

PENERAPAN PID CONTROLLER UNTUK SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR ROTARY KILN DI PABRIK SEMEN

Hendrik Elvian Gayuh Prasetya

Sistem Pembangkit Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Kampus ITS Sukolilo, Jl. Raya ITS, Keputih, Sukolilo, Keputih, Kota Surabaya, Jawa Timur 60111
E-mail: hendrik@pens.ac.id

Abstract

As Indonesia population in grows, the property sector needs, especially residential areas, are increasing. Therefore, the progress of the cement industry is the key to meeting the needs of the settlement sector by maintaining the quality and productivity of cement. In producing cement, the most important step is the process of cooking raw cement in the rotary kiln system. In the process of making mature cement, a heat flow is needed which is used to burn the raw material of cement into mature cement and is suitable for use, and the temperature used to cook the cement ranges from 13500 C - 14000 C. for the cooking system of raw cement in the rotary kiln in the form of providing a temperature control system in the rotary kiln. The temperature control system in the rotary kiln uses a PID control system, where the PID parameters are obtained using a mathematical approach Hurwitz Ruth method. In this study, three PID tuning methods were carried out namely: P controller, PI controller, and PID controller. By using the P controller, the maximum value of overshoot = 48.35%, absolute absolute error = 1.017%, and settling time = 148.44 seconds. By using PI controller, the maximum value of overshoot = 35.45%, integral absolute error = 0.897%, and settling time = 134.73 seconds. Meanwhile, using the PID controller, the maximum value of overshoot = 2.4%, integral absolute error = 0.23%, and settling time = 12.6 seconds

Keywords: *Cement Industry, Rotary Kiln, Temperature Control, Ruth Hurwitz, PID*

Abstrak

Seiring bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia, maka kebutuhan sektor properti terutama pemukiman penduduk semakin meningkat. Oleh karena itu, kemajuan industri semen menjadi kunci utama guna memenuhi kebutuhan sektor pemukiman dengan cara menjaga kualitas dan produktivitas semen. Dalam memproduksi semen, tahapan yang paling diperhatikan adalah proses pemasakan semen mentah pada sistem rotary kiln. Dalam proses pembuatan semen matang diperlukan suatu aliran panas yang digunakan untuk membakar bahan baku semen menjadi semen yang matang dan layak digunakan, dan suhu yang digunakan untuk memasak semen tersebut berkisar antara 1350⁰ C- 1400⁰ C. Untuk itu perlu dijaga kestabilan penyaluran fluida panas yang digunakan untuk sistem pemasakan semen mentah pada rotary kiln berupa pemberian sistem pengendalian temperatur pada rotary kiln. Sistem pengendalian temperatur pada rotary kiln ini menggunakan sistem pengendalian PID, dimana parameter PID didapatkan menggunakan analisa pendekatan matematis metode ruth hurwitz. Pada penelitian ini, dilakukan tiga buah metode tuning PID yakni : P controller, PI controller, dan PID controller. Dengan menggunakan P controller didapatkan nilai maksimum overshoot = 48,35%, integral absolute error = 1,017%, dan settling time = 148,44 detik. Dengan menggunakan PI controller didapatkan nilai maksimum overshoot = 35,45%, integral absolute error = 0,897%, dan settling time = 134,73 detik. Sedangkan, dengan menggunakan PID controller didapatkan nilai maksimum overshoot = 2,4%, integral absolute error = 0,23%, dan settling time = 12,6 detik

Kata Kunci: *Industri Semen, Rotary Kiln, Sistem Pengendalian Temperatur, Ruth Hurwitz, PID*

