve* untuk memasukkan air akan off dan *valve burner* akan on sehingga *burner* akan menyala dan mulai memanaskan tank. Jika suhu telah mendekati *set point* maka *valve output* dari *Stirred Tank Heater* ini akan on dan air panas dengan suhu seperti yang telah ditetapkan akan keluar dari sistem ini untuk dimanfaatkan pada proses berikutnya. Akan tetapi jika suhu masih belum tercapai maka *burner* akan tetap menyala untuk memanaskan air dalam tank. Langkah ini akan berulang-ulang sampai sistem dihentikan.

Pengendali PID sebelum digunakan akan ditentukan parameternya terlebih dahulu. Setelah didapatkan parameternya maka pengendali PID tersebut akan segera digunakan untuk mengatur bukaan *valve burner* agar suhu dapat dikendalikan.



Gambar 3. Diagram alir kerja *mini stirred tank heater*.

### 3 Hasil dan Pembahasan

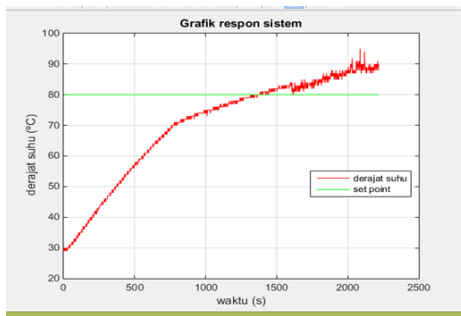
Bagian ini membahas mengenai hasil dan pembahasan yang dilakukan terhadap kontrol PID pada *Stirred Tank Heater* sebagai pengendali suhu air yang menggunakan Arduino Mega 2560 yang bekerja berdasarkan hasil pembacaan sensor *Thermocouple*, pengujian respon pada suhu sesuai batasan *set point* yang diinginkan.

Dalam penelitian ini sensor *Thermocouple* akan dipasang pada Tank 2 yang merupakan tempat terjadinya proses *Stirred dan Heater*, saat air memasuki tank 2 dan sensor membaca suhu air mula-mula tersebut maka proses kontrol PID pada servo 2 mulai berjalan, selama proses heater munculah data hasil suhu yang terbaca dari *thermocouple*.

Selama melakukan pengujian, digunakan trial and eror sebagai metode untuk menentukan parameter PID yang terbaik dengan mencoba banyak tuning yang sesuai. Pengujian juga dilakukan pada saat sistem tidak menggunakan PID dan juga melakukan percobaan pada sistem dengan parameter PID dengan metode *Zigler Nichols* yang di dapat dari penelitian sebelumnya dengan sistem yang sama yaitu *Stirred Tank Heater*.

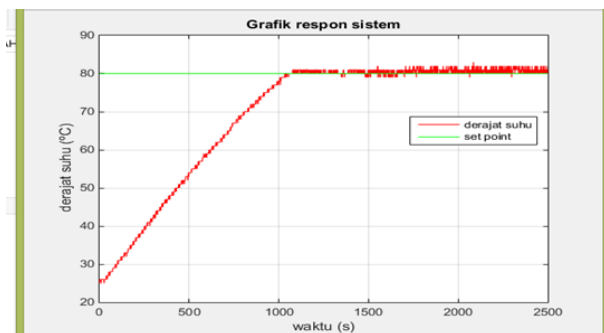
### 3.1 Respon Sistem Pengendali Suhu

Pada pengujian tanpa menggunakan kontrol PID, gambar 4 menunjukkan tidak ada overshoot, untuk rise time-nya adalah 1.318 detik dan untuk nilai settling time-nya adalah 1.321 detik. Grafik nampak terlihat selalu naik hingga 12,5 % dari set point, tidak menunjukkan kestabilan suhu yang ingin dicapai. Nilai suhu yang bertahan di set point hanya bertahan selama 17 detik.



