

SIMULASI PERANCANGAN PENGENDALI OPTIMAL PADA KETEL (*BOILER*)

Rudy S. Wahjudi¹

¹Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti
rswahjudi@trisakti.ac.id

ABSTRAK

Tujuan simulasi dari setiap sistem kendali adalah untuk dapat melakukan studi tentang sistem kendali tersebut tanpa keberadaan sistem fisik, oleh karena itu proses simulasi sistem ini sangat aman (resiko sangat rendah) dan berbiaya murah. Atas dasar pertimbangan ini maka simulasi sistem sering digunakan dalam kegiatan perancangan, sebelum perancangan sistem fisiknya dibuat. Dalam makalah ini akan dibahas simulasi sistem kendali optimal ketel. Sesuai dengan namanya tujuan sistem kendali optimal ini adalah agar kinerja sistem selain stabil juga optimal. Dalam makalah ini tujuan perancangan sistem kendali optimal adalah untuk mencapai keadaan yang diinginkan dengan waktu dan energi minimum. Sebagai masukan ketel adalah gas pembakar dan air ketel, sedangkan keluaran ketel adalah laju aliran uap air dan tinggi paras air dalam ketel. Rancangan sistem kendali optimal yang sudah diperoleh kemudian disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Hasil simulasi sistem kendali ketel ditunjukkan dalam bentuk grafik hubungan masukan dan keluaran baik tanpa gangguan dan ada gangguan. Melalui hasil simulasi sistem kendali ketel optimal ini dapat disimpulkan bahwa rancangan sistem kendali optimal yang digunakan sangat memadai terlihat dari grafik keluaran yang menunjukkan bahwa pengaruh gangguan sangat kecil.

Kata Kunci: *simulasi, sistem, kendali, ketel.*

I PENDAHULUAN

Tujuan dari setiap sistem kendali ketel adalah untuk memberikan keamanan, operasi ketel yang efektif dan efisien pada keluaran yang diinginkan tanpa dibutuhkan pengawasan operator yang terus menerus. Ini berarti bahwa proses pembakaran di dalam tungku dan keadaan uap di *outlet* ketel harus dikendalikan. Ketel harus mampu menanggapi perubahan beban tanpa membahayakan keselamatan atau kinerja.

Sistem kendali ketel merupakan sistem kendali multivaribel, terdiri dari dua variabel masukan, tiga variabel keadaan dan dua variabel keluaran. Atas dasar ini maka pendekatan sistem yang akan digunakan adalah pendekatan ruang keadaan.

Sebagai langkah awal dari simulasi kendali ketel ini disusun model ketel dengan menggunakan pendekatan ruang keadaan. Kemudian disusun diagram blok sistem kendali dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB (toolbox Simulink). Dengan menggunakan pengendali optimal kemudian disimulasikan. Rancangan sistem kendali ketel yang dihasilkan tidak hanya stabil tetapi juga optimal. Selanjutnya sistem dicoba untuk dibebani gangguan pada keluarannya pada saat sudah mencapai keadaan tunak. Dan hasilnya sistem stabil dan dapat mencapai keadaan yang diinginkan dalam waktu yang singkat dan energi minimum.

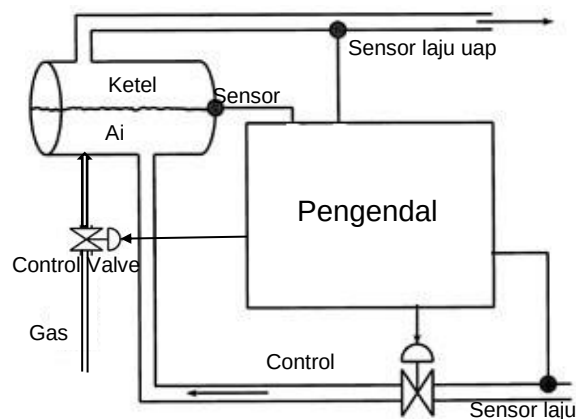
II. STUDI PUSTAKA

Berbagai pembahasan terkait dengan pengembangan sistem kendali ketel cukup banyak, namun demikian masih jarang simulasi sistem kendali ketel yang melibatkan gangguan-gangguan sebagaimana pada beberapa tulisan berikut ini (G.F. Jerry Gilman, 2010, P. Neuman, 2011, Péter Kádár, 2013, Sunil Pasalkar, 2014, Szymon Podlasek, 2016.)

Umumnya pengujian sistem dilakukan untuk menguji kestabilan dan memperoleh karakteristik sistem dalam menanggapi galat akibat perubahan referensi atau perubahan nilai actual.

III. METODOLOGI PENELITIAN

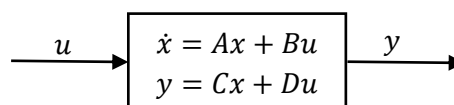
Skema diagram sistem kendali ketel ditunjukkan seperti pada Gambar 1. Sistem terdiri dari ketel, 2 sensor laju uap air dan tinggi paras (*level*) air dalam ketel dan 2 *control valve* laju gas bakar dan air pengisi ketel.