PENDAHULUAN

Berdasarkan data pertumbuhan jumlah penduduk Indonesia, dapat diketahui bahwa semakin bertambahnya tahun selalu diiringi oleh laju pertumbuhan penduduk. Jika laju pertumbuhan penduduk naik setiap tahunnya maka akan muncul suatu permasalahan baru, yakni pemenuhan akan tempat tinggal. Oleh karena itu, keberadaan industri sangat penting sekali untuk menjaga kualitas produksi semen sebagai bahan utama pembuatn tempat tinggal. Proses yang paling penting dalam pembuatan semen terletak pada unit operasi rotary kiln. Dimana unit operasi ini berfungsi sebagai pemasak semen mentah (campuran kapur, tanah liat, dan pasir silika) menjadi semen setengah jadi clinker dengan cara dipanaskan sampai suhu 1350°C sampai 1400°C. Apabila proses pemasakan semen tidak berada pada range tersebut, maka dihasilkan semen yang mempunyai kualitas yang jelek. Oleh karena itu, dibutuhkannya sistem pengendalian temperature pada rotary kiln untuk menjaga suhu proses pemasakan semen mentah menjadi semen setengah jadi.

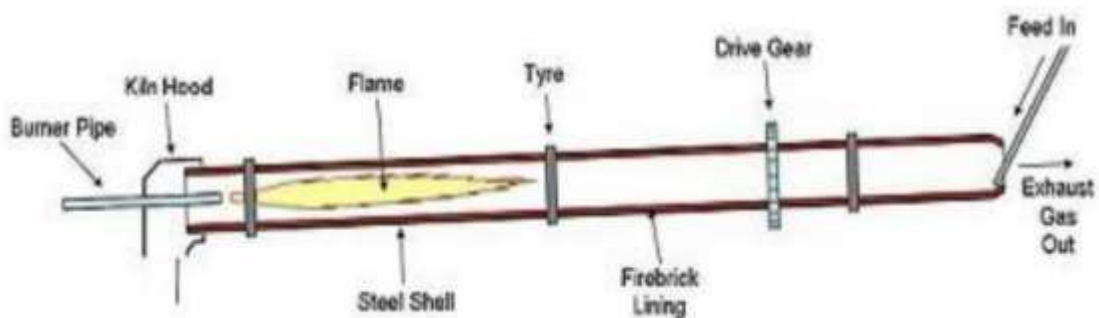
Sistem pengendalian merupakan sebuah susunan komponen fisik yang dihubungkan sedemikian rupa untuk mengatur suatu kondisi agar mencapai kondisi yang diharapkan. Penerapan sistem pengendalian sangatlah penting, hal ini dikarenakan dalam pemanfaatannya sistem pengendalian dapat diaplikasikan untuk mengurangi tingkat ketidakstabilan yang dapat menyebabkan loss (*nilai reject*) yang besar. Sistem pengendalian utama yang terdapat pada unit operasi rotary kiln yakni sistem pengendalian temperature. Hal ini dikarenakan, dengan mengendalikan temperature pada rotary kiln diharapkan mampu menjaga kualitas produktivitas pembuatan semen. Sistem pengendalian yang digunakan untuk mengendalikan temperature pada rotary kiln ini adalah P (*Proportional*), I (*Integral*), D (*Derivatif*) dan atau kombinasi dari ketiganya tersebut. Pemilihan jenis sistem pengendalian ini, dikarenakan hampir keseluruhan industri masih menggunakann PID controller karena pertimbangan mudah digunakan dan mempunyai respon yang cukup cepat.

Dalam memproduksi semen pada industri semen, tahapan yang paling diperhatikan adalah proses pemasakan semen mentah pada sistem rotary kiln (Mika J.arvensivu, Esko Juuso, Olli Ahava. Intelligent control of a rotary kiln fired with producer gas generated from biomass. Elsevier Ltd. 2001). Hal ini dikarenakan pada sistem rotary kiln merupakan sebuah sistem yang menentukan seberapa layak produksi

semen yang akan dihasilkan. Dalam proses pembuatan semen matang pada sistem rotary kiln, diperlukan suatu aliran panas yang digunakan untuk membakar bahan baku semen menjadi semen yang matang dan layak digunakan, dan suhu yang digunakan untuk memasak semen tersebut berkisar antara 1350°C -. Untuk itu perlu dijaga kestabilan penyaluran fluida panas yang digunakan untuk sistem pemasakan semen mentah pada rotary kiln, dengan melakukan analisa respon dinamik (*maximum overshoot*, *integral absolute error*, dan *settling time*) terhadap nilai K_p , K_i , dan K_d yang diberikan.

