

METODA PELETAKAN AKAR ADAPTIF LANGSUNG PADA TANGKI REAKTOR

Iskandar Aziz

Dosen PNS dpk pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Almuslim

ABSTRAK

Tulisan ini mempresentasikan metoda peletakan akar adaptif langsung yang diterapkan pada suatu reaktor yang biasa digunakan untuk memproduksi suatu minuman ringan dengan spesifikasi tertentu. Dalam sistem ini dipastikan keterikatan sinyal (*signal boundedness*) dan pengaturan keadaan (*plant state*) $y(t)$ adalah nol. Pengetahuan awal memasuki dinamika proses untuk mendapatkan nilai capaian kondisi tunak (*steady state gain*) dan fungsi alih. Kestabilan sistem dapat diperlihatkan dalam simulasi. Pendekatan yang diusulkan ini diterapkan pada pemodelan dan kontrol dari suatu proses perubahan konsentrasi yang tidak linier.

Kata kunci: peletakan akar adaptif, kontrol adaptif, tangki reaktor

PENDAHULUAN

Tangki Reaktor yang digunakan adalah salah satu jenis *continous stirred tank reactor (CSTR)* yang umum digunakan untuk proses pencampuran bahan-bahan baku untuk menghasilkan suatu minuman ringan dengan kadar zat perasa (*flavouring agent*) tertentu sesuai selera indera perasa manusia umumnya.

Metoda yang sudah cukup banyak diterapkan pada berbagai jenis sistem atau *plant* dengan hasil yang cukup memuaskan. Pengetahuan awal tentang proses baik kesetimbangan reaksi kimiawi maupun rancangan fisik dalam mekanis sistem digunakan seakurat mungkin untuk menyusun model parameter yang secara kontinyu dan on-line diestimasi. Informasi matematis variabel dan parameter lain juga didapatkan dari data percobaan pada kondisi operasi normal dan dari rancangan disainer. Penurunan persamaan - persamaan dikembangkan pada prinsip kesetimbangan masa dasar dimana reaktan-reaktan diasumsikan berubah seluruhnya sesuai dengan reaksi kimia umum yang diharapkan tanpa ada ketidak-turunan yang signifikan. Energi yang digunakan dipastikan selalu tercukupi sehingga neraca energi tidak diperhitungkan dalam penentuan parameter-parameter proses.

METODA AKAR ADAPTIF LANGSUNG

Konsep penerapan pemodelan parameter dengan metoda Akar adaptif langsung yang diusulkan mengasumsikan bahwa sistem dinamis yang dipakai dapat dimodelkan sebagai kombinasi dari sebuah keadaan tunak nonlinier dan bagian dinamis. Representasi yang paling jelas dapat diberikan dengan menggunakan persamaan peletakan pole sebagai berikut: Dengan peletakan akar adaptif langsung dimana tidak ada perhitungan ditengah (*intermediate*)

Hukum kontrol:

$$U = -ly + r \quad r = 0$$

Nilai k diambil dari hukum adaptif

$$\text{Dari } U = -ky + r$$

(+ dan - dengan

$$k = \frac{a + a_m}{b}$$

Ke persamaan plant

$$y' = ay + bu^* - bu^* + bu$$

$$= -a_m y - b(K' - K)y + br$$

Untuk dicapai dengan $r = 0$ didapatkan $y = -a_m y - b(K)y$ dengan

$K \equiv K - K$ yang menghubungkan *error* parameter, $b(K)y$ dan regulasi y melalui

fungsi transfer SPR, $\frac{1}{s + a_m}$ dengan

disain Lyapunov
$$V = \frac{Y^2}{2} + \frac{K^2 |b|}{2\gamma}$$

sehingga
$$\dot{K} = \gamma y^2 \operatorname{sgn}(b)$$
 dan

didapatkan
$$\dot{V} = -a_m y^2 \leq 0$$
 dan

menggunakan Lemma 3.2.5 didapatkan $y(t) \rightarrow 0$ jika $t \rightarrow \infty$, untuk mencapai hasil penempatan pole, perlu ditunjukkan bahwa $K \rightarrow \frac{a + a_m}{b}$ saat $t \rightarrow \infty$.

