

## **PEMODELAN DAN SIMULASI STEAM-DRUM BOILER SEDERHANA MENGGUNAKAN MATLAB-SIMULINK**

**Yoyok Dwi Setyo P**

<sup>1,3</sup> Prodi Teknik Elektro FT UNPAM  
Jln. Puspiptek Raya No 11 Buaran, Tangerang Selatan 15310 INDONESIA  
*dosen0789@unpam.ac.id*

### **ABSTRAK**

. Boiler atau uap generator secara luas digunakan konversi energi peralatan di industri untuk menghasilkan uap untuk pembangkit listrik atau tujuan tertentu. Dewasa ini, terdapat peningkatan permintaan untuk mengoperasikan boiler pembangkit uap dengan cara yang lebih fleksibel dan lincah karena industri ringan dan energi terbarukan. Model matematika yang mewakili perilaku dinamis dari boiler pembangkit listrik di seluruh skenario operasional berbagai-macam seperti start-up dan perubahan beban diperlukan untuk pengoperasian tersebut. Namun, model boiler biasanya menggunakan program yang besar, mahal dan tidak cocok untuk studi tentang sistem kontrol dalam penelitian selanjutnya. Makalah ini menyajikan ketel uap Model drum yang sederhana 1-dimensi menggunakan Matlab-Simulink. Model itu running adalah dua kondisi untuk input mengalir 1200 kg/menit dan 900 kg/menit mewakili dinamika sistem boiler steam drum untuk tingkat. Hasilnya mengkonfirmasi bahwa model ini dapat mensimulasikan dinamika sistem boiler steam drum sederhana.

*Kata kunci : Steam drum, Pembangkit uap, Pemodelan, Matlab-Simulink*

### **ABSTRACT**

**Modelling and Simulation of a simple steam-drum boiler using Matlab-Simulink.** The boiler or steam generator is a widely-used energy conversion equipment across the industry to generate steam for power generation or utility purposes. Recently, there is an increasing demand to operate the thermal power plant boilers in more flexible and agile manner due to light industry and renewable energy. Mathematical models representing dynamic behavior of the power plant boilers across wide-range operational scenarios like start-up and load changes are necessary for such operability. However, boiler models usually uses big program, costly and not suitable for study on control system in the next research. This paper presents a 1-dimensional simple boiler steam drum model using Matlab-Simulink. The model was running is two condition i.e for input flow 1200 kg/min and 900 kg/min represent dynamics of steam-drum boiler system for the level. The result confirm that the model could simulate the dynamic of a simple steam-drum boiler system..

*Keywords: steam drum, boiler, Modelling, Matlab-Simulink*

## PENDAHULUAN

Pembangkit uap atau boiler adalah satu komponen penting dalam PLTU, dimana berperan merubah panas dari sumber energi menjadi ke fluida pendingin primer ke pendingin sekunder yang menghasilkan uap untuk menggerakkan turbin, kualitas uap yang dihasilkan berpengaruh terhadap keluaran daya listrik PLTU. Salah satu komponen pada boiler adalah Steam Drum yang berfungsi menampung air umpan sistem dalam pembuatan uap yang temperaturnya cukup tinggi dan memisahkan fluida antara fase gas dan fase cair.

Pembangkit uap merupakan adalah proses yang kompleks dan rumit dan berperilaku nonlinier [1]. Model matematika lengkap biasanya menggabungkan beberapa aspek. Untuk pemodelan boiler untuk skala besar biasa dilakukan dengan menggunakan software besar dan berbasar seperti RELAP [2], TRAC [3] dan Reyes [4] walau demikian software ini mahal dan rumit.

Sedangkan model sederhana lebih cocok untuk digunakan dalam pemodelan sistem dan untuk dikembangkan dalam penelitian bidang kendali pada suatu universitas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model sistem Steam Drum pada system boiler sederhana yang akan digunakan pada penelitian lanjutan sebagai pengembangan algoritma kendali pada model sistem. Makalah ini tersusun dalam lima bagian. Bagian dua menjelaskan sistem Steam Drum dalam boiler. Bagian tiga menjelaskan pemodelan. Bagian empat mendiskusikan hasil dan analisa, sedangkan bagian lima adalah kesimpulan.

