

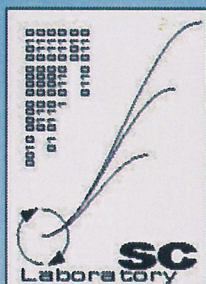
TEKNOSIM 2010



SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI SIMULASI VI

PROCEEDING 8 Desember 2010

**Jurusan Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada**



LABORATORIUM SIMULASI DAN KOMPUTASI
JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GADJAH MADA

KATA PENGANTAR

Seminar Teknologi Simulasi tahun 2010 merupakan seminar keenam dari rangkaian seminar yang ditujukan untuk mempertemukan kalangan industri, lembaga riset, maupun perguruan tinggi yang bergerak atau mempunyai minat dalam bidang simulasi dan modeling. Melalui seminar ini diharapkan muncul ide - ide segar aplikasi simulasi dan modeling dalam dunia industri, sekaligus ide - ide cemerlang dalam pengembangan teknologi simulasi dan modeling.

SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI SIMULASI berjudul : **Simulasi dan modeling untuk kehidupan lebih baik**, yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Pada tanggal 8 Desember 2010 merupakan seminar Teknosim yang keenam, yang dilakukan satu tahun sekali. Dalam seminar ini akan dipresentasikan makalah yang terbagi dalam beberapa topik, yaitu :

1. Sistem Produksi
2. Sistem Logistik
3. Bisnis dan Keuangan
4. Lingkungan
5. Teknik Kendali
6. Rekayasa Proses
7. Pengembangan Teknik Simulasi
8. Decision Support System
9. lain-lain

Selamat berseminar, berdiskusi, dan menjalin komunikasi dalam penyebaran informasi ilmu pengetahuan dan teknologi!

Yogyakarta, 8 Desember 2010

SUSUNAN PANITIA

Penanggung Jawab	: Kepala Lab. Simulasi dan Komputasi, JTMI UGM Dr. Ir. Heru Santoso B.R., M.Eng.
Panitia Pengarah	: Dr. Ir. Suhanan, DEA, Ketua Jurusan JTMI UGM Ir. Subagyo, Ph.D., Ketua Program Studi Teknik Industri, JTMI UGM Dr. Ing. Ir. Harwin Saptoadi., MSE., Ketua Program Studi Teknik Mesin, JTMI UGM
Ketua	: Nur Aini Masruroh, S.T., M.Sc., Ph.D.
Sekretaris	: Agus Dharmawan , S.T, M.S,
Bendahara	: Fauzun S.T., M.T., Ph.D.
Ketua Reviewer	: Dr. Muhammad Kusumawan Herliansyah, ST. MT.
Koordinator Pelaksana	: Ana Yunita Masura
Wakil Koordinator Pelaksana	: Reza Perwira Adiguna
Sekretaris Pelaksana	: Alina Hasna Rasyanti
Bendahara Pelaksana	: Gayatri Pandgriptadewi
Kesekretariatan	: Amalia Kiswandari Vannisa Amalia L
Sie Acara	: V. Reza B.K Loretta Olich Lintang Janitra
Sie Danus	: Christin Budion Satya Sri Nugroho
Sie Pubdekdok	: Hanny Primadana Mufti Kenia Kusumawardhani Teno Ismoko
Sie Proceeding	: Ria Krisnanti Agus Pahala Simbolon

