Icon

Description automatically generated

**PROPOSAL TUGAS AKHIR – QQXXXXXX**

**Perancangan Kontroller PID-Firefly Algoritm (PID-FA) untuk Pengaturan Level pada Process Control Trainer 100**

**Reno D K Panarung**

NRP 07111940000156

Dosen Pembimbing

**Eka Iskandar ST, MT**

NIP 198005282008121001

**Program Studi Teknik Sisem Pengaturan**

Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL PROPOSAL TUGAS AKHIR DITULIS SINGKAT JELAS DAN MENGGAMBARKAN TEMA POKOK**

**PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat

memperoleh gelar <Nama Gelar> pada

Program Studi S-1 <Nama Program Studi>

Departemen <Nama Departemen>

Fakultas <Nama Fakultas>

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : <**NAMA MAHASISWA**>

NRP. <XXXXXXXX>

Disetujui oleh Tim Penguji Proposal Tugas Akhir :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. | Nama dan gelar pembimbing | Pembimbing |
| 2. | Nama dan gelar ko-pembimbing/penguji | Ko-pembimbing |
| 3. | Nama dan gelar penguji | Penguji |
| 4. | Nama dan gelar penguji | Penguji |
| 5. | Nama dan gelar penguji | Penguji |

**SURABAYA**

**Bulan, Tahun**

ABSTRAK

**Perancangan Kontroller PID-Firefly Algoritm (PID-FA) untuk Pengaturan Level Air pada Process Control Trainer 100**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nama Mahasiswa / NRP** | **:** | **Reno D K Panarung / 07111940000156** |
| **Departemen** | **:** | **Teknik ELEKTRO FTEIC - ITS** |
| **Dosen Pembimbing** | **:** | **Eka Iskandar ST, MT** |

**Abstrak**

Di Industri proses, seperti industri pembangkit listrik dan manufaktur, memerlukan pengendalian debit atau *flow* fluida yang ditransmisikan melalui sistem perpipaan. Umumnya PID merupakan teknik pengendali yang sering dijumpai dalam dunia industri. Namun, adanya *disturbance* yang tidak terprediksi dan memiliki unsur ketidakpastian menuntut para *engineer* untuk melakukan teknik kendali tingkat lanjut **(8)**. Sebagai tambahan, penalaan parameter PID dan penyesuaiannya dengan kondisi *plant*, yang sering dijumpai, dilakukan oleh para *designer* atau operator dan parameter kontrol tersebut tidak berubah selama *plant* beroperasi (**8 pct pak hady**). Selain *disturbance*, perubahan kondisi selama *plant* beroperasi, seperti perubahan parameter *plant* dan variasi bebanjuga memengaruhi respons sistem. Dengan menggunakan PID-FA, diharapkan dapat mengatasi permasalahan permasalahan tersebut khususnya pada kontrol level pada plant PCT-100. Adapun performa yang cukup baik untuk *Firefly Algorithm* (FA) dan PID dinyatakan dalam penelitian (16 firefly). dalam penelitian **11 firefly**  pun dinyatakan bahwa PID FA lebih superior daripada PID-Genetic Algorithm. Metode yang digunakan dalam proposal tugas akhir ini adalah PID-FA sebagai kontroler. FA bertindak untuk memperbarui parameter PID (Kp, Ki, dan Kd) secara otomatis berdasarkan estimasi parameter plant. Kontroler yang telah didesain kemudian direalisasikan untuk membentuk konfigurasi sistem dan program blok diagram pada matlab dan simulink untuk mengendalikan *flow rate* fluide pada plant PCT-100. Adapun hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah mendapatkan respon sistem yang lebih baik, dalam hal waktu *settling time* dan *error steady state* berkurang. Selain itu, metode yang ditawarkan berikut ini juga diharapkan agar dapat diterapkan dalam peningkatan performa sistem *real palnt* pada industri.

**Kata kunci:Firefly Algorithm*,* Kontrol Level, *Matlab*, PID*, Simulink****.*

**ABSTRACT**

**Optimization of PID Parameters Using the Self Adaptive Firefly Algorithm (PID-SAMFA) for Setting Fuel and Air Ratios in the Steam Boiler Combustion Process**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Student Name / NRP** | **:** | **Reno D K Panarung / 07111940000156** |
| **Department** | **:** | **Teknik ELEKTRO FTEIC - ITS** |
| **Advisor** | **:** | **Nama pembimbing dan gelar** |

**Abstract**

The characteristic of the steam or steam that is expected from the process results in a fire-tube boiler is steam which has very minimal humidity and can be said to be dry. In some circumstances, the steam generated has moisture above the threshold thereby affecting the results of other manufacturing sub-processes. These constraints are caused by several factors, namely the absence of a superheater, suboptimal combustion resulting in blockage of dirt in the fire pipes, long-distance steam transportation, and changing steam demands (loads). In this research, a process performance analysis will be carried out based on the implementation of the PID-Firefly Algorithm Controller control system for the Fuel and Air Flow Control System in the Combustion Process. The PID control is tuned to gain parameters through the firefly algorithm metaheuristic method to improve the control response performance better when compared to the PID control. The control system is expected to improve combustion performance which is adaptive to changes in loads or other disturbances. So that a good temperature and steam pressure are obtained with a minimum humidity level. The scope of work is done in the Matlab-Simulink software. Furthermore, the model obtained from Matlab-Simulink will be implemented and will be analyzed and its performance compared with the Open loop control system and classical PID feedback. For its implications, it is expected that the PID-Firefly Algorithm can increase the response speed and stability of the processing system in this boiler.