Gambar 4. Pengujian Tanpa PID

Kemudian dilakukan penalaan parameter dengan metode *Ziegler Nichols* dan didapatkan parameter untuk pengendali PID pada *Direct Ziegler Nichols* yaitu  $K_P = 142.94$ ,  $K_I = 3.077$ , dan  $K_D = 0.769$  dengan hasil seperti terlihat pada gambar 5 berikut ini :

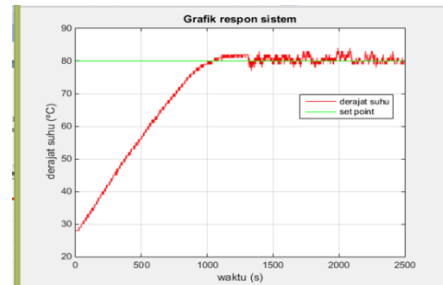


Gambar 5. Pengujian dengan PID menggunakan *Direct Ziegler Nichols*

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa tidak ada overshoot, untuk rise time-nya adalah 1.034 detik dan untuk nilai settling time-nya adalah 1.038 detik. Grafik nampak terlihat stabil dari set point dan bertahan paling lama 22 detik namun masih banyak nilai suhu yang melebihi set point hingga 2,5%.

Kemudian untuk membandingkan sistem pengendalian ini digunakan juga pengendali *Proportional Integral* (PI) yang ternyata juga banyak digunakan pada

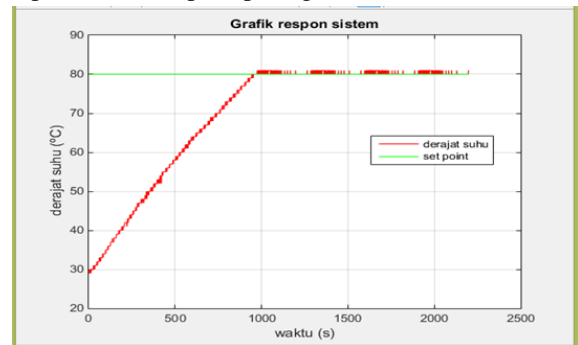
dunia industri seperti pengendali kecepatan motor induksi tiga fasa[12], motor arus searah[13], konverter *buck*[14]. Hasil respon pengendali PI dengan parameter  $K_P = 18$ ,  $K_I = 2$  didapatkan respon seperti pada gambar 6 berikut :



Gambar 6. Pengujian dengan pengendali PI

Pada gambar 6 menunjukkan tidak ada overshoot, untuk rise time-nya adalah 1.003 detik dan untuk nilai settling time-nya adalah 1.005 detik. Grafik nampak terlihat tidak stabil dari set point dan nilai suhu hanya mampu bertahan selama 19 detik dari set point. Nilai suhu melebihi set point mencapai 5%.

Sedangkan yang terakhir adalah menggunakan pengendali PID dengan metode *Ziegler Nichols plus trial and error* didapatkan parameter pengendali yaitu :  $K_P = 47$ ,  $K_I = 4$ ,  $K_D = 0.6$ . Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Pengujian dengan pengendali PID

Berdasarkan gambar 7, maka dapat dilihat bahwa tidak ada overshoot, untuk rise time-nya adalah 945 detik dan untuk nilai settling time-nya adalah 947 detik. Grafik nampak terlihat stabil dari set point dan mampu bertahan selama 66 detik pada set point. Nilai yang di atas set point hanya mencapai 1,25%.

Dengan demikian berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka pengendalian suhu untuk mini *Stirred Tank Heater* didapatkan pengendali dengan PID yang terbaik dimana tidak terjadi overshoot, rise time nya cepat

dan *settling time* nya juga cepat. Hal ini membuktikan bahwa pengendali ini juga tidak terlalu banyak *ripple* atau gelombang dan konstan *steady error* yang ada.

#### 4 Kesimpulan

Penelitian tentang pengendalian suhu pada mini *Stirred Tank Heater* telah dilakukan dengan baik dan mendapatkan hasil sebagai berikut : Implementasi kontroler PID pada Sistem *Stirred Tank Heater* untuk mengatur suhu dapat dilakukan dan mampu mengendalikan suhu dengan baik meskipun belum dicoba dengan adanya gangguan. Metode *tuning Ziegler Nichols* plus *Trial and Error* yang diterapkan pada kontroler PID memberikan kriteria performansi yang baik (memberi kestabilan 66 detik, *error* 1,25%, *rise time* : 945 detik, dan *settling time* : 947 detik).