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iii
Susunan Panitia	v
Daftar Isi	vii
Sistem Produksi	
<i>Drugs Procurement Planning In Hospital Pharmaceutical Installation: A Periodic Review Model Approach</i> Sumarsono Sudarto, Amar Rachman, Asa V. R.	3
Perancangan Model Pengukuran Kinerja Komprehensif Pada Klaster Agroindustri Hasil Perkebunan Kelapa Sawit Aulia Ishak	10
Telaah Tata Letak Peralatan Unit Produksi Sari Buah Di Laboratorium Pengembangan Sistem Produksi Rachmini Saparita, Bagus Permadi	17
Usulan Perancangan Sistem Terotomasi Dengan Menggunakan Robot Untuk Meminimasi Waktu Proses Pada Material Transfer Lini Perakitan Amal Witonohadi, Terry Supriyadi A	23
Sistem Logistik	
Penentuan Kriteria dan Analisis Peringkat Metode <i>Multi Criteria Decision Making</i> untuk Kasus Pemilihan <i>Supplier</i> H. Saraswati, N.A. Masruroh, F. Trapsilawati	31
Pengelompokkan Kosumen dan Pembentukan Rute Distribusi Menggunakan Algoritma Campuran (Studi Kasus PT. XYZ) Trifenaus Prabu Hidayat dan Cicilia Putri Kumala	37
Bisnis dan Keuangan	
Analisis Risiko Kredit dan Simulasi Kredit Menggunakan Pendekatan Sistem Dinamis (Studi Kasus : PT Bank X) Trifenaus Prabu Hidayat, William Suryajaya	45
Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan dengan Menggunakan <i>Multi-Layers Backpropagation</i> untuk Peramalan Pergerakan Indeks Saham Yan Adimas dan Andi Sudiarmo	51
Model Keuangan Usaha Mikro Pengolahan Kakao Di Kabupaten Poso Rachmini Saparita	57
Lingkungan	
Faktor Lingkungan Fisik Hubungannya Dengan Kelelahan Tenaga Kerja Di Industri Konveksi Rm Tailor Yogyakarta Yamitana, Pretty Bettyana Kusuma Wardani	65
Teknik Kendali	
Perancangan Konfigurasi Pengendalian Proses pada Sistem <i>Non Interacting Tank</i> dengan Analisis Kuantitatif <i>Relative Gain Array</i> Yulius Deddy Hermawan, Yogi Suksmono, Ranggi Habibie Narno Putra, Mitha Puspitasari	75

Simulasi Sistem Tracking 3 Dimensi Posisi Roket Dengan RADAR Beacon <i>Wahyu Widada</i>	82
Simulasi Take-off Otomatis Pesawat Udara Dalam Perangkat Lunak <i>X-Plane</i> Dengan Menggunakan <i>Plugin (Microsoft Visual C++)</i> <i>Bangga Dirgantara Adiputra dan Toto Indriyanto</i>	87
Rekayasa Proses	
Penentuan Kadar Pb dalam Sampel <i>Shielding</i> Timbal dengan Metode Serapan Radiasi Gamma <i>Sugili Putra dan Suroyo</i>	95
Pengembangan Teknik Simulasi	
<i>Design and Development of Matlab/Simulink and X-Plane Interface For Data Communication System in Flight Simulator</i> <i>Javensius Sembiring, Hari Muhammad, Hisar M. Pasaribu</i>	103
<i>Development of full Mathematical Model of Satellite Launch Vehicle for Flight Simulation Implementation</i> <i>Yazdi Ibrahim Jenie, Ridanto Eko Poetro</i>	109
Pemodelan dan Pengujian Pesawat Sukhoi SU-30MK2 TNI AU Menggunakan Program Simulator <i>X-Plane 9</i> <i>Fuad Surastyo Pranoto, Toto Indriyanto, Hisar M Pasaribu</i>	117
Penerapan <i>Publisher-Subscriber Pattern</i> Pada Dashboard Sistem <i>Monitoring Wireless Sensor Network</i> <i>Agus Kurniawan</i>	124
Pengembangan Metode Analisis Kualitas Panduan Navigasi <i>Approach</i> dengan Microsoft Flight Simulator® <i>Mahardi Sadono, Ady Rahman Saputra</i>	130
Pengujian Prestasi Terbang Model Helikopter Bell 412EP Pada Microsoft® Flight Simulator X <i>Rully Medianto, Toto Indriyanto</i>	136
Software Jaringan Aliran Dalam Pipa Dengan Metode <i>Hardy-Cross</i> <i>Suardjaja I. M, Tanuwidjaya A.</i>	142
The Collective Behavior of Multi-Agents System for Tracking a Desired Path <i>Miswanto, I. Pranoto, H. Muhammad and D. Mahayana</i>	148
Validasi Model Perkembangan Ekonomi Pertanian di Indonesia <i>Rachmini Saparita</i>	153
Decision Support System	
Pemilihan Produk Handphone CDMA Online Terbaik Menggunakan Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> dan <i>Fuzzy Analytical Hierarchy Proses</i> <i>Anisha Dian I, Andi Sudiarso</i>	161
Pengembangan Model Sistem Dinamik Kinerja Pabrik Gula <i>Rohmatulloh, Marimin, Machfud, M. Zein Nasution</i>	166
Pengembangan Perangkat Lunak Pendeteksi Jumlah Orang Berbasis Hasil Deteksi Wajah dengan Metode <i>Color Segmentation</i> dan <i>Template Matching</i> pada Data Citra Digital <i>Herianto, Ragil Wulandono dan Agus Darmawan</i>	173