Untuk konvergensi parameter diperlukan nilai γ adalah PE yang berlawanan dengan objektif meregulasikan y ke 0, konflik ini sudah umum.

Objektif dari kontrol dimodifikasi untuk menyertakan penelusuran (*tracking*). $y = ay + bu$, dimana input dari plant adalah u , sehingga pole dari lup tertutup adalah $-a_m$; $u, y, \in \mathbb{R}$ dan $y(t)$ menelusuri sinyal referensi $y_m(t) = c$, $\forall t \geq 0$ dimana $c = 0$ adalah konstan finit

Dalam kasus ini nilai a dan b diketahui dengan pasti. Disini ditunjukkan bahwa error penelusuran $e = y - c$ sehingga memenuhi $\dot{e} = -a_m e + ac + bu$, karena a, b dan c diketahui dapat dipilih $u = -k_1 e - k_2$.

Dimana $k_1 = \frac{a + a_m}{b}$ $k_2 = \frac{ac}{b}$

Selama $b \neq 0$ untuk mendapat $e \rightarrow -a_m e$ dari sini jelas bahwa $e(t) = y(t) - y_m \rightarrow 0$

Pertimbangan desain

Plan dianggap
$$y_p = \frac{b + u_p}{s + a}$$

dimana a dan b konstanta yang diketahui.

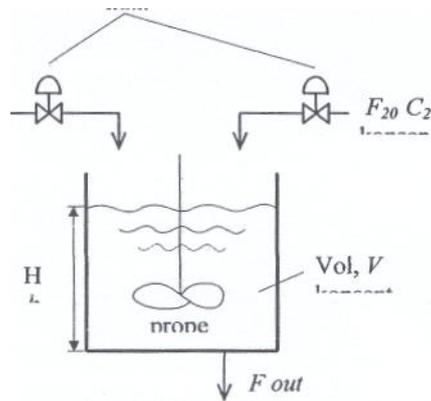
Tujuan pengontrol adalah memilih u_p sehingga pole-pole dari plant lup tertutup diletakkan pada akar dari $A^*(s) = (s + 1)^2$ dan y_p menelusuri sinyal referensi yang konstan, $y_m = 1$

Penjelasan model internal dari y_m adalah $Q_m(s) = s$, yaitu $1 = 1$. Karena $n = 1$, polinomial L, P, A :

$L(s) = 1, P(s) = p_1 s + p_0, \Delta = s + \lambda_0$

DESKRIPSI DARI SISTEM

Suatu tangki reaktor pencampur sederhana (CSTR) yang ditunjukkan pada gambar 1, dimana terdapat dua aliran umpan atau reaktan masuk F_{10} dan F_{20} yang tidak konstan dengan masing masing konsentrasi C_1 dan C_2 yang konstan.



Dengan asumsi pengadukan yang sempurna konsentrasi pada aliran keluar (F_{out}) dianggap sama dengan konsentrasi dalam tangki $C(t)$. Dinamika dalam tangki didapat dalam bentuk persamaan ruang keadaan.

$$\dot{x}(t) = \begin{pmatrix} -\frac{F_0}{2V_0} & 0 \\ 0 & -\frac{F_0}{V_0} \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} \frac{1}{V_0} c_1 - \frac{1}{V_0} c_2 & \frac{1}{V_0} c_1 - \frac{1}{V_0} c_2 \end{pmatrix} u(t)$$

$$y(t) = \begin{pmatrix} -\frac{F_0}{2V_0} & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} x(t)$$

Blok Diagram CSTR dalam representasi fungsi alih, dengan dua input yaitu laju alir larutan 1, F_{10} sebagai u_1 dan laju alir larutan 2, F_{20} sebagai u_2 serta dua output yaitu konsentrasi produk C_1 sebagai y_1 dan ketinggian cairan campuran dalam tangki, H , sebagai y_2 pada t .

