

# ***Tuning PID Steam Drum Level Controller pada Boiler 52-B-101A di PT Pertamina (Persero) RU VI Balongan BERBASIS ALGORITMA FIREFLY***

**Muzayin Ar-Ridho<sup>1)</sup>, Denny Irawan<sup>2)</sup>**

<sup>1,2)</sup>Jurusan Teknik Elektro– Universitas Muhammadiyah Gresik

JL. Sumatra No 101, Gresik 61121, Jawa Timur

E-mail : muzayinar@gmail.com<sup>1)</sup>, den2mas@gmail.com<sup>2)</sup>

## **ABSTRAK**

*Boiler merupakan bagian dari unit utilities yang berfungsi memproduksi / menyediakan uap bertekanan tinggi (43 kg/cm<sup>2</sup>) untuk keperluan operasi pembangkit tenaga listrik dan proses produksi Kilang BBM RU VI Balongan. Proses pengendalian level steam drum bertujuan menjaga agar level drum tetap pada setpoint, agar tidak terjadi overheated pada boiler tubes sehingga tubes bisa menjadi rusak dan menjaga kualitas steam. Rangkaian cascade control digunakan untuk mempercepat respon proses dan mengatasi fluktuasi pada flow feedwater, yang terjadi diakibatkan penggunaan beberapa pompa pada feedwater line (52-P-101 A/B/C/D). Pada rangkaian cascade control, 52-LC-201A merupakan primary controller dan 52-FC-211A merupakan secondary controller. Berdasarkan analisa tuning parameter PI yang telah dilakukan, tuning dengan metode (pada 52-LC-201A  $K_p = 4.2$ ,  $T_i = 0.1617$  dan  $K_d = 0.0835$ , pada 52-FC-211A  $K_p = 1.2$ ,  $T_i = 0.4$  dan  $K_d = 0.0690$ ) memiliki respon yang lebih baik dibandingkan dengan metode tuning Ziegler & Nichols, Chein Servo1 dan kondisi proses yang telah berlangsung.*

*Kata Kunci : Tuning, Matlab dan Algoritma Firefly.*

## **1. PENDAHULUAN**

Kilang RU VI Balongan merupakan salah satu kilang PT Pertamina (Persero) yang bertugas sebagai penyuplai utama kebutuhan BBM maupun non BBM untuk daerah Jawa Barat, DKI Jakarta, dan juga kebutuhan ekspor.<sup>6:7)</sup> Dalam sebuah unit pengolahan minyak bumi, peran penyediaan listrik sebagai sumber daya (*power*) di kilang diemban oleh unit *utilities*.

*Boiler* merupakan bagian dari unit *utilities* yang berfungsi memproduksi / menyediakan uap bertekanan tinggi (43 kg/cm<sup>2</sup>) untuk keperluan operasi pembangkit tenaga listrik dan proses produksi Kilang BBM UP VI Balongan.<sup>4:2)</sup> Proses pengendalian *boiler* memiliki banyak sekali *loop* pengendalian, salah satunya adalah pengendalian *level steam drum*. Pengendalian ini mencakup pengendalian *flow boiler feed water*, *flow steam*, serta *level steam drum*. Tujuan dari *steam drum level control* adalah menjaga agar *level drum* tetap pada *setpoint*-nya. *Level drum*

yang terlalu rendah bisa menyebabkan terjadinya panas berlebih (*overheated*) pada *boiler tubes* sehingga *tubes* bisa menjadi rusak/bengkok/bocor. Sebaliknya *level drum* yang terlalu tinggi akan menyebabkan pemisahan air dan *steam* dalam drum tidak sempurna sehingga kualitas *steam* yang dihasilkan kurang baik.<sup>11)</sup> Pentingnya pengendalian *drum level control* dalam proses penghasilan *steam* ini mendasari penulis untuk mengambil judul “Tuning PID Steam Drum Level Controller pada Boiler 52-B-101A di PT Pertamina (Persero) RU VI Balongan BERBASIS ALGORITMA FIREFLY “.