Pengembangan Perangkat Lunak untuk Membedakan Jenis Kendaraan Roda Dua dan Roda Empat dengan Menggunakan Metode <i>Blob Analysis</i> <i>Herianto, Shere Lusiana Sianturi, Agus Darmawan, M. K Herliansyah dan Indraswari K</i>	179
 Simulation Optimization	
<i>Air-Cargo Shipment Revenue Optimization Using Goal Programming</i> <i>Komarudin, Christie T. H. L. Gaol, Akhmad Hidayatno, and Armand Omar Moeis</i>	187
Integrasi Algoritma Genetika Dalam Penentuan Kuantitas Order Dan Stok Pengaman Untuk Meminimalisasi Biaya Persediaan pada Model Persediaan Berbasis Logika Kabur <i>Nova Bimo Lesono dan Andi Sudiarso</i>	193
Optimasi Variabel Proses Pengecoran Terhadap Cacat Porositas Produk <i>Ahmad Syuhri</i>	200
<i>Optimization of Product Space Allocation by Using Implementation of Shelf Space Allocation Model (SSAP) and Genetic Algorithm Method Along With Analysis on The IN-STORE Shelf Replenishment Policy</i> <i>Amar Rachmi, Sumarsono Sudarto, Rizki Amalia</i>	208
Pengaturan Menu Makan Harian Berdasarkan Kebutuhan Kalori Dan Harga Menggunakan Pendekatan Algoritma <i>Heri Sunaryo, Andi Sudiarso, Dwi Nugraheny</i>	216
Pengembangan Model <i>Work In Process</i> dengan Pendekatan Metode Antrian GI/G/c dan Simulasi <i>Riani Nurdin, Nur Aini Masrurroh</i>	221
 Pengembangan Produk Desain	
Pengembangan Desain <i>Ankle Joint</i> Sistem <i>Double Axis</i> Pada Pengguna <i>Prosthetic</i> Atas Lutut Endoskeletal <i>Lobes Herdiman, Ilham Priadythama, Ariesta Ardhy Buana</i>	231
Penjadwalan <i>Job Shop</i> dengan Algoritma Genetika untuk Minimasi <i>Makespan</i> dan <i>Average Flow Time</i> <i>Meilinda F.N. Maghfiroh, Agus Darmawan, dan Herianto</i>	237

Perancangan Konfigurasi Pengendalian Proses pada Sistem *Non Interacting Tank* dengan Analisis Kuantitatif *Relative Gain Array*

Yulius Deddy Hermawan, Yogi Suksmono, Ranggi Habibie Narno Putra dan Mitha Puspitasari

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta

Jl. Lingkar Utara (SWK 104) Condongcatur, Yogyakarta 55283

E-mail: ydhermawan@gmail.com

Intisari

Penelitian ini bertujuan untuk merancang konfigurasi pengendalian proses pada sistem *Non Interacting Tank* (NIT) dengan analisis kuantitatif *Relative Gain Array* (RGA). Sistem NIT dibuat di laboratorium dengan menggunakan 2 tangki silinder masing-masing berkapasitas 25 liter yang dipasang secara seri. Pada tangki kedua dipasang pemanas listrik. Fluida yang digunakan adalah air dengan asumsi densitasnya konstan. Pada penelitian ini dilakukan 2 tahapan percobaan yaitu percobaan pendahuluan dan percobaan RGA secara *open loop*. Percobaan pendahuluan menghasilkan beberapa parameter steady sebagai berikut: laju alir volumetrik input (f_i) dan output (f_1) Tangki-1 sebesar 15,15 ml/det, laju alir volumetrik input (f_1) dan output (f_2) Tangki-2 sebesar 15,15 ml/det, level cairan di Tangki-1 (h_1) 15,5 cm, level cairan di Tangki-2 (h_2) 15,1 cm, suhu pada Tangki-1 (T_1) 28°C, suhu pada Tangki-2 (T_2) 28°C dan pemanas listrik (q_e) 0 Watt. Aliran output dari Tangki-1 merupakan input Tangki-2. Pada percobaan RGA, calon *manipulated variable* (MV) diubah secara manual mengikuti fungsi tahap dan direkam respon output atau *controlled variable* (CV) terhadap perubahan MV. Berdasarkan hasil perhitungan RGA, diperoleh pasangan-pasangan konfigurasi pengendalian proses sebagai berikut: variabel proses f_i dikendalikan oleh f_i , variabel proses h_1 dikendalikan oleh f_1 , variabel proses h_2 dikendalikan oleh f_2 , dan variabel proses T_2 dikendalikan oleh q_e . Selanjutnya simulasi dinamik (*closed loop*) pada sistem NIT perlu dilakukan untuk menguji kinerja dari konfigurasi pengendalian yang telah dihasilkan.