ROTARY KILN

Rotary kiln merupakan unit operasi yang biasanya digunakan di pabrik semen ataupun pabrik pengolahan biji besi. Pada pabrik semen, unit operasi ini berfungsi sebagai pengubah semen mentah menjadi semen jadi. Sedangkan pada pabrik besi, unit operasi ini berfungsi untuk meleburkan biji besi sampai temperature tertentu. Prinsip kerja dari unit operasi ini yakni dengan memanfaatkan panas dari burner yang terdapat didalam unit operasi ini untuk membakar bahan baku yang melewati rotary kiln. Konstruksi *rotary kiln* di pabrik semen terbagi menjadi 4 zona, yaitu : Zona Kalsinasi: suhu $900 - 1000^{\circ}\text{C}$, Zona Transisi: suhu $1000 - 1250^{\circ}\text{C}$, Zona Pembakaran (Burning): suhu $1250 - 1450^{\circ}\text{C}$, dan Zona Pendinginan (Cooling): suhu $900 - 1250^{\circ}\text{C}$



Gambar 1. Rotary Kiln

Proses kerja dari unit operasi ini dengan cara melewati feeding kiln berupa campuran semen mentah (kapur, tanah liat, dan pasir silika) dari *preheater* masuk ke *rotary kiln*. Didalam rotary kiln material tersebut akan mengalami proses pembakaran sampai suhu 1450°C sehingga terbentuk clinker (semen setengah jadi). Karena kalsinasi 90 % sudah terjadi pada kalsiner maka di dalam kiln, feeding akan mengalami kalsinasi lebih lanjut dan pelelehan di daerah burning Zone sehingga menghasilkan

clinker. Sistem pembakaran Rotary Kiln yang digunakan adalah Indirect Firing yaitu batu bara hasil penggilingan di Coal Mill dan menggunakan gas panas dari preheater, tidak digunakan langsung melainkan ditampung dahulu di dalam Coal Bin.

MODEL FUNGSI TRANSFER SISTEM

Dalam sistem pengendalian otomatis, hal yang harus dicari adalah model matematik (transfer function) dari masing – masing element yang menyusun suatu sistem, adapun element yang menyusun sistem tersebut antara lain : aktuator, plant, penguat, dan sensor / transmitter.

C.1 AKTUATOR

Aktuator merupakan alat daya yang menghasilkan masukan ke objek kontrol sesuai dengan sinyal kontrol sedemikian hingga sinyal umpan balik sesuai dengan sinyal masukan acuan. Jenis aktuator dalam *plant* ini elemen pengendali akhir berupa *control valve* yang berfungsi untuk mengatur bukaan dari coal feed berupa batu bara. Dengan menggunakan pendekatan pemodelan matematis aktuator orde 1, diperoleh fungsi transfer aktuator adalah sebagai berikut :

$$G_{CVL} = \frac{2,9125}{6,768 s + 1}$$

C.2 SENSOR/TRANSMITER

Sensor atau transmitter merupakan elemen pengukur yakni alat yang mengubah variabel keluaran menjadi variabel lain yang sesuai, seperti perpindahan, tekanan, atau tegangan yang dapat digunakan untuk menbandingkan keluaran dengan sinyal masukan acuan. Spesifikasi sensor dan Transmitter Termal yang digunakan dalam *Plant* adalah jenis CamScanner dengan range kerja $30^{\circ}C - 1000^{\circ}C$ sedangkan Output (keluarannya) 4 – 20 mA (sinyal listrik) dan Time Konstan 0,2 detik. Dari data tersebut, maka didapatkan nilai fungsi transfer sensor/transmitter adalah sebagai berikut :