$$n_1(t) = F(t) - F_o \cong \frac{1F_0}{2V_0} \xi_1(t)$$

$$n_2(t) = c(t) - c_o = \xi_2(t)$$

$$F_{10} = 0,015 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$F_{20} = 0,005 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$F_0 = 0,02 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\text{m}^3$$

$$V_0 = 1 \text{ m}^3$$

$$c_1 = 1 \text{ kmol} / \text{m}^3$$

$$c_2 = 2 \text{ kmol} / \text{m}^3$$

$$c_3 = 1,25 \text{ kmol} / \text{m}^3$$

$$G_{21} = \frac{0,25}{s + 0,02}$$

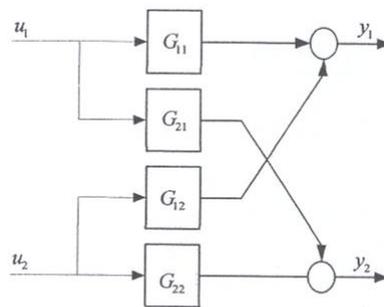
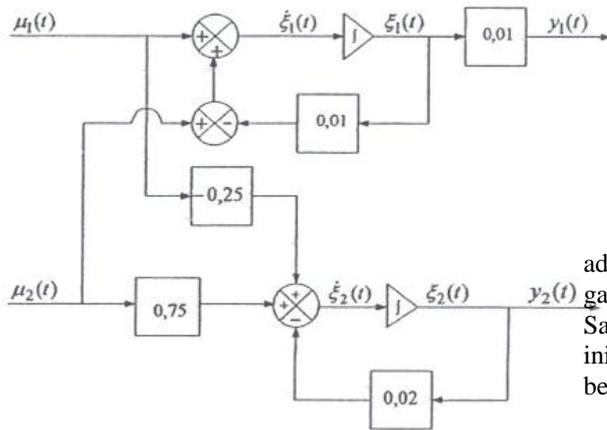
$$G_{22} = \frac{0,75}{s + 0,02}$$

Dari persamaan-persamaan di atas didapat nilai gain pada kondisi tunak, K_{ij} dari G_{ij}

$$K_{11} = 1, \quad K_{12} = 1, \quad K_{21} = -\frac{0,25}{0,02} \text{ dan } K_{22}$$

$$x(t) = \begin{pmatrix} -0,01 & 0 \\ 0 & -0,02 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ -0,25 & 0,75 \end{pmatrix} u(t)$$

$$y(t) = \begin{pmatrix} -0,01 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} x(t)$$



Gbr 3. Diagram blok CSTR representasi fungsi alih

Dalam kontrol peletakan pole adaptif ada berbagai alternatif realisasi yang gambarkan dalam blok diagram. Salahsatunya yang digunakan untuk CSTR ini mempunyai bentuk dasar sebagai berikut.

Diagram blok CSTR representasi ruang keadaan. Persamaan dinamika sistem CSTR ini dapat diubah ke persamaan fungsi alih

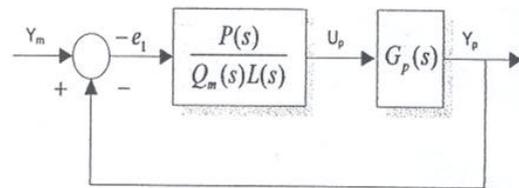
$$y_1 = G_{11} u_1 + G_{12} u_2$$

$$y_2 = G_{21} u_1 + G_{22} u_2$$

dengan masing-masing

$$G_{11} = \frac{0,01}{s + 0,01}$$

$$G_{12} = \frac{0,01}{s + 0,01}$$



Gambar 4. Blok diagram kontrol peletakan pole dasar

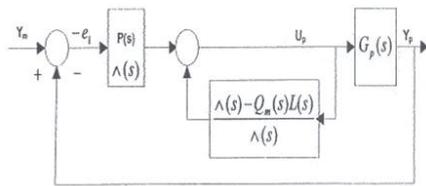
Dengan mempertimbangan bahwa sistem CSTR ini adalah terdiri dari beberapa sistem SISO yang LTI dengan plant $y_p = G_p(s) u_p$, dan $G_p(s) = Z_p(s)$ dimana $G_p(s)$ polinomial.