Kata kunci: *Controlled Variable* (CV), Fungsi Tahap, *Manipulated Variable* (MV), *Non-Interacting-Tank* (NIT), dan *Relative Gain Array* (RGA).

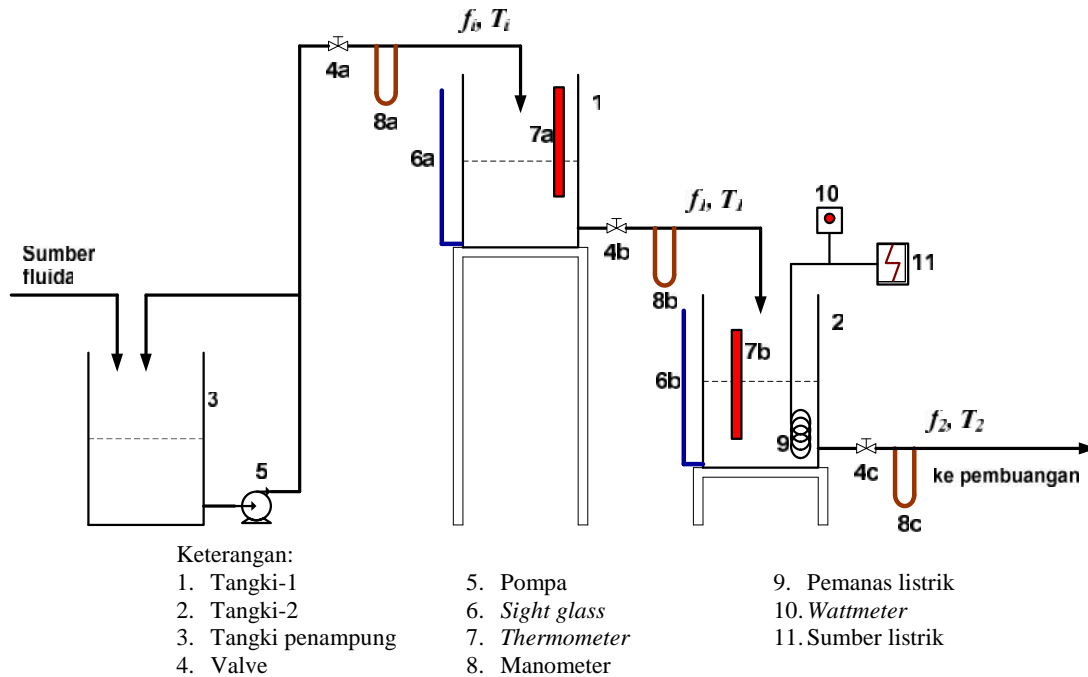
Pendahuluan

Sistem multikapasitas terdiri dari sistem *Non Interacting Tank* (NIT) dan sistem *Interacting Tank* (IT). Meskipun sistem multikapasitas tersebut sering dijumpai di Industri Kimia, Petrokimia, Minyak dan Gas, tetapi kajian dinamika proses dan kontrol untuk sistem tersebut jarang dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini mempelajari dinamika proses dan penyusunan konfigurasi pengendalian proses pada sistem multikapasitas khususnya sistem NIT.