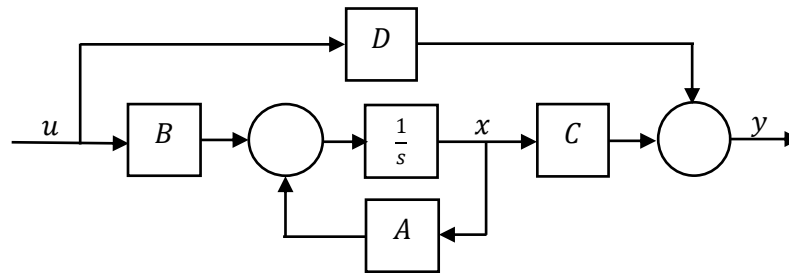
Gambar 1. Skema diagram sistem kendali ketel.(P. Neuman, 2011).

Pada keadaan awal proses, air dimasukkan dalam ketel sampai pada batas ketinggian paras air yang diinginkan, kemudian pemanas diaktifkan sehingga air dalam ketel mendidih selanjutnya menguap. Proses penguapan terus berlangsung sehingga laju uap mencapai laju uap yang diinginkan tercapai. Pencapaian tinggi paras air dalam ketel dan laju uap air dipertahankan tetap (konstan) selama proses industri yang menggunakan tenaga uap air bekerja. Untuk menjamin sistem ketel bekerja sesuai dengan yang diharapkan maka dibuat pengendali. Pengendali akan melakukan semua yang diperlukan agar kinerja ketel sesuai dengan yang diharapkan.

Proses perancangan pengendalian pada ketel dimulai dengan memodelkan ketel dalam bentuk diagram blok seperti ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Diagram blok bentuk umum sistem (ketel)

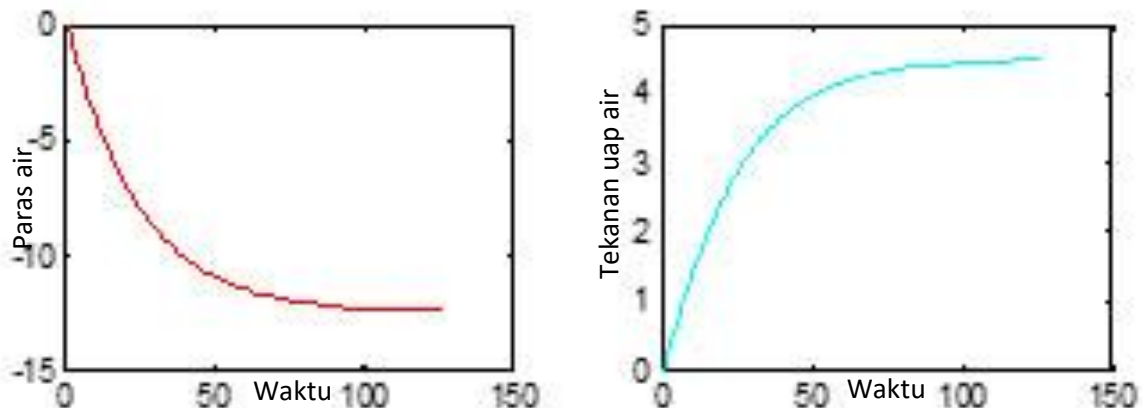


Gambar 3. Diagram blok bentuk umum sistem (ketel) dalam ruang keadaan

Kemudian konstanta ketel di berikan seperti persamaan di bawah ini.

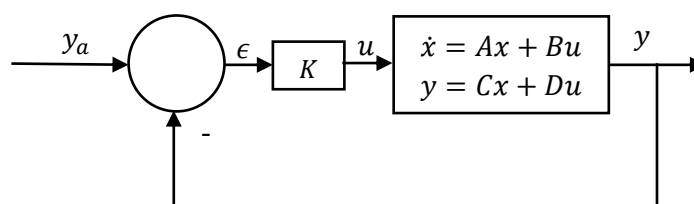
$$A = \begin{bmatrix} -2 & 1 & 0 \\ 0 & -3 & 0 \\ 0 & 0 & -4 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 1 & 0,5 \\ 1 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}; C = \begin{bmatrix} -17 & 4 & -10 \\ 5 & 8 & -6 \end{bmatrix}; D = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(1).$$

Dengan semua parameter di atas seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1) kemudian di simulasikan ke komputer dengan menggunakan perangkat lunak MALAB dapat di peroleh grafik yang menunjukkan perubahan paras air dan tekanan uap air dalam ketel seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Simulasi perubahan paras air dan laju uap air akibat peningkatan laju gas bahan bakar.

Kemudian dirancang sistem kendali optimal ketel dalam konfigurasi sistem kendali balikan seperti di tunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Sistem kendali ketel dalam konfigurasi sistem kendali balikan.

