

# Rancang Bangun Pengendalian Level Minyak pada Tangki Pemisah Dua Fasa Dengan Kontrol PID menggunakan Monitoring Delphi 7.0

Asepta Surya Wardana<sup>1</sup>, Pujiyanto<sup>2,\*</sup>, Robiatul Insani<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu Jawa Tengah, Indonesia 55312

## Info Artikel

### Histori Artikel:

Diterima berkas 29/03/2023

Direvisi 20/05/2023

Disetujui terbit 30/05/2023

### Keyword:

Two-Phase Separator

Ziegler-Nichols

Delphi 7

Level

HMI

## ABSTRAK

Sistem pengendalian level minyak banyak dibutuhkan dalam dunia industri, seperti industri minyak dan gas. Salah satu fungsi pengendali level minyak yang berfungsi sebagai salah satu kelancaran produksi. Pengendali level minyak dibuat dengan menggunakan sensor ultrasonik guna mengontrol level minyak pada mini plant tangki pemisah dua fasa. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan dan pembuatan kontrol level agar ketinggian minyak dan air sesuai dengan set point yang diinginkan. Sistem pengendalian yang digunakan yaitu dengan metode PID menggunakan tuning ziegler-nichols. Adapun instrumen yang digunakan yaitu mikrokontroler arduino uno sebagai kontroler, final control element berupa servo valve dan sensornya berupa ultrasonic HC SR04. Delphi 7 digunakan sebagai HMI (human machine interface) yang berguna untuk monitoring jalannya proses dan memberikan nilai parameter serta set point pada proses. Dari penelitian ini diperoleh hasil pengujian nilai terbaik didapatkan mode kontrol  $K_p = 10.22$  dan  $K_i = 0.27$  dengan hasil pengendalian level settling time = 8.21 detik, time constant = 14.6 detik, overshoot = 0%, dan ESS = 0.

## ABSTRACT

Oil level control systems are in high demand in the industrial sector, particularly in the oil and gas industry. One of the functions of controlling the oil level which serves as one of the smooth productions. An ultrasonic sensor is used in the oil level controller to manage the oil level in the two-phase separator tank small plant. The design and fabrication of level controls are carried out in this study so that the oil and water levels agree with the intended set point. The control system used is the PID method using Ziegler-Nichols tuning. The instrument used is the Arduino Uno microcontroller as a controller, the final control element is a servo valve, and the sensor is an ultrasonic HC SR04. Delphi 7 is used as an HMI (human-machine interface), which is useful for monitoring the running of the process and providing parameter values and set points for the process. From this study, the best value test results obtained were control mode  $K_p = 10.22$  and  $K_i = 0.27$ , with the control results for level settling time = 8.21 seconds, time constant = 14.6 seconds, overshoot = 0%, and ESS = 0.

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



## SPESIFIKASI

<b>Nama Alat</b>	Pengendalian Level Minyak pada Tangki Pemisah Dua Fasa.
<b>Bidang</b>	Instrumentasi, Control System
<b>Kegunaan</b>	Pengendalian level pada tangki pemisah dua fasa menggunakan PID yang di monitoring dengan Delphi. Cairan yang digunakan dalam tahapan pemisahan ini menggunakan air dan minyak dan peralatan dijalankan secara otomatis dengan perubahan beberapa set point.
<b>Harga Alat</b>	Rp. 8.500.000,-

### \*Penulis Korespondensi:

Alamat Email: [pujiyanto@esdm.go.id](mailto:pujiyanto@esdm.go.id) (Pujiyanto)

## 1. PENDAHULUAN

Zat cair merupakan fluida yang tidak dapat dikompresi, hal ini membuatnya memiliki sifat menyesuaikan tempatnya dan setiap zat cair memiliki massa jenis atau kerapatan yang berbeda-beda, dalam suatu plant dimungkinkan adanya kebutuhan untuk memisahkan suatu zat yang tercampur. Sebagai contoh air dan minyak yang tercampur dalam *crude oil*. Dalam pengolahan minyak, adanya campuran air sangat beresiko terutama apabila hal tersebut terjadi pada proses pemanasan. Air yang titik didihnya lebih rendah dari minyak tentu akan lebih cepat mendidih dan menguap. Hal ini bisa saja menyebabkan masalah pada bagian proses setelahnya. Oleh sebab itu, dibutuhkan peralatan yang digunakan untuk memisahkan kedua zat yang tercampur tersebut. Sebuah peralatan yang telah digunakan sebagai pemisah zat atau fasa fluida berdasarkan nilai kerapatannya yaitu tangki, dimana pada tangki ini difungsikan sebagai bejana pemisah.