Beberapa upaya penelitian tentang dinamika proses pada sistem multikapasitas telah dilakukan. Saputro, A.W dan Pamungkas, A.G (2007) telah meneliti pengaruh *deadtime* terhadap dinamika suhu pada sistem NIT, sedangkan Huda, M dan Nunun, I.H (2007) mempelajari pengaruh *deadtime* terhadap dinamika suhu pada sistem IT. Pada tahun 2010 Hermawan Y.D., dkk. telah melakukan penelitian tentang dinamika proses pada sistem NIT dengan arus *recycle*. Penelitian-penelitian yang pernah dilakukan tersebut belum mengkaji masalah konfigurasi pengendalian proses pada sistem multikapasitas. Di lain pihak, penelitian tentang perancangan konfigurasi pengendalian proses secara kuantitatif menggunakan metode *Relative Gain Array* (RGA) pada sistem *Heat Exchanger Network* telah dilakukan oleh Hermawan, Y.D dan Wongsri, M (2007).

Konfigurasi pengendalian proses dapat ditentukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Masalah yang muncul pada penentuan konfigurasi pengendalian proses adalah bagaimana memasang *Controlled Variable* (CV) dan *Manipulated Variable* (MV) yang tepat. Konfigurasi pasangan CV dan MV tersebut mungkin lebih dari satu. Dalam penelitian ini, metode RGA dipilih untuk menentukan konfigurasi pengendalian proses khususnya pada sistem NIT. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi penting tentang konfigurasi pengendalian proses pada sistem NIT bagi peneliti lain atau bagi dunia industri.





Gambar 1. Rangkaian alat percobaan

Metodologi

Gambar 1 menunjukkan rangkaian alat percobaan sistem NIT pada penelitian ini. Nomor 1 dan Nomor 2 pada Gambar 1 merupakan Tangki-1 dan Tangki-2 yang tersusun secara seri dimana mencerminkan sistem tangki seri-tak-berinteraksi (NIT). Tangki-1 dan Tangki-2 mempunyai dimensi yang sama, yaitu diameter = 25 cm, dan tinggi = 50 cm. Pemanas listrik dipasang pada Tangki-2 dan dihidupkan pada saat melakukan percobaan RGA untuk menguji pengaruh panas listrik terhadap suhu. Fluida yang digunakan pada penelitian ini adalah air dengan asumsi densitasnya konstan.

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

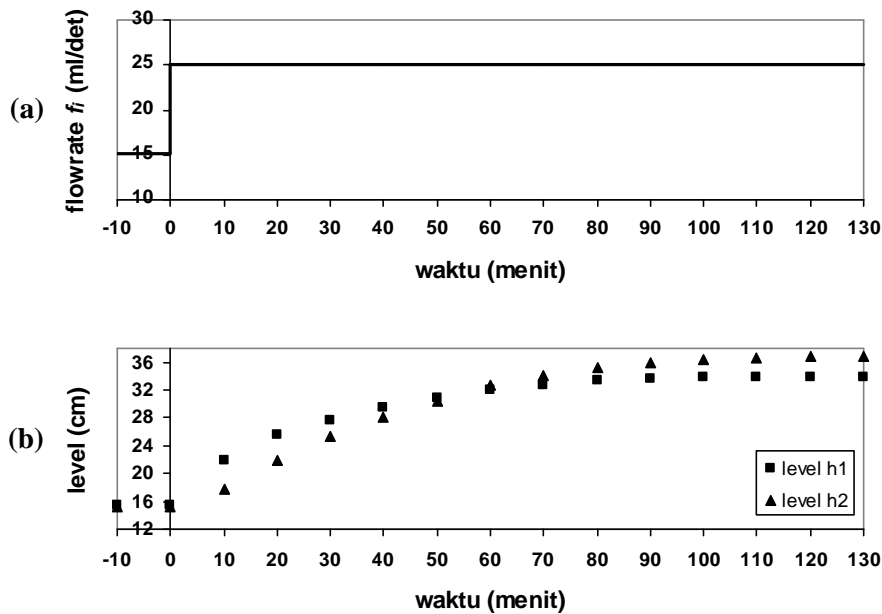
Berdasarkan analisis derajat kebebasan, diperoleh 4 variabel yang harus dikendalikan, yaitu: laju alir arus input Tangki-1 (f_i), level cairan di Tangki-1 (h_1), level cairan di Tangki-2 (h_2), dan suhu cairan di Tangki-2 (T_2). Selanjutnya, empat variabel yang harus dikendalikan tersebut disebut sebagai *controlled variabel* (CV). Empat variabel lain yang diusulkan sebagai calon *manipulated variable* (MV) adalah laju alir arus input Tangki-1 (f_i), laju alir arus output Tangki-1 (f_1), laju alir arus output Tangki-2 (f_2), dan energi (panas) listrik (q_e). Pada percobaan RGA, setiap calon MV diubah mengikuti fungsi tahap (*step function*), kemudian direkam respon CV (*output*) terhadap perubahan MV tersebut.