Selanjutnya akan dihitung kendali optimal K menurut tetapan regulator kuadratik linier yang biasa disebut persamaan *Riccati*. (Leonid T. Aschepkov, Dmitriy V. Dolgy, Taekyun Kim and Ravi P. Agarwal, 2016).

Penggunaan rumus ini akan meminimumkan indeks performasi

$$J = \int (y'Qy + u'Ru) dt \quad \dots\dots\dots(2).$$

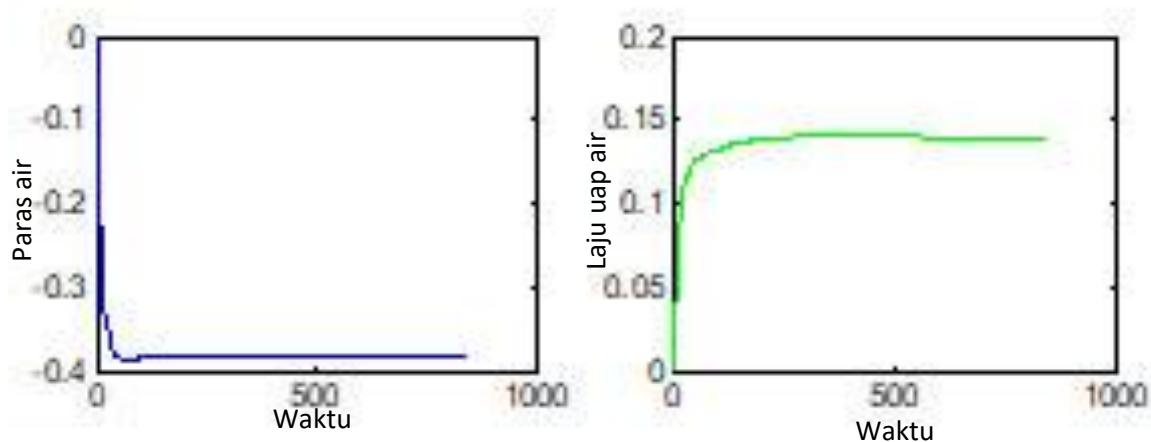
Q dan R adalah bobot dalam perancangan ini yang besarnya di pilih.

$$Q = \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix} \text{ dan } R = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(3).$$

Dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB dapat diperoleh

$$K = \begin{bmatrix} 8,1443 & -0,2113 & 3,2093 \\ 8,1443 & -0,2113 & 3,2093 \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(4).$$

Setelah ditemukan nilai K kemudian disimulasikan sesuai dengan konfigurasi sistem kendali optimal yang digambarkan dalam Gambar 5, sehingga diperoleh grafik luaran ketel yaitu paras air dan laju uap air akibat peningkatan laju gas bahan pembakar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Simulasi perubahan paras air dan laju uap air akibat peningkatan laju gas bahan pembakar.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi sistem ketel tanpa pengendali seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan sistem ketel dilengkapi pengendali optimal sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6 menunjukkan kedua sistem tersebut adalah stabil, namun yang membedakannya adalah kecepatan untuk mencapai keadaan tunak adalah besar sekali dan energi yang dibutuhkan adalah kecil.

Perimbangan kecepatan tanggapan sistem mencapai keadaan tunak dan besar energi yang dihabiskan adalah dengan mengubah besar bobot matrik Q dan R .

V KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi yang digambarkan dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Perancangan sistem kendali optimal yang dihasilkan mempunyai waktu pencapaian keadaan tunak yang cepat ditunjukkan pada Gambar 6.
- b. Konfigurasi sistem pengendali optimal sangat sederhana seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, namun memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan sistem kendali konvensional.
- c. Penalaan pada tetapan pengendali optimal sangat sederhana, yakni hanya menentukan matrik Q dan R . Berbeda dengan pengendali konvensional, misalnya pengendali PID, perlu menetapkan K_p , K_i dan K_d sementara hasilnya belum tentu optimal.
- d. Ternyata tanggapan sistem berfluktuasi tidak lebih dari 10 %. Ini menunjukkan sistem kendali yang disusun sangat baik

DAFTAR PUSTAKA

- G.F. Jerry Gilman, 2010, 'Ketel Control Systems Engineering', Second Edition- International Society of Automation
- P. Neuman, 2011, 'Power Plant and Ketel Models for Operator Training Simulators', IFAC World Congress, August 28 – September 2, 2011
- Péter Kádár, 2013, 'Application of Optimization Techniques in the Power System Control', Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 10, No. 5, 2013
- Sunil Pasalkar, 2014, 'Process Automation In Ketel', International Journal of Innovative Technology & Adaptive Management (IJITAM), Volume-1, Issue-9, 2014
- Szymon Podlasek, 2016, 'Mathematical modeling of control system for the experimental steam generator', EPJ Web of Conferences 114, 0 1 (2016).
- Leonid T. Aschepkov, Dmitriy V. Dolgy, Taekyun Kim and Ravi P. Agarwal, 'Optimal Control', Springer International Publishing AG 2016, ISBN 978-3-319-49781-5 (eBook)