**Keywords: Adaptive Fuzzy*, Combustion Control*, *Feedback-Feedforward, Matlab*, PID*, Simulink****.*

DAFTAR ISI

[LEMBAR PENGESAHAN i](#_Toc96085665)

[ABSTRAK ii](#_Toc96085666)

[ABSTRACT iii](#_Toc96085667)

[DAFTAR ISI iv](#_Toc96085668)

[DAFTAR GAMBAR v](#_Toc96085669)

[DAFTAR TABEL vi](#_Toc96085670)

[DAFTAR SIMBOL vii](#_Toc96085671)

[BAB 1 PENDAHULUAN 8](#_Toc96085672)

[1.1 Latar Belakang 8](#_Toc96085673)

[1.2 Rumusan Masalah 9](#_Toc96085674)

[1.3 Batasan Masalah 9](#_Toc96085675)

[1.4 Tujuan 9](#_Toc96085676)

[1.5 Manfaat 9](#_Toc96085677)

[BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 11](#_Toc96085678)

[2.1 Hasil Penelitian Terdahulu 11](#_Toc96085679)

[2.2 Dasar Teori 11](#_Toc96085680)

[BAB 3 METODOLOGI 18](#_Toc96085681)

[3.1 Metode yang digunakan 18](#_Toc96085682)

[3.2 Bahan dan peralatan yang digunakan 18](#_Toc96085683)

[3.3 Urutan pelaksanaan penelitian 18](#_Toc96085684)

[DAFTAR PUSTAKA 21](#_Toc96085685)

[LAMPIRAN 22](#_Toc96085686)

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR SIMBOL

# PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Pengendalian level air merupakan pengendalian yang termasuk umum dijumpai pada proses industri. Pengendalian level air melingkupi pengendalian aliran atau sirkulasi air serta level air pada suatu wadah. Pengendalian tersebut bisa ditemukan pada proses, bendungan air, proses *plant* kimia/petrokimia, pengolahan air, *plant* teknologi pangan, tangki *over head,* proses produksi steam (*boiler*), dan sejenisnya [Eltaieb A. M. dan Min Z. J. (2015); Terzi. E et al. 2018; Chew C. M. (2018)]. Sebagai contoh pada *plant steam* boiler untuk sistem pembangkit listrik tenaga uap. Pengendalian level air pada *plant* ini sangatlah penting karena memengaruhi kinerja *boiler-*nya. Apabila level air pada bejana terlalu rendah maka dinding bejana akan terekspos kepada panas berlebih sehingga berpotensi mengalami *overheating*. Demikian pula, saat level air terlalu tinggi maka volume air akan bertambah banyak. Hal tersebut berpotensi, mengalirkan air keluar bejana menuju turbin (Morilla F., 2012). Pengendalian level yang presisi adalah suatu target yang ingin dicapai, meskipun pada kenyataannya hasil pengendalian itu masih memiliki error. Namun demikian, error tersebut dapat diminimalisasi dengan menggunakan berbagai teori dan metode kontrol yang ada. Pada dunia industri, teknik kontrol PID merupakan metode yang sering dijumpai. Kontroller ini merupakan jenis yang sering diaplikasiskan pada proses industri. Hal tersebut disebabkan oleh proses tuning parameter yang dapat dilakukan degan intuisi sehingga mudah diaplikasikan (23 firefly Tan et al. 2004). Selain itu, respons hasil yang didapatkan cukup memuaskan apabila *tuning* dilakukan dengan tepat. *Tuning* dilakukan terhadap parameter gain PID, yakni *gain* proporsional (Kp), *gain* integral (Ki), dan *gain* derivatif (Kd). Komponen proporsional berperan untuk mengoreksi sistem berdasaran *error* pada saat itu juga. Kemudian untuk komponen integral berfungsi untuk menentukan aksi berdasarkan penjumlahan *error* saat itu (*current error*). Sedangkan komponen derivatif menentukan aksi berdasarkan tingkat (rate) error yang telah berubah (1 firefly).

*Trial and error* dan analisis merupakan metode konvensional dalam menala ketiga parameter tersebut. Metode tersebut tergolong mudah, tetapi memerlukan waktu yang cukup lama dan apabila terdapat perubahan kondisi, diperlukan penalaan ulang untuk parameter tersebut. Selain itu, disebabkan oleh perubahan dinamika proses pada suatu sistem yang disebabkan oleh perubahan nonlinear, penalaan dengan metode konvensional akan sangat rawan terhadap kesalahan (1 firefly). Dalam penelitian proposal tugas akhir ini, digunakan kontroler PID dengan algoritma *firefly* untuk mengendalikan *level* air pada *Process Control Trainer (PCT)-*100. PCT-100 merupakan modul pelatihan pengendalian proses yang dilengkapi dengan aktuator dan sensor. Terdapat tiga variabel kontrol yang terdapat pada PCT-100, yakni level*, temperature*, dan *pressure*. Akan tetapi, pada proposal ini difokuskan pada level sebagai variabel kontrol. Secara garis besar, langkah percobaan dimulai dari akuisisi data dari *plant* PCT-100 yang kemudian diidentifikasi *error* dari respons sistem berdasarkan selilisih *set point* dengan respons sistem aktual. Berdasarkan *error* tersebut, PID melakukan penalaan untuk sehingga sistem diharapkan memiliki respon yang lebih baik dengan indikator berupa *error steady state* dan *settling time* yang mengecil.

Algoritma *firefly* merupakan salah satu teknik metaheuristik yang terinspirasi dari elemen-elemen alami, dalam hal ini, yakni pergerakan kunang-kunang (*firefly*). Pengaplikasian teknik metaheuristik telah banyak terjadi pada sektor kontrol proses, seperti penelitian yang tlah dilakukan oleh Hady, M. A. et al. (2021) dan Kumanan D. & Nagaraj B. (2011) (1 firefly)[lihat referensi 1 firefly]. Kelebihan utama dari teknik metaheuristik tersebut adalah kemampuan pembelajaran dan kemampuan memprediksi output tertentu secara mandiri yang kemudian mampu memberikan parameter PID yang optimal (1 firefly). Sehingga diharapkan metode yang ditawarkan pada proposal ini mampu memperbaiki hasil pengendalian level air untuk plant PCT-100 berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya. Di dalam penelitian sebelumnya (Raharjo dkk, 2014) yang menggunakan metode kontrol PID-Gain Scheduling untuk pengendalian level air dengan 50% *set point*, diketahui waktu naik atau *rise time* () selama 1191.03 detik. Sedangkan untuk time settling () bernilai 1213,5 detik. Meskipun error steady state yang diperoleh kecil (0.08%), spesifikasi lainnya, seperti , dan besaran perdormansi sistem lainnya masih dapat ditingkatkan. Berdasarkan penelitian Yang X. S dan He X (2013) membuktikan bahwa FA lebih baik daripada Genetic Algoritm (GA) dalam hal usaha komputasi yang lebih effisien. Sebagai tambahan penelitian oleh Hady, M. A. et.al, pada pengendalian level pada *drum boiler*, membuktikan bahwa metode PID-GA mampu mengurangi *disturbance* lebih baik daripada PID yang dinala dengan Ziegle-Nichols (ZN). Dengan demikian, di dalam proposal ini metode kontrol yang diajukan untuk mengendalikan level pada *plant* PCT-100 adalah PID dengan penalaan parameter kontrol menggunakan FA untuk meminimalisasi kriteria error *integral square error* (ISE) dengan harapan menghasilkan improvisasi dalam performansi sistem.