Tabel I. Parameter *steady* pada sistem NIT.

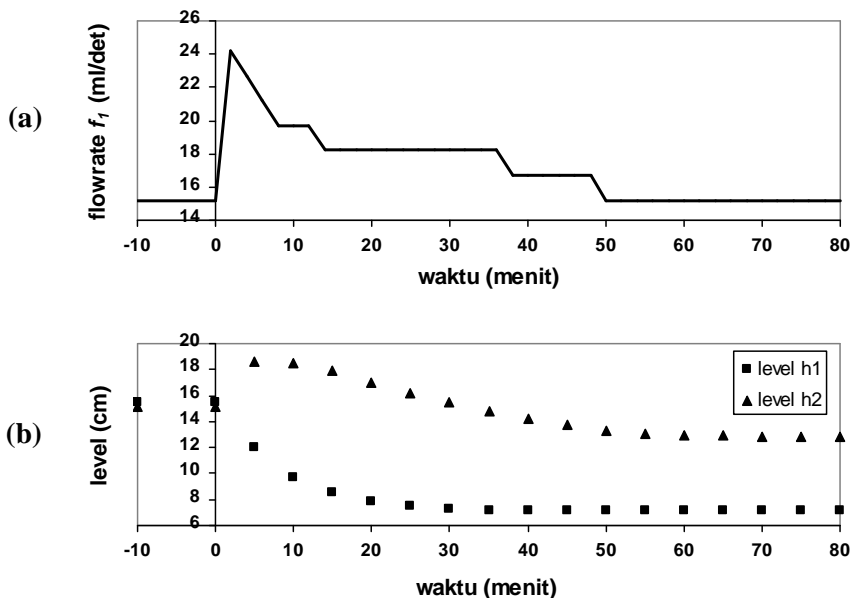
Tangki 1	Nilai	Tangki 2	Nilai
flowrate input, f_i (cm ³ /det)	15,2	flowrate input, f_1 (cm ³ /det)	15,2
flowrate output, f_1 (cm ³ /det)	15,2	flowrate output, f_2 (cm ³ /det)	15,2
level cairan, h_1 (cm)	15,5	level cairan, h_2 (cm)	15,1
suhu, T_1 (°C)	28	suhu, T_2 (°C)	28
valve input (%-open)	40	daya pemanas, q_e (Watt)	0
valve output (%-open)	50	valve input (%-open)	50
		valve output (%-open)	50

Hasil dan Pembahasan

Parameter-parameter *steady* yang dihasilkan dari percobaan pendahuluan disajikan pada Tabel I. Selanjutnya, parameter-parameter *steady* ini digunakan sebagai nilai awal (*initial value*) pada percobaan RGA, dan dibahas sebagai berikut.

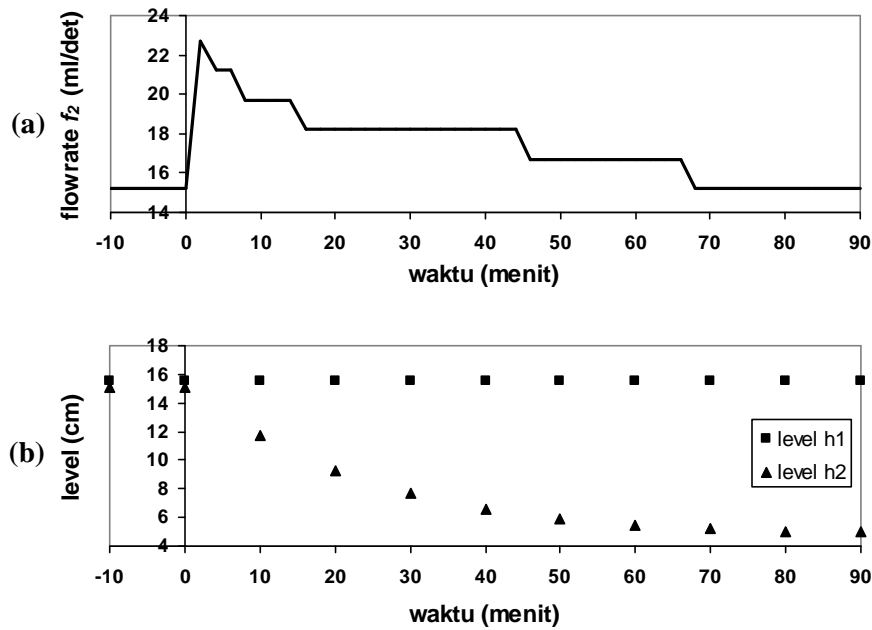


Gambar 2. Respon dinamik sistem NIT terhadap perubahan laju alir f_1 menurut fungsi tahap dari 40% *valve open* sampai 60% *valve open*. (a) *step increase* f_1 , (b) respon level

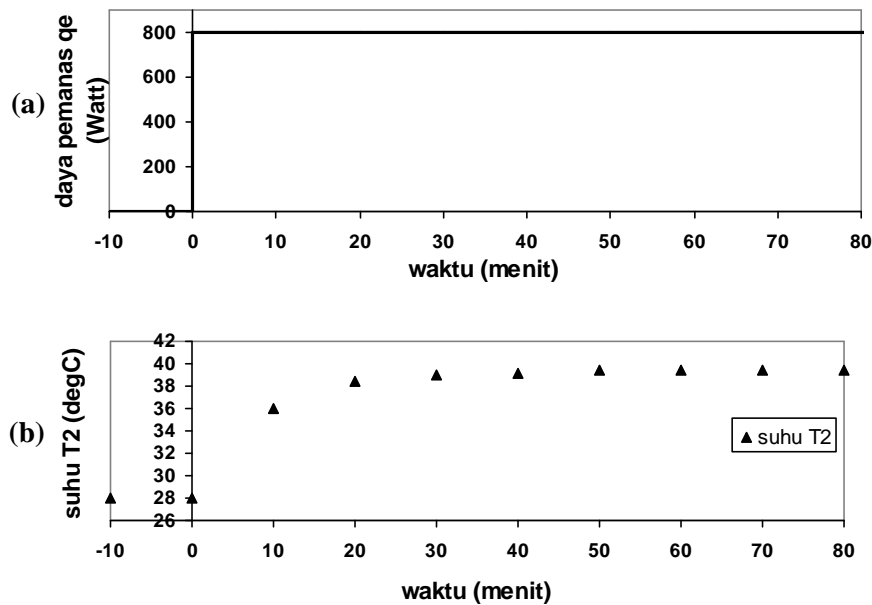


Gambar 3. Respon dinamik sistem NIT terhadap perubahan laju alir f_1 menurut fungsi tahap dari 50% *valve open* sampai 70% *valve open*. (a) *step increase* f_1 , (b) respon level





Gambar 4. Respon dinamik sistem NIT terhadap perubahan laju alir f_2 menurut fungsi tahap dari 50% valve open sampai 70% valve open. (a) step increase f_2 , (b) respon level



Gambar 5. Respon dinamik sistem NIT terhadap perubahan laju panas q_e menurut fungsi tahap dari 0 Watt sampai 800 Watt. (a) step increase q_e , (b) respon suhu

Step increase f_i dari 40% valve open (15.15 mL/det) sampai 60% valve open (25 mL/det)

Respon dinamik sistem NIT terhadap step increase f_i diilustrasikan pada Gambar 2. Ketika f_i berubah menurut fungsi step increase, maka level h_1 dan h_2 mengalami kenaikan. Awalnya, h_1 dan h_2 sama-sama naik tetapi h_1 melonjak lebih tinggi dibandingkan h_2 . Hal ini disebabkan pengaruh penambahan volume air yang masuk ke Tangki-1 yang berasal dari step increase f_i lebih besar dari pada yang masuk ke Tangki-2.



Mulai waktu 50 menit, level h_2 sudah mendekati h_1 , dan akhirnya h_2 melampaui h_1 sampai keduanya mencapai titik *steady* baru. Hal ini terjadi mungkin karena karakteristik *valve* pada arus f_1 dan arus f_2 yang berbeda dan sifat ketidak-linearitas arus output tersebut. Titik *steady* h_1 33,9 cm tercapai pada waktu sekitar 90 menit, dan h_2 36,8 cm pada waktu sekitar 110 menit.