Bejana adalah sebuah komponen yang sangat diperlukan pada dunia industri. Bejana (tangki) merupakan tangki yang digunakan sebagai penyimpanan fluida [1]. Dalam proses pengolahan minyak sendiri, salah satu jenis tangki yang sering digunakan yaitu jenis tangki pemisah dua fasa. Fungsi tangki ini sendiri untuk memisahkan fasa fluida yang masih bercampur dari dalam sumur produksi (oil wellhead). Pada tangki dua fasa biasanya yang dipisah yaitu antara minyak dan air, untuk minyak mentahnya sendiri akan dialirkan menuju ke departing line dan untuk air dialirkan menuju ke sumur atau closed drain drum.

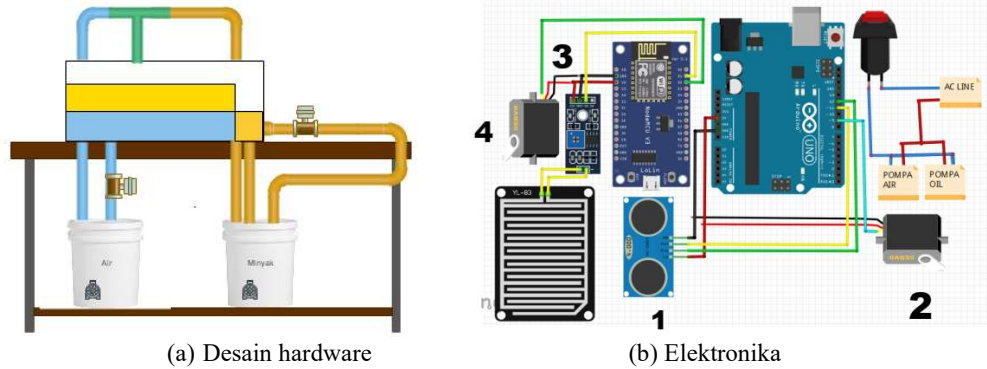
Prinsip yang akan dilakukan dalam tangki pemisah yaitu dimulai dari suatu fluida yang terdapat dari sumur produksi yang kemudian akan terangkat pada permukaan. Dimana tekanan permukaan ini lebih rendah dibandingkan dengan tekanan *reservoir*, sehingga pada kapasitas suatu cairan yang melarutkan gas akan menurun dan kemudian akan terpisah di karena adanya perbedaan *specific gravity* tersebut. Fluida yang memiliki *specific gravity* lebih berat kemudian akan berada di bawah, sedangkan yang memiliki *specific gravity* ringan akan menuju ke atas. Gas yang memiliki *specific gravity* yang sangat ringan memerlukan waktu yang singkat guna pemisahan pada bagian dalam tangki.

Sistem pengendalian yang digunakan untuk tangki pemisah saat ini masih menggunakan sistem manual atau yang biasa disebut mode on-off [2] yang menyebabkan tingkat keakurasian penunjukkan nilai levelnya masih terbilang rendah dan metode Extreme Learning Machine juga dapat di implementasikan dalam kontrol level air pada steam dengan toleransi error 0.15 % [3]. Dari kedua metode tersebut ada metode yang banyak digunakan dalam pengendalian salah satunya pengendalian level pada fine liquor evaporator menggunakan kontrol PID [4]. Selain pengukuran pada level, kontrol PID juga digunakan pada pengontrolan temperatur, dimana pada pengontrolan ini respon yang dihasilkan yaitu 84% peningkatan dalam *overshoot* dan juga 46% dalam settling time dibandingkan dengan kontroler biasa (on-off) atau tanpa menggunakan PID [5], [6]. Untuk itu, maka sangat disarankan menggunakan metode PID karena sangat dibutuhkan di plant proses guna memberikan hasil yang efektif. Pengendalian level pada *centrifugal preparation tank* menggunakan PID *Ziegler Nichols* berhasil mengendalikan dengan *steady state* 182.75 detik dan *undershoot* 49.89% lebih baik dari metode *Tyres Luyben* [7]. Pada penelitian terbaru menunjukkan bahwa PID dengan metode *Ziegler Nichols* masih sangat efektif pengendalian unit distilasi dalam pengendalian temperature dengan 13.7% lebih cepat mencapai set point [8]. Percobaan terkait pemisahan dua fasa dengan metode *Ziegler Nichols* dengan perubahan set point telah dapat stabil dalam waktu yang singkat 23 detik [9].

Monitoring dan komputasi dengan Bahasa pemograman Delphi dapat mudah diimplementasikan pada sistem kontrol sehingga mendapatkan hasil yang optimal [10]. Dalam hal ini penelitian ini selain mengendalikan dengan menggunakan kontrol PID, juga dilakukan pengawasan pada nilai proses. Untuk mengetahui nilai proses yang akan dikendalikan perlu adanya sebuah sistem yaitu Human Machine Interface menggunakan Delphi 7.0 sehingga memudahkan operator untuk membaca nilai proses yang dikendalikan. Dari latar belakang yang telah ada maka pada penelitian ini penulis membuat suatu prototipe pengendalian level pada tangki pemisah dua fasa menggunakan PID dengan metode *Ziegler Nichols* yang di monitoring dengan Delphi. Cairan yang digunakan dalam tahapan pemisahan ini menggunakan air dan minyak dan peralatan dijalankan secara otomatis dengan perubahan beberapa set point.