A. M. Eltaieb and Z. J. Min, “Automatic Water Control System,” Int. J. Sci. Res., vol. 4, no. 12, pp. 1505– 1509, 2015.

E. Terzi, A. Cataldo, P. Lorusso, and R. Scattolini, “Modelling and predictive control of a recirculating cooling water system for an industrial plant,” J. Process Control, vol. 68, pp. 205–217, Aug. 2018.

C. M. Chew, M. K. Aroua, and M. A. Hussain, “Advanced process control for ultrafiltration membrane water treatment system,” J. Clean. Prod., vol. 179, pp. 63–80, Apr. 2018.

Hady 8 pct

Xin-She Yang and Xingshi He, (2013). ‘Firefly Algorithm: Recent Advances and Applications’, Int. J. Swarm Intelligence, Vol. 1, No. 1, pp. 36–50. DOI: 10.1504/IJSI.2013.055801

Nagaraj, B., et. All, 2011, 1 firefly

Raharjo dkk, 2014

D. Kumanan & B. Nagaraj (2013) Tuning of proportional integral derivative controller based on firefly algorithm, Systems Science & Control Engineering: An Open Access Journal, 1:1, 52-56, DOI: 10.1080/21642583.2013.770375 **1 firefly**

**2 pct kamal kamrullah**

**23 firefly** Wen Tan, Jizhen Liu, Fang Fang, Yanqiao Chen, Tuning of PID controllers for boiler-turbine units, ISA Transactions, Volume 43, Issue 4, 2004, Pages 571-583, ISSN 0019-0578, <https://doi.org/10.1016/S0019-0578(07)60169-4>.

F. Morilla, Benchmark for PID control based on the Boiler Control Problem, IFAC Proceedings Volumes, Volume 45, Issue 3, 2012, Pages 346-351, ISSN 1474-6670, ISBN 9783902823182, <https://doi.org/10.3182/20120328-3-IT-3014.00059>.

## Rumusan Masalah

Rumusan masalah untuk penelitian pada proposal tugas akhir ini, yakni, menurut Kamarullah M.K (2018), respons sistem yang lambat pada plant PCT-100 dengan metode pengendalian PID-Gain Scheduling yang dilakukan oleh Raharjo (2014). Dengan nilai *rise time* () selama 1191.03 detik. Sedangkan untuk time settling () bernilai 1213,5 detik. Dengan demikian, metode PID-FA diharapkan dapat memberikan performansi sistem yang lebih baik.

## Batasan Masalah

Batasan masalah pada proposal penelitian ini, yakni pemodelan matematis plant secara linier disimulasikan dengan menggunakan Matlab versi 2022a dan diimplementasikan kepada plant PCT-100 yang terdapat di Laboratorium Kontrol dan Otomasi, Teknik Sistem Pengaturan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

## Tujuan

Berdasarkan latar belakang diatas, tujuan dari penelitian pada proposal tugas akhir ini, yakni untuk mendapatkan rancangan kontroler PID-FA dalam pengendalian level air pada plant PCT-100.

## Manfaat

# TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab dua berikut dipaparkan mengenai teori-teori penunjang yang digunakan dalam pencapaian tujuan proposal penelitian ini. Beberapa teori tentang dasar boiler serta model matematika akan dibahas dalam bab ini. Sebagai tambahan, dalam bab ini juga dibahas mengenai software Matlab dan Simulink serta teori kontrol PID dengan metode tunning Firefly Algortihm.

## Hasil Penelitian Terdahulu

PCT-100 merupakan modul pelatihan mengenai kontrol proses, yang mampu merepresentasikan sebuah proses nyata di industri.. Modul tersebut sering digunakan sebagai media pembelajaran atau praktikun. Selain itu, beberapa penelitian juga telah dilakukan oleh mahasiswa sebagai proyek tugas akhir mereka.

Pada 2018, Ridwan R. melakukan penelitian dengan judul “Perancangan Pengendali Hybrid PID Gain Scheduling dan Sliding Mode Control untuk Pengendalian Sistem Pengaturan Proses Level pada PCT-100”. Berdasarkan identifikasi sistem berhasil didapatkan transien yang baik, dibuktikan dengan nilai τ yang diperoleh, yaitu sebesar 225,1138 detik dengan error steady state 0,0378 pada saat set point 25%. Untuk set point 50%, rise time sebesar 439,5982 detik dan error steady state 0,0816. Selanjutnya untuk set point 75%, rise time dicapai pada detik 413,4095 dengan error steady state 0,1136. Terakhir, untuk kondisi set point 100% waktu rise time berselang selama 537,1012 detik dengan error steady state sebesar 0,1312. Waktu simulasi yang dilakukan selama 2500 detik pada empat kondisi. Metode kontrol tersebut dapat disimpulkan mampu mencapai *set point*  dengan waktu yang cukup cepat dan mampu mempertahankan *set point* walaupun terdapat *disturbance.* Namun, penulis menyarankan penelitian lebih lanjut untuk metode pengendali lainnya dengan tujuan mendapatkan respon yang lebih cepat dan mampu memperkecil *error steady state*.

Penelitian level proses juga dilakukan oleh M. Zakki Ghufron (2016) menggunakan metode self-tuning PID berbasis pengendali adaptif. Pengendali adaptif dapat bekerja pada variasi kondisi yang tidak dapat diprediksi. Kriteria *error square time-square error* (STSE) memberikan error terkecil 3.64% saat simulasi dan 0.093% saat ditambahkan beban. Nilai gamma diketahui memengaruhi kecepatan adaptasi pengendali self tuning PID. Akan tetapi, pada implementasinya waktu learning yang diperlukan cukup lama. Selain itu, otomatisasi penentuan nilai gamma juga diperlukan.

