



Perancangan Konfigurasi Pengendalian Proses dengan RGA pada Sistem *Pure-Capacitive-Two-Tank-in-Series* dengan Pemanas di Tangki T-01

Yulius Deddy Hermawan*, Siti Diyar Kholisoh,
Indah Permatasari, dan Amy Farury Ludwinia

^{1*} Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Condong Catur, Yogyakarta 55283

*E-mail: ydhermawan@upnyk.ac.id

Abstract

This research was aimed to design process control configuration in the Pure-Capacitive-Two-Tank-in-Series (PCTTS) quantitatively by using Relative Gain Array (RGA) method. Two square tanks were designed and arranged in series for investigation in laboratory. The electric heater was equipped in the tank T-01. Water was used as a fluid which is assumed that its density and heat capacity were constant. The feed water was flowed to tank T-01 and heated with an electric heater. Water of tank T-01 was then pumped to tank T-02. The pump volumetric rate can be adjusted by changing the pump voltage. This research was done through 2 procedures as follows: preliminary experiment and open loop RGA experiment. The preliminary experiment has given the steady state parameters as follows: the input and output volumetric rates of the 2 tanks were 104 cm³/second, liquid levels of tank T-01 and T-02 were 14 cm, liquid temperatures in tank T-01 and T-02 were 33.5°C, electric heat energy was 1520 watt, and pump voltage was 66.5 volt. Based on degree of freedom analysis, there were 3 variables of PCTSS system need to be controlled (CV); they were liquid temperature in tank T-01 (T_1), liquid level in tank T-01 (h_1), and liquid level in tank T-02 (h_2). In RGA experiment, the manipulated variable candidates (MV) were changed manually based on the step function and its output (CV) responses were also be recorded. RGA calculation has resulted 3 couples of CV-MV as follows: T_1 - q_e , h_1 - v_{p1} , and h_2 - f_2 . Furthermore, study on the tuning of control parameters and closed loop simulation need to be done to examine performance of the resulted control configuration of PCCTS.

Keywords: controlled variable, manipulated variable, pure capacitive, RGA, and step function.

Pendahuluan

Sistem *pure capacitive tank* dengan 2 (lebih) tangki seri dimana fluida dari tangki satu dialirkan ke tangki yang lain menggunakan pompa sering dijumpai di industri. Sistem *pure capacitive* dapat juga didefinisikan sebagai sebuah sistem dengan fungsi alih 1/s, sehingga sistem ini dikenal juga sebagai *integrating system* (Rao, dkk, 2011). Sistem proses ini sangat sensitif terhadap perubahan input, misalnya perubahan suhu, laju alir volumetrik, dan energi pompa. Gangguan massa maupun termal yang terjadi pada tangki satu dapat merambat ke tangki lainnya. Oleh karena itu, sistem pengendalian proses pada sistem *pure capacitive tank* sangat penting untuk dipelajari agar gangguan yang mungkin timbul dapat ditanggulangi dengan baik. Sistem *pure capacitive* dengan 2 (lebih) tangki seri dikategorikan sebagai sistem *multiple-input-multiple-output* (MIMO), sehingga dapat memberikan beberapa alternatif konfigurasi pengendalian proses. Masalahnya adalah bagaimana menentukan konfigurasi pasangan *Controlled Variable* (CV) dan *Manipulated Variable* (MV) yang terbaik. Konfigurasi pengendalian proses dapat ditentukan secara kualitatif maupun kuantitatif.

Beberapa penelitian tentang dinamika proses dan kontrol yang mendukung penelitian ini telah dilakukan. Hermawan, Y.D. dan Wongsri, M. (2007) telah melakukan penelitian tentang perancangan konfigurasi pengendalian proses pada sistem *Heat Exchanger Network* menggunakan metode kuantitatif *Relative Gain Array* (RGA). Selain itu, Hermawan, Y.D, dkk. (2010) juga telah menerapkan metode RGA untuk merancang konfigurasi pengendalian proses pada sistem *Non-Interacting-Tank*. Selanjutnya, Hermawan, Y.D. (2012) menguji ketangguhan (*robustness*) konfigurasi pengendalian yang dihasilkan melalui simulasi dinamis *loop* tertutup. Pada tahun 2014, Hermawan, Y.D. dkk. telah mempelajari dinamika *level* pada sistem *pure capacitive* 2 tangki seri secara *loop* terbuka di laboratorium. Kemudian, Hermawan, Y.D. (2014) melanjutkan penelitian inidengan melakukan simulasi dinamis *loop* tertutup untuk pengendalian *level* pada sistem *pure capacitive* 2 tangki seri.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang konfigurasi pengendalian proses pada sistem *pure-capacitive-two-tanks-in-series* (PCTTS) dengan pemanas di tangki T-01 menggunakan metode RGA. Sistem PCTTS dimodelkan di