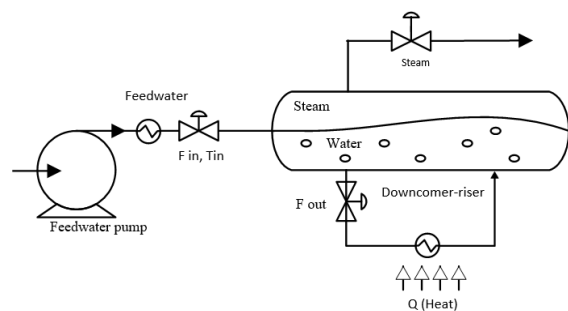
## TEORI

Boiler adalah bejana tertutup yang menyediakan sarana untuk mengkonversi air menjadi uap. Uap di bawah tekanan kemudian digunakan untuk mentransfer panas untuk selanjutnya menjadi uap. Boiler atau pembangkit uap adalah suatu system atau peralatan yang mengubah

energi seperti energi kimia dari bahan bakar seperti batubara, minyak, gas atau energi nuklir menjadi energi panas dan menggunakan untuk memanaskan air menjadi uap air. Uap air yang dihasilkan kemudian digunakan untuk memanaskan bahan atau melakukan kerja mekanik melalui sebuah mesin berputar seperti turbin. Pada pembangkit lisrik maka turbin akan menggerakkan generator penghasil arus listrik. Secara umum, boiler ap memiliki dua subsistem utama. Subsistem pertama adalah tungku boiler dimana bahan bakar dan udara dicampur dan dibakar untuk menghasilkan gas panas buang. Sedangkan subsistem kedua adalah subsistem transfer panas yang biasanya terdiri *steam drum*.

*Steam Drum* adalah suatu alat pada boiler yang berfungsi menampung air dari *feedwater sistem* dalam pembuatan uap yang temperaturnya cukup tinggi dan memisahkan fluida antara fase gas dan fase cair. Keberadaannya dalam sebuah sistem *boiler*, memegang peranan yang sangat penting.

Skema Steam Drum untuk produksi uap ditunjukkan pada Gambar 1. dimana diperlihatkan produksi uap menggunakan unit drum-boiler. Air umpan disalurkan oleh pompa *feedwater* ke dalam steam drum. Karena gravitasi, air mengalir turun melalui downcomer-riser lingkaran tertutup menghasilkan uap jenuh, yang mengalir di sepanjang tabung riser sebelum dikumpulkan dan dimasukkan kembali ke dalam drum, uap jenuh mengalir melalui permukaan air sampai keluar setelah mencapai outlet Steam Drum untuk selanjutnya disalurkan ke turbin uap.



Gambar 1. Model *Steam Drum* pada boiler

Variabel yang dianalisa dalam *Steam Drum boiler* adalah ketinggian air dan temperatur uap. Pengukuran ketinggian air dan temperatur uap pada *Steam Drum* adalah hal yang sangat penting untuk *safety* dan *efisiensi* operasional dari *boiler*. Dapat dikatakan bahwa *Steam Drum* adalah jantung dari sebuah *boiler*. [5] Oleh karenanya dalam merancang dan menganalisa sistem kendali pada boiler diperlukan suatu model *Steam Drum* yang sederhana ringkas namun mampu digunakan sebagai model sistem yang akan di uji.

Ketinggian air normal adalah di bawah garis tengah drum uap dan keberadaannya untuk menjadi uap adalah dalam waktunya antara 5 dan 20 detik.

## METODOLOGI

### 1. SIMULASI SISTEM DINAMIK MODEL STEAM DRUM

*Steam Drum* adalah sistem proses atau plant yang bersifat non-linear dan kompleks karena banyaknya interaksi dari variabel variable input dan output sistem. Oleh karenanya untuk menurunkan model matematika, struktur internal dan fungsi subsistem dari boiler harus dipelajari. Model matematika dari boiler ini diturunkan dari kesetimbangan massa dan energi[6].

$$A \frac{dh}{dt} = F_{in} - F_{out} \quad (1)$$

Dengan memenuhi kaidah gerak jatuh bebas maka debit fluida yang keluar dari *Steam Drum* akan setara akar dari dengan ketinggian fluida dalam *Steam Drum* dan dikalikan dengan faktor bukan kran/valve out.

$$F_{out} = kw\sqrt{h} \quad (2)$$

Kesetimbangan energi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Ah \frac{dT}{dt} = F_{in}(T_{in} - T) + \frac{Q}{\rho C_p} \quad (3)$$

