

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggono, Tri. 2011. *PERANCANGAN SISTEM KENDALI TEKANAN UAP PADA STEAM-DRUM BOILER SKALA KECIL MENGGUNAKAN PID DAN LQR*. Tesis tidak diterbitkan. Depok : Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [2] PERTAMINA. 2007. *Dasar Instrumentasi dan Proses Kontrol*. DASAR INST & PROSES KONTROL \_BPST XVII,.
- [3] Kerlin, Thomas W. 2010. *Practical Thermocouple Thermometry*. New York. : ISA.
- [4] Fraden, Jacob. 2010. *Handbook of Modern Sensor*. Sandiego : Springer.
- [5] Harris, Michael. 2015. *Orifice Plate and Venturi Tube*. New York : Springer.
- [6] Baumann, Hans D. 2009. *Control Valve Primer*. Triangle Park : ISA
- [7] Placko, Dominique. 2007. *Fundamental of Instrumentation and Measurement*. California : ISTE.
- [8] Johan, Karl, Astrom. 2002. *Control System Design*. California : University of California.
- [9] Ogata, Katsuhiko. 2010. *Modern Control Engineering fifth edition*. New Jersey : PrenticeHall.
- [10] Sutrisno, Imam. 2009. *Pemrograman Komputer dengan Software MATLAB*. Surabaya : itspress.
- [11] Grundberg, Staffan. 2007. *Tank level Control*. Umea University.
- [12] H. Linenhard, John. 2000. *A Heat Transfer Book Textbook*. Departement of Mechanical Engineering : University of Houston .

## LAMPIRAN

# Pemodelan Simulink Boiler Drum Pada Alat Boiler Heating Batching Control Trainer

Ilham Maulana, H. Andani Achmad, Christoforus Y.

*Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin*

*Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar 90245*

**Abstrak-Boiler Drum pada Alat Boiler Heating Batching Control Trainer ( Model : Se 107) merupakan bagian paling penting untuk penelitian mengenai proses mengubah liquid dari air menjadi uap dan pengontrolan level boiler drum. Untuk mendukung penelitian tersebut maka perlu dilakukan pemodelan. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan boiler drum dalam bentuk Simulink dengan menggunakan metode pengumpulan data berupa observasi dan studi literatur dan akan diuji dengan cara membandingkan hasil pengambilan data pada alatnya. Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil simulasi Simulink untuk suhu dan tekanan sudah mirip dengan hasil pengambilan data pada alatnya dengan level pengujian boiler drum sebesar 30 cm, 40 cm, dan 50 cm. untuk simulasi Simulink pada pengontrolan level boiler drum didapatkan hasil yang sesuai teori**

## I. PENDAHULUAN

Pada saat ini dalam dunia perkuliahan terutama dibidang teknik kontrol dan instrumentasi universitas hasanuddin, selain membutuhkan teori perkuliahan, juga membutuhkan alat laboratorium yang beberapa diantaranya didesain dengan standar industri yang berfungsi untuk menyelaraskan teori dengan

praktek melalui praktikum dan riset dibidang ilmu teknik kontrol dan instrumentasi sehingga nantinya membekali mahasiswa dengan skill dan teori yang berguna pada ke jenjang selanjutnya ketika selesai terutama pada jenjang karir di dunia industri.

Salah satu alat laboratorium tersebut adalah alat boiler heating batching control trainer ( Model : Se 107) yang digunakan untuk mensterilkan liquid seperti susu, air minum, dan sari buah. Namun pada laboratorium kontrol dan instrumentasi, alat ini digunakan untuk penelitian, salah satu penelitiannya yaitu untuk mengamati proses pengontrolan level pada boiler drum.

Boiler adalah bejana atau tangki tertutup yang di dalamnya berisi air untuk dipanaskan menjadi uap [1]. Energi panas dari uap air tersebut nantinya digunakan untuk proses sterilisasi dengan cara melakukan pertukaran panas dengan liquid yang akan disterilkan pada heat exchanger. Untuk memastikan kualitas dari uap yang dihasilkan maka dibutuhkan sistem pengontrolan untuk mengontrol level boiler drum. Pengontrolan level pada boiler drum dapat dilakukan dengan 3 jenis pengontrolan, yaitu single element drum level control, two element drum level control, dan three element drum level control.