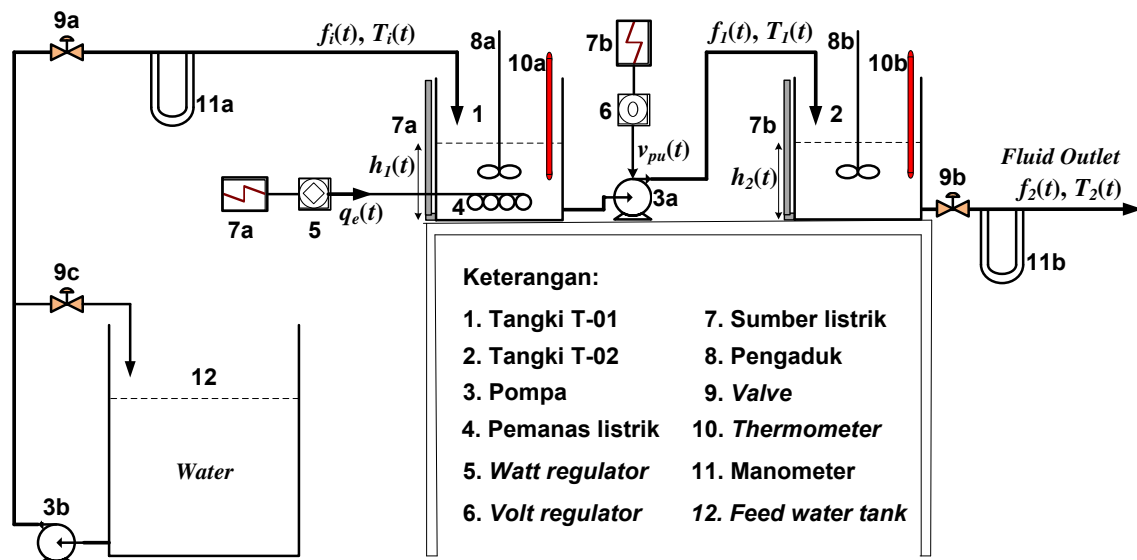


laboratorium dengan menyusun 2 tangki persegi @10L secara seri. Pemanas listrik dipasang di tangki pertama (T-01). Fluida yang digunakan adalah air dengan asumsi densitas dan kapasitas panasnya konstan. Air diumpankan ke tangki T-01 untuk dipanaskan, kemudian dialirkan ke tangki T-02 menggunakan pompa. Untuk mengetahui interaksi antara CV dan MV dalam percobaan RGA, dibuat gangguan energi pemanas listrik (q_e), voltase pompa (v_{pu}), dan laju alir fluida keluar tangki T-02 (f_2) berdasarkan fungsi tahap (*step function*). Software *scilab* dipilih untuk melakukan perhitungan RGA. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi penting tentang konfigurasi pengendalian proses pada sistem PCTTS bagi peneliti lain atau dunia industri.

Metode Penelitian

Gambar 1 menunjukkan rangkaian alat percobaan sistem PCTSS dengan pemanas di tangki T-01. Nomor 1 dan nomor 2 pada Gambar 1 merupakan tangki T-01 dan T-02 yang tersusun secara seri. Tangki T-01 dan T-02 terbuat dari kaca (transparan) dan berbentuk persegi dengan luas penampang 400 cm^2 dan tinggi 25 cm. Fluida yang digunakan adalah air dengan asumsi densitas dan kapasitas panasnya konstan. Air dari tangki umpan (No. 12 pada Gambar 1) dialirkan ke tangki T-01 dengan laju alir yang dapat diatur dengan *valve* (No. 9a pada Gambar 1). Air di tangki T-01 dipanaskan dengan pemanas listrik (No. 4 pada Gambar 1), kemudian dipompa (No 3a pada Gambar 1) menuju ke tangki T-02. Energi pemanas listrik dapat diatur dengan *watt regulator* (No 5 pada Gambar 1). Laju alir keluaran pompa dapat diatur dengan mengatur voltase pompa (No. 6 pada Gambar 1), sedangkan laju alir keluaran tangki T-02 diatur dengan menggunakan *valve* (No. 9b pada Gambar 1).

Penelitian ini dilaksanakan melalui 2 tahapan percobaan, yaitu percobaan pendahuluan dan percobaan RGA. Percobaan pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter pada kondisi tunak (*steady state parameters*). Sedangkan percobaan RGA dimaksudkan untuk menentukan pasangan-pasangan variabel terkontrol dan variabel termanipulasi (CV-MV).



Gambar 1. Rangkaian alat percobaan.

Persamaan keadaan *level* tangki T-01 (h_1) merupakan fungsi laju alir *input* f_i dan *output* f_1 sebagai berikut:

$$\frac{dh_1(t)}{dt} = (f_i(t) - f_1(t)) / A_1 \quad (1)$$

dimana A_1 adalah luas penampang tangki T-01. Laju alir f_1 merupakan fungsi voltase pompa (v_{pu}) sebagai berikut:

$$\frac{df_1(t)}{dt} = (K_{pu} v_{pu}(t) - f_1(t)) / \tau_{pu} \quad (2)$$

dimana K_{pu} dan τ_{pu} adalah *gain* dan konstanta waktu pompa (Smith, C.A. and Corripio, A.B. 1997). Persamaan keadaan suhu di tangki T-01 (T_1) merupakan fungsi energi pemanas listrik q_e , laju alir f_i dan f_1 , serta suhu T_i sebagai berikut:

$$\frac{dT_1(t)}{dt} = \left(f_i(t)(T_i(t) - \bar{T}_1) - f_1(t)(T_1(t) - \bar{T}_1) + \frac{1}{\rho c_p} q_e(t) \right) / \bar{v}_1 \quad (3)$$

dimana ρ dan c_p adalah densitas dan kapasitas panas air (dianggap konstan), sedangkan \bar{T}_1 dan \bar{v}_1 adalah suhu dan volume cairan di dalam tangki T-01 pada keadaan tunak.

Persamaan keadaan *level* tangki T-02 (h_2) merupakan fungsi laju alir $input f_1$ dan $output f_2$ sebagai berikut:

$$\frac{dh_2(t)}{dt} = (f_1(t) - f_2(t)) / A_2 \quad (4)$$

dimana A_2 adalah luas penampang tangki T-02. Persamaan keadaan suhu di tangki T-02 (T_2) merupakan fungsi laju alir f_1 dan f_2 , serta suhu T_1 sebagai berikut:

$$\frac{dT_2(t)}{dt} = (f_1(t)(T_1(t) - \bar{T}_2) - f_2(t)(T_2(t) - \bar{T}_2)) / \bar{v}_2 \quad (5)$$

dimana \bar{T}_2 dan \bar{v}_2 adalah suhu dan volume cairan di dalam tangki T-02 pada keadaan tunak.

Derajat kebebasan (*degree of freedom*, DOF) suatu sistem dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$DOF = n_V - n_E \quad (6)$$

dimana n_V adalah jumlah variabel, dan n_E adalah jumlah persamaan. Secara keseluruhan sistem PCTTS mempunyai 5 persamaan dan 10 variabel, yaitu: $f_i, f_1, f_2, v_{pu}, h_1, h_2, T_i, T_1, T_2$, dan q_e . Dengan demikian, sistem ini mempunyai $DOF = 10 - 5 = 5$. Jumlah CV dapat ditentukan sebagai berikut:

$$CV = DOF - V_k \quad (7)$$

dimana V_k adalah jumlah variabel yang ditetapkan (diketahui). Jika variabel yang ditetapkan (V_k) sebanyak 2 buah, yaitu f_i dan T_i , maka jumlah $CV = DOF - V_k = 5 - 2 = 3$.

