

# Desain Optimasi PID Controller Pada Heating Furnace Temperature Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (PSO)

Muhammad Agil Haikal, Dandy Tulus Herlambang, Machrus Ali\*,  
Muhlasin

Universitas Darul 'Ulum Jombang, Jalan Gus Dur 29A, Mojongapit, Jombang 61419, Indonesia

\*machrus4@gmail.com

*Kata Kunci :*

ABSTRAK

*Artificial Intelligence  
Control Suhu  
Heating Furnace  
PSO*

Desain pengontrol PID untuk kontrol suhu tungku pemanas industri sangat diperlukan. Kontroler PID telah terbukti andal dan telah banyak digunakan. Namun, terkendala dalam memilih gain PID yang lebih baik. Oleh karena itu, makalah ini merupakan pendekatan untuk menentukan nilai gain PID yang paling tepat dengan menggunakan metode penyetelan kecerdasan buatan. Metode kecerdasan buatan yang digunakan adalah PSO. Cara ini terinspirasi dari perilaku burung dalam mencari makan. Kontroler PID dalam arsitektur PSO adalah pilihan terbaik dibandingkan dengan sistem kontrol loop tunggal konvensional, PID konvensional dan metode auto tuning matlab 2013a untuk mengontrol proses nonlinier ini. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rancangan PID-PSO adalah metode terbaik dengan overshoot = 0.0721, undershoot 0.0081, dan settling time pada 30.4283 detik yang dapat menghasilkan respon yang cepat dengan kinerja dinamis yang kuat.

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi sampai saat ini sangat pesat yang sebanding dengan kebutuhan pada sebuah industri yang berbasis automasi dan tentunya dituntut untuk memiliki sistem kendali yang lebih handal. Keandalan sistem tersebut sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dalam sebuah industri. Sebagai contoh automasi pada sebuah industri yaitu proses pemanasan pada sistem furnace. Proses control perlu diperhatikan agar lebih fleksibel. Proses control akan lebih kompleks dalam pembuatan produk agar bernilai tambah tinggi. Proses tuning berperan digunakan untuk memastikan kinerja sistem agar memenuhi tujuan operasi. Diperlukan optimasi dan pengujian control agar mendapatkan hasil pengontrolan temperatur yang baik.

Sehingga mendapatkan hasil optimasi yang lebih stabil dan efisien dibanding dengan pengontrolan konvensional. Kontrol cerdas berbasis Artificial Intelligent sudah banyak berkembang untuk memperbaiki kontrol konvensional. Banyak metode kecerdasan sudah digunakan dalam optimasi sistem, masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Banyak peneliti yang membandingkan metode kecerdasan buatan untuk menyelesaikan persoalan optimasi sistem mereka, diantaranya pada control steer kendaraan (Kusuma, Ali, and Sutantra 2017), control tracking photovoltaic (Ali et al. 2021), dan control frekuensi pada mikrohidro (Kadaryono et al. 2018). Oleh sebab itu, pada penelitian ini penulis akan mendesain model temperatur pada heating furnace menggunakan kontrol PID yang dituning dengan Artificial Intelligence (AI) dengan metode Particle Swarm Optimization (PSO) Algorithm untuk mengontrol temperatur heating furnace agar lebih stabil dan efisien. Furnace adalah alat yang digunakan untuk menaikkan suhu pada suatu objek dari pembakaran bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar cair dan bahan bakar gas, yang dicampur oleh burner dan menghasilkan pembakaran. Pemanasan diberikan dengan mengabaikan bahan bakar melalui tabung atau pipa yang diatur sebaik mungkin didalam tungku, perpindahan panas terjadi melalui tiga cara yaitu konveksi, konduksi dan radiasi.



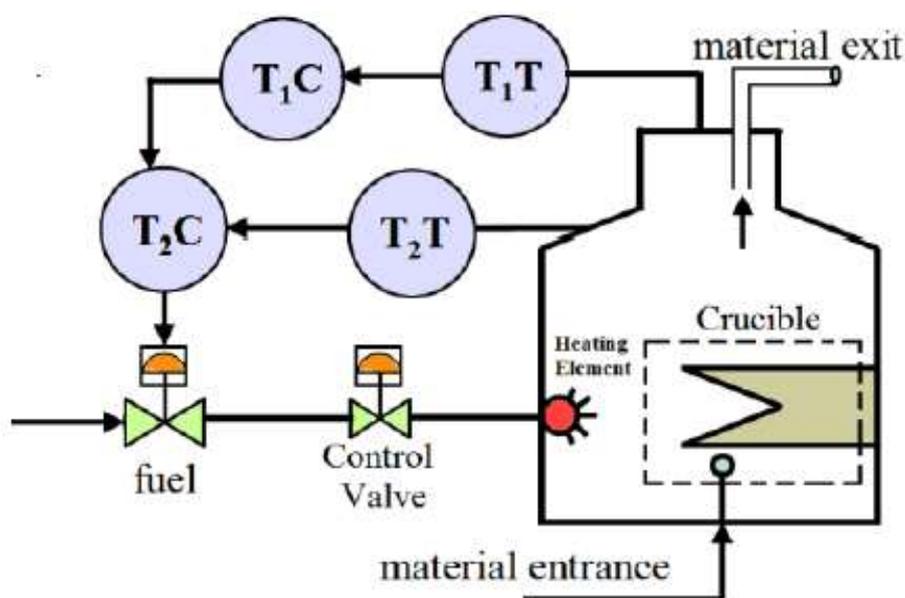
**Gambar 1 Furnace Untuk Proses Pembakaran**

Fungsi dari furnace adalah untuk menghasilkan energi panas dan mencapai pembakaran. Alat ini bekerja dengan cara menggunakan komposisi gas dan udara yang tercampur dengan seimbang. Bahan bakar yang digunakan berupa bahan bakar cair atau bahan bakar gas yang tercampur didalam burner. Burner tersebut merupakan suatu alat yang mensuplai atau mengatur bahan bakar dan udara yang akan dibakar. Salah satu kegunaannya adalah untuk mencampur udara dan bahan bakar untuk menciptakan pembakaran yang baik dan meningkatkan efisiensi pembakaran. Secara umum bagian burner terbagi menjadi dua bagian yaitu pilot burner dan main burner. Pilot burner digunakan sebagai titik awal proses penyalaan dari pemantik api (ignition), kemudian setelah penyalaan akan dilanjutkan dengan main burner hingga memiliki keadaan dimana burner mengkonsumsi lebih banyak gas dan udara.

## 2. Heading Furnace Temperature

### 2.1 Furnace

Furnace merupakan alat yang untuk menaikkan suhu pada suatu objek dengan menggunakan panas dari pembakaran bahan bakar. Furnace menggunakan bahan bakar cair dan gas, yang dicampur oleh burner dan menghasilkan pembakaran. Pemanasan dilakukan dengan melewati bahan bakar melalui tabung atau pipa yang diatur supaya di dalam tungku, perpindahan panas terjadi melalui tiga cara yaitu konveksi, konduksi dan radiasi (Islam and Islam 2021). Fungsi dari furnace adalah untuk menghasilkan energi panas dan mencapai pembakaran. Alat ini bekerja dengan cara menggunakan komposisi gas dan udara yang tercampur dengan seimbang. Bahan bakar yang digunakan berupa bahan bakar cair atau bahan bakar gas yang tercampur didalam burner. Burner tersebut merupakan suatu alat yang mensuplai atau mengatur bahan bakar dan udara yang akan dibakar. Salah satu kegunaannya adalah untuk mencampur udara dan bahan bakar untuk menciptakan pembakaran yang baik dan meningkatkan efisiensi pembakaran (Islam and Islam 2021). Secara umum bagian burner terbagi menjadi dua bagian yaitu pilot burner dan main burner. Pilot burner digunakan sebagai titik awal proses penyalaan dari pemantik api (ignition) (S. Wang, Li, and Yang 2012), kemudian setelah penyalaan akan dilanjutkan dengan main burner hingga memiliki keadaan dimana burner mengkonsumsi lebih banyak gas dan udara. Sistem kontrol suhu tungku ditunjukkan pada gambar.2. Sedangkan T1C adalah kontroler utama, T2C adalah kontroler sekunder, dan T1T mewakili set poin suhu pengukuran material, dan T2T mewakili suhu pengukuran tungku perapian (Y V Pavan Kumar 2013).



Gambar 2 Furnace Temperature System

Hasil keluaran dari kontroler utama (T1C) diberikan sebagai set poin ke kontroler kedua (T2C). T2C digunakan untuk mengontrol aliran bahan bakar. Pada proses pemanasannya, bahan ditempatkan dalam wadah dipanaskan sampai suhu tertentu. Ada tiga komponen dalam kontrol yang ada di dalam ruang pembakaran, mulai dari kontrol bahan bakar sampai pada kontrol

ekspor bahan mentah, Komponen tersebut adalah tungku, perapian, dan bahan baku yang dipanaskan.

Dari gambar 2 didapatkan persamaan transfer function sebagai berikut;

$$G_1(s) = \frac{1/90}{(s+1/30)(s+1/3)} \quad (1)$$

$$G_2(s) = \frac{1/10}{(s+1/10)(s+1)} \quad (2)$$

Sistem ini diimplementasikan dalam MATLAB Simulink

## 2.2 PID (Proportional Integral Derivative)

Salah satu kontroler yang masih dinyatakan handal dalam model kontrol adalah menggunakan PID Kontroller. Kontroller itu telah banyak digunakan dan terbukti bisa mengoptimasi sebuah sistem kontrol secara baik dan tepat. Alasan penggunaan PID kontroler adalah merupakan alat kontro yang sederhana, disain mudah, stabil, respon cepat. Namun pada penggunaannya sering terjadi offset atau selisih nilai set point dengan nilai variabel hasil, dan masih sering terjadi osilasi atau respon bergelombang yang cukup besar (Ali et al. 2019).

Pengendalian nilai konstanta PID sangat diperlukan agar dapat menghilangkan offset secara baik, Apabila tidak dikendalikan bisa megakibatkan nilai deviasi yang besar dengan waktu respon yang sangat lama dibandingkan dengan cara konvensional. Pengendalian derivative juga perlu dilakukan agar rate kontrol bisa terkendali karena bisa mengurangi atau menghilangkan (memperkecil) osilasi yang berlebihan (Ali, Umami, and Sopian 2016). Offset yang terjadi biasanya diakibatkan oleh terlalu besar kontrol integralnya.

## 2.3 Particle Swarm Optimization (PSO)

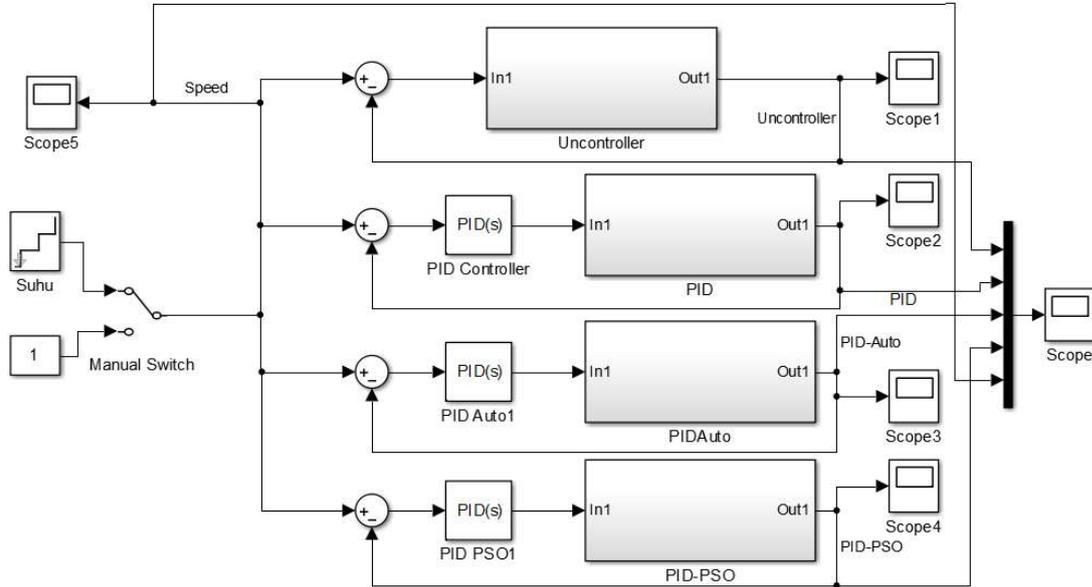
Particle Swarm Optimization (PSO) merupakan salah satu metode kecerdasan buatan yang sering digukan untuk optimasi sistem kontrol. PSO merupakan sebuah algoritma berbasis populasi dengan cara mengeksplorasi individu didalam pencarian hasil tujuan. Dalam PSO populasi disebut dengan nama swarm dan individu disebut disebut dengan nama partikel. Setiap partikel berpindah-pindah dengan kecepatan tertentu yang diadaptasi dari daerah pencarian (P-Best). Dari beberapa pencarian disimpan kemudian disimpan sebagai posisi terbaik secara global (G-best) yang pernah dicapai. PSO didasarkan pada perilaku sosial sekawanan burung atau ikan dalam suatu kelompoknya. Perilaku sosial swram terdiri dari tindakan individu burung atau ikan dan pengaruhnya dalam suatu kelompok burung atau ikan (Chopard and Tomassini 2018).

Ciri khas dari PSO adalah penyesuaian heuristik dan probabilistik terhadap kecepatan partikel. Jika sebuah partikel memiliki kecepatan yang konstan, maka kita melihat hasil pada posisi beberapa partikel dan akan membentuk sebuah garis lurus. Apabila ada gangguan dari luar (faktor eksternal) yang bisa membelokkan garis jalur akan menggerakkan partikel melalui ruang pencarian. Dari hasil tersebut diharapkan partikel tersebut dapat melaju, mendekati, dan akhirnya mencapai titik yang paling optimal yang dinamakan P-Best. Faktor ekstrinsik yang merupakan lokasi terbaik yang pernah dikunjungi partikel. Dan pada posisi terbaik dari semua partikel disebut dengan Global Best (G-Best), serta faktor kreatifitas untuk membuat eksplorasi (D. Wang, Tan, and Liu 2018).

### 3. Hasil dan Analisa

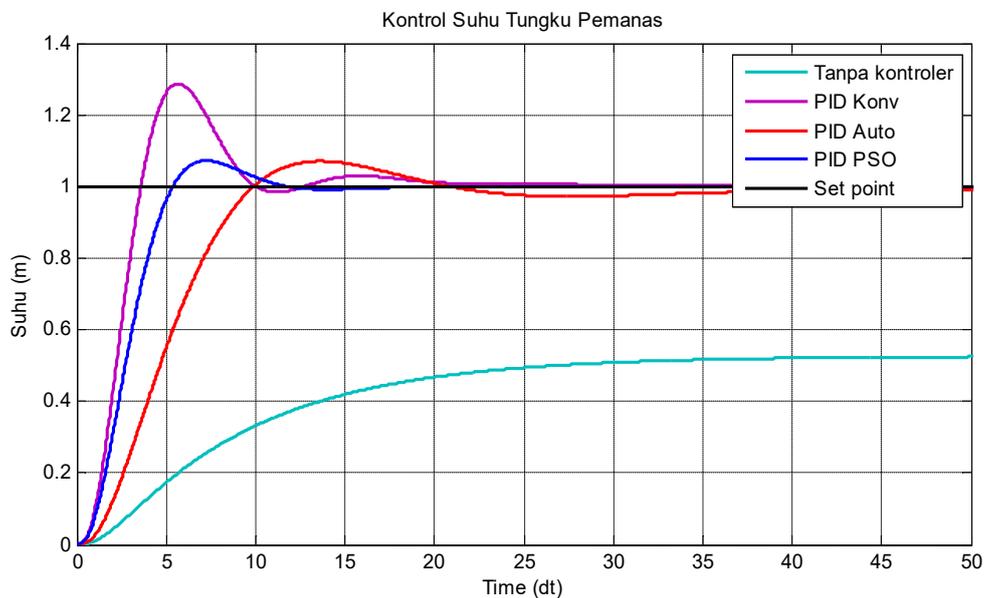
#### 3.1 Desain Kontroler

Pada saat posisi switch pada kedudukan 1, bentuk desain dapat dilihat pada gambar 1.



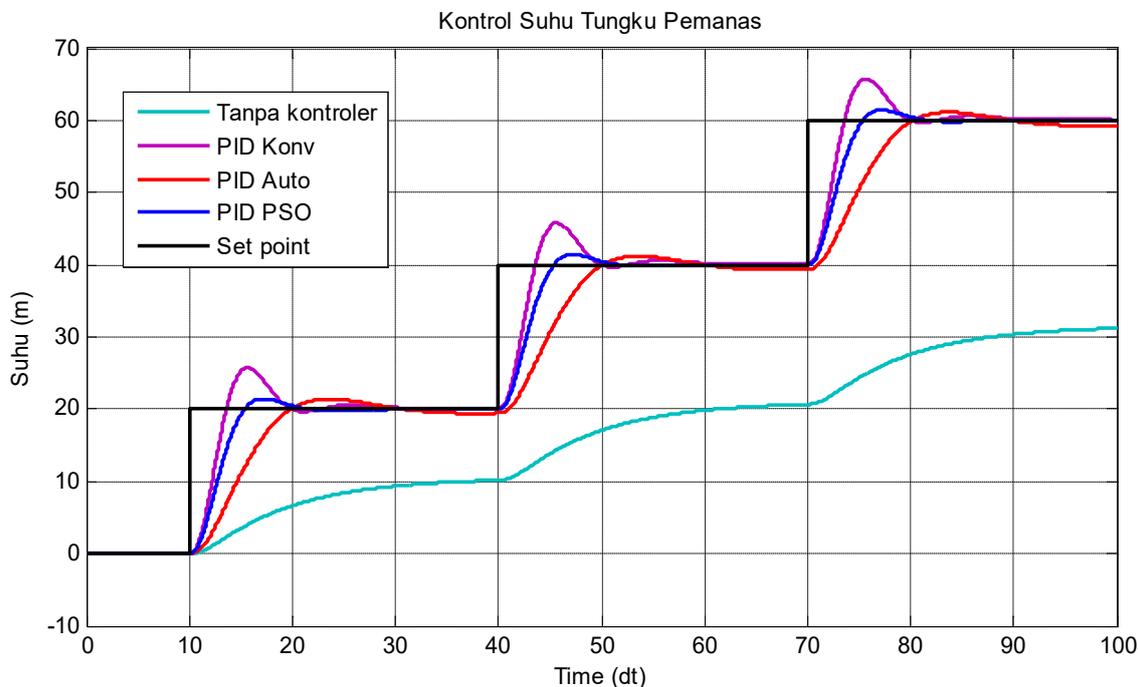
Gambar 3 Desain beberapa pengaturan suhu pada tungku pemanas

Hasil perbandingan untuk semua respons transien karakteristik kinerja dinamis dihitung dan ditabulasi seperti yang ditunjukkan pada.



Gambar 4 Respon kontrol suhu tungku pemanas pada posisi switch 1

Dari gambar 4 menunjukkan bahwa kontroller PID-Auto mempunyai overshoot terkecil hampir sama dengan PID-PSO, undershot terkecil pada PID-PSO dan settling time tercepat juga pada PID-PSO. Jika diterapkan pada setpoint kenaikan suhu sesungguhnya dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Respon kontrol suhu tungku pemanas pada posisi switch 2

Dari gambar 5 menunjukkan bahwa pada setiap pergantian tahapan kenaikan suhu terjadi lonjakan suhu. Pada kontroller PID-Auto mempunyai overshoot terkecil hampir sama dengan PID-PSO, undershot terkecil pada PID-PSO dan settling time tercepat juga pada PID-PSO. Overshoot dan undershot yang terjadi dapat dilihat pada table 1

Tabel 1. Respon masing-masing controller terhadap perubahan suhu

|               | Uncontrolled | PID-Konvensional | PID-Auto | PID-PSO |
|---------------|--------------|------------------|----------|---------|
| Kp            | -            | 1                | 4.2875   | 7.0177  |
| Ki            | -            | 1                | 0.1769   | 0.3486  |
| Kd            | -            | 0                | 1.1256   | 0.4323  |
| Overshoot     | 0            | 0.2872           | 0.0720   | 0.0721  |
| Undershot     | 0.474        | 0.0161           | 0.0277   | 0.0081  |
| Settling time | ~            | 38.4422          | 36.5342  | 30.4283 |

Dari table 1 menunjukkan respon masing-masing controller terhadap perubahan suhu menunjukkan bahwa model tanpa controller tidak memiliki nilai kp, ki, dan kd dengan nilai overshoot nol (0), undershot 0.474, dan tidak memiliki settling time karena tidak pernah mencapai titik yang diinginkan sampai pada detik ke 100. Metode PID-Konv (konvensional) dengan nilai kp = 1, ki = 1, dan kd = 0, dengan hasil overshoot = 1.2872, undershot = 0.0161,

dan settling time pada 38.4422 detik. Metode PID-Auto (tuning matlab 2013a) dengan  $k_p = 4.2875$ ,  $k_i = 0.2875$ ,  $k_d = 1.1256$ , dengan hasil overshoot = 1.0716, undershoot = 0.0277, dan settling time pada 36.5342 detik. Sedangkan pada metode PID-PSO dengan nilai konstanta  $k_p = 7.0177$ ,  $k_i = 0.3486$ ,  $k_d = 0.4323$  menghasilkan overshoot = 0.0721, undershoot 0.0081, dan settling time pada 30.4283 detik.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang ditunjukkan oleh gambar 5 dan table 1 menunjukkan bahwa metode optimasi terbaik dihasilkan oleh metode PID-PSO dengan menghasilkan overshoot = 0.0721, undershoot 0.0081, dan settling time pada 30.4283 detik. Meskipun pada PID-Auto menghasilkan nilai overshoot yang sedikit lebih kecil, akan tetapi settling time dan undershootnya cukup besar, sehingga dipilih PID-PSO sebagai metode terbaik dalam kontrol suhu tungku pemanas.

#### Daftar Pustaka

Ali, Machrus et al. 2019. "Design Of Water Level Control Systems Using PID and ANFIS Based on Firefly Algorithm." *JEEMECs (Journal of Electrical Engineering, Mechatronic and Computer Science)* 2(1): 61–66. <http://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jeemecs/article/view/2804>.

Ali, Machrus, Aji Akbar Firdaus, Hidayatul Nurohmah, and Hadi Suyono. 2021. "Performance Comparison of The Artificial Intelligence Applications to Dual-Axis Tracking Controls of Solar Panels." In *2021 7th International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering (ICEEIE)*, IEEE, 1–5. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9616931/>.

Ali, Machrus, Izzatul Umami, and Hendi Sopian. 2016. "Particle Swarm Optimization (PSO) Sebagai Tuning PID Kontroler Untuk Kecepatan Motor DC." *Jurnal Intake* 7(1): 10–20. <http://ejournal.undar.ac.id/index.php/intake/article/view/382>.

Chopard, Bastien, and Marco Tomassini. 2018. "Particle Swarm Optimization." In *Natural Computing Series*, , 97–102.

Islam, Md Tauhidul, and Md Saiful Islam. 2021. "Design and Optimization of a Self-Tuning PID Controller Based on Fuzzy Logic for Temperature Control System of Furnace." In *Proceedings of International Conference on Electronics, Communications and Information Technology, ICECIT 2021*,.

Kadaryono et al. 2018. "Comparison of LFC Optimization on Micro-Hydro Using PID, CES, and SMES Based Firefly Algorithm." In *2018 5th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, , 204–9. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8752733/>.

Kusuma, D.H., M. Ali, and N. Sutantra. 2017. "The Comparison of Optimization for Active Steering Control on Vehicle Using PID Controller Based on Artificial Intelligence Techniques." In *Proceedings - 2016 International Seminar on Application of Technology for*

Information and Communication, ISEMANTIC 2016, Semarang: IEEE Conference, 18–22. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7873803/>.

Wang, Dongshu, Dapei Tan, and Lei Liu. 2018. “Particle Swarm Optimization Algorithm: An Overview.” *Soft Computing* 22(2): 387–408.

Wang, Shoubin, Na Li, and Fan Yang. 2012. “Resistance Furnace Temperature System on Fuzzy PID Controller.” *Journal of Information and Computational Science* 9(9): 2627–34.

Y V Pavan Kumar, Y V Pavan Kumar. 2013. “Cascaded PID Controller Design for Heating Furnace Temperature Control.” *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering* 5(3): 76–83.