#### Daftar Pustaka

- [1] I. K. Anaam, T. Hidayat, R. Y. Pranata, H. Abdillah, and A. Y. W. Putra, "Pengaruh trend otomasi dalam dunia manufaktur dan industri," in *Vocational Education National Seminar (VENS)*, 2022.
- [2] M. I. Gunawan, "Sistem Kendali Otomatis Pada Mesin-Mesin Industri Untuk Peningkatan Efektivitas Dan Efisiensi Kerja," *J. Tedc*, vol. 9, no. 2, pp. 110–116, 2019.
- [3] N. I. Septiani, I. Bayusari, C. Caroline, T. Haiyunnisa, and B. Y. Suprpto, "Optimization of PID control parameters with genetic algorithm plus fuzzy logic in *Stirred Tank Heater* temperature control process," in *ICECOS 2017 - Proceeding of 2017 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science: Sustaining the Cultural Heritage Toward the Smart Environment for Better Future*, 2017. doi: 10.1109/ICECOS.2017.8167167.
- [4] V. Kabila and G. G. Devadhas, "Comparative analysis of PID and fuzzy PID controller performance for continuous stirred tank heater," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 8, no. 23, pp. 1–7, 2015.
- [5] N. Abdullah, R. Razmi, T. C. Chuan, Z. M. Nopiah, A. Mohamed, and M. Z. Nuawi, "Design and simulation of hierarchical control of two continuous *Stirred Tank Heater* in series," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 9, p. 21, 2016.
- [6] I. Bayusari, R. Septiadi, and B. Y. Suprpto, "Perancangan Sistem Pemantauan Pengendali Suhu pada *Stirred Tank Heater* menggunakan Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 10, no. 3, pp. 153–159, 2013.
- [7] F. Hadiyan, "Perancangan dan Implementasi Sistem Kendali untuk Rotary Pendulum dengan Kontroller PID Menggunakan Scilab-Arduino," 2021.
- [8] A. S. C. Buana, "Desain Kendali PID-MPSO Pada Sistem Dual Axis Solar Tracking," 2024, *Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia)*.
- [9] N. Hamid and A. Mansur, "Penalaan Parameter PID dengan Metode Ziegler-Nichols untuk Optimasi Kontrol Kecepatan Motor pada Alat Spin Coater," in *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 2021, pp. 315–319.
- [10] W. Budiarjo and R. Istoni, "TINJAUAN PID TUNNING DENGAN PARTIKEL SWARM OPTIMASI," *Integr. Perspect. Soc. Sci. J.*, vol. 2, no. 2 Maret, pp. 1565–1571, 2025.
- [11] M. Rozali, B. S. Yudho, and D. Amri, "Perancangan graphical user interface (GUI) untuk pengendalian suhu pada *Stirred Tank Heater* berbasis microsoft visual basic 6.0," in *Prosiding Seminar Teknik Elektro (SNTE 2012)*, 2012.
- [12] S. Sariman, M. Padarid, D. H. Mahfie, and B. Y. Suprpto, "Perbandingan Pengendali Pi, Pd Dan Pid Pada Pengendalian Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Memanfaatkan Supervisory Control And Data Acquisition (Scada)," *J. SURYA ENERGY*, vol. 3, no. 2, pp. 276–281, 2019.
- [13] F. Suryatini and A. Firasanti, "Kendali P, PI, dan PID analog pada pengaturan kecepatan motor dc dengan penalaan ziegler-nichols," *JREC (Journal Electr. Electron.)*, vol. 6, no. 1, pp. 65–80, 2018.
- [14] K. Krismadinata and I. Husnaini, "Komparasi Pengendali PI Dan PID untuk Tegangan Keluaran Konverter Buck," *J. Nas. Tek. Elektro*, pp. 143–151, 2017.