## 2. METODA

Kegiatan perancangan dibagi menjadi 2 (dua) tahap yaitu tahap desain prototipe dan tahap desain HMI. Tahap desain *prototipe* merupakan kegiatan pembuatan perkiraan visual 3 dimensi dari kerangka *prototipe* yang akan dibuat. Tahap desain monitoring ini merupakan tahap awal untuk membuat desain tampilan yang akan menampilkan data operasi proses pada keadaan aktual dan menyajikannya dalam bentuk grafik dan juga angka. Pada gambar 1 ditunjukkan desain dari perancangan pengendalian level tangki pemisah dua fasa dan peralatan elektronika yang digunakan dalam pengendalian.



(a) Desain hardware  
 (b) Elektronika  
 Gambar 1. Tahap perancangan peralatan (a) Desain *Hardware* dan (b) *Elektronika*

### 2.1. Model Proses Level

Untuk dapat menentukan parameter P, I atau pun D perlu dilakukan pengujian alat keseluruhan. Dimana pengujian alat ini menggunakan metode *bump test* dengan *tuning ziegler nichols*. Pada metode *bump test* nilai yang diperlukan untuk data adalah nilai PV dan juga MV yang kemudian dimasukkan pada *matlab* untuk dicari *system identification tool* pada *matlab*. penulis melakukan tiga kali percobaan dimana percobaan pertama penulis mengatur bukaan servo dari 50% ke bukaan servo 25%, serta dari bukaan servo 60% ke bukaan servo 80% dan dari bukaan servo 70% ke 20%. Hasil dari *bump test* dimasukkan pada *matlab* untuk mendapatkan nilai *transfer function* dari *prose level* pada *tangki* pemisah seperti pada gambar 2. Dari gambar 2, didapat mode proses orde 1 dengan gain proses yaitu  $3.3096/(2.848s+1)$  dengan fit estimation sebesar 80.25 %.

```
P1 =
Process model with transfer function:
      Kp
G(s) = -----
      1+Tpl*s

      Kp = 3.3096 +/- 0.017777
      Tpl = 2.848 +/- 0.14752

Name: P1
Parameterization:
  'P1'
  Number of free coefficients: 2
  Use "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:
Termination condition: Near (local) minimum, (norm(g) < tol).
Number of iterations: 7, Number of function evaluations: 15

Estimated using PROCEST on time domain data "levelminyak".
Fit to estimation data: 80.25%
FPE: 5.336, MSE: 5.31
More information in model's "Report" property.
```

Gambar 2. Hasil *Bump Test*

### 2.2. Perhitungan Parameter PID dengan Ziegler Nichol

Berdasarkan hasil *bump test* dapat diketahui nilai model matematis proses level dari tiga kali percobaan. Dimana langkah awal untuk menggunakan formula *Ziegler Nichol* harus menentukan nilai *Process Transport Delay (L)*, *Process Time Constant (T)* [7]. Nilai *time delay* didapatkan dari waktu disaat proses menunjukkan respon awal dari detik pertama sampai detik dimana keadaan berubah, Untuk nilai *time constant* didapatkan dari waktu respon menyentuh nilai 63% yang dihitung dari detik pertama proses menunjukkan responnya. Kemudian setelah didapatkan nilai *Process Transport Delay (L)*, *Process Time Constant (T)*. Formula *Ziegler Nichol* dapat dituliskan pada persamaan (1-3) [11]

Untuk mencari nilai Kp

$$Kp = 0,9 \frac{T}{L} \quad (1)$$

Untuk mencari nilai Ti

$$Ti = \frac{L}{0,3} \quad (2)$$

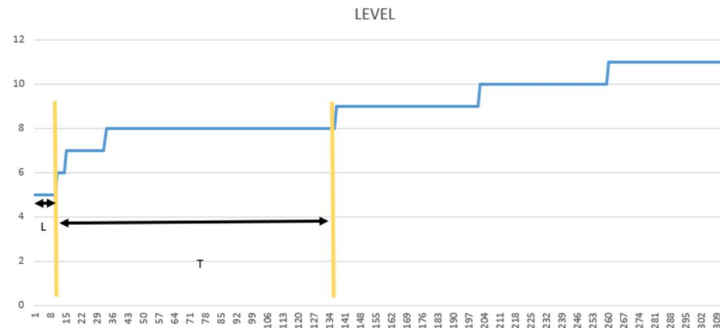
Untuk mencari nilai KI

$$K_i = \frac{k_p}{t_i} \quad (3)$$

Pada uji coba ini metode yang digunakan yaitu ziegler nichol untuk menentukan parameter PID. Grafik bump test Level berdasarkan excel sendiri dapat dilihat pada gambar 3. Dari grafik gambar 3 maka dapat diambil parameter perhitungan Process Transport Delay (L), Process Time Constant (T). Diketahui grafik menunjukkan respon FOPDT (*first order plant dead time*) dikarenakan grafik menunjukkan model proses yang stabil maka didapatkan:

L = 11 detik

T = 125 detik



Gambar 3. Grafik Bump Test

Nilai time delay didapatkan dari waktu disaat proses menunjukkan respon awal dari detik pertama, sehingga didapat waktu 11 detik. Untuk nilai time constant didapatkan dari waktu respon menyentuh nilai 63% yang dihitung dari detik pertama proses menunjukkan responnya. Sehingga didapatkan nilai 125detik.

Untuk menentukan parameter Kp:

$$K_p = 0.9 \times T/L$$

$$K_p = 0.9 \times 125/11$$

$$K_p = 10.22$$

Parameter Ki :

$$T_i = L/0.3$$

$$T_i = 11/0.3$$

$$= 36.6$$

$$K_i = k_p/t_i$$

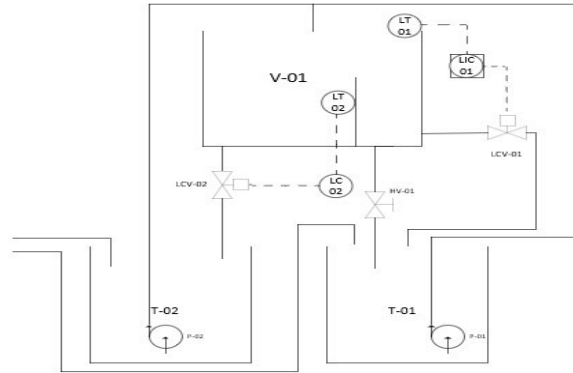
$$= 10.22/(11/0.3)$$

$$= 10.22/36.6$$

$$= 0.27$$

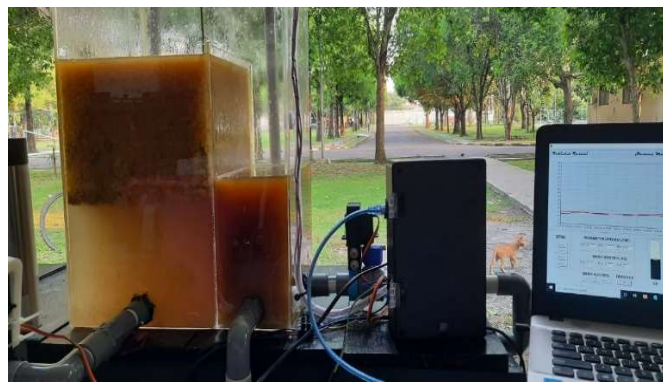
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara mekanisme kerja dari perancangan sistem ini berfungsi untuk menjaga kestabilan minyak pada *storage* agar minyak dapat terkontrol dengan baik dan tidak melewati pemisah. Pada pengendalian level minyak ini sensor yang digunakan adalah sensor ultrasonik yang mana hasil koreksi, pengukuran serta perhitungan kontroler nantinya akan memberi perintah berupa eksekusi pada *servo valve* sebagai aktuator dalam sistem pengendalian level pemisah dua fasa ini. P&ID Proses pengendalian level pada *vessel* pemisah dapat dilihat pada gambar 4. Pada perancangan ini komponen *plant tangki* pemisah digunakan *tangki* berbahan akrilik dengan ukuran 50 x 30 x 20. kapasitas *tangki* pemisah ini 30m<sup>3</sup>. Pada desain ini sensor yang digunakan untuk mendeteksi level minyak menggunakan sensor ultrasonik yang mana sensor ini dipasang pada sisi minyak. Ultrasonik banyak digunakan dalam deteksi level air yang mempunyai akurasi 97.28% [12]. Sensor ultrasonik ini berfungsi untuk mendeteksi level minyak yang masuk, yang mana sensor ultrasonik akan memberikan sinyal pada kontroler kemudian kontroler akan membandingkan antara PV dengan SP guna dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode PID sehingga nantinya kontroler akan mengirimkan sinyal berupa PWM pada *servo valve* sehingga *servo valve* dapat membuka atau menutup. Aksi pada *servo valve* sangat dibutuhkan dikarenakan jika level minyak sudah menyentuh *set point* maka *servo valve* akan terbuka sehingga minyak tidak akan bercampur dengan air pada *tangki* proses itu sendiri.