Dengan

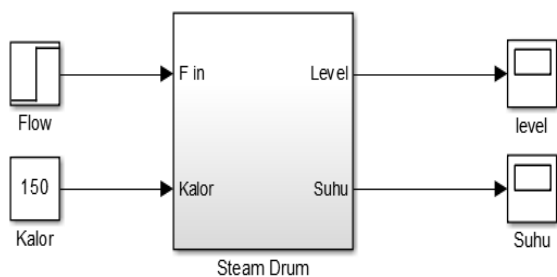
- $A$  = luas steam drum boiler ( $m^2$ )
- $h$  = ketinggian air (m)
- $F_{in}$  = flow air yang masuk (kg/menit)
- $F_{out}$  = flow air yang keluar (kg/menit)
- $k$  = control valve flow air (m)
- $w$  = koefisien control valve ( $m^{3/2}/menit$ )
- $Q$  = flow uap panas (kg/menit)
- $T_{in}$  = temperatur air yang masuk (K)
- $T$  = temperatur uap (K)
- $\rho$  = massa jenis air ( $kg/m^3$ )
- $C_p$  = kapasitas panas air (J/kg K)

Untuk membangun model boiler maka persamaan matematika sistem *Steam Drum boiler* kemudian di aplikasikan dengan menggunakan paket program Matlab-simulink. Simulink adalah paket program yang sering digunakan untuk pemodelan, dan menganalisa sistem dinamik. Program ini mendukung sistem linier dan non linier dengan pemodelan berbasis waktu. Untuk melakukan ini sejumlah komponen model di pasang bersamaan untuk mensimulasi kelakuan boiler yang lengkap. Sistem yang dibangun adalah sistem *multi input multi output* (MIMO) dengan 2 masukan yaitu *flow input* ( $F_{in}$ ) dan Kalor ( $Q$ ) dan keluaran adalah level air ( $h$ ) dan Suhu ( $T$ ).

Variabel yang dianalisa dalam *Steam Drum boiler* adalah ketinggian air dan temperatur uap. Pengukuran ketinggian air dan temperatur uap pada *Steam Drum* adalah hal yang sangat penting untuk *safety* dan *efisiensi* operasional dari *boiler*. Dapat dikatakan bahwa *Steam Drum* adalah jantung dari sebuah *boiler*. [5] Oleh karenanya dalam merancang dan menganalisa sistem kendali pada boiler diperlukan suatu model *Steam Drum* yang sederhana ringkas namun mampu digunakan sebagai model sistem yang akan di uji.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Boiler sistem kontrol level air Drum dimodelkan dalam makalah ini, dan disimulasikan dengan menggunakan program MATLAB-SIMULINK. Simulasi dilakukan dengan nilai nominal pembangkit listrik tenaga termal 210MW. Untuk mendapatkan respon Steam Drum terhadap input fungsi undak kalang terbuka maka dibuat program simulasi model Steam Drum dengan menggunakan simulink seperti ditunjukkan pada Gambar 2

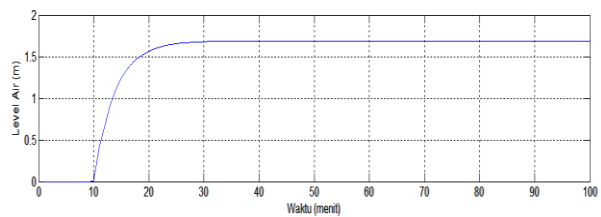


Gambar 2. Model Steam Drum dengan 2 input dan 2 output.

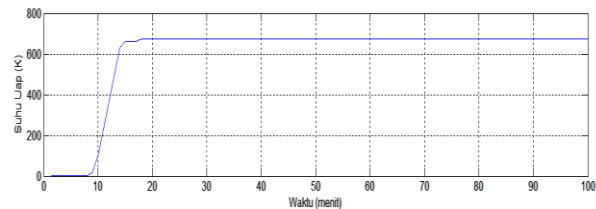
Parameter dari sistem Steam Drum boiler diantaranya yaitu flow air yang masuk  $F_{in}=390,5$  kg/jam, temperatur air yang masuk  $T_{in}=673$  K, kapasitas panas pada steam drum boiler  $C_p=80,12$  J/kg K. Pada saat awal diasumsikan Steam Drum boiler dalam keadaan belum terisi. Tetapi untuk menghindari terjadinya kalkulasi *divide by error* pada model Matlab-Simulink maka untuk nilai h awal di set 0.0001 m. Pengujian model steam drum dilakukan untuk dua kondisi seperti diteangkan berikut ini.