$$\frac{L_L(s)}{I_L(s)} = \frac{0,165}{0,2s + 1}$$

C.3 PLANT ROTARY KILN

Plant adalah objek fisis yang dikontrol, seperti tungku pemanas, reaktor kimia, atau pesawat terbang. Jenis objek kontrol/*Plant* yang digunakan dalam proses pengendalian adalah temperatur di *rotary kiln* yang merupakan ruang pembakaran yang digunakan untuk memasak semen mentah yang berupa batu kapur dan tanah liat (*clay*)

yang dipanaskan pada suhu tertentu. Dengan menggunakan persamaan kesetimbangan massa dan kesetimbangan energi, maka, model matematis dari plant tersebut bernilai :

$$\frac{\theta_o(s)}{\theta_i(s)} = \frac{1}{0,00021 \times 634171,2 S + 1}$$

$$\frac{\theta_o(s)}{\theta_i(s)} = \frac{1}{133,17 S + 1}$$

D. TUNNING PID MENGGUNAKAN METODE RUTH HURWITZ

Ruth Hurwitz merupakan metode tuning PID yang berfungsi untuk memperoleh kestabilan sistem. Untuk mendapatkan parameter PID, metode ini menggunakan pendekatan matematis berupa fungsi transfer tiap komponen sistem pengendalian yang meliputi : plant, sensor, aktuator, dan transmitter. Dimana fungsi transfer tersebut disederhanakan menggunakan metode penyerderhanaan fungsi transfer dan akan menghasilkan sebuah fungsi transfer yang akan diperhatikan nilai denumeratornya. Dari fungsi transfer diatas dapat diambil denumnya untuk mendapatkan nilai Kcr,

$$180,26S^3 + 929,27S^2 + (140,14 - 0,466K)S + 1$$

Tabel 1.

Penentuan nilai Kcr dari kriteria Rouths Huwirtz

S ³	180,26	140,14 - 0,466K
S ²	929,27	1
S ¹	139,94 - 0,46K	0
S ⁰	1	0

Dari persamaan pada S¹, maka dapat diperoleh nilai Kcr sebagai berikut:

$$139,94 - 0,46K = 0$$

$$K = 304,22$$

Dengan mencari akar-akar dari persamaan tersebut, dan salah satu akar adalah nilai Kcr maka diperoleh nilai Kcr=304,22, dengan nilai Kcr = Kp= 304,22, didapatkan juga nilai Pcr, dari persamaan denumnya dan mensubtitusikan nilai Kp =Kcr yang sudah diperoleh kedalam persamaan tersebut, sehingga persamaan karakteristik atau denumnya menjadi:

$$P_{cr} = \frac{2\pi}{w} = \frac{2(3,14)}{0,0947} = 66,31$$

Dengan demikian diperoleh nilai K_{cr} dan P_{cr} dari sistem, dan akan dilakukan proses *tuning* PID dengan metode Zighler-Nichols (Osilasi), ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.
 Tabel *Tuning* PID metode Zighler Nichols

Tipe Kontroller	Kp	Ti	Td
P	$0,5K_{cr} = 0,5(304,22)=152,11$	~	0
PI	$0,45K_{cr}=0,45(304,22)=136,89$	$\frac{1}{1,2}P_{cr}=0,833(66,31)=55,26$	0
PID	$0,6K_{cr}=0,6(304,22)=182,5$	$0,5P_{cr}=0,5(66,31)=33,155$	$0,125P_{cr}=0,125(66,31)=8,28$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah menemukan nilai K_p , T_i , T_d , serta nilai fungsi transfer dari masing – masing instrument, maka langkah selanjutnya adalah mensimulasikan respon kestabilan sistem pada simulink Matlab. Ada tiga macam sistem pengendalian :

1. Sistem pengendalian proporrntional (P controller)

Pada sistem pengendalian ini dimasukkan nilai K_p kedalam simulink dan melihat respon sistem yang diberikan, adapun respon yang diberikan adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Respon sistem menggunakan sistem pengendalian *proportional* (P)