Gambar 4. Perancangan P&amp;ID Tangki Pemisah Dua Fasa

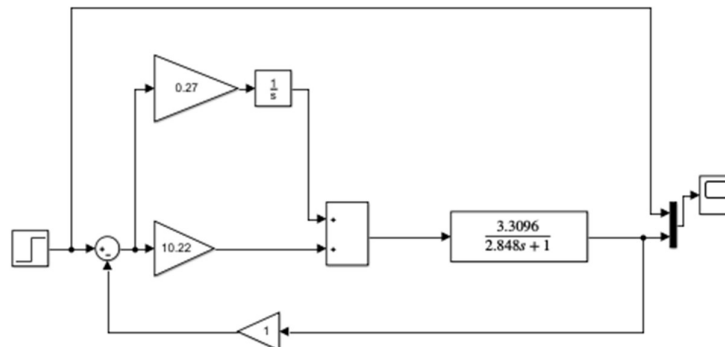
Pada proses ini juga diperlukan kontrol air yang bertujuan agar air tidak masuk kedalam tangki produk pemisahan. Pada kontrol air ini penulis juga menggunakan *servo valve* namun kontroler yang digunakan menggunakan Node MCU yang hanya difungsikan sebagai kontrol on-off saja. Sensor pada kontrol air penulis memilih sensor air dimana sensor tersebut akan memberi perintah kepada kontroler agar *servo valve* dapat membuka ketika air telah mencapai pada ketinggian 50%. Berikut hasil perancangan *prototipe* yang telah dibuat pada gambar 5 berupa tangki pemisah dua fasa.



Gambar 5. Hasil Perancangan Prototipe

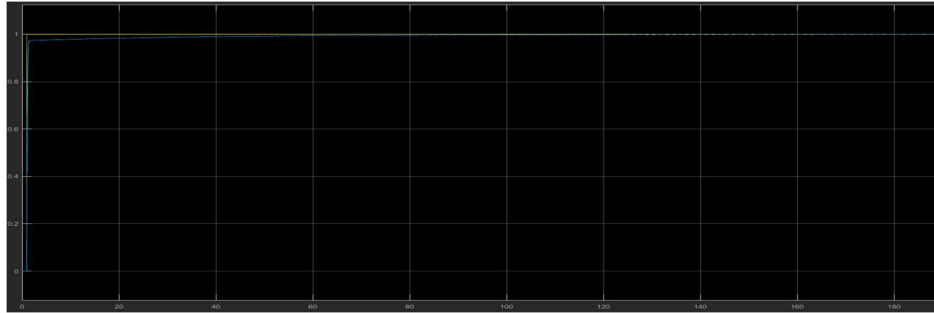
### 3.1. Tuning PID dengan Ziegler Nichol

Dengan melakukan tiga kali percobaan perubahan set point maka dilakukan pengujian guna mengetahui respon suatu sistem dengan memasukkan hasil perhitungan dengan rumus pada (1-3) yang kemudian diaplikasikan pada Matlab. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai  $K_p = 10.22$  dan  $K_i = 0.27$  dan  $K_d = 0$ . Guna pengujian parameter PID maka penulis melakukan *simulink* menggunakan matlab yang dapat dilihat pada gambar 6.

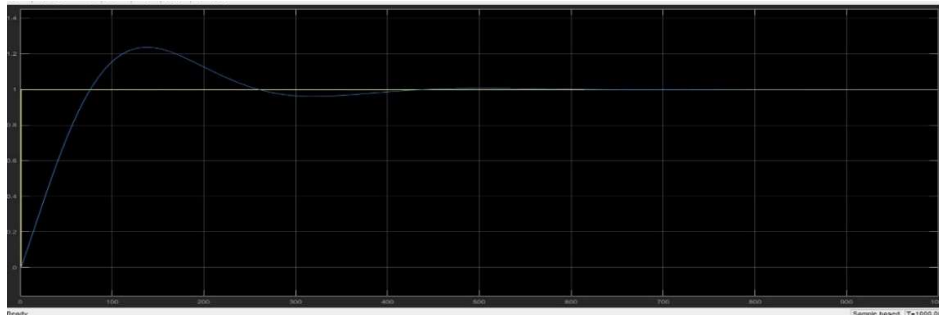


Gambar 6. Blok Diagram Proses

Dari hasil pengujian diperoleh *Settling Time* = 8.21 detik, *Time constant* = 1.086 detik, *Overshoot* = 0% dan *ESS* = 0 seperti pada gambar 7.

Gambar 7. Grafik *Tuning* Dengan bukaan servo 50% ke 20%

Pada pengujian kedua dengan bukaan servo 60% hingga 80% didapatkan nilai *fit to estimate* sebesar 78.59% dengan nilai  $0.05361/(204.01s+1)$  Sehingga dengan menggunakan tuning PID seperti pada percobaan pertama maka dihasilkan nilai  $K_P = 5.633$  nilai  $K_I = 0.15$  dan nilai  $K_D = 0$  dengan grafik data seperti yang terlihat pada gambar 8. Pada pengujian kedua dengan nilai *fit to estimation* sebesar 78.59% dihasilkan *Time Constant* 20S *ESS* = 0% *Overshoot* = 0,3% *settling Time* = 8,21 detik.