## **2. DASAR TEORI**

### **2.1. Boiler**

Boiler adalah suatu alat yang biasanya berupa tanki/drum/vessel tertutup yang terbuat dari baja dan berfungsi sebagai penghantar panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar terhadap air sehingga menghasilkan *steam* dengan tekanan dan

temperatur tertentu.<sup>4:2)</sup> Steam yang dihasilkan dapat digunakan sebagai media pemanas (tekanan rendah), penggerak steam turbin pada pompa (tekanan sedang), dan tenaga penggerak steam turbine pada pembangkit tenaga listrik (tekanan tinggi).<sup>2:1)</sup> Klasifikasi boiler berdasarkan bentuk konstruksinya dibedakan menjadi dua, yaitu fire tube boiler (boiler pipa api)<sup>3:5)</sup> dan water tube boiler (boiler pipa air)<sup>3:6)</sup>. Fire tube boiler adalah boiler yang produksi steam berada diluar tube, desain ini memiliki kapasitas kecil, tekanan rendah, steam saturated, dan steam di shell side. Sedangkan water tube boiler adalah boiler yang produksi steam berada di dalam tube, desain ini memiliki kapasitas besar, tekanan operasi tinggi, dan steam saturated / superheated. Secara umum, tujuan sistem kontrol pada boiler adalah menghasilkan produk steam yang sesuai dengan spesifikasi dan menjaga boiler agar beroperasi dengan efisien dan aman.

## 2.2 Drum Level

Tujuan drum level control<sup>13)</sup> adalah menjaga agar level drum tetap pada setpoint-nya walaupun terjadi perubahan beban ataupun gangguan (disturbance) lainnya. Level drum yang terlalu rendah bisa menyebabkan terjadinya panas berlebih (overheated) pada boiler tubes sehingga tubes bisa menjadi rusak/bengkok/bocor. Sebaliknya level drum yang terlalu tinggi akan menyebabkan pemisahan air dan steam dalam drum tidak sempurna sehingga kualitas steam yang dihasilkan kurang (banyak mengandung air/basah).

Tujuan utama dari sistem pengendalian adalah menjaga atau mengendalikan process variable agar selalu sama dengan set point walaupun kondisi ideal tidak pernah tercapai sepenuhnya karena adanya load ataupun disturbance. Sehingga sistem harus diatur sedemikian rupa agar respon dari kontroler dapat stabil (tidak beresilasi pada semua kondisi operasi), cepat (tidak terjadi delay dalam menanggapi perubahan), dan tepat (mendekati nilai set point).

## 2.3. Cascade Control

Kontrol cascade adalah sebuah metode kontrol yang memiliki (minimal) dua buah loop pengontrolan : loop pengontrolan primer atau master loop dan loop pengontrolan sekunder atau slave loop. Dalam skema kontrol ini, output kontroler pada sisi master secara fungsional digunakan untuk memanipulasi set point bagi loop pengontrolan sekedernya.<sup>10:186)</sup>

Hasil dari penggabungan kontrol ini dapat menghasilkan keluaran yang mempunyai respons perbaikan terhadap kesalahan dengan lebih cepat. Dan kelebihan lainnya, karena kontrol ini terdiri atas dua unit sensing element, menjadikannya lebih sensitif daripada kontrol tunggal.<sup>10:187)</sup>

Penerapan pengendalian cascade dapat merugikan apabila elemen proses di primary loop lebih cepat dari elemen proses pada secondary loop, karena sistem akan cenderung beresilasi akibat timbulnya interaksi antara primary loop dan secondary loop. Jadi sistem pengendalian cascade hanya dapat diterapkan pada proses dengan elemen primer yang jauh lebih lambat dari elemen secondary-nya.<sup>1:142)</sup>

## 2.4. Pemodelan matematika pada kontrol level Steam Drum

Hukum kesetimbangan massa menyatakan bahwa jumlah massa yang masuk ke dalam sistem sebanding dengan jumlah massa yang keluar dari sistem dan massa yang terakumulasi dalam sistem itu sendiri. Hal ini juga berlaku untuk "boiler steam drum" yang mempunyai masukan berupa air dari feedwater system dan keluarannya berupa steam yang nantinya digunakan pada Superheater System.

Laju perpindahan massa pada blowdown system dapat diabaikan karena pada blowdown system fluida cair akan dialirkan menuju furnace di dalam boiler kemudian dipompakan kembali ke dalam boiler steam drum dan proses ini terjadi secara kontinu, sehingga persamaan di atas menjadi :

$$\left[ \begin{matrix} \text{laju massa} \\ \text{di dalam} \\ \text{steam drum} \end{matrix} \right] = \left[ \begin{matrix} \text{laju massa} \\ \text{feedwater} \end{matrix} \right] - \left[ \begin{matrix} \text{laju massa} \\ \text{steam} \end{matrix} \right]$$

$$\rho_w \frac{dV_L}{dt} + \rho_v \frac{dV_v}{dt} = \dot{m}_w - \dot{m}_v \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

$m_v$  = Massa Vapor (kg)

$m_w$  = Massa liquid (kg)

$\rho_v$  = Massa Jenis Vapor (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_w$  = Massa Jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

$V_v$  = Volume Vapor (m<sup>3</sup>)

$V_l$  = Volume Liquid (m<sup>3</sup>)

Untuk memodelkan *boiler steam drum* dalam hal ini dilakukan dengan menganggapnya sebagai gabungan antara sebuah bola dan sebuah tabung yang memiliki diameter yang sama yang di dalamnya dianggap hanya berupa ruang kosong. Sehingga pendekatan matematisnya dapat dituliskan :

$$= \left(\frac{\pi}{3}\right)h^2(3R-h) + \frac{1}{2}R^2L \left[ 2\text{arcCos} \frac{R-h}{R} - \text{Sin} \left( 2\text{arcCos} \frac{R-h}{R} \right) \right]$$

Dimana:

$h$  = level fluida cair (m)

$R$  = Radius "*Boiler Steam Drum*" (m)

$L$  = Tinggi "*Boiler Steam Drum*" tanpa bagian bola (m)

## 2.5. Kontrol PID

Kontroler otomatis membandingkan harga yang sebenarnya dari keluaran "proses" dengan harga yang diinginkan, menentukan deviasi, dan menghasilkan suatu sinyal kontrol untuk memperkecil deviasi sampai nol atau suatu harga yang kecil, dengan cepat, tepat, dan stabil.<sup>9:39)</sup>

## 2.6. Tuning Kontroller

Salah satu latar belakang penggunaan kontrol PID digunakan hampir pada setiap industri yang bergerak dibidang proses adalah kesederhaan struktur kontrolnya. Selain hanya memiliki tiga parameter kontrol yang perlu diatur atau dilakukan usaha tuning (penalaan), pengaruh perubahan setiap parameter PID terhadap dinamika pengontrolan secara intuitif mudah dipahami oleh operator.<sup>10:70)</sup>

## 2.7. Algoritma Firefly

Algoritma Firefly<sup>11)</sup> adalah algoritma yang terinspirasi dari kunang-kunang, mereka akan berkedip ketika berkomunikasi dengan kunang-kunang lain dan ketika menarik calon

mangsa. Algoritma ini dikembangkan oleh Xin-She Yang pada 2007.

## 3 PEMBAHASAN

### 3.1 Boiler Pertamina RU VI Balongan

Boiler pada PT Pertamina RU VI Balongan menggunakan water tube boiler dengan menggunakan metode sirkulasi boiler feed water secara natural. Sehingga peredaran terjadi secara alamiah dimana air yang lebih panas ke atas dan digantikan oleh air yang lebih dingin sehingga terjadi sirkulasi..

#### 3.1.1. Fungsi Alih Feed Water Flow Controller 52-FC-211A

Berdasarkan hasil pengambilan data DCS pada tanggal 7 Februari 2015, didapatkan nilai  $P = 999$  (nilai PB) dan  $I = 20$  (nilai  $T_i$ ). Nilai  $K_p = 100/PB$ , sehingga  $K_p = 100/999 = 0,100$ . Dari kedua data tersebut, pemodelan matematika dapat dituliskan berdasarkan persamaan 2.3.

$$G_{c(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \\ = 0,1 \left( 1 + \frac{1}{20s} + 0s \right) = \frac{2s + 0,1}{20s}$$

#### 3.1.2. Fungsi Alih Level Steam Drum Controller 52-LC-201A

Berdasarkan hasil pengambilan data DCS pada tanggal 7 Februari 2015, didapatkan nilai  $P = 100$  (nilai PB) dan  $I = 300$  (nilai  $T_i$ ). Nilai  $K_p = 100/PB$ , sehingga  $K_p = 100/70 = 1.4$ . Dari kedua data tersebut, pemodelan matematika dapat dituliskan berdasarkan persamaan 2.3

$$G_{c(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \\ = 1.4 \left( 1 + \frac{1}{300s} + 0s \right) = \frac{300s + 1.4}{300s}$$

#### 3.1.3. Fungsi Alih Feed Water Control Valve 52-FV-211A

*Final element* yang digunakan pada sistem pengendalian level ini adalah *feed water control valve 52-FV-211A*.

Model matematika *control valve* diperoleh dengan persamaan 2.1

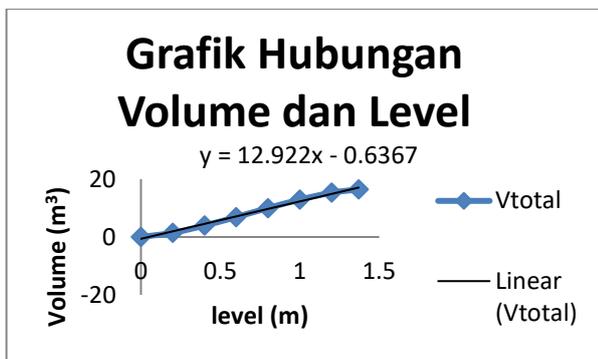
$$\frac{m_b(s)}{u(s)} = \frac{Kv}{\tau_v s + 1}$$

$$\frac{m_b(s)}{u(s)} = \frac{Kv}{\tau_v s + 1} = \frac{-1,95}{5,688 s + 1}$$

### 3.1.4. Fungsi Alih Sistem Drum Level Pada control Boiler

Pemodelan matematika pada sistem *level drum control* pada *boiler* menggunakan hukum neraca massa yang disusun berdasarkan hukum kekekalan massa (*law conservation of mass*), yaitu “*mass can neither be created or destroyed*”.

Dari persamaan 2.4 serta data di lapangan. hubungan antara  $dV$  dan  $dh$  dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Grafik hubungan volume dan level

Dari gambar 3.1. Dari grafik diatas, terlihat bahwa hubungan antara volume dengan ketinggian fluida tidak linier. Maka dari itu, dengan fungsi linieritas excel didapatkan persamaan:

$$\frac{dV_L}{dt} = 12,922 \frac{dh}{dt} - 0,6367 \quad (3.1)$$

maka berdasarkan persamaan 3.1 maka didapatkanlah transfer fungsi untuk proses level pada *steam drum* sebagai berikut :

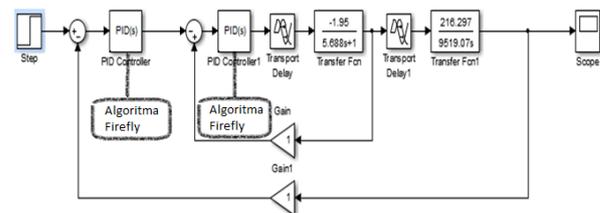
$$H = \frac{216.297}{9519.07s}$$

### 3.1.5. Analisa Response Waktu Transient

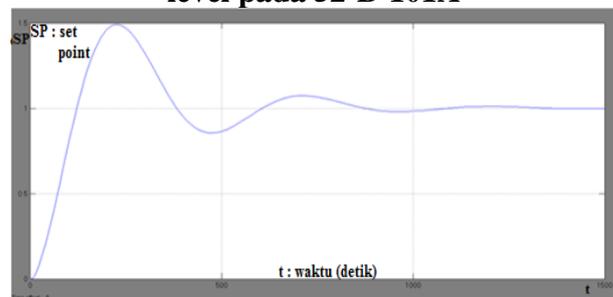
Analisa *response transient* dapat dilakukan dengan mengamati respon dari sistem yang diberi masukan fungsi tangga

(unit *step*). Berdasarkan bentuk dari respon tersebut, dapat diketahui parameter waktu tahanan, *overshoot*, dan waktu penetapan. Untuk melihat respon dari blok diagram kontrol level ini digunakanlah program Matlab.

Dalam simulasi proses ini, diasumsikan terjadi keterlambatan respon proses atau *time delay* sebesar 1.5 detik baik pada elemen kontrol primer dan juga elemen kontrol sekunder.



Gambar 3.2 Simulink proses kontrol level pada 52-B-101A



Gambar 3.3 Scope fungsi control kondisi proses pada 52-B-101A

Keterangan : SP : Set Point  
t : Waktu (detik/menit)

Dengan melihat grafik *response* dari pengendalian level diatas, dapat disimpulkan bahwa kontrol telah stabil dan tidak terdapat *offset* dengan waktu tahanan (*rise time*) sebesar 121.4 detik, *overshoot* sebesar 51.05 % pada waktu 223.3 detik, dan waktu penetapan (*settling time*) sebesar 1400 detik.

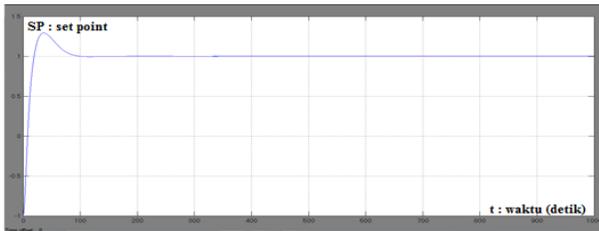
### 3.2 Tuning kontroler pada steam drum level control 52-B-101A

Konfigurasi dari *steam drum level control* terdiri dari rangkaian *cascade control*. Dalam tuning kali ini dilakukan pada rangkaian *cascade control*, yang dimulai dari tuning pada loop sekunder dan dilanjutkan dengan tuning pada loop primer. Pada bab ini penulis akan menggunakan tuning Algoritma Firefly.

### 3.3 Tuning Metode Algoritma Firefly

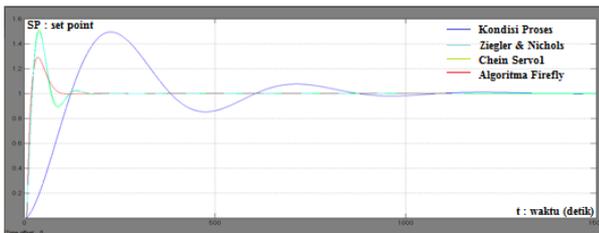
Tuning pada sistem kontrol level steam drum akan menggunakan program yang mana blok diagram.

Tuning pada sistem kontrol level steam drum akan menggunakan program yang mana blok, di dapatlah hasil grafik yang lebih baik dari keadaan operasi dan metode ziegler nichlos yang mana dari metode Algoritma Firefly di dapat grafik .



**Gambar 3.4** Proses kontrol metode algoritma firefly level pada 52-B-101A

Dengan melihat grafik *response* dari pengendalian level diatas, dapat disimpulkan bahwa kontrol telah stabil dan tidak terdapat *offset* dengan waktu tahanan (*rise time*) sebesar 10.8 detik, *overshoot* sebesar 20.4 % pada waktu 32.7 detik, dan waktu penetapan (*settling time*) sebesar 140 detik.



**Gambar 3.5** Scope proses gabungan kontrol level pada 52-B-101A

Keterangan :   
■ Kondisi Proses   
■ Ziegler & Nichols   
■ Chein Servo1   
■ Algoritma Firefly

### 3.4 Perbandingan Hasil Tuning dengan Kondisi Operasi

**Tabel 3.1** Perbandingan Hasil Tuning dengan Kondisi Operasi

| Parameter                                | Kondisi Operasi     | Tuning Ziegler & Nichols | Tuning Chien-Servo1 | Tuning Algoritma Firefly |
|--|---------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|
| Parameter PID                            |                     |                          |                     |                          |
| Kp 52-FC-211A                            | 0.1                 | 0.6799354<br>49          | 0.68061538<br>5     | 1.2                      |
| Ti 52-FC-211A                            | 20                  | 6.8256                   | 6.6549              | 0.4                      |
| Kd 52-FC-211A                            | -                   | -                        | -                   | 0.0690                   |
| Kp 52-LC-201A-                           | 1.4                 | 2.9298245<br>61          | 2.89473684<br>2     | 4.2                      |
| Ti 52-LC-201A                            | 300                 | 22                       | 22.6                | 0.1617                   |
| Kd 52-LC-201A                            | -                   | -                        | -                   | 0.0835                   |
| Saat Perubahan SV                        |                     |                          |                     |                          |
| Offset                                   | 0                   | 0                        | 0                   | 0                        |
| Waktu tahanan ( <i>rise time</i> )       | 121.4 s             | 19.62 s                  | 20.97 s             | 18.5 s                   |
| Overshoot                                | 51.05%<br>(223.3 s) | 50.15%<br>(37 s)         | 49% (37.4 s)        | 20.4%<br>(32.7 s)        |
| Waktu Penetapan ( <i>settling time</i> ) | 1400 s              | 170 s                    | 180s                | 140 s                    |

Dari tabel 3.1 diatas, dapat disimpulkan bahwa hasil tuning dengan menggunakan metode Algoritma Firefly untuk respon saat terjadi perubahan SV memiliki respon proses yang lebih cepat dibandingkan dengan metode Ziegler & Nichols, Chein-Servo1 dan kondisi operasi. Ini ditunjukkan dari besarnya waktu tahanan (*rise time*) 10.8 detik, dan waktu penetapan (*settling time*) 140 detik, dari hasil tuning lebih cepat dibandingkan dengan kondisi operasi yang memiliki waktu tahanan (*rise time*) 121.14 detik, dan waktu penetapan (*settling time*) 1400 detik, metode Ziegler&Nichols yang memiliki waktu tahanan (*rise time*) 19.62 detik, dan waktu penetapan (*settling time*) 170 detik dan metode Chein Servo1 yang memiliki waktu tahanan (*rise time*) 20.97 detik, dan waktu penetapan (*settling time*) 180 detik .Bila dilihat dari sudut pandang *overshoot* yang terjadi, maka metode Algoritma Firefly memiliki *overshoot* yang lebih kecil dibandingkan yang lain, yaitu 20.4% pada detik 32.7. Sedangkan pada kondisi operasi mencapai 51.05% pada detik ke 223.3, metode Ziegler&Nichols mencapai 50.15% pada detik ke 37 dan metode Chein Servo1 mencapai 49% pada detik ke 37.4.

Berdasarkan analisa diatas, dapat disimpulkan bahwa hasil tuning parameter PID dengan menggunakan metode Algoritma Firefly memiliki respon yang lebih baik dibandingkan dengan metode Ziegler & Nichols, Chein Servo1 dan kondisi proses yang telah berlangsung, karena memiliki respon yang lebih cepat.

#### 4. KESIMPULAN

1. Rangkaian *cascade control* digunakan untuk mempercepat respon proses dan mengatasi fluktuasi pada *flow feedwater*, yang terjadi diakibatkan penggunaan beberapa pompa pada feedwater line (52-P-101 A/B/C/D).
2. Pada rangkaian *cascade control*, 52-LC-201A merupakan *primary controller* dan 52-FC-211A merupakan *secondary controller*.
3. **Hasil tuning parameter PID** dengan menggunakan **metode Algoritma Firefly** (pada 52-LC-201A  $K_p = 4.2$ ,  $T_i = 0.1617$  dan  $K_d = 0.0835$ , pada 52-FC-211A  $K_p = 1.2$ ,  $T_i = 0.1617$  dan  $K_d = 0.0690$ ) memiliki **respon yang lebih baik** dibandingkan dengan metode tuning Ziegler & Nichols, Chein Servo1 dan kondisi proses yang telah berlangsung. (pada saat perubahan SV, *rise time* = 18.5 detik *settling time* = 140 detik dan *overshoot* = 20.4%.

#### SARAN

1. Diadakan pendataan atau inventarisasi ulang dari data – data spesifikasi alat – alat instrumentasi di lapangan.
2. Diadakan kalibrasi *control valve* secara berkala untuk mengetahui karakteristik dari *control valve*, tidak hanya pada *shutdown valve*.
3. Diadakan perekapan data *proses variable* pada saat terjadi perubahan *set point* ataupun *start up*, sebagai dasar untuk mengetahui karakteristik dari proses.
4. Perlu diadakan pembuatan simulasi proses, sehingga memudahkan

pelaksanaan tuning dilapangan. Pembuatan simulasi ini selalu di *update* secara berkala.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] -----2007."Bimbingan Profesi Sarjana Teknik (BPST) Direktorat Pengolahan Angkatan XVII-Balongan 2007".Balongan : PT Pertamina.
- [2] -----1993."Pedoman Operasi BoilerPart III Unit 52". Balongan : PT Pertamina.
- [3] -----2006."Presentasi Boiler".Enkon & Loss UP VI Balongan.
- [4] -----2010."Tata Kerja Penggunaan Alat Steam Generator (Boiler) 52-B-101A/B/C/D/E, UtilitiesProduction RU VI". Balongan : PT Pertamina.
- [5] Bolton,W.2006."Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol".Jakarta : Erlangga.
- [6] Iskandar,Yusuf.2012."Presentasi PT Pertamina (Persero) RU VI Balongan". Balongan : PT Pertamina.
- [7] Naulita, Renita. " Studi dan Analisis Kestabilan Sistem Pengendalian *Three Element* pada Unit *Steam Drum* V-0201 dengan Metode *Routh Hurwitz* di PT Kaltim Parna Industri ". ITS : Surabaya.
- [8] Poernomo,Djoko Ir.MT.2007."Presentasi *Basic Control System*".Cepu : STEM.
- [9] Poernomo, Djoko Ir.MT.2010."Process Control Instrumentation".Cepu : STEM.
- [10] Setiawan,Iwan.2008."Kontrol PID untuk Proses Industri". Jakarta : PT Media Komputindo.
- [11] Yang, X. S. 2010, Engineering Optmization : An Induction with Metaheuristic Application, University of Western Australia, Perth.
- [12] Dessy Piton's Bunga Pertiwi 2016 "*Pendekatan Firefly Algoritm (FA) Untuk Menyelesaikan Pengepakan Tiga Dimensi*" Universitasairlangga : Surabaya
- [13] Faradila, Hani 2015, Analisa pengendalian temperatur dengan feedback feedforward kontrol pada heater treater PT. Vico Indonesia, Cepu ST