Penelitian plant PCT-100 oleh Rachmad Dwi Raharjo (2014) dilakukan dengan metode PID gain scheduling terhadap level proses. Identifikasi system dilakukan dengan metode Harriot dan divalidasi menggunakan ISE/Integral Square Error. Hasil yang diperoleh yakni controller PID gain scheduling dapat mengendalikan respon dinamis dalam simulasi dengan rata-rata error waktu tunak 0.06% dan 0.12% pada implementasi. Namun, nilai gain PID masih dipengaruhi variable tertentu yang berubah kontinu atau dengan kata lain gain scheduling hanya cocok untuk variasi yang terprediksi.

PI MRAC SCADA

Namun model MRAC ini masih memiliki system yang tidak sederhana, seperti perlunya identifikasi system sebelum proses adaptasi.

SPC-MPC Level series-parallel cascade.

Controller PID membutuhkan parameter berbeda-beda (tuning ulang) untuk menyesuaikan respon yang cepat. Selain itu terkadang dalam dunia industry, plant yang dikendalikan mengalami perubahan parameter dalam kondisi-kondisi tertentu. Untuk mengatasi perubahan ini, diperlukan metode yang dapat belajar/learning terhadap perubahan.

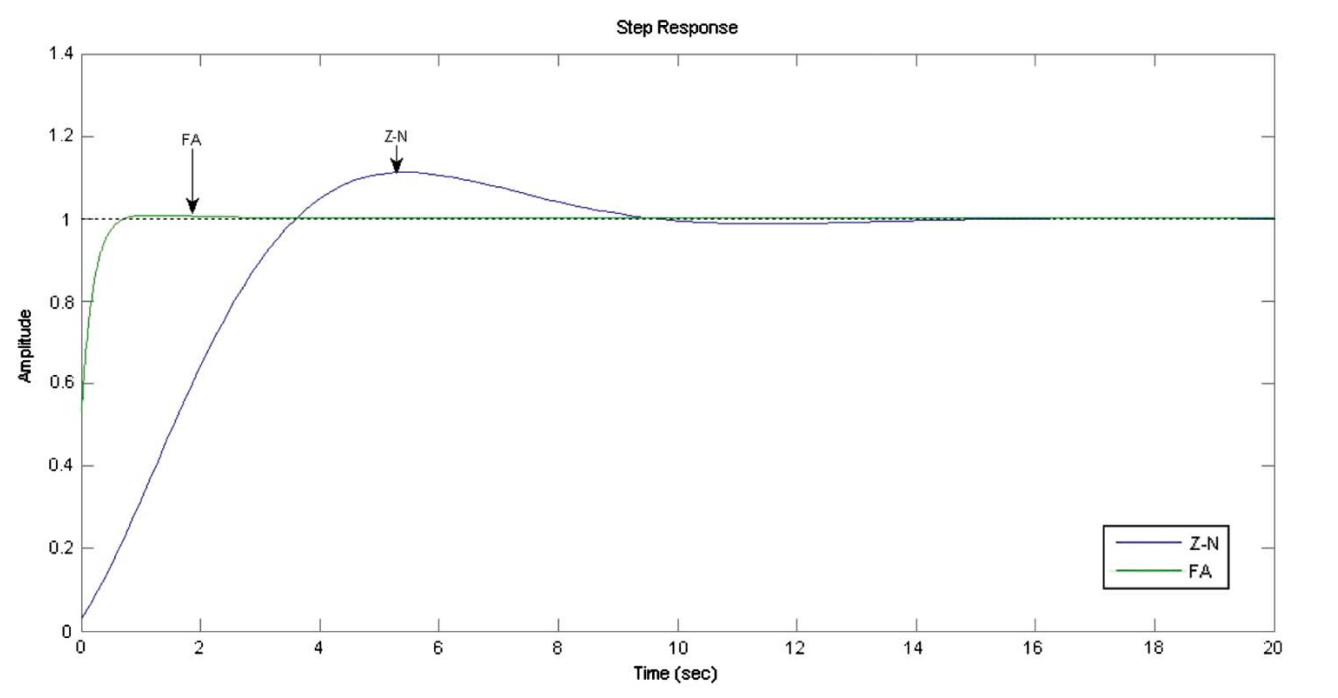
Berdasarkan penelitian sebelumnya, diharapkan desain controller PID yang detuning menggunakan metode neural network dapat memberikan waktu yang cepat dalam proses learning.

Ridwan, Rahmat. “Perancangan Pengendali Hybrid SMC dan PID Gain Scheduling untuk pengendalian Sistem Pengaturan Proses Level pada Process Control Technology – 100”. Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi, UIN SUSKA RIAU, 2017.

Rachmad Dwi Raharjo, dkk. “Desain dan Implementasi Kontroler PID Gain Scheduling untuk Sistem Pengaturan Proses Level pada proses Control Technology – 100”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2014.

Kamarullah M. K. “Analisis Pengendalian Level Menggunakan Pengendalian Lqr-Pid Pada Modul Training PCT-100”. Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi, UIN SUSKA RIAU, 2017.

Berikut ini beberapa penelitian terdahulu yang membahas pengendali PID dengan metode penalaan FA. Penelitian oleh Kumanan D. & Nagaraj B. (2011), mengamati performa sistem dengan membandingkan kontroller PID-ZN dan PID-FA untuk *flow control loop*. Diketahui bahwa PID-FA memiliki transisi yang lebih mulus pada performa *set point tracking* daripada PID-ZN. Selain itu, PID-ZN juga memiliki osilasi serta membutuhkan waktu yang lama dalam mencapai *set point.* Sebagai tambahan, kriteria *error* yang digunakan adalah ISE dengan hasil PID-FA jauh lebih kecil daripada PID-ZN. Menurut kedua peneliti ini, teknik heuristik seperti FA pada PID memiliki kelebihan, yakni dapat mengoptimisasi kriteria desain (*gain margin* dan *phase margin*). Sebagai tambahan FA menghasilkan improvisasi yang lebih baik dalam hal karakteristik *steady state* dan index performansi secara umum. (1 firefly).