Gambar 8. Grafik *Tuning* Dengan bukaan servo 60% ke 80%

Pada pengujian kedua dengan bukaan servo 70% hingga 20% didapatkan nilai *fit to estimate* sebesar 68,33% dengan nilai  $1.5235/(431.08s+1)$ . Sehingga dengan menggunakan tuning PID seperti pada percobaan pertama maka dihasilkan nilai  $K_P = 26.7$  nilai  $K_I = 2.67$  dan nilai  $K_D = 0$  dengan grafik data seperti yang terlihat pada gambar 9. Pada pengujian kedua dengan nilai *fit to estimation* sebesar 68.33% dihasilkan *Time Constant* = 50 detik, *ESS* = 0 *Overshoot* = 0.24% *Settling time* = 600 detik.

Gambar 9. Grafik *Tuning* Dengan bukaan servo 70% ke 20%

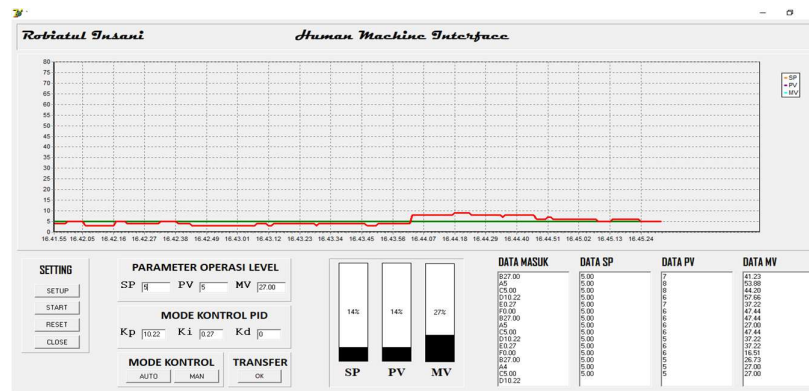
Dari gambar 7, gambar 8 serta gambar 9 respon yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 1. Yang mana pada tabel 3.1 dapat ditarik kesimpulan nilai respon yang terbaik terjadi pada percobaan pertama dimana pada percobaan pertama tidak terjadi *overshoot* serta nilai *settling time* dan *time constant* yang dihasilkan sangat berbeda jauh dibandingkan dengan percobaan kedua dan percobaan ketiga.

Tabel 3.1. Hasil Simulink Percobaan *Bump Test*

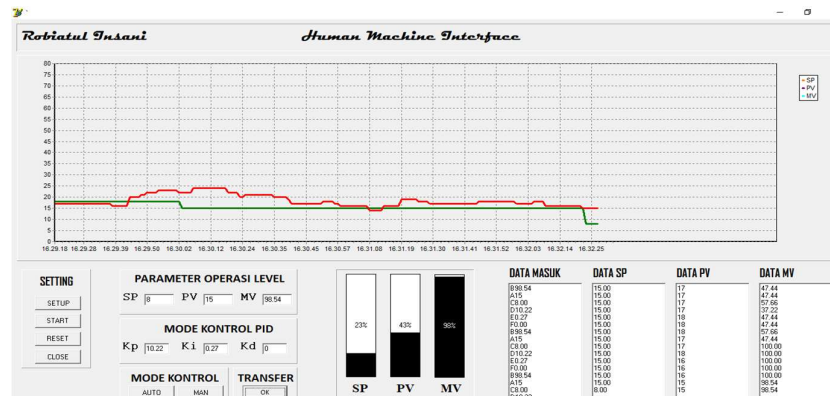
Parameter	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
<b>Nilai PID</b>			
KP	10.22	5.63	26.7
KI	0.27	0.15	2.67
KD	0	0	0
<b>Respon</b>			
<i>Overshoot</i>	0	0.3	0.24
<i>Settling Time</i>	8.21 S	120 s	600s
<i>ESS</i>	0	0	0
<i>Time Constant</i>	1.086 S	20 s	50s

### 3.2. Tracking Set Point Dengan metode Ziegler Nichol

Pada tahap ini dilakukan *tracking set point*, dimana *tracking set point* dilakukan dengan memasukan 4 (empat) sampel dengan menggunakan hasil *tuning* yang terbaik. Nilai control PID yang digunakan dengan nilai  $K_p = 10.22$ ,  $K_i = 0.27$  dan  $K_d = 0$ . Berikut hasil dari *tracking set point* yang telah dilakukan. Pada gambar 10 ditunjukkan ketika diberi nilai *set point* 5, menghasilkan *overshoot* 3cm, dan stabil pada 2 menit 63 detik. Dari gambar 10 dapat dilihat beberapa nilai berupa perubahan MV dan PV yang terjadi dalam proses pengendalian.