3 CV pada sistem PCTTS dengan pemanas di tangki T-01 yaitu suhu tangki T-01 (T_1), *level* tangki T-01 (h_1), dan *level* tangki T-02 (h_2). Dalam penelitian ini, 3 kandidat MV yang dipilih adalah energi pemanas listrik (q_e), voltase pompa (v_{pu}), dan laju alir volumetrik arus keluar tangki T-02 (f_2). Berdasarkan jumlah CV yang dihasilkan, memungkinkan adanya 6 ($3! = 3 \times 2 \times 1 = 6$) alternatif konfigurasi pengendalian proses (Stephanopoulos, G. 1984), seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Namun, masalahnya adalah kita harus memilih 1 konfigurasi terbaik diantara 6 alternatif konfigurasi tersebut. Penelitian ini akan menggunakan metode kualitatif RGA untuk menentukan konfigurasi pengendalian proses pada sistem PCTTS dengan pemanas di tangki T-01.

Tabel 1. Alternatif konfigurasi pengendalian proses pada sistem PCTTS dengan pemanas di tangki T-01.

Alternatif	T_1 dikendalikan oleh:	h_1 dikendalikan oleh:	h_2 dikendalikan oleh:
1	q_e	f_2	v_{pu}
2	q_e	v_{pu}	f_2
3	f_2	v_{pu}	q_e
4	f_2	q_e	v_{pu}
5	v_{pu}	q_e	f_2
6	v_{pu}	f_2	q_e

Hasil dan Pembahasan

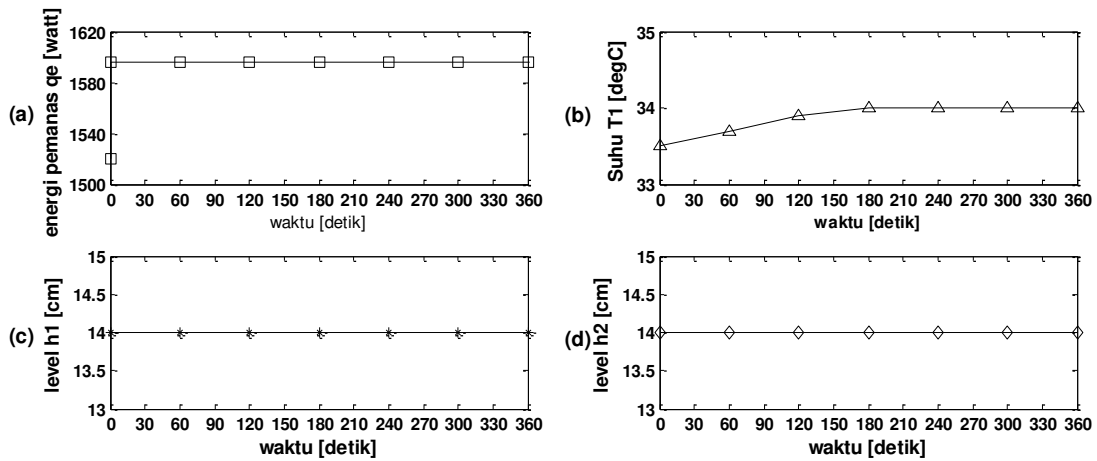
Parameter tunak (*steady*) yang dihasilkan dari percobaan pendahuluan disajikan pada Tabel 2. Selanjutnya, parameter tunak tersebut akan digunakan sebagai nilai awal (*initial value*) pada percobaan RGA.

Tabel 2. Parameter tunak pada sistem PCTTS dengan pemanas di tangki T-01.

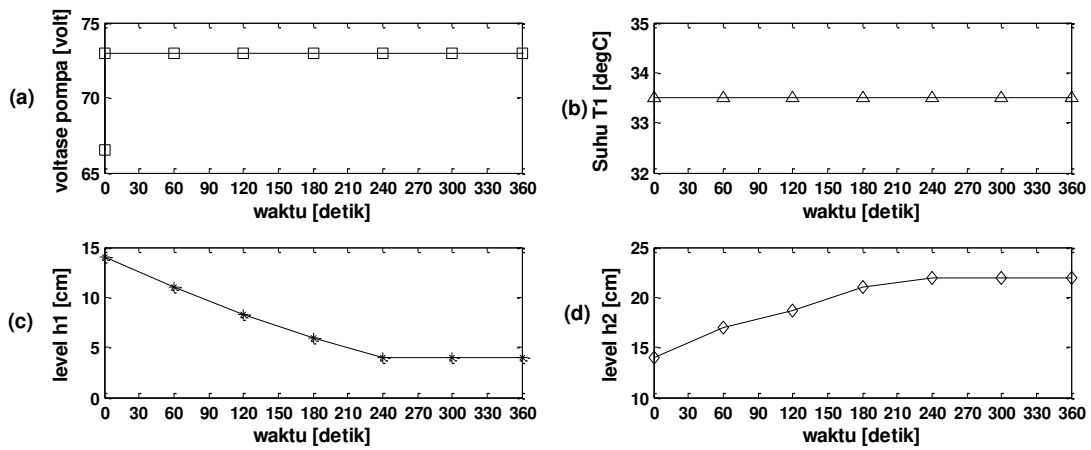
No.	Variabel	Nilai Tunak
1	Laju alir volumetrik fluida masuk tangki T-01, f_i (cm ³ /detik)	104
2	Laju alir volumetrik fluida keluar pompa, f_1 (cm ³ /detik)	104
3	Laju alir volumetrik fluida keluar tangki T-02, f_2 (cm ³ /detik)	104
4	<i>Level</i> tangki T-01, h_1 (cm)	14
5	<i>Level</i> tangki T-02, h_2 (cm)	14
6	Suhu fluida masuk tangki T-01, T_i (°C)	30
7	Suhu fluida di dalam tangki T-01, T_1 (°C)	33,5
8	Suhu fluida di dalam tangki T-02, T_2 (°C)	33,5
9	Voltase pompa, v_{pu} (volt)	66,5
10	Energi pemanas listrik, q_e (watt)	1520

Step increase energi pemanas listrik (q_e) dari 1520 watt ke 1596 watt

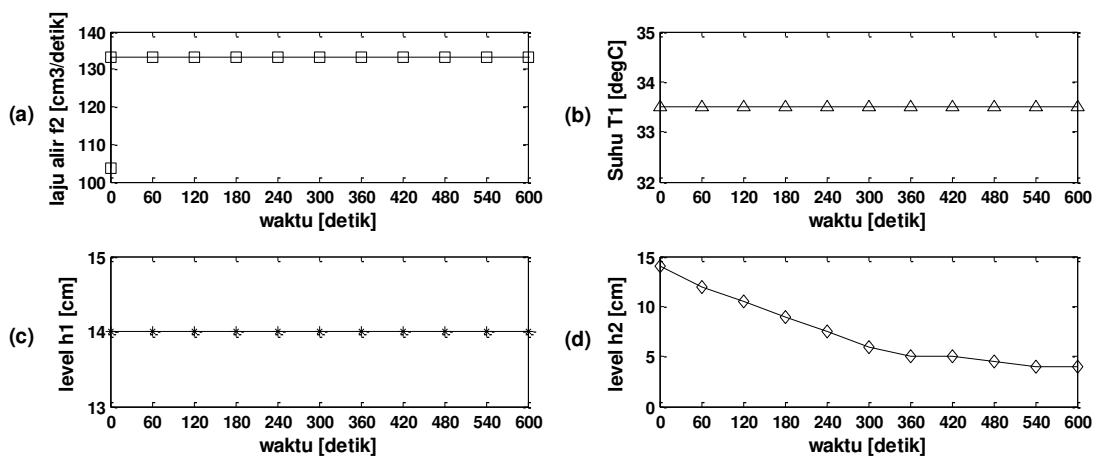
Gambar 2 menunjukkan respons dinamis terhadap perubahan energi pemanas listrik (q_e). Percobaan dinamis dengan perubahan $input q_e$ dilakukan dengan mengubah q_e secara tiba-tiba dari 1520 watt menjadi 1596 watt (Gambar 2.a). Suhu T_1 naik seiring dengan naiknya q_e seperti yang ditunjukkan Gambar 2.b. Nilai *steady* baru suhu T_1 adalah 34 °C dan tercapai pada waktu 180 detik (Gambar 2.b). Akan tetapi, perubahan q_e tidak berpengaruh terhadap *level* h_1 dan h_2 (Gambar 2.c. dan 2.d).



Gambar 2. Respons dinamis terhadap perubahan energi pemanas:
 (a) energi pemanas $q_e(t)$, (b) suhu $T_1(t)$, (c) level $h_1(t)$, (d) level $h_2(t)$



Gambar 3. Respons dinamis terhadap perubahan voltase pompa:
 (a) voltase pompa $v_{pu}(t)$, (b) suhu $T_1(t)$, (c) level $h_1(t)$, (d) level $h_2(t)$



Gambar 4. Respons dinamis terhadap perubahan laju alir arus keluar tangki T-02:
 (a) laju alir $f_2(t)$, (b) suhu $T_1(t)$, (c) level $h_1(t)$, (d) level $h_2(t)$

Step increase voltase pompa (v_{pu}) dari 66,5 volt ke 73 volt

Respons dinamis terhadap perubahan *input* voltase pompa ditunjukkan pada Gambar 3. Voltase pompa (v_{pu}) diubah secara tiba-tiba dari 66,5 volt menjadi 73 volt (Gambar 3.a). Suhu T_1 cenderung konstan (Gambar 3.b). Level h_1

menunjukkan *ramp response* (Gambar 3.c) dimana $levelh_1$ turun secara linear hingga mencapai batas hisapan pompa. *Ramp response* yang dihasilkan tersebut merupakan ciri khas dari respons sistem *pure capacitive* (Hermawan, Y.D. dkk. 2014). $Levelh_2$ naik hingga mencapai nilai *steady* baru 22 cm pada waktu sekitar 240 detik (Gambar 3.d).

Step increase laju alir fluida keluar tangki T-02 (f_2) dari 104 cm³/detik ke 133 cm³/detik

Gambar 4 menunjukkan respons dinamis terhadap perubahan *input* laju alir f_2 . Laju alir f_2 diubah secara tiba-tiba dari 104 cm³/detik menjadi 133 cm³/detik (Gambar 4.a). Suhu T_1 (Gambar 4.b) dan $levelh_1$ (Gambar 4.c) tidak dipengaruhi oleh perubahan *input* f_2 . Dengan kata lain, perubahan karakteristik tangki T-02 tidak mempengaruhi karakteristik tangki T-01. Hal ini sesuai dengan karakteristik dari sistem Non-Interacting-Tank (Hermawan, Y.D. dkk. 2010). $Levelh_2$ turun hingga mencapai nilai *steady* baru 4 cm pada waktu sekitar 540 detik (Gambar 4.d).

Analisis RGA

Efek-efek interaksi antara *loop-loop* pengendalian dapat dipelajari melalui analisis *Relative Gain Array* (RGA). Langkah awal dalam analisis RGA adalah perhitungan *gain* proses kondisi tunak (K_{ij}). Nilai *gain* tersebut menunjukkan seberapa besar pengaruh MV terhadap CV, seperti ditunjukkan persamaan berikut:

$$K_{ij} = \frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{\Delta CV}{\Delta MV} \tag{8}$$

Hasil percobaan *open loop* (respons ΔO terhadap perubahan *input* ΔI) digunakan untuk menghitung *gain* proses. Hasil perhitungan *gain* proses disajikan dalam bentuk matrik (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil perhitungan *gain* proses dari sistem PCTTS dengan pemanas di tangki T-01

ΔI		1	2	3
ΔO		q_e	v_{pu}	f_2
1	T_1	$K_{11} = \frac{\Delta T_1}{\Delta q_e} = 0,0066$	$K_{12} = \frac{\Delta T_1}{\Delta v_{pu}} = 0,0000$	$K_{13} = \frac{\Delta T_1}{\Delta f_2} = 0,0000$
2	h_1	$K_{21} = \frac{\Delta h_1}{\Delta q_e} = 0,0000$	$K_{22} = \frac{\Delta h_1}{\Delta v_{pu}} = -1,5385$	$K_{23} = \frac{\Delta h_1}{\Delta f_2} = 0,0000$
3	h_2	$K_{31} = \frac{\Delta h_2}{\Delta q_e} = 0,0000$	$K_{32} = \frac{\Delta h_2}{\Delta v_{pu}} = 1,2308$	$K_{33} = \frac{\Delta h_2}{\Delta f_2} = -0,3401$

Matrik *gain* proses yang diperoleh (K) selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai *relative gain* (λ_{ij}) *array* (RGA) dengan persamaan sebagai berikut:

$$RGA = K^T (K^T)^{-1} \tag{9}$$

dimana K^T adalah *transpose* matrik K , dan $(K^T)^{-1}$ adalah *inverse* dari *transpose* matrik K . Dengan bantuan *software scilab*, diperoleh nilai *relative gain* (λ_{ij}) seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan nilai *relative gain* (λ_{ij}) dari sistem PCTTS dengan pemanas di tangki T-01

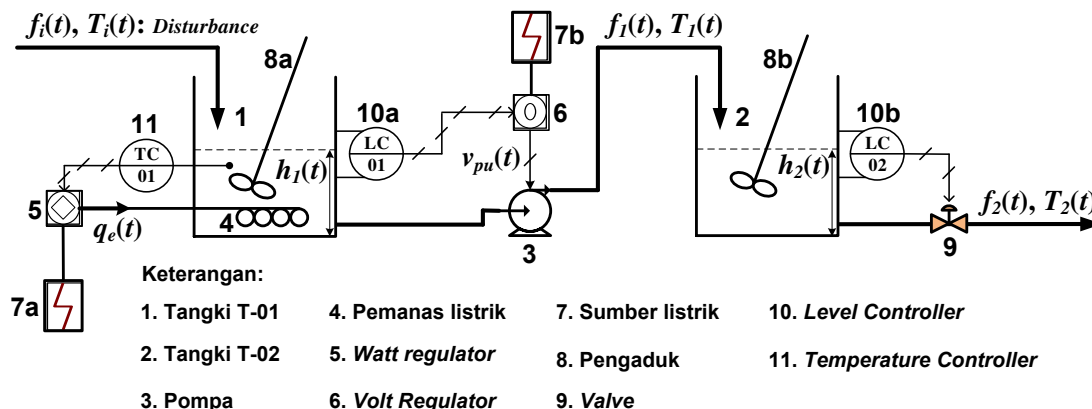
MV		1	2	3
CV		q_e	v_{pu}	f_2
1	T_1	1	0	0
2	h_1	0	1	0
3	h_2	0	0	1

Analisis interaksi *relative gain* (λ_{ij}) dari RGA adalah sebagai berikut:

1. Untuk $\lambda_{ij} = 1,0$: tidak ada interaksi dengan *loop* lain, dan pasangan $i-j$ harus digunakan.
2. Untuk $\lambda_{ij} = 0$: MV_j tidak mempunyai pengaruh terhadap CV_i .
3. Untuk $0 < \lambda_{ij} < 1,0$: masih ada interaksi dengan *loop* lain, tetapi pasangan $i-j$ masih disukai.
4. Untuk $\lambda_{ij} > 1,0$: interaksi dengan *loop* lain akan mengurangi kinerja *loop* pengendali.
5. Untuk $\lambda_{ij} < 0$: pasangan $i-j$ mungkin akan menghasilkan respon yang tidak stabil.

Perhitungan RGA (Tabel 4) menghasilkan nilai *relative gain* 0 (nol) dan 1 (satu). Ini berarti bahwa, jika *relative gain* bernilai 0, maka MV tidak berpengaruh terhadap CV , jika bernilai 1 menunjukkan tidak ada interaksi dengan *loop* pengendali lain, jadi pasangan MV dan CV harus digunakan. Akhirnya, percobaan RGA menghasilkan 3 pasangan

CV-MV untuk sistem PCTTS dengan pemanas di tangki T-01 sebagai berikut: (1) T_1 - q_e ; (2) h_1 - v_{pu} ; dan (3) h_2 - f_2 . Konfigurasi pengendalian proses pada sistem PCTTS dengan pemanas di tangki T-01 ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Konfigurasi pengendalian proses pada Sistem PCTTS dengan pemanas di tangki T-01.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis RGA, dapat disimpulkan bahwa konfigurasi pengendalian proses pada sistem PCTTS dengan pemanas di tangki T-01 adalah sebagai berikut: suhu tangki T-01 (T_1) dikendalikan dengan memanipulasi pemanas listrik (q_e), level cairan di tangki T-01 (h_1) dikendalikan dengan mengubah-ubah voltase pompa (v_{pu}), dan level cairan di tangki T-02 (h_2) dikendalikan oleh laju alir arus keluar tangki T-02 (f_2). Selanjutnya, studi tentang penyetelan parameter kendali dan simulasi loop tertutup (*closed loop*) pada sistem pengendalian proses PCTTS dengan pemanas di tangki T-01 perlu dilakukan untuk menguji ketangguhan (*robustness*) dari konfigurasi pengendalian yang telah dihasilkan.

Daftar Pustaka

- Hermawan, Y.D., dan Wongsri, M. Analisis Kontrolabilitas *Heat Exchanger Network* dengan *Relative Gain Array* dan *Condition Number*: Kasus Integrasi Energi pada Proses HDA. Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" 2007, Jurusan Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta, ISSN: 1693-4393, 2007; B11-1 – B11-6.
- Hermawan, Y.D., Suksmono, Y., Putra, R.H.N., dan Puspitasari, M. Perancangan Konfigurasi Pengendalian Proses pada Sistem Non-Interacting-Tank dengan Analisis Kuantitatif Relative Gain Array. Seminar Nasional Teknologi Simulasi (TEKNOSIM) VI, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta, ISBN 978-602-98268-0-7; 8 Desember 2010; ISBN: 978-602-98268-0-7; 75 – 81.
- Hermawan, Y.D. Dynamic Simulation and Control in A Non-Interacting-Tank System. Regional Symposium on Chemical Engineering (RSCE) 2012, Dept. of Chemical Engineering, ITS, ISBN: 978-602-9494-30-3, Bali, 7-8 November 2012: B27-1 – B27-6.
- Hermawan, Y.D., Kholisoh, S.D., Hamdani, A.F., dan Puspita, D.D. Dinamika Proses Sistem Pure Capacity pada 2 Tangki Seri. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses (SRKP) 2014, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, ISSN: 1411-4216; 20-21 Agustus 2014; F-2-1 – F-2-6.
- Hermawan, Y.D. Dynamic Simulation and Liquid Level Control in A Pure Capacity System (2 Tanks in Series). The 2nd International Seminar on Fundamental & Application of Chemical Engineering (ISFACHE), Dept. of Chemical Engineering, ITS, ISBN: 978-979-8897-72-6, Bali, 12 – 13 November 2014; G02-1 – G02-6.
- Rao, C.V.N., Rao, A.S., and Sree, R.P. Design of PID Controllers for Pure Integrator Systems with Time Delay. International Journal of Applied Science and Engineering. 2011; 9(4): 241–260. [http://www.cyut.edu.tw/~ijase/2011N9\(4\)/2_021012.pdf](http://www.cyut.edu.tw/~ijase/2011N9(4)/2_021012.pdf)
- Smith, C.A. and Corripio, A.B. 1997. Principles and Practice of Automatic Process Control, John Wiley & Sons, Inc., USA, ISBN: 0-471-57588-7: 168–172.
- Stephanopoulos, G. 1984. Chemical Process Control: An Introduction to Theory and Practice, PTR. Prentice-Hall, Inc., A Simon and Shuster Company, New Jersey, 1984, ISBN: 0-13-128629-3: 174–179&461–503.



Lembar Tanya Jawab
Moderator: Endang Kwartiningsih (UNS Surakarta)
Notulen : Andri Perdana (UPN "Veteran" Yogyakarta)

- Penanya : Endang K (UNS Surakarta)
- Pertanyaan : Hasil simulasi atau percobaan penelitian di lab? Simulasi RGA ? dibandingkan dengan software – lab?
- Jawaban : Hasil grafik ditampilkan, dari data laboratorium. Tidak ada perbandingan, software → scilab. Metode RGA, akurat secara kuantitatif. Interaksi CV dan MV.