Untuk mendukung proses penelitian pengontrolan level pada boiler drum maka dibuatlah pemodelan boiler drum pada alat boiler heating batching control trainer ( Model : Se 107) dalam bentuk Simulink. Simulink akan diuji dengan hasil pengambilan data pada alat boiler heating batching control trainer ( Model : Se 107) untuk validasi data, sehingga didapatkan Simulink yang dapat melakukan simulasi yang sesuai dengan cara kerja boiler drum dan dapat melakukan proses pengontrolan level boiler drum dengan menggunakan single element drum level control, two element drum level control, dan three element drum level control yang sesuai dengan alat boiler heating batching control trainer ( Model : Se 107).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Boiler heating batching control trainer (Model : SE 107) adalah sebuah alat yang proses dalam sistemnya berbasis pada fluida yang didesain sedemikian rupa untuk mensimulasikan proses pemanasan fluida dari *pre-heater* ke *boiler tank* kemudian uap yang dihasilkan dibuang ke atmosfer (jika di industri uapnya yang dipakai sebagai pemanas namun karena alat ini hanya simulasi dari alat industri maka cukup air dari pemanasan boiler yang dipakai sebagai pemanas) dan air dari pemanasan boiler dialirkan ke heat exchanger dan terjadi pertukaran panas antara fluida dari boiler dengan fluida pada tangki cold water dan hasil produksi di simpan pada product tank.

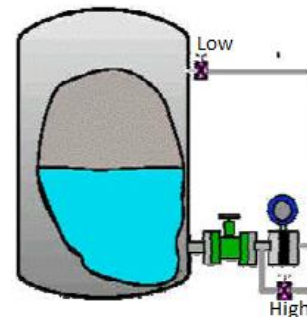


Gambar 1. Alat Boiler heating batching control trainer ( Model : Se 107)

Sistem ini menunjukkan waktu respon yang *real waktu* berdasarkan instrument berstandar industri. Sistem ini memiliki fitur pengukuran level, pengukuran tekanan, pengukuran kecepatan aliran air, dan yang lainnya.

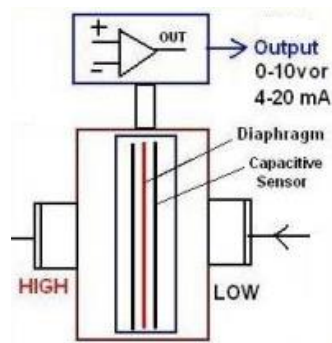
Instrument yang digunakan dalam mengukur level boiler adalah differential pressure level transmitter. Cara kerja dari differential pressure level transmitter dalam mengukur level tangki yaitu dengan membandingkan tekanan dari kedua sisi *port* yaitu *port high pressure* dan *port low pressure* dimana *port high pressure* terletak dibagian bawah tangki dan *port low pressure* diletakkan pada bagian atas tangki. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut [2] :

$$\text{Level DP} = \text{High Pressure} - \text{Low Pressure} \quad (2.1)$$



Gambar 2. Port Differential Pressure Level Transmitter

Hasil dari pengukuran level tersebut akan menghasilkan sinyal output 4-20 mA seperti ditunjukkan pada gambar untuk diterima oleh indikator, *recorder*, dan *controller*.



Gambar 3. Pengukuran Perbedaan Pressure yang dibaca oleh *Capasitive Sensor* dan dikonversi oleh Transmitter ke Output 4-20 mA.

Instrument untuk mengukur suhu pada boiler drum adalah thermocouple temperature transmitter. Thermocouple adalah suatu sensor temperatur termoelektris yang terdiri dari dua kawat logam yang berlainan (misalnya chromel dan constantan) dengan penggabungannya pada probe tip (measurement junction) dan *reference junction* (temperature yang diketahui). Perbedaan temperatur antara *probe tip* dan *reference junction* dideteksi dengan mengukur perubahan tegangan voltage (electromotive force, EMF) pada *reference junction*. Pembacaan absolute temperature kemudian bisa diperoleh dengan kombinasi informasi dari temperatur acuan yang diketahui dengan perbedaan temperature antara *probe tip* dengan *reference* [3].

Instrument untuk mengukur flow yang masuk pada boiler yaitu vortex flowmeter. Flowmeter ini dikenal juga sebagai *vortex shedding flowmeters* atau *oscillatory flowmeters*, prinsip kerjanya seperti gambar dibawah ini yang didasarkan pada pengukuran getaran (*vibration*) pada pusaran (*vortex*) fluida yang disebabkan oleh penghalang yang ditempatkan pada aliran fluida. Frekuensi getaran dari *vortex* dapat dihubungkan dengan laju aliran fluida [4].

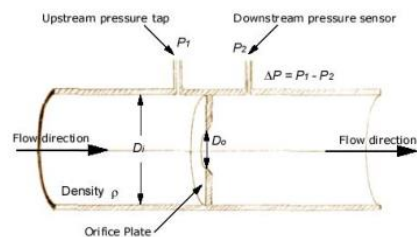


Gambar 4. Prinsip Kerja Vortex Flowmeter.

Pengukuran Vortex Flowmeter ini dapat dinyatakan dalam rumus matematika sebagai berikut ;

$$Q = \frac{f_v \pi D^3}{4 S} \left( \frac{w}{D} \right) \left( 1 - \left( \frac{4}{\pi} \right) K \frac{w}{D} \right) \quad (2.3)$$

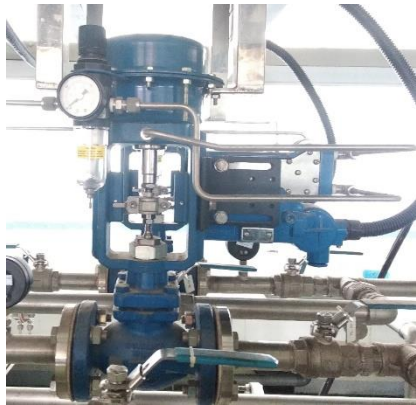
Adapun instrument untuk flow yang keluar dari boiler yaitu orifice differential pressure flowmeter. Prinsip kerjanya seperti gambar 2.5, dimana suatu plate berlubang dimasukkan ke dalam pipa dan ditempatkan secara tegak lurus terhadap flow stream. Ketika fluida mengalir melewati *orifice plate* tersebut maka menyebabkan peningkatan kecepatan dan penurunan tekanan. Perbedaan tekanan sebelum dan setelah *orifice plate* digunakan untuk mengkalkulasi kecepatan aliran fluida (*flow velocity*) [5].



Gambar 5. Prinsip Kerja Orifice D/P Flowmeter.

Untuk valve yang dikontrol yaitu global type valve. Global valve adalah katub yang terbuka ketika ada *air supply* masuk yang kemudian menghasilkan tekanan pada diafragma *positioner* untuk membuatnya terangkat naik dan katub yang menutupi lajur aliran fluida pun ikut terbuka. Besar terbukanya katub tergantung dari sinyal

yang dikirim oleh controller dengan besaran 4-20 mA yang kemudian dikonversi kedalam 3-15 psig oleh I/P positioner yang kemudian menjadi range terbukanya katub yang dimana 3 psig adalah kondisi katub tertutup dan 15 psig adalah kondisi terbuka penuh [6].



Gambar 6. Global Type Valve dengan I/P Positioner

Untuk instrument pengukur tekanan yang digunakan pada boiler drum adalah pressure transmitter. Pressure transmitter merupakan alat yang berguna untuk mengubah perubahan sensing element dari sebuah sensor menjadi sinyal yang mampu diterjemahkan oleh controller. Transmitter sendiri pasti berhubungan antara satu sama lainnya dengan komponen sensor. Sensor yang berguna untuk mengukur besaran tekanan akan memberikan keluaran berupa sinyal elektrik yang selanjutnya oleh transmitter akan dikirim menuju controller. Standar sinyal output transmitter adalah 3 sampai 15 psig (0,2 – 1 kg/cm<sup>2</sup>), 4 – 20 mA ataupun 1 sampai 5 Volt [7].

Pengontrolan level boiler berbasis PID, yang dimana algoritma PID dijelaskan oleh:

$$u(t) = k_p e(t) + k_i \int_0^t e(t) dt + k_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.1)$$

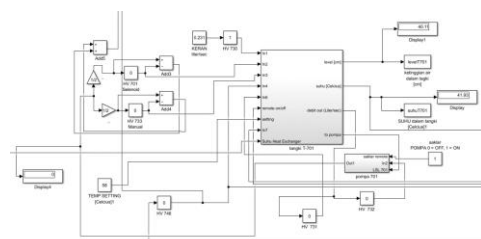
Parameter pengontrol gain proporsional  $k_p$ , gain integral  $k_i$  dan gain derivatif  $k_d$  diparameterisasi sebagai

$$u(t) = K_p \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (2.2)$$

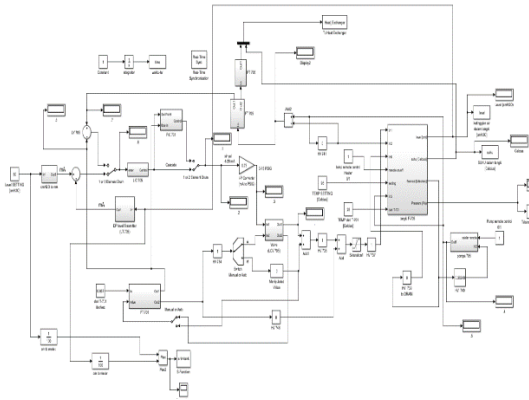
dimana  $u$  adalah sinyal kontrol dan  $e$  adalah kesalahan kontrol ( $e = r - y$ ). Nilai referensi ( $r$ ) sering disebut *set point* dan nilai  $y$  adalah hasil umpanbalik dari proses yang dikontrol. Sinyal kontrol dengan demikian merupakan jumlah dari tiga istilah: istilah P (yang sebanding dengan kesalahan), istilah-I (yang sebanding dengan integral dari kesalahan), dan D-istilah (yang sebanding dengan turunan dari kesalahan). Parameter kontroler adalah keuntungan proporsional  $K$ , waktu integral  $T_i$ , dan waktu turunan  $T_d$ . Bagian integral, proporsional dan turunannya bisa diartikan sebagai kontrol tindakan berdasarkan masa lalu, sekarang dan masa depan. Bagian turunannya juga bisa diartikan sebagai prediksi dengan ekstrapolasi linier [8].

### III.PERANCANGAN SIMULINK

Perancangan Simulink terdiri dari 2 bagian yaitu tangki preheater T-701 dan tangki boiler drum F-705.



Gambar 7. Simulink Tangki Preheater T-701

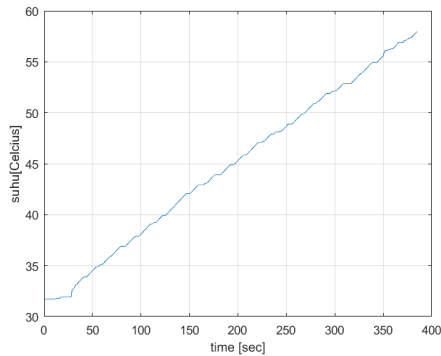


Gambar 8. Simulink Tangki Boiler F-705

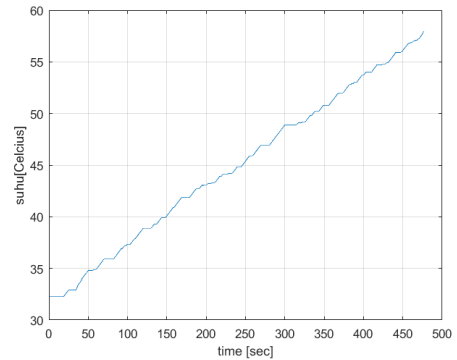
Pada gambar 7 dan 8 menunjukkan Simulink dari tangki preheater T-701 dan tangki boiler drum F-705, yang dimana Simulink diatas dirancang berdasarkan gambar skematik dari buku manual dan alatnya secara langsung.

#### IV. HASIL SIMULASI

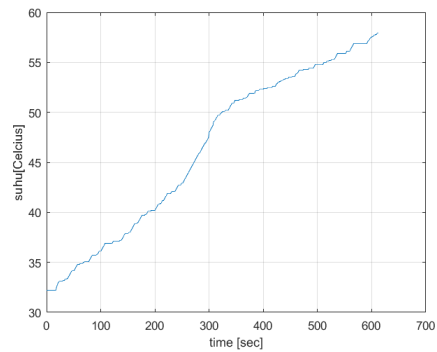
##### A. Simulasi untuk Pengujian Suhu Tangki Preheater T-701



Gambar 9. Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 30 cm dari Hasil Simulasi Simulink

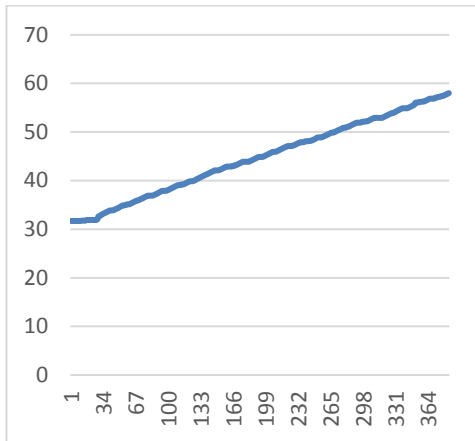


Gambar 10. Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 40 cm dari Hasil Simulasi Simulink

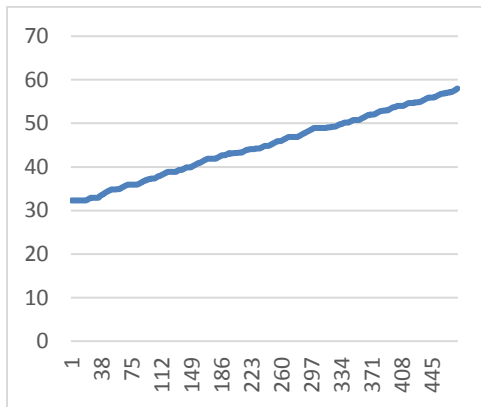


Gambar 11. Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 50 cm dari Hasil Simulasi Simulink

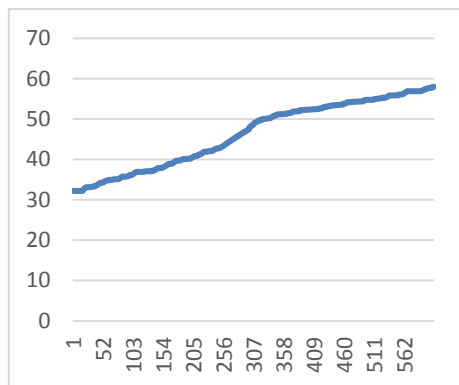
Gambar 9-11 menunjukkan waktu yang diperlukan tangki preheater T-701 untuk memanaskan air pada level yang berbeda-beda. Dimana Semakin tinggi level airnya maka waktu yang diperlukan untuk memanaskan airnya semakin lama dan sebaliknya semakin rendah level air maka waktu yang diperlukan untuk memanaskan air semakin singkat. Hal ini disebabkan karena oleh jumlah massa air yang akan dipanaskan pada level 50 cm lebih banyak dibandingkan pada level 40 cm dan level 30 cm.



Gambar 12. Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 30 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya



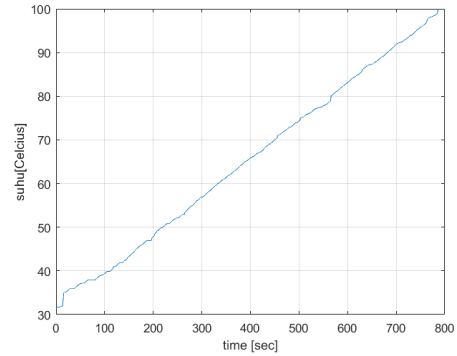
Gambar 13. Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 40 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya



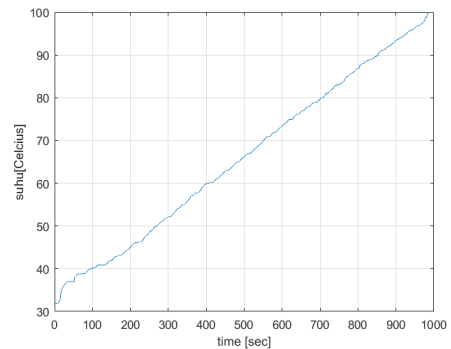
Gambar 14. Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 50 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya

Gambar 12-14 menunjukkan grafik hasil pengambilan data pada alatnya, jika dibandingkan dengan grafik pada gambar 9-11 didapatkan hasil yang serupa.

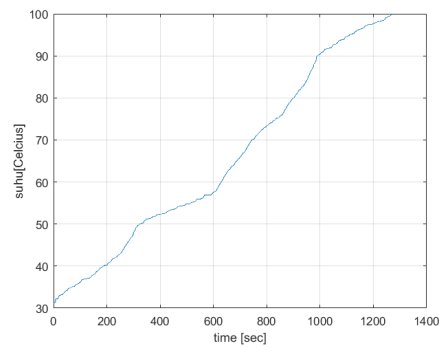
### B. Simulasi untuk Pengujian Suhu Tangki Boiler Drum F-705



Gambar 15. Grafik Suhu tangki Boiler drum F-705 pada level 30 cm dari Hasil Simulasi Simulink

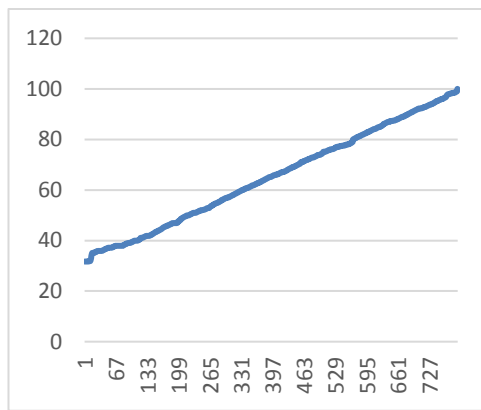


Gambar 16. Grafik Suhu tangki Boiler drum F-705 pada level 40 cm dari Hasil Simulasi Simulink

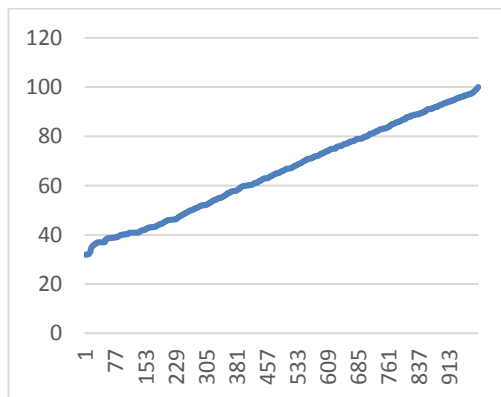


Gambar 17. Grafik Suhu Tangki Boiler drum F-705 pada level 50 cm dari Hasil Simulasi Simulink

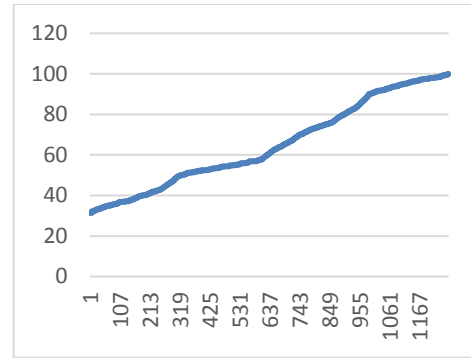
Gambar 15-17 menunjukkan waktu yang diperlukan Boiler drum F-705 untuk memanaskan air pada level yang berbeda-beda. Semakin tinggi level airnya maka waktu yang diperlukan untuk memanaskan airnya semakin lama dan sebaliknya semakin rendah level air maka waktu yang diperlukan untuk memanaskan air semakin singkat. Hal ini disebabkan karena oleh jumlah massa air yang akan dipanaskan pada level 30 cm lebih sedikit dibandingkan pada level 40 cm dan level 50 cm.



Gambar 18. Grafik Suhu tangki Boiler drum F-705 pada level 30 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya



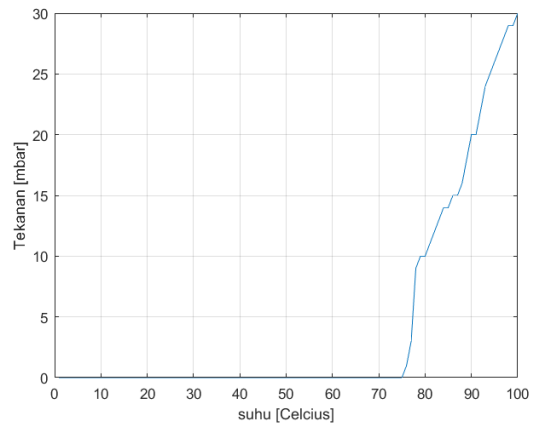
Gambar 19. Grafik Suhu tangki Boiler drum F-705 pada level 40 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya



Gambar 20. Grafik Tangki Boiler drum F-705 pada level 50 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya

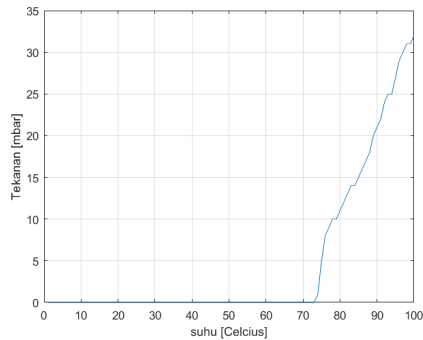
Gambar 18-20 menunjukkan grafik hasil pengambilan data pada alatnya, jika dibandingkan dengan grafik pada gambar 15-17 didapatkan hasil yang serupa.

### C. Simulasi untuk Pengujian Tekanan Tangki Boiler Drum F-705

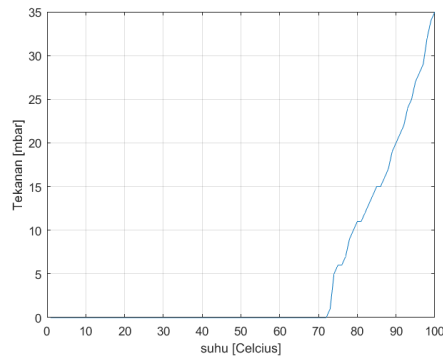


Gambar 21. Grafik Hasil simulasi Simulink data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 30 cm



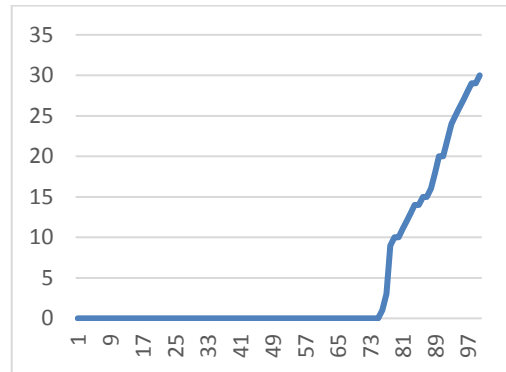


Gambar 22. Grafik Hasil simulasi Simulink data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 40 cm

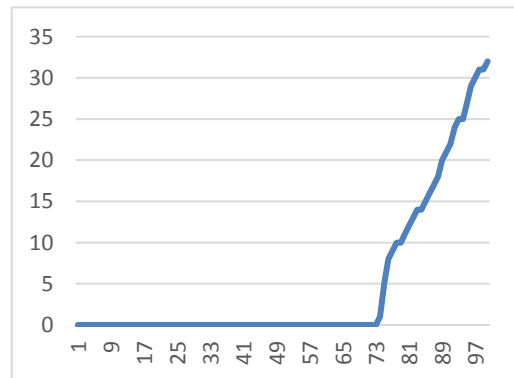


Gambar 23. Grafik Hasil simulasi Simulink data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 50 cm

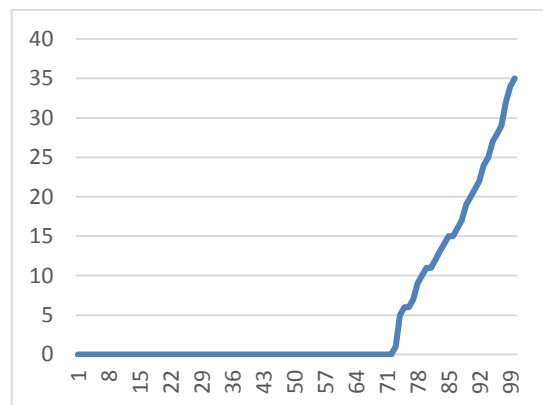
Gambar 21-23 memperlihatkan Ketika mencapai suhu tertentu air yang dipanaskan berubah menjadi uap dan menghasilkan tekanan uap. Pada tabel 4.5-4.7 dapat dilihat tekanan uap yang dihasilkan tangki boiler drum F-705 pada level yang berbeda-beda. Pada level 30 cm, tekanan mulai naik pada suhu 76 °C dengan tekanan 1 mbar dan pada suhu 100 °C tekanannya sebesar 30 mbar. Pada level 40 cm, tekanan mulai naik pada suhu 74 °C dengan tekanan 1 mbar dan pada suhu 100 °C tekanannya sebesar 32 mbar. Dan pada level 50 cm, tekanan mulai naik pada suhu 73 °C dengan tekanan 1 mbar dan pada suhu 100 °C tekanannya sebesar 35 mbar.



Gambar 24. Grafik Hasil Pengambilan data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 30 cm



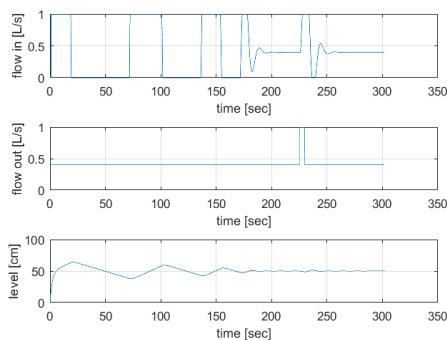
Gambar 25. Grafik Hasil Pengambilan data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 40 cm



Gambar 26. Grafik Hasil Pengambilan data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 50 cm

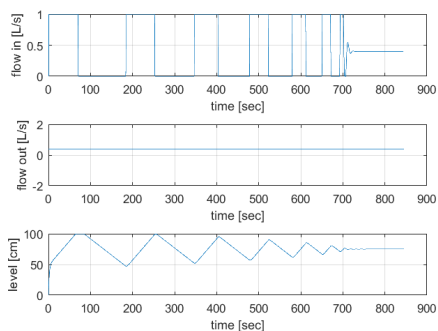
Gambar 24 – 26 Memperlihatkan perbandingan grafik data tekanan uap hasil pengambilan data dari alatnya dengan grafik data tekanan uap hasil simulasi simulink pada tangki boiler drum F-705. dari grafik tersebut dapat dilihat hasil yang identik antara grafik hasil pengambilan data dengan grafik hasil simulasi simulink.

#### D. Pengujian Pengontrolan Level Boiler Drum



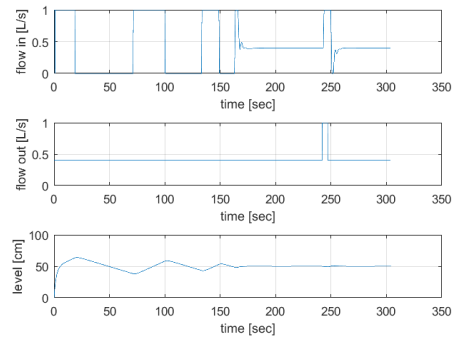
Gambar 27. Grafik Hasil Pengontrolan menggunakan single element drum yang diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik.

Dari hasil pengontrolan level pada gambar 27 , osilasi pada grafik flow input dan level masih cukup besar.



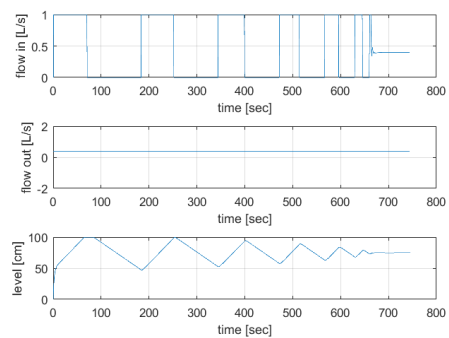
Gambar 28. Hasil grafik pengontrolan boiler drum menggunakan single element drum dengan menaikkan set point ke 75 cm

Dari hasil pengontrolan level pada gambar 28, osilasi pada grafik flow input dan level masih cukup besar.



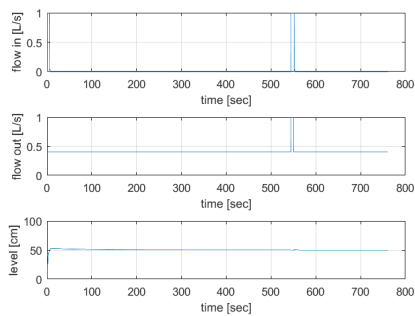
Gambar 29. Grafik Hasil Pengontrolan menggunakan two element drum yang diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik

Hasil pengontrolan level gambar 29, osilasi pada grafik level masih cukup besar, tetapi osilasi pada grafik pada flow input sudah berkurang dibandingkan pada grafik pengontrolan single element drum level control pada gambar 27.



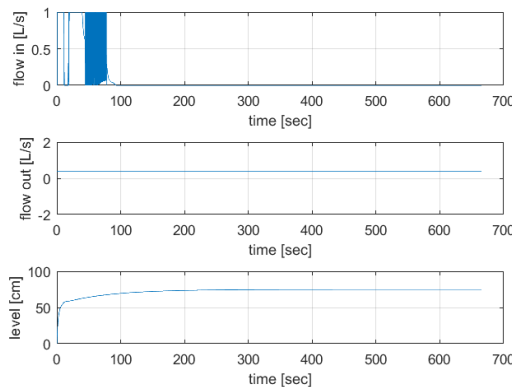
Gambar 30. Hasil grafik pengontrolan boiler drum menggunakan two element drum dengan menaikkan set point ke 75 cm

Dari hasil pengontrolan pada gambar 30, osilasi pada grafik level masih cukup besar namun grafik pada flow input sudah berkurang dibandingkan pada grafik pengontrolan single element drum level control pada gambar 28 .



Gambar 31. Grafik Hasil Pengontrolan menggunakan three element drum yang diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik

Dari hasil pengontrolan level pada gambar 31, osilasi pada grafik level dan flow input hampir tidak ada dan hasil pengontrolan level mendekati stabil pada kondisi steady state.



Gambar 32. Hasil grafik pengontrolan boiler drum menggunakan three element drum dengan menaikkan set point ke 75 cm

Dari hasil pengontrolan level pada gambar 32, pada grafik flow terjadi osilasi pada rentang waktu 50-100 detik namun setelah itu stabil pada kondisi 0 (katup tertutup). sedangkan hasil pengontrolan level mendekati stabil pada kondisi steady state dan tidak terdapat overshoot.

## V. KESIMPULAN

Pemodelan boiler drum pada alat boiler heating batching control trainer ( Model : Se 107) dalam bentuk simulink dapat disimulasikan dengan hasil perbandingan antara hasil simulasi Simulink dengan hasil pengambilan data pada alatnya didapatkan hasil yang identic dan untuk hasil simulasi Simulink pengontrolan level pada boiler drum diperoleh hasil pengontrolan dengan three element drum level control lebih baik dibandingkan pengontrolan single element drum level control dan two element drum level control, hal ini disebabkan karena three element drum melakukan pengontrolan pada 3 element yaitu level boiler, flow input pada boiler, dan flow output pada boiler.

## REFERENSI

[1] Anggono, Tri. 2011. *PERANCANGAN SISTEM KENDALI TEKANAN UAP PADA STEAM-DRUM BOILER SKALA KECIL MENGGUNAKAN PID DAN LQR*. Tesis tidak diterbitkan. Depok : Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

[2] PERTAMINA. 2007. *Dasar Instrumentasi dan Proses Kontrol*. DASAR INST & PROSES KONTROL \_BPST XVII,.

[3] Kerlin, Thomas W. 2010. *Practical Thermocouple Thermometry*. New York. : ISA

[4] Fraden, Jacob. 2010. *Handbook of Modern Sensor*. Sandiego : Springer.

[5] Harris, Michael. 2015. *Orifice Plate and Venturi Tube*. New York : Springer.

[6] Baumann, Hans D. 2009. *Control Valve Primer*. Triangle Park : ISA

[7] Placko, Dominique. 2007. *Fundamental of Instrumentation and Measurement*. California : ISTE

[8] Johan, Karl, Astrom. 2002. *Control System Design*. California : University of California.