Dan dengan pendekatan polinomial digunakan hukum kontrol $Q_m(s) L(s) u_p = -P(s) y_p + M(s) y_m$.

Dari hasil simulasi menggunakan awal (lup terbuka) dan setelah dilakukan pengontrolan (lup tertutup) didapatkan hasil semesnter sebagai berikut:

Didapatkan persamaan planlup tertutup.

$$y_p = \frac{ZpM}{LQ_m R_p + PZ_p} y_m$$



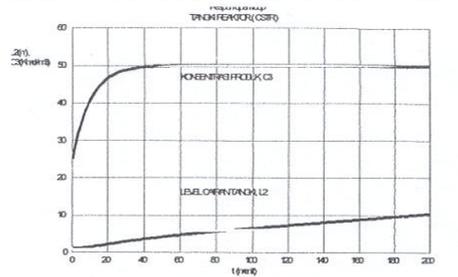
Gbr. 5 Blok diagram alternatif kontrol peletakan pole

Dari penggabungan dan justifikasi gbr. 3 dan gbr. 4 didapatkan blok diagram implementasi kontrol peletakan pole adaptif secara langsung untuk CS'1'R dua input dua output dengan nilai, $Q_m(s)$, $P(s)$, $L(s)$, $A(s)$ yang telah didapat

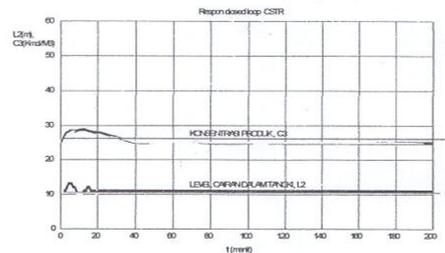
PENGOLAHAN DATA

Dalam penulisan ini, dicoba simulasi menggunakan metoda direct APPC, hanya untuk dua fungsi alih saja, G11 dan G22 yang diharapkan dapat mewakili respon secara keseluruhan dari sistem. Pengontrol yang digunakan menggunakan pole-zero dengan nilai variabel keadaan awal.

Untuk G ₁₁	
Zero	= 0
Pole	= - 0,01
Gain	= 0,01
Nilai var.awal	= 0,05
Untuk G ₂₂	
Zero	= 0
Pole	= - 0,02
Gain	= 0,75
Nilai var.awal	= 0,05



Gb. 6. Respons sistem CSTR pada lup terbuka



Gambar. 7 Respons sistem CSTR pada mengontrol adaptif atau lup tertutup dengan menerapkan G11 dan 22.

Hasil ini adalah terbaik denganmencoba (trial-error) nilai variabel yang memang masih dapat diperhitungkan akan bisa dilakukan dalamkondisi aktual.

KESIMPULAN

Dari pengamatan pada hasil simulasi dan operasional proses secara teknik kimia, dapat diambil kesimpualn antara lain:

1. Sistem proses dapat secara aktual dan teoritis dapat dilaksanakan.
2. Sistem CSTR ini pada keadaan awal (lup tertutup menunjukkan ketidak stabilan terutama pada variabel level, L2 dan minor u ntuk konsentrasi produk,C3
3. Setelah di gunakan metoda Direct APPC pada lup tertutup sistem dapat mencapai kestabilan dengan tercapainya nilai yang mendekati set point walaupun tidak selalu tepat.
4. Perlu dilakukan perbaikan dalam penyusunan komponen simulasi lagi untuk mendapatkan hasil lebih baik misal; settling time, delay time dan lain lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Astrom, Karr Johan and Wittenmark, Bjorn, 1989. Adaptive Control, AddisonWesley Pub. Co. Reading,UK.
- Hendri and Ihsan, 2001, Perancangan Pengontrol Proposional-Integrator untuk Sistem CSTR, PINK, ITB, Bandung.
- Ioannou, Petros A dan Jing Sun, 1996, Robust Adaptive Control Prentice Hall Int. New Jersey.
- Stephanopoulos, George, 1984, Chemical Process Control , Prentice hall, Singapore.