Step increase f_1 dari 50% valve open sampai 70% valve open

Respon dinamik sistem NIT terhadap *step increase* f_1 diilustrasikan pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3.b ditemukan respon terbalik pada level di Tangki-2 (h_2) yang dikenal dengan *inverse response*. Jika bukaan *valve* arus f_1 ditambah (dari 50% menjadi 70%) secara tiba-tiba, maka awalnya respon dinamik level berada dalam arah yang berlawanan, h_1 turun sementara h_2 naik. Perbesaran bukaan *valve* arus f_1 menyebabkan laju alir f_1 naik drastis sesaat, sehingga bisa dipahami bahwa level h_2 naik sesaat kemudian turun lagi sampai tercapai kondisi *steady* baru. Pada saat h_1 mulai menunjukkan tanda-tanda *steady*, h_2 merambat turun. Nilai *steady* baru h_1 7,1 cm tercapai pada waktu sekitar 30 menit, sedangkan nilai *steady* baru h_2 12,8 cm tercapai sekitar 60 menit.

Step increase f_2 dari 50% valve open sampai 70% valve open

Respon dinamik sistem NIT terhadap *step increase* f_2 diilustrasikan pada Gambar 4. Dari Gambar 4.b terlihat bahwa ketika arus f_2 berubah, efeknya hanya nampak pada level h_2 , sementara h_1 konstan sampai percobaan selesai. Ini menunjukkan bahwa sistem yang digunakan adalah *Non Interacting Tank*. Pada waktu sekitar 80 menit, h_2 mencapai nilai *steady* baru 5 cm.

Step increase q_e dari 0 sampai 800 Watt

Gambar 5 menunjukkan respon dinamik suhu sistem NIT terhadap perubahan beban panas listrik (q_e) berdasarkan fungsi *step increase*. Berdasarkan pengamatan di laboratorium, perubahan q_e hanya berpengaruh kepada suhu cairan di Tangki-2 (T_2), dengan kata lain perubahan q_e tidak mempengaruhi level cairan pada kedua tangki. Kondisi *steady* baru T_2 39,5 °C tercapai pada waktu sekitar 40 menit.

Analisis RGA

RGA merupakan suatu teknik untuk memperkirakan efek-efek interaksi antara *loop-loop* pengendalian. Dalam penelitian ini, variabel-variabel f_1 , h_1 , h_2 , dan T_2 ditetapkan sebagai calon variabel yang akan dikendalikan (CV), sedangkan variabel-variabel: f_1 , f_2 , dan q_e ditetapkan sebagai calon variabel yang akan diubah-ubah (MV) untuk menjaga CV konstan. Langkah awal untuk menghitung RGA yaitu menghitung *gain* proses kondisi tunak (K_{ij}). Nilai *gain* tersebut menunjukkan seberapa besar pengaruh MV terhadap CV, seperti ditunjukkan persamaan (1) berikut:

$$K_{ij} = \frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{\Delta CV}{\Delta MV} \dots\dots\dots (1)$$

Hasil percobaan *open loop* (respon output ΔO terhadap perubahan input ΔI) digunakan untuk menghitung *gain* proses. Hasil perhitungan *gain* proses disajikan pada Tabel II. Untuk perubahan input dari f_1 dan f_2 : karena kondisi *steady* baru dari f_1 dan f_2 setelah *step increase* adalah sama dengan kondisi *steady* awal/mula-mula, maka yang dijadikan patokan I adalah selisih dari laju alir f_1 maupun f_2 sesaat (yang terbesar) setelah *step increase* dengan laju alir *steady* mula-mula. RGA dihitung dari matriks *gain* proses (\mathbf{K}) menggunakan persamaan (2), dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel III.

$$RGA = \mathbf{K}^T \times (\mathbf{K}^T)^{-1} \dots\dots\dots (2)$$

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 III) 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 4 pasangan CV-MV untuk sistem NIT sebagai berikut: (1) f_i - f_i ; (2) h_1 - f_1 ; (3) h_2 - f_2 ; dan (4) T_2 - q_e . Konfigurasi pengendalian proses pada sistem NIT ditunjukkan pada Gambar 6.

Kesimpulan

Berdasarkan nilai elemen individu RGA, dapat disimpulkan bahwa konfigurasi pengendalian proses pada sistem NIT dengan pemanas di Tangki-2 adalah sebagai berikut: *flowrate* masuk Tangki-1 (f_i) dikendalikan oleh f_i