Komparasi performa sistem antara PID-FA dan PID-ZN juga dilakukan oleh Bendjeghaba O. et al. (2013). Peneliti melakukan uji performa *close loop* respons dan perubahan *step* kepada kedua metode kontrol tersebut. Dengan menggunakan tiga fungsi alih berbeda yang didapatkan melalui penelitian Bagis A. (2007). Setelah melakukan simulasi, diketahui bahwa metode penalaan FA jauh lebih baik daripada ZN dalam hal spesifikasi domain waktu. Dengan demikian disimpulkan bahwa FA merupakan metode alternatif yang efektif dalam penalaan PID.

O. Bendjeghaba, S. I. Boushaki and N. Zemmour, "Firefly algorithm for optimal tuning of PID controller parameters," 4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, 2013, pp. 1293-1296, doi: 10.1109/PowerEng.2013.6635799.

A. Bagis, “Determination of the PID controllers parameters by using binary and real coded genetic algorithms”, Journal of information science and engineering 23(2007), pp 1469-1480.

Ali, M., Afandi, A.N., Parwati, A., Hidayat, R., & Hasyim, C. (2019). DESIGN OF WATER LEVEL CONTROL SYSTEMS USING PID AND ANFIS BASED ON FIREFLY ALGORITHM. JEEMECS (Journal of Electrical Engineering, Mechatronic and Computer Science).

Ali M dkk. pada 2019 melakukan penelitian yang berfokus dalam komparasi metode desain, antara lain level air tanpa kontrol, metode PID standar, *PID-Auto Tuning* dengan Matlab, metode PID-FA, dan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System-PID-FA (ANFIS-PID-FA)… (**LANJUTKAN)**.

Penelitian mengenai topik serupa, yakni pengendalian level pada drum boiler dilakukan oleh Hady M. A. et al., 2021. Peneliti membahas pengendalian level menggunakan metode GA, yakni salah satu metode heuristik, untuk menala parameter PID berbasis *self-tuning*. Dinyatakan bahwa PID-GA merupakan pengendali *self-tuning* yang efektif untuk mencapai performa sistem. Selain itu, peneliti membandingkan respons sistem berdasarkan PID-GA dan PID-ZN. Diketahui bahwa PID-GA mereduksi gangguan lebih baik daripada PID-ZN. Lebih jauh lagi, terdapat variasi beban minimal, nominal, dan maksimal. *Perturbation* yang didapat secara runtut, yakni 0.16m, 0.19m, dan 0.23m. (8 PCT-100).

Hunaini, Fachrudin & Robandi, Imam & Sutantra, Nyoman. (2016). Lateral and Yaw Motion Control of The Vehicle Using Fuzzy Logic and PID being Optimized by Firefly Algorithm. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 87. 16 - 24. 16 FIREFLY LEWAT SPRINGER UNTUK GAMBAR

Dalam konfigurasi sistem non linear, penelitian oleh Roeva O. dan Slavov T. (2014) yang berjudul “Firefly Algorithm Tuning of PID Controller for Glucose Concentration Control During E. Coli Fed-Batch Cultivation Process” membahas mengenai pengendaliaan *feed rate* glukosa dengan menggunakan metode firefly. Peneliti membandingkan metode kontrol FA dengan GA untuk menala kontroler PID. Diketahui bahwa PID-FA lebih superior daripada PID-GA, ditandai dengan ISE yang lebih kecil. PID-FA mampu mempertahankan *set point* yang diinginkan sampai akhir proses *fed-batch*. Sedangkan PID-GA gagal pada satu jam terakhir untuk proses tersebut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa PID dengan penalaan FA dapat dipertimbangkan sebagai metode kontrol yang efektif untuk mencapai performansi dari sistem kontrol, khususnya pada proses *cultivation.*

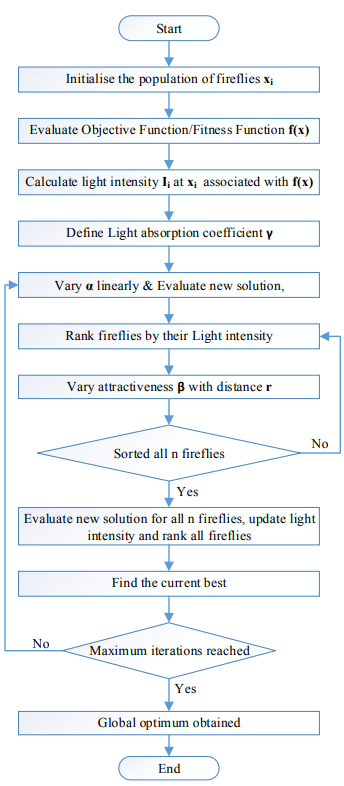
Penelitian mengenai kontroler PID pada sistem single input multiple output (SISO) dilakukan oleh Meena S. dan Chitra K (2020). Peneliti membawakan metode penalaan PID serupa dengan yang ditawarkan pada proposal tugas akhir ini, yakni penalaan FA.Akan tetapi, metode FA difokuskan kepada algoritma *firefly* dengan modifikasi. Penelitian ini (**TAMBAHKAN ATAU GANIT PHASE SYSTEM 28 FIREFLY**)

O. Roeva and T. Slavov, "Firefly algorithm tuning of PID controller for glucose concentration control during E. coli fed-batch cultivation process," 2012 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 2012, pp. 455-462.

Meena, S., Chitra, K. An approach of firefly algorithm with modified brightness for PID and I-PD controllers of SISO systems. *J Ambient Intell Human Comput* (2018). https://doi.org/10.1007/s12652-018-0747-x

## Dasar Teori

Berikut dipaparkan mengenai dasar penunjang yang digunakan dalam pencapaian tujuan proposal penelitian ini. Dasar teori dibawah diperoleh berdasarkan, jurnal, laporan tugas akhir, dan website.



### Sistem Kontrol Proses

### Sistem kontrol proses adalah gabungan kerja dari alat-alat pengendalian otomatis. Semua peralatan yang membentuk system kontrol disebut instrumentasi kontrol proses. Contoh sederhana instrumentasi kontrol proses adalah saklar level yang bekerja secara otomatis mengendalikan suhu setrika. Instrumentasi pengendalinya disebut level switch, saklar akan memutuskan sumber tegangan pada pompa apabila level tangki air pada titik yang dikehendaki. Tujuan utama dari suatu sistem kontrol adalah untuk mendapatkan unjuk kerja yang optimal pada suatu sistem yang dirancang. Untuk mengukur performansi dalam pengaturan, biasanya dinyatakan dengan ukuran - ukuran waktu naik (τr), waktu puncak (τp), settling time (τs), maximum overshoot (Mp), waktu tunda/delay time (τd), nilai kesalahan, dan damping ratio.