Tabel 3.
 Karakteristik Respon Dinamik Sistem

No	Besaran	Nilai
1	Maximum Overshoot	48,35%
2	Integral Absolute Error	1,017 %
3	Settling Time (s)	148,44

2. Sistem pengendalian proportional-integral (PI)

Pada sistem pengendalian ini kita memasukkan nilai K_p dan T_i kedalam simulink dan melihat respon sistem yang diberikan, adapun respon yang diberikan adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Respon sistem menggunakan sistem pengendalian *PI*

Tabel 4.
Karakteristik Respon Dinamik Sistem

No	Besaran	Nilai
1	Maximum Overshoot	35,45%
2	Integral Absolute Error	0,897 %
3	Settling Time (s)	134,73

3. Sistem pengendalian proportional-integral-derivative (PID)

Pada sistem pengendalian ini kita memasukkan nilai K_p , T_i , dan T_d kedalam simulink dan melihat respon sistem yang diberikan, adapun respon yang diberikan adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Respon sistem menggunakan sistem pengendalian *proportional-Integral-Derivativel* (PID)

Tabel 5.
Karakteristik Respon Dinamik Sistem

No	Besaran	Nilai
1	Maximum Overshoot	2,4%
2	Integral Absolute Error	0,23%
3	Settling Time (s)	12,6

SIMPULAN

Berdasarkan hasil respon dinamik sistem pengendalian temperature pada unit operasi rotary kiln, dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem pengendalian temperatur pada unit operaasi rotary kiln menggunakan PID controller mampu mengendalikan temperatur rotary kiln dengan baik. Hal ini dapat dilihat dari respon pengendalian proporsional, pengendalian proporsional-integral, dan pengendalian proporsional-integral-derivatif mampu memberikan respon yang mengikuti nilai set point.
2. Dari ketiga jenis sistem pengendalian yang diberikan baik pengendalian proporsional, pengendalian proporsional-integral, dan pengendalian proporsional-integral-derivatif, jenis sistem pengendalian yang tepat untuk diberikan pada sistem pengendalian temperature di rotary kiln yakni sistem pengendalian PID. Hal ini dapat dilihat dari respon dinamik PID yang dihasilkan, yakni nilai maximum overshoot yang dihasilkan lebih kecil daripada maximum overshoot P controller dan maximum overshoot PI controller yakni 2,4%, nilai IAE yang dihasilkan lebih kecil daripada IAE P controller dan IAE PI controller yakni 0,23%, dan nilai settling time yang dihasilkan lebih kecil daripada settling time P controller dan settling time PI controller yakni 12,6 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Biyanto, T. R., Prasetya, H. E. G., Bayuaji, R., Nugroho, G., & Soehartanto, T. (2015,January). Design Plant-wide Control to Waste Heat Recovery Generation on Cement Industry Based HYSYS. In *Procedia Computer Science* (Vol. 72, pp. 170-177). Elsevier.
- Pratilastiarso, J., Tridianto, E., Elvian, G. H., Budi, U. E., Vera, N., & Ika, C. A. (2016,September). Simulation water level system with feedback feedforward control. In *2016 International Electronics Symposium (IES)* (pp. 42-47). IEEE.
- Tridianto, E., Ariwibowo, T. H., Almasa, S. K., & Prasetya, H. E. G. (2017,September). Cascaded PID temperature controller for FOPDT model of shell-and-tube heat exchanger based on Matlab/Simulink. In *2017 International Electronics*

Symposium on Engineering Technology and Applications (IES-ETA) (pp. 185-191). IEEE.

Prasetya, H. E. G., Permatasari, P. D., & Satriyo, T. B. (2017, September). Modeling of Boiler Follow Control with IMC tuning method in coal-fired power plant. In 2017 International Electronics Symposium on Engineering Technology and Applications (IES-ETA) (pp. 14-19). IEEE.

Prasetya, H. E. G., & Biyanto, T. R. (2016). Model Based Controller With Internal Model Control (IMC) Which Tunning By Set Point and Disturbance on Power Plant Based HYSYS. IPTEK Journal of Proceedings Series, 2(1).