#### 4.1 Uji sistem untuk kondisi 1.

Model boiler yang dibangun dengan menggunakan Matlab-Simulink kemudian di jalankan, untuk uji respon level air dengan masukan berupa fungsi undak Fin sebesar 1200 kg/menit pada menit ke 10 dan Q sebesar 200 KJ/menit Maka respon model output boiler kenaikan menunjukkan level air dalam steam drum naik dari 0 m ke 1.7 m dan mencapai kondisi stedy sate pada menit 30. Seperti ditunjukkan pada Gambar 3.a.



(a).



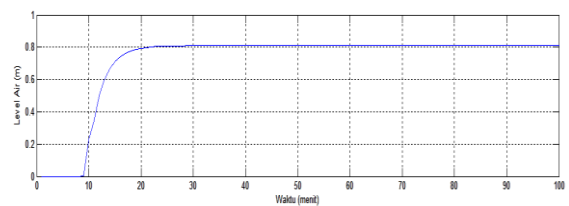
(b).

Gambar 3. Output model pada pengujian 1 untuk (a). Level air (b). Suhu Uap

Sedangkan suhu uap steam merupakan hasil output dari masukan temperatur air yang masuk  $T_{in}=673$ , dan setelah mendapatkan kalor dari sebesar Q heater gas maka suhu uap akan dapat dihitung.

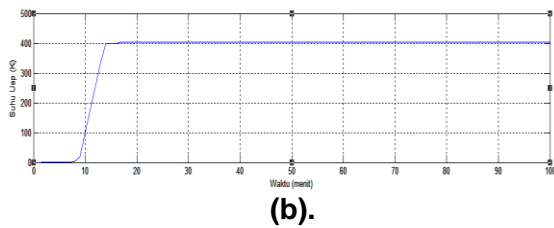
Uji sistem untuk kondisi 2.

Untuk uji kondisi 2 maka model Steam Drum Matlab-Simulink kemudian di jalankan dengan memberi masukan  $F_{in}$  sebesar 900 kg/menit pada menit ke 10 dan Q sebesar 150 KJ/menit. Maka respon model output boiler kenaikan menunjukkan level air dalam steam drum naik dari 0 m ke 0.8 m dan mencapai kondisi stedy sate pada menit 21. Seperti ditunjukkan pada Gambar a.



(a).

Sedangkan respon suhu ditunjukkan naik menuju 400 K pada menit ke 13.



Gambar 4. Output model pada pengujian 2 untuk (a). Level air (b). Suhu Uap

a radial basis function neural network," *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, vol. 24, pp. 1873-1886, 2014.

## KESIMPULAN

Telah dikembangkan model Steam Drum menggunakan Matlab-Simulink. Model *steam drum* sederhana diturunkan dari persamaan neraca massa dan energi. Hasil pengujian simulasi menunjukkan bahwa model dengan matlab Simulink dapat memberikan respon yang baik sehingga dapat digunakan pada penerapan algoritma kendali untuk penelitian berikutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Adam and J. Marchetti, "Dynamic simulation of large boilers with natural recirculation," *Computers & chemical engineering*, vol. 23, pp. 1031-1040, 1999.
- [2] I. N. Laboratory. (216, RELAP 5-3D-Introduction. <http://www4vip.inl.gov/relap5/relap5-3.htm>
- [3] U.S.NRC, "TRAC-M Version 3.0 Theory Manual" <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/contract/> December 2015].
- [4] J. N. Reyes Jr, "Governing equations in two-phase fluid natural circulation flows," *Natural Circulation in Water Cooled Nuclear Power Plants, Annex*, vol. 6, 2005.
- [5] K. J. Åström and K. Eklund, "A simplified non-linear model of a drum boiler-turbine unit," *International Journal of Control*, vol. 16, pp. 145-169, 1972.
- [6] A. Kouadri, A. Namoun, and M. Zelmat, "Modelling the nonlinear dynamic behaviour of a boiler-turbine system using