Semua analisa sistem kontrol selalu dimulai dengan menampilkan diagram blok sistem. Di dalam diagram blok sistem akan selalu ada komponen-komponen pokok seperti elemen proses, elemen pengukuran (sensing element dan transmitter), elemen kontroler (control unit), dan final control element (control valve). Dalam bentuk matematis semua blok elemen itu akan diisi persamaan-persamaan matematik yang merupakan fungsi alih elemen-elemen tersebut. Secara umum, diagram blok sistem kontrol dapat dilihat seperti pada Gambar berikut.

Diagram

Description automatically generated

Diagram blok semacam ini dapat ditemukan pada hampir semua literatur. Ada literatur lain yang menampilkan kotak-kotak elemen dalam susunan yang berbeda dengan yang ada dalam gambar diatas. Namun pada dasarnya semua cara penggambaran itu sama benarnya, dan cara kerjanya pun tidak berbeda sama sekali. Sebenarnya diagram kotak ini disiapkan untuk analisa matematis. Di dalam Gambar diatas, bagian kontroler mempunyai summing junction dengan tanda positif-negatif (+/-). Di titik inilah Langkah membandingkan dilakukan dengan menggunakan besaran set-point dengan sinyal hasil pengukuran. Hasilnya adalah sinyal kesalahan. Tanda negatif (-) di summing junction membawa arti yang sangat spesifik bagi seluruh sistem. Karena tanda inilah sistem kontrol otomatis juga biasanya disebut dengan umpan balik negatif.

### Permodelan Plant

Pemodelan *plant* dari PCT-100 terdiri dari pemodelan pompa sebagai suplai air, pipa sebagai media transmisi aliran air, tangki & katup kontrol, dan sensor sebagai alat pengukuran.

Diagram

Description automatically generated

Diagram

Description automatically generated

#### Permodelan Pompa

Pemodelan pompa bertujuan untuk mendapatkan nilai penguatan dari pompa yang dilambangkan dengan K1 . Mencari nilai K1 dirumuskan seperti Persamaan berikut.

#### Permodelan Pipa

Pemodelan pipa dilakukan untuk mencari tahu besarnya waktu penundaan yang diakibatkan oleh panjang pipa. Hubungan waktu tunda dengan panjang pipa dapat dirumuskan pada Persamaan berikut.

Jika dihubungkan dengan sistem pengaturan level maka waktu tunda yang terjadi merupakan hubungan antara debit air yang dikeluarkan pompa dan debit air yang masuk ke tangki dituliskan pada Persamaan berikut.

#### Permodelan Tangki dan Control Valve

Komponen utama dalam pemodelan tangki adalah tangki itu sendiri dan control valve. Tangki diasumsikan seperti kapasitor dikarenakan sifatnya yang mirip. Ketika proses pengisian air seperti proses pengisian muatan sedangkan proses pembuangan air seperti proses pembuangan muatan pada kapasitor. Sehingga Kapasitansi tangki dapat didekati dengan luas alas tangki yang berupa lingkaran seperti Persamaan berikut.

#### Permodelan Sensor

Pemodelan sensor bertujuan untuk mendapatkan nilai penguatan yang dilambangkan dengan K2 . Nilai K2 dirumuskan dengan rentang kerja dari pompa terhadap masukan berupa tegangan seperti Persamaan berikut.

### Perangkat Keras dan Lunak

#### PCT-100

Diagram

Description automatically generated

PCT-100 adalah miniatur sistem pengaturan proses pada dunia industri seperti pada industri makanan dan minuman, industri kimia, pemurnian air, dan pengolahan limbah. PCT-100 merupakan produk dari vendor Bytronic. Sebuah unit PCT-100 dimiliki oleh Laboratorium Kontrol dan Otomasi ITS dan masih bekerja dengan baik. Perangkat lunak yang mendukung PCT-100 mempunyai fasilitas untuk melakukan pengaturan terhadap empat buah variable kontrol diantaranya debit, level, suhu, dan tekanan. Tujuan dari PCT-100 adalah untuk memberikan pembelajaran yang mencerminkan masalah pengaturan sebuah sisem sebenarnya dalam dunia industri, mempermudah untuk melakukan analisis dan menerapkan metode kontrol yang lain. PCT-100 juga dapat digunakan untuk menggambarkan secara sederhana dan jelas, karakteristik dari kontroler P, I, dan D. Beberapa sasaran PCT-100 antara lain memberikan keuntungan yang dalam hal penerapan pengaturan berbasiskan mikroprosesor untuk proses otomasi, menyediakan proses skala kecil dengan gambaran masalah yang ditemukan dalam dunia industri sehingga dapat diterapkan teknik kontrol yang berbeda, menunjukkan kesederhanaan dan efektifitas dari kontroler yang banyak digunakan yaitu PID, dapat melakukan pengamatan terhadap sinyal digital dan analog untuk mengembangkan pemahaman tentang metode yang sedang digunakan, dan menyediakan fasilitas cocok untuk para operator dalam praktek menemukan dan menyelesaikan permasalahan. Komponen utama pada PCT-100 terdiri dari process rig dan control module. Process rig dan control module dihubungkan oleh port serial untuk melakukan proses pertukaran data.

#### Data Actuisition ADAM 5000L TCP

A close-up of a computer chip

Description automatically generated with low confidence

Perangkat keras ADAM 5000 TCP digunakan sebagai pengontrol/eksekutor untuk menjalankan proses. Hal ini dikarenakan, perangkat keras ADAM 5000 TCP bekerja setelah diberikan masukan dari PC Human Interface Station. Perangkat keras ADAM 5000 TCP lebih banyak digunakan sebagai I/O dari proses kontrol yang dirancang. Untuk menjalankan alat ini, perintah dikirim melalui jaringan ethernet dengan komunikasi modbus.

Advantech ADAM 5000 TCP terdiri empat modul, yaitu modul 5050, modul 5024, modul 5024 dan modul 5017. Modul 5050 merupakan masukan atau keluaran digital, sedangkan modul 5024 dan modul 5017 merupakan keluaran dan masukan analog. Pada perancangan sistem kontrol proses ini, hanya menggunakan dua modul. Dua modul yang digunakan yaitu, modul ADAM 5024 yang merupakan modul keluaran analog. Modul ADAM 5024 terdiri dari empat channel untuk memberikan masukan berupa arus dan empat channel masukan berupa tegangan. Modul lain yang digunakan pada perancangan system kontrol proses, yaitu modul ADAM 5017 yang merupakan modul masukan analog. Pada modul ini, terdiri dari delapan channel yang digunakan untuk melihat besarnya nilai keluaran dari plant.

### Kontroller PID

PID *controller* merupakan gabungan antara P (proposional), I (Integral), dan D (differensial). Kontroller ini merupakan jenis yang sering diaplikasiskan pada proses industri. Hal tersebut disebabkan oleh proses tuning parameter yang dapat dilakukan degan intuisi sehingga mudah diaplikasikan. Selain itu, respons hasil yang didapatkan cukup memuaskan. Pemodelan PID *contoller* dituliskan dalam domain laplace sebagai berikut.

Dengan keterangan 𝐾p=gain proportional, 𝐾i=gain integral, 𝐾­d=gain derivative, 𝑇i=konstanta integral time, dan 𝑇d =konstanta derivative time. Parameter gain PID perlu dilakukan ­*tuning­* sesuai dengan dinamika model proses yang beroperasi. Terdapat teknik *tunning* PID yang biasa dilakukan selain menggunakan metode *trial and error,* yakni *Ziegler-Nichols* atau *Cohen-Coon.* Berikut ini adalah karakteristik respons berdaraskan *tuning* parameter gain.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Gain Parameter* | Waktu Naik | Waktu Tunak | *Overshoot* | Error Steady-State |
| Kp | Berkurang | Sedikit berubah | Bertambah | Berkurang |
| Ki | Berkurang | Bertambah | Bertambah | Berkurang |
| Kd | Sedikit berubah | Berkurang | Berkurang | Sedikit berubah |

Karakteristik kontroler PID di tabel tersebut dapat digunakan sebagai acuan saat men-*tunnning* dengan metode trial and error. Namun, metode tersebut belum tentu menghasilkan respon kontrol yang baik karena rawan kesalahan saat proses men-*tunning*-nya.

2.2.4 Firefly Algorithm

Firefly Algoritm (FA) ditemukan dan dikembangkan pada tahun 2007 oleh Dr. Xin-She Yang di *Cambridge University.* FA adalah sebuah algoritma optimasi meta-heuristik *algorithm* yang menginterpretasikan pergerakan kunang-kunang (*firefly*) yang memancarkan cahaya. Kunang-kunang memancarkan cahaya dalam durasi waktu tertentu dan memiliki suatu ritme. Sifat cahaya yang dimiliki oleh kunang-kunang ini dapat menarik perhatian kunang-kunang yang lain atau mangsanya. Akan tetapi, fungsi utamanya adalah untuk sebagai pemberi sinyal dan menarik kunang-kunang lainnya. Permasalahan meminimalisasi pada proses optimisasi dalam algoritma FA ini mengacu pada fungsi objektif dengan nilai semakin rendah memiliki intensitas cahaya yang semakin terang. FA yag dirancang oleh Xin-She Yang bekerja atas asumsi yang meliputi (Yang, 2009, p. 171):

1. Semua kunang-kunang berjenis kelamin sama (*unisex*). Dengan demikian, ketertarikan kunang-kunang setiap ekor terhadap yang lainnya tidak diakibatkan oleh jenis kelamin.
2. Semakin tinggi intensitas cahaya yang dipancarkan akan meningkatkan daya tarik kunang-kunang tersebut. Oleh karena itu, daya tarik sangat bergantung pada intensitas pancaran cahaya. Karena kondisi tersebut, kunang-kunang yang pancaran cahayanya kurang cerah akan tertarik kepada sesamanya yang pancaran cahayanya lebih cerah. Sehingga ia  
   bergerak mendekati kunang-kungang yang lebih cerah. Sebagai tambahan, intensitas cahaya kunang-kunang akan menurun seiring bertambahnya jarak.
3. Jika kecerahan seekor kunang-kunang lebih cerah dari kunang-kunang lainnya, maka kunang-kunang tersebut akan bergerak secara acak.
4. Tingkat kecerahan dari seekor kunang-kunang ditentukan oleh pandangan fungsi objektif.  
   Dalam masalah maksimalisasi, kecerahan sebanding dengan nilai fungsi objektif.

Terdapat beberapa elemen utaman dari FA, antara lain intensitas cahaya (I), daya tarik (β), jarak (r), dan pergerakan kunang-kunang (α). Intensitas cahaya akan bervariasi tergantung dengan jarak  
antara kunang-kunang ke-i dan kunang-kunang ke-j. Karena itu, daya tarik akan memiliki variasi yang bergantung kepada koefisien absorpsi (𝛾). Berikut adalah formulasi intensitas cahaya (I) pada kunang-kunang (Yang, 2009, p. 172-174):

Dengan keterangan 𝐼0 adalah intensitas cahaya inisiasi. Elemen daya tarik kunang-kunang juga berbanding lurus dengan intensitas cahaya yang daiterima oleh kunang-kunang lainnya. Berikut merupakan formulasi daya tarik (β) dari dari seekor kunang-kunang:

Jarak antara kunang-kunang i dan kunang-kunang j (𝑟𝑖𝑗) dinyatakan dalam bentuk Cartesian  
dengan persamaan berikut :

|  |  |
| --- | --- |
| 𝒓𝒊𝒋 = ‖𝒙𝒊 - 𝒙𝒋|| = √∑𝒅 𝒌=𝟏(𝒙𝒊,𝒌 - 𝒙𝒋,𝒌)𝟐 |  |

Formulasi pergerakan kunang-kungang ke-*i* mendekati kunang-kunang ke-*j* yang memiliki pancaran cahaya lebih cerah adalah sebagai berikut.

|  |  |
| --- | --- |
| 𝒙𝒊 𝒌+𝟏 = 𝒙𝒊 𝒌 + 𝜷(𝒙- 𝒙𝒊 𝒌) + 𝜶 (𝒓𝒂𝒏𝒅 – 𝟏/2 ) |  |

# METODOLOGI

## Metode yang digunakan

Pada proposal tugas akhir ini, penalaan parameter PID untuk mengendalikan level air pada *plant* PCT-100 dan meningkatkan performansi sistemnya berdasarkan nilai ISE yang minimal. Metode yang digunakan merupakan metode *heuristik* yang termasuk dalam *artificial intelligence,* yakni Firefly Algorithm (FA) sebagai alternatif penalaan PID yang telah dilakukan peneliti sebelumnya pada plant yang sama. Penelitian serupa digunakan metode heuristik, seperti Genetic Algorithm (GA) dalam pengaturan level pada boiler (). Namun, berdasarkan penelitian Xin-She Yang and Xingshi He, (2013) FA memiliki beberapa keunggulan, dalam hal evaluasi waktu komputasi.

## Bahan dan peralatan yang digunakan

Digunakan software simulink pada matlab yang merupakan suatu software untuk proses simulasi yang menggunakan diagram fungsional yang meliputi blok yang terhubung dengan fungsinya masing-masing secara ekuivalen. Simulink digunakan sebagai sarana permodelan, simulasi dan analisis dari sistem dinamik dengan menggunakan antarmuka pengguna grafis. Pada permasalahan ini, digunakan untuk melakukan simulasi plant boiler.

## Urutan pelaksanaan penelitian

* + 1. Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan suatu gagasan atau ide terbentuknya penelitian mengenai kontrol rasio bahan bakar dan udara dengan PID-SAMFA. Dengan adanya perumusan masalah ini digunakan untuk mendasari dan mendapatkan tujuan dari penelitian.

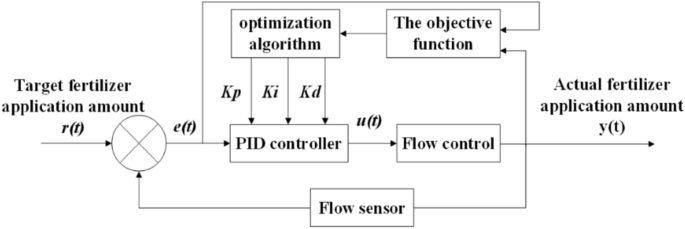
* + 1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai langkah untuk memahami secara detail suatu kondisi dari topik yang ingin diteliti melalui pencarian referensi baik dalam bentuk jurnal ilmiah nasional maupun internasional, buku, maupun materi-materi yang mendukung pada proposal penelitian tugas akhir. Melalui studi literatur ini, didapatkan pula *research gap* yang berpotensi untuk dikembangkan penelitian lebih lanjut sehingga diharapkan mendapatkan pengetahuan baru.

* + 1. Rancangan Penelitian

Pada tahap ini dilakukan penyusunan apa yang akan dilakukan dalam pengerjaan penelitian. Pada perancangan Desain *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) berbasis kontrol Fuzzy dengan optimasi *pattern search algorithm*. Dalam mendesain MPPT ini, digunakan kontrol Fuzzy sebagai metode yang memiliki dua input yakni dari input nilai

𝑒𝑟𝑟𝑜𝑟 dan ∆𝑒𝑟𝑟𝑜𝑟 dari nilai operasi Vpv dan Ipv yang kemudian perlu dilakukan optimasi untuk menentukan *range* yang paling optimal dengan algoritma *pattern search.* Lalu nilai keluaran dari control Fuzzy-*Pattern Search* ini adalah berupa sinyal ∆𝐷𝑢𝑡𝑦 (duty cycle) sebagai sinyal control yang nantinya memberi perintah pada MOSFET driver yang berfungsi sebagai saklar. Selanjutnya Buck Converter yang beroperasi dengan PWM (*Pulse Wave Modulation*) yang bertugas mengubah arus DC yang belum teregulasi menjadi arus DC yang lebih stabil. Keluar nilai sinyal tegangan yang telah dioptimasi oleh MPPT (Vmpp) dan arus (Impp).



[Parameter optimization of PID controller for water and fertilizer control system based on partial attraction adaptive firefly algorithm | Scientific Reports (nature.com)](https://www.nature.com/articles/s41598-022-16425-7)

* + 1. Pengambilan Data

Jenis data yang dibutuhkan untuk simulasi pada sistem desain MPPT berbasis Fuzzy dengan optimasi *Patter n Search* yaitu meliputi pengambilan data iradiasi matahari di Surabaya pada bulan tertentu, yakni September sampai Oktober, serta pengambilan data pengambilan data *photovoltaic*. Pengambilan data sistem panel surya dapat dinyatakan dalam bentuk data sekunder.

* + 1. Perancangan Sistem Kontrol MPPT Fuuzy Optimasi *Pattern Search*

Kontroler merupakan salah satu elemen dalam system pengendalian. Berikut diagram blok sistem dari desain kontrol rasio bahan bakar dan udara menggunakan PID-SAMFA. Tujuan dari sistem ini adalah untuk mengendalikan aktuator valve pada bahan bakar dan udara. Set point sistem ini adalah kelembapan pada output (steam).

* + 1. Simulasi dan Pengujian

Setelah tahap permodelan dan perancangan model selesai, dilakukan proses simulasi dan pengujian sistem dengan matlab dan simulin. Simulasi dimulai dengan menguji respons sistem dengan konfigurasi *open loop.* Kemudian ditelaah juga respons sistem dengan PID murni. Terakhir, diaplikasikan metode kontrol PID-SAMFA dan ditelaah hasil responsnya.

* + 1. Analisa Data dan Pembahasan

Pada tahap ini, setelah data respons diperoleh beradasarkan hasil simulasi sistem dan hasil pengujian, dilakukan perbandingan antara hasil respons sistem ketiga konfigurasi tersebut berdasarkan settling time dan kestabilannya.

* + 1. Kesimpulan dan Saran

Setelah proses analisa data, didapatkan hasil berupa kesimpulan yang digunakan sebagai rekomendasi untuk penelitian tentang boiler kedepannyadan efisiensi sistem pembakaran boiler secara spesifik dengan metode PID.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN