

Implementasi Kendali PID untuk Mempertahankan Suhu Air pada Hydroponics Assistant IoT

Agung Suryana*, M. Nurkamal Fauzan, and M Harry K Saputra

Politeknik Pos Indonesia

Jalan Sariasih No.54, Sarijadi, Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40151, (022) 2009562

*corresponding author, e-mail: xxxx@xxxx.xxx

1. Introduction

Di zaman sekarang ini pertumbuhan penduduk dan bangunan sangat lah sulit di kendalikan[1] contohnya di kota Bandung, Bandung merupakan ibu kota provinsi Jawa Barat dengan jumlah penduduk tahun 2014 yaitu 2,490,622 jiwa, dengan kepadatan penduduk 22.089 jiwa/km² dengan laju pertumbuhan 0,37-0,71% pertahunnya (Badan Pusat Statistik kota bandung 2014)[2] dengan tingkat kesibukan yang tinggi[3], Dengan bertambahnya jumlah penduduk berpengaruh pada kawasan lahan hijau di Bandung mengalami pengurangan mengalami pengurangan sebesar 3932 ha (1,4%) per tahun[4], sedangkan Kebutuhan sayuran semakin meningkat[5] dan jika kebutuhan tidak terpenuhi makan peningkatan import akan meningkat sedangkan Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pertumbuhan impor berdampak negatif terhadap pertumbuhan ekonomi di Indonesia[6]. Selain itu terdapat gangguan lain seperti suhu ekstrem yang membuat gagal panen[7]. Peningkatan suhu yang terjadi dari tahun 2011-2015, yang disebut terpanas sepanjang sejarah, ternyata telah mulai menimbulkan masalah terutama di sektor pertanian[8] Suhu tinggi merusakkan enzim sehingga metabolisme tidak berjalan baik. Suhu rendah pun menyebabkan enzim tidak aktif dan metabolisme terhenti[9], Suhu air dianggap sebagai salah satu yang paling parameter penting yang mempengaruhi tingkat pertumbuhan dan pengembangan teripang serta distribusinya di dalamnya lingkungan kolam[10]

Berdasarkan dari beberapa literatur mengatakan bahwa respon tanaman terhadap kenaikan suhu udara tergantung pada nilai suhu[11], Suhu merupakan salah satu faktor yang secara signifikan menentukan pertumbuhan dan perkembangan tanaman [12], Suhu yang paling ideal untuk fase tanaman contohnya kecambah berkisar antara 25-30°-30°C, sedangkan suhu ideal untuk pembentukan warna buah berkisar antara 24-28°-30°C[13], Kontrol suhu adalah variabel yang menarik dalam pertumbuhan tanaman air yang sehat[14], Suhu rendah memungkinkan tanaman memiliki kendala dalam pertumbuhan[15]

Oleh karena itu dibutuhkan suatu teknik atau metode untuk mengatasi permasalahan tersebut, yaitu dengan membuat sebuah alat pengendali suhu dimana terdapat sebuah alat pemanas dan pendingin dimana alat tersebut akan merespon suhu yang ada dalam sebuah wadah tempat air dimana jika suhu air tidak sesuai dengan setpoint yang ditentukan maka sistem akan menghitung kesalahan dan mengurangi kesalahan tersebut, metode ini disebut dengan metode PID (Proporsional Integral Derivatif), PID adalah pengendali yang paling banyak digunakan dalam industri[16][17], Pengaturan pengontrol PI dan PID sering dipilih dengan menggunakan metode yang dirancang untuk pengendali berulang[18], Pada kontrol PID, istilah turunan digunakan untuk mengurangi overshoot dan memperbaiki respons[19]. Kontrol Proporsional-Integral Derivatif (PID) menawarkan solusi paling sederhana namun paling efisien untuk mengatasi banyak masalah kontrol dunia nyata[20] selain itu dalam penelitian ini menggunakan github sebagai SCM karena Github dapat memfasilitasi dan memudahkan dalam berkolaborasi dalam team sehingga tujuan penelitian dapat tercapai [21]

2. Related Works

Hidroponik adalah budidaya tanaman dengan memanfaatkan air dan tidak menggunakan tanah sebagai media tanam, tetapi lebih kepada penekanan kebutuhan nutrisi bagi tanaman [22]. Teknik NFT adalah teknik yang menggunakan larutan nutrisi untuk menguras di daerah akar. Solusi nutrisi sangat penting untuk didefinisikan keberhasilan budidaya hidroponik[23]. IOT dikenal sebagai salah satu bidang teknologi masa depan yang paling penting dan mendapat perhatian luas dari berbagai industri[24]. Suhu adalah salah satu faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman[25]. Suhu air dianggap sebagai salah satu parameter penting yang mempengaruhi tingkat pertumbuhan dan pengembangan tanaman serta distribusi di dalam lingkungan kolam[10]. Pertumbuhan setiap harinya dihitung dari pengukuran suhu udara dan merupakan kondisi cuaca yang sering digunakan untuk menggambarkan waktu proses biologis[26]. Respon tanaman terhadap kenaikan suhu udara tergantung pada nilai suhu [11]. Suhu merupakan salah satu faktor yang secara signifikan menentukan pertumbuhan dan perkembangan tanaman[12]. Suhu rendah memungkinkan tanaman memiliki kendala dalam pertumbuhan[15]. Suhu yang paling ideal untuk fase tanaman contohnya kecambah berkisar antara 25°-30°C, sedangkan suhu ideal untuk pembentukan warna buah berkisar antara 24°-28°C[13]. Kontrol suhu adalah variabel yang menarik dalam pertumbuhan tanaman air yang sehat[14]. Kontrol suhu adalah pemandangan yang sangat umum dalam kendali industri[27]. Pengatur suhu yang mempertahankan suhu air pada nilai yang telah ditentukan dilekatkan air yang merupakan wadah[28]. Dalam teknologi kontrol suhu tradisional, pemanasan dan pendinginan seringkali bersifat diskrit[29]. Kontrol suhu memiliki peran yang sangat penting dalam aplikasi industri / rumah dan sulit diimplementasikan melalui teknik kontrol biasa[30].

Proporsional Integral Derivatif (PID) adalah pengendali yang paling banyak digunakan dalam industri[16][17][31]. Pengaturan pengontrol PI dan PID sering dipilih dengan menggunakan metode yang dirancang untuk pengendali berulang[18]. Pada kontrol PID, istilah turunan digunakan untuk mengurangi overshoot dan memperbaiki respons[19]. Kontroler PID adalah elemen listrik untuk mengurangi nilai kesalahan antara setpoint yang diinginkan dan variabel proses yang sebenarnya diukur[32]. Keuntungan koefisien PID ditetapkan dari nilai terendah sampai koefisien sesuai dengan respon terbaik[33]. PID dalam sistem kontrol modern seperti "semut di koloni"[34]. Dengan tuning controller PID kinerja sistem meningkat dan stabil namun waktu penyelesaian semakin meningkat[35]. Kontroler PID adalah modul dasar dan paling banyak digunakan dalam sistem kontrol diskrit. Lebih dari 90 loop kontrol dirancang dengan metode PID [36]. Kontrol Proporsional-Integral Derivatif (PID) menawarkan solusi paling sederhana namun paling efisien untuk mengatasi banyak masalah kontrol dunia nyata[20]. Dalam literatur PID terbukti kuat dalam kinerja[37]. Penyetelan otomatis pengendali PID adalah fitur yang berguna bagi pengguna yang tidak memiliki waktu, pengetahuan, atau keinginan untuk mengatur secara manual loop kontrolnya[38]. Basic Algoritma PID :

$$u(t) = K \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right),$$

$$e(t) = y_r(t) - y(t),$$

Figure 1. Rumus PID

Dimana u adalah sinyal kontrol, e sinyal kesalahan, y_r asal sinyal, y variabel proses, K gain, T_i waktu integrasi, dan T_d waktu turunannya[39].

Di sini k , k_i , dan k_d adalah keuntungan controller, b dan c bobot setpoint, dan y_f adalah disaring variabel proses sedemikian rupa sehingga dimana $Y(s)$ adalah transformasi Laplace dari variabel proses $y(t)$. T_f adalah waktu saringan pengukuran-konstan dan n urutan filter. Biasanya n sama dengan satu atau dua[40].

Pada penelitian sebelumnya berdasarkan literatur yang ada penelitian dilakukan dengan mempertahankan suhu ruangan dan menggunakan sensor suhu ruangan sedangkan dalam penelitian suhu yang dipertahankan bukan suhu udara melainkan suhu air, penelitian ini bertujuan untuk membuat suhu air stabil pada suhu 25°-26°C dengan menggunakan sensor suhu serta alat pemanas

$$u(t) = k(b y_r(t) - y_f(t)) + k_i \int_0^t (y_r(\tau) - y_f(\tau)) d\tau + k_d \left(c \frac{dy_r(t)}{dt} - \frac{dy_f(t)}{dt} \right)$$

Figure 2. Rumus PID

$$Y_f(s) = G_f(s)Y(s) = \frac{1}{(1 + sT_f)^n} Y(s),$$

Figure 3. Rumus PID

dan pendingin yang akan bereaksi sesuai dengan suhu yang diperoleh pada sebuah tempat penampungan air yang digunakan untuk hidroponik dikarenakan suhu kota Bandung berkisar antara 1826°C sampai 3026°C dengan rata-rata 2326°C. Penelitian ini dilakukan perancangan dan pembuatan alat untuk menstabilkan suhu berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan dari literatur teori kontrol jelas bahwa pengendali PID yang adalah metode yang ideal dalam sistem pengontrolan, pertama kali sistem mensetting set point suhu kemudian PID memprosesnya dan jika nilai outout tidak sesuai dengan set value yang ditentukan maka PID akan mengembalikan nilai error tersebut dan memperbaiki error tersebut sampai akhirnya nilai suhu stabil. Tujuan sistem ini dibangun agar dapat memberikan kemudahan dalam proses menstabilkan suhu air dan diharapkan dapat membuat hasil panen yang lebih baik

3. Research Method

Pada kontrol PID, istilah turunan digunakan untuk mengurangi overshoot dan memperbaiki respons[19]. Keuntungan koefisien PID ditetapkan dari nilai terendah sampai koefisien sesuai dengan respon terbaik[33]. Kontrol Proporsional-Integral Derivatif (PID) menawarkan solusi paling sederhana namun paling efisien untuk mengatasi banyak masalah kontrol dunia nyata[20]. Blok PID :

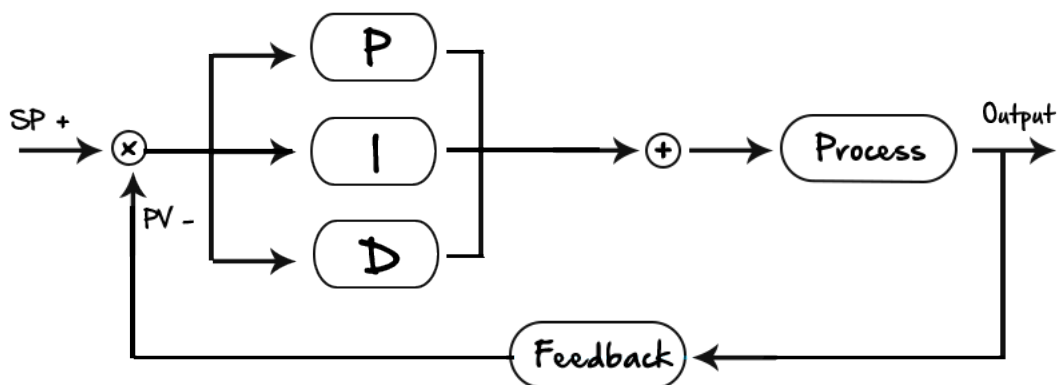


Figure 4. Blok PID

Keterangan :

1. SP = Set point, secara simple maksudnya ialah suatu prameter nilai acuan atau nilai yang kita inginkan.
2. PV = Present Value, kalo yang ini maksudnya ialah nilai bobot pembacaan sensor saat itu atau variabel terukur yang di umpan balikan oleh sensor (sinyal feedback dari sensor).
3. Error = nilai kesalahan, nach kalo yang ini pengertiannya ialah Deviasi atau simpangan antar variabel terukur atau bobot sensor (PV) dengan nilai acuan (SP) , jadi Error = SP - PV

The PID control algorithm can be expressed as follows:[41]

$$u(t) = K_p + \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t)dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

Atau

$$u(t) = K_p + \left(e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

u(t)= signal output PID control

Kp= konstanta proporsional

Ti= Time integral

Td= Time derivative

Ki= Constanta integral

Kd= Constanta derivative

e(t) = Signal error

References

- [1] "Pertumbuhan penduduk karawang sulit dikendalikan," *Pertumbuhan Penduduk Karawang Sulit Dikendalikan*, Mar 2014. [Online]. Available: <http://www.pikiran-rakyat.com/jawa-barat/2014/03/06/272732/pertumbuhan-penduduk-karawang-sulit-dikendalikan>
- [2] B. P. S. K. Bandung, "Kepadatan penduduk per km2 kota bandung tahun 2008-2014," *Kepadatan Penduduk Per Km2 Kota Bandung Tahun 2008-2014*, Feb 2015. [Online]. Available: <https://bandungkota.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/10>
- [3] Beny, "Salah satu inovasi startup di kota bandung," *Kompasiana Beyond Blogging*, Oct 2017. [Online]. Available: <https://www.kompasiana.com/benysaeful/salah-satu-inovasi-startup-di-kota-bandung59df73e69a0ff4071e0c4532>
- [4] L. Tursilowati, P. Pemanfaatan, S. Atmosfer, and I. Lapan, "Urban heat island dan kontribusinya pada perubahan iklim dan hubungannya dengan perubahan lahan," 02 2018.
- [5] S. B. Rushayati, H. S. Alikodra, E. N. Dahlan, and H. Purnomo, "Pengembangan ruang terbuka hijau berdasarkan distribusi suhu permukaan di kabupaten bandung," in *Forum Geografi*, vol. 25, no. 1, 2011, pp. 17–26.
- [6] M. Kholis, "Dampak foreign direct investment terhadap pertumbuhan ekonomi indonesia; studi makroekonomi dengan penerapan data panel," *Jurnal Organisasi dan Manajemen*, vol. 8, no. 2, pp. 111–120, 2012.
- [7] Ani, "Sawah kota bandung menyusut tiap tahun," *REPUBLIKA*, Apr 2015. [Online]. Available: <http://www.republika.co.id/berita/nasional/daerah/15/04/07/nmfjuh-sawah-kota-bandung-menyusut-tiap-tahun>
- [8] Arbi, "Ada suhu ekstrem, 200 hektar lahan kentang di dieng gagal panen," *DetikFinance*, Aug 2018. [Online]. Available: <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/2991505/ada-suhu-ekstrem-200-hektar-lahan-kentang-di-dieng-gagal-panen>

- [9] R. Firmansyah, "Mudah dan aktif belajar biologi 3 : untuk kelas xii sekolah menengah atas / madrasah aliyah program ilmu pengetahuan alam. pusat perbukuan, departemen pendidikan nasional," in *Mudah dan Aktif Belajar Biologi 3 : untuk Kelas XII Sekolah Menengah Atas / Madrasah Aliyah Program Ilmu Pengetahuan Alam. Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional*), May 2009, pp. 1154–1159.
- [10] M. Sun, J. Chen, and D. Li, "Water temperature prediction in sea cucumber aquaculture ponds by rbf neural network model," in *2012 International Conference on Systems and Informatics (ICSAI2012)*, May 2012, pp. 1154–1159.
- [11] S. A. Ushakova, A. A. Tikhomirov, V. N. Shikhov, J.-B. Gros, T. K. Golovko, I. V. DalâŽke, and I. G. Zakhozhi, "Tolerance of wheat and lettuce plants grown on human mineralized waste to high temperature stress," *Advances in Space Research*, vol. 51, no. 11, pp. 2075 – 2083, 2013. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273117713000392>
- [12] K. Kahlen, J. Zinkernagel, and H. StÄjtzl, "Modeling temperature-modulated stem growth of cucumber plants (*cucumis sativus* l.)," in *2012 IEEE 4th International Symposium on Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and Applications*, Oct 2012, pp. 188–191.
- [13] M. U. H. A. Rasyid, E. M. Kusumaningtyas, and F. Setiawan, "Application to determine water volume for agriculture based on temperature humidity using wireless sensor network," in *2016 International Conference on Knowledge Creation and Intelligent Computing (KCIC)*, Nov 2016, pp. 105–112.
- [14] L. Fonseca, J. L. Mata, J. Fonseca, J. Galindo, J. BuendÄja, and M. Font, "Implementation of a temperature control system for the culture of aquatic plants," in *2015 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, Oct 2015, pp. 61–65.
- [15] E. A. H. Fernando, A. A. Bandala, L. A. G. Lim, A. B. Maglaya, N. Ledesma, R. R. Vicerra, and E. J. Gonzaga, "Design of a fuzzy logic controller for a vent fan and growlight in a tomato growth chamber," in *2017IEEE 9th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM)*, Dec 2017, pp. 1–5.
- [16] D. FernÄndez, V. Alfaro, O. Arrieta, and R. Vilanova, "An optimization software tool for performance/robustness analysis and tuning of pid controllers," *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 46, no. 17, pp. 126 – 131, 2013, 10th IFAC Symposium Advances in Control Education. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S147466701534088X>
- [17] Y. P. Kumar, A. Rajesh, S. Yugandhar, and V. Srikanth, "Cascaded pid controller design for heating furnace temperature control," *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering*, vol. 5, no. 3, pp. 76–83, 2013.
- [18] M. Åaskawski and M. Wcislik, "Influence of sampling on the tuning of pid controller parameters," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, no. 4, pp. 430 – 435, 2015, 13th IFAC and IEEE Conference on Programmable Devices and Embedded Systems. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315008484>
- [19] V. Balaji, M. Balaji, M. Chandrasekaran, M. A. Khan, and I. Elamvazuthi, "Optimization of pid control for high speed line tracking robots," *Procedia Computer Science*, vol. 76, pp. 147 – 154, 2015, 2015 IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IEEE IRIS2015). [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915038302>
- [20] S. Chaudhari, A. Sawant, and R. Patil, "Self-tuning approach for implementing a multidimensional recommendation system using pid," in *2017 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*, April 2017, pp. 1–4.
- [21] A. Zakiah and M. N. Fauzan, "Collaborative learning model of software engineering using github for informatics student," in *2016 4th International Conference on Cyber and IT Service Management*, April 2016, pp. 1–5.
- [22] P. N. Crisnapati, I. N. K. Wardana, I. K. A. A. Aryanto, and A. Hermawan, "Hommons: Hydroponic management and monitoring system for an iot based nft farm using web technology," in *2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, Aug 2017, pp. 1–6.
- [23] Helmy, M. G. Mahaidayu, A. Nursyahid, T. A. Setyawan, and A. Hasan, "Nutrient film technique

- (nft) hydroponic monitoring system based on wireless sensor network,” in *2017 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (Comnetsat)*, Oct 2017, pp. 81–84.
- [24] I. Lee and K. Lee, “The internet of things (iot): Applications, investments, and challenges for enterprises,” *Business Horizons*, vol. 58, no. 4, pp. 431 – 440, 2015. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681315000373>
 - [25] J. L. Hatfield and J. H. Prueger, “Temperature extremes: Effect on plant growth and development,” *Weather and Climate Extremes*, vol. 10, pp. 4 – 10, 2015, uSDA Research and Programs on Extreme Events. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212094715300116>
 - [26] H. Onoyama, C. Ryu, M. Suguri, and M. Iida, “Integrate growing temperature to estimate the nitrogen content of rice plants at the heading stage using hyperspectral imagery,” *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 7, no. 6, pp. 2506–2515, June 2014.
 - [27] B. Dai, R. Chen, and R. C. Chen, “Temperature control with fuzzy neural network,” in *2017 IEEE 8th International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST)*, Nov 2017, pp. 452–455.
 - [28] S. Kolhatkar and A. K. Joshi, “Automatic temperature control technique for a clinical water bath,” in *2016 International Conference on Computing Communication Control and automation (ICCUBE)*, Aug 2016, pp. 1–4.
 - [29] H. Huang, S. Fu, P. Zhang, and L. Sun, “Design of a small temperature control system based on tec,” in *2016 9th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID)*, vol. 1, Dec 2016, pp. 193–196.
 - [30] G. Rata and M. Rata, “Temperature control solution with plc,” in *2016 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE)*, Oct 2016, pp. 571–575.
 - [31] J. Mendes, L. OsÁşrio, and R. AraÁşjo, “Self-tuning pid controllers in pursuit of plug and play capacity,” *Control Engineering Practice*, vol. 69, pp. 73 – 84, 2017. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967066117302095>
 - [32] D. Fister, I. Fister, I. Fister, and R. ÁāafariÁD, “Parameter tuning of pid controller with reactive nature-inspired algorithms,” *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 84, pp. 64 – 75, 2016. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921889016301439>
 - [33] M. Qasim, E. Susanto, and A. S. Wibowo, “Pid control for attitude stabilization of an unmanned aerial vehicle quad-copter,” in *2017 5th International Conference on Instrumentation, Control, and Automation (ICA)*, Aug 2017, pp. 109–114.
 - [34] A. Leva and A. V. Papadopoulos, “Teaching a conscious use of pi/pid tuning rules,” *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 46, no. 17, pp. 25 – 30, 2013, 10th IFAC Symposium Advances in Control Education. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667015340714>
 - [35] S. S. K. J. Ohri, “Labview based dc motor and temperature control using pid controller,” *International Journal*, vol. 3, no. 5, 2013.
 - [36] H. Huang, S. Zhang, Z. Yang, Y. Tian, X. Zhao, Z. Yuan, S. Hao, J. Leng, and Y. Wei, “Modified smith fuzzy pid temperature control in an oil-replenishing device for deep-sea hydraulic system,” *Ocean Engineering*, vol. 149, pp. 14 – 22, 2018. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0029801817307217>
 - [37] A. Sharifi, K. Sabahi, M. A. Shoorehdeli, M. A. Nekoui, and M. Teshnehlab, “Load frequency control in interconnected power system using multi-objective pid controller,” in *2008 IEEE Conference on Soft Computing in Industrial Applications*, June 2008, pp. 217–221.
 - [38] J. Berner, K. Soltesz, T. HÁdgglund, and K. J. ÁĖstrÁúm, “An experimental comparison of pid autotuners,” *Control Engineering Practice*, vol. 73, pp. 124 – 133, 2018. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967066118300066>
 - [39] P. Zhang, J. Wei, Y. Ji, and T. Shen, “Switching controller for enthalpy difference laboratory temperature based on fuzzy control and pid control,” in *2017 Chinese Automation Congress (CAC)*, Oct 2017, pp. 1358–1363.
 - [40] L. M. Eriksson and M. Johansson, “Simple pid tuning rules for varying time-delay systems,” in *2007 46th IEEE Conference on Decision and Control*, Dec 2007, pp. 1801–1807.
 - [41] O. Karasakal, M. Guzelkaya, I. Eksin, E. Yesil, and T. Kumbasar, “Online tuning of

fuzzy pid controllers via rule weighing based on normalized acceleration,” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 26, no. 1, pp. 184 – 197, 2013. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0952197612001480>