Gambar 10. Tracking Set Point dengan Set Point 5 cm

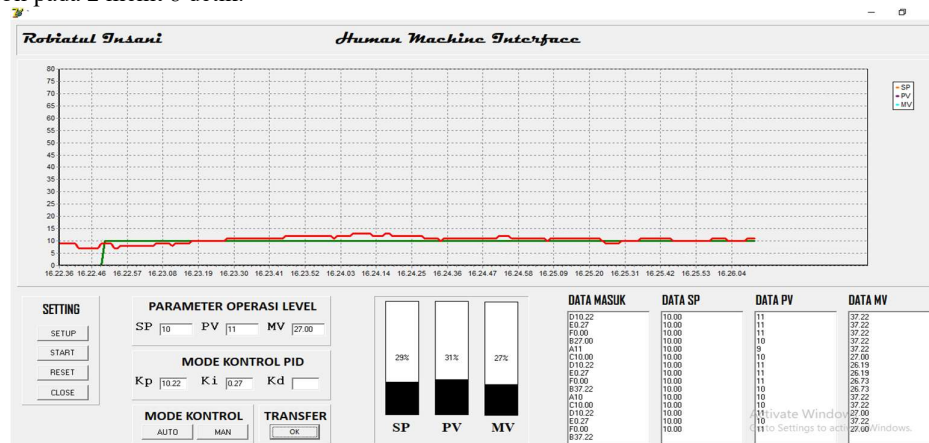


Gambar 11. Tracking Set Point dengan Set Point 8 cm



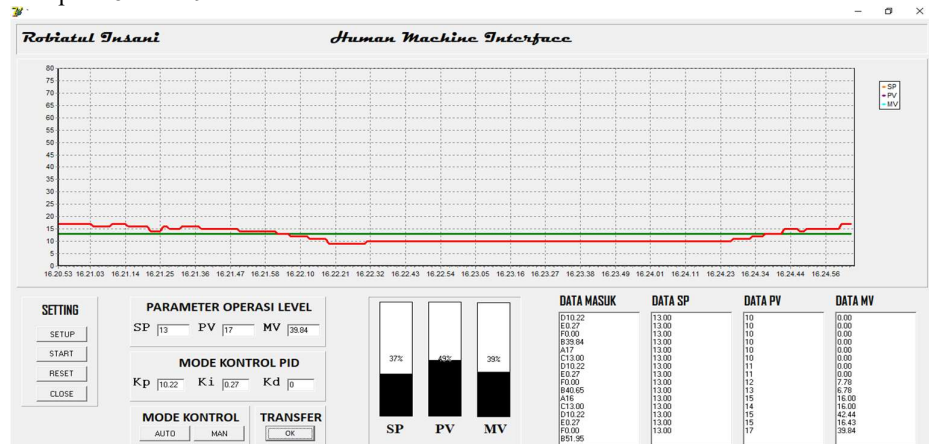
Pengujian berikutnya ketika diberi nilai *set point* 8, menghasilkan *overshoot* 3 cm, dan stabil pada 1 menit 15 detik seperti ditunjukkan pada gambar 11.

Pada gambar 12 merupakan pengujian ke tiga ketika diberi nilai *set point* 10, menghasilkan *overshoot* 3 cm, dan stabil pada 2 menit 8 detik.



Gambar 12. Tracking Set Point dengan Set Point 10 cm

Pada gambar 13 merupakan pengujian ke empat ketika diberi nilai *set point* 13, menghasilkan *overshoot* 3 cm, dan stabil pada 8 menit 9 detik.



Gambar 13. Tracking Set Point dengan Set Point 13 cm

Dari hasil *tracking set point* yang telah dilakukan dengan menggunakan 4 (empat) sampel maka penulis sajikan dalam tabel 3.2

Tabel 3.2. Tracking Set Point  
Tracking Set Point 50% ke 25%

No	Percobaan (SP)	KP	KI	KD	Settling Time (s)
1	5	10.22	0.27	0	2.63
2	8	10.22	0.27	0	1.15
3	10	10.22	0.27	0	2.83
4	13	10.22	0.27	0	8.9

Pada tabel 3.2 dapat ditarik kesimpulan *tracking set point* yang terbaik pada percobaan ke 2 hal ini dikarenakan waktu yang dibutuhkan *set point* untuk dapat stabil hanya memerlukan waktu 1.15 menit saja. hal ini dikarenakan nilai *fit to estimation* pada saat melakukan *bump test* tidak mencapai 100% dan adanya rugi peralatan pada sistem kontrol.



#### 4. KESIMPULAN

Rancang bangun prototipe pengendalian level pada tangki pemisah menggunakan Arduino Uno sudah sesuai dengan fungsinya. Pemasangan arduino uno digunakan sebagai kontroler yang mana kontroler sangat berperan besar pada saat proses pengontrolan. Peralatan ini dapat digunakan sebagai sarana prasarana dalam pembelajaran guna mengetahui respon yang dihasilkan oleh alat ketika dilakukan uji coba nilai parameter PID. Berdasarkan Percobaan yang dilakukan dengan menerapkan kontrol PID pada prototype dengan mengambil 3 sampel bump test dengan menggunakan metode ziegler nichol hasil yang terbaik terdapat pada percobaan satu (bukaan servo 50% ke 25%). Dimana pada percobaan satu dihasilkan Settling time 8.21S time constant 14.6S, Overshoot 0%, ESS 0. Penggunaan Delphi 7 sebagai interface berjalan sesuai dengan apa yang diinginkan yakni dapat merubah dari mode manual dan mode auto di mana mode manual dapat digunakan sebagai bump tes dan mode auto dapat digunakan untuk metode trial and error.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu tercapainya proyek ini dan khususnya Program Studi Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas dalam hal fasilitas pembiayaan dan sarana prasana laboratorium.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Aziz, Abdul Hamid, Abdul Hidayat, "Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) Untuk Separasi 3 Fasa," *Sinergi*, vol. 18, no. 1, pp. 31–38, 2014.
- [2] A. Rinto, W. Pradana, J. T. Fisika, and F. T. Industri, "Rancang Bangun Sistem Pengendalian on-Off Level Oil Pada Mini Plant Horizontal Separator 3 Fasa Di Workshop Instrumentasi System in Three Phase Horizontal," 2016.
- [3] W. P. Mahardhika *et al.*, "Design of deaerator storage tank level control system at industrial steam power plant with comparison of Neural Network (NN) and Extreme Learning Machine (ELM) method," *2017 Int. Symp. Electron. Smart Devices, ISESD 2017*, vol. 2018-January, no. October, pp. 40–45, 2017, doi: 10.1109/ISESD.2017.8253302.
- [4] N. A. Septiani, J. U. Ravy, A. K. Dewi, and A. S. Wardhana, "Analisis Stabilitas Sistem Pengendalian Level Pada Fine Liquor Evaporator Dengan Metode Root Locus dan Nyquist di PT. XYZ Blora," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral*, 2021, vol. 1, pp. 47–59.
- [5] Y. B. Khare and Y. Singh, "PID Control of Heat Exchanger System," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 8, no. 6, pp. 22–27, 2010, doi: 10.5120/1213-1742.
- [6] A. S. Wardhana, M. Ashari, and H. Suryoatmojo, "Optimal Control of Robotic Arm System to Improve Flux Distribution on Dual Parabola Dish Concentrator," *Int. J. Intell. Eng. Syst.*, vol. 13, no. 1, pp. 364–378, 2020, doi: 10.22266/ijies2020.0229.34.
- [7] J. U. Ravy, N. A. Septiani, A. K. Dewi, and A. S. Wardhana, "Evaluasi Kinerja Controller Design PI Sistem Pengendalian Level Pada Centrifugal Preparation Tank," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral*, 2021, vol. 1, pp. 1–11.
- [8] R. Battisti, C. Alberto, F. Manenti, R. Antonio, F. Machado, and C. Marangoni, "Dynamic modeling with experimental validation and control of a two-phase closed thermosiphon as heat supplier of a novel pilot-scale falling film distillation unit," *Comput. Chem. Eng.*, vol. 143, 2020, doi: 10.1016/j.compchemeng.2020.107078.
- [9] M. Imaduddin *et al.*, "Implementation PID in Coupled Two Tank Liquid Level Control using Ziegler-Nichols and Routh Locus Method," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Applied Science, Engineering and Social Sciences (ICASESS 2019)*, 2019, pp. 274–279.
- [10] A. S. Wardhana, M. Ashari, and H. Suryoatmojo, "Designing and modeling a novel dual parabolic concentrator with three degree of freedom (DOF) robotic arm," *Sol. Energy*, vol. 194, 2019, doi: 10.1016/j.solener.2019.10.057.
- [11] A. S. Mukhaitir, I. Setiawan, M. Jurusan, T. Elektro, F. Teknik, and U. D. Semarang, "Aplikasi Kendali PID Menggunakan Skema Gain Scheduling Untuk Pengendalian Suhu Cairan pada Plant Electric Water Heater," *Transmisi*, vol. 12, no. 1, pp. 27–32, 2010, doi: 10.12777/transmisi.12.1.27-32.
- [12] R. Sulistyowati, H. A. Sujono, and A. K. Musthofa, "Design and field test equipment of river water level detection based on ultrasonic sensor and SMS gateway as flood early warning," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1855, 2017, doi: 10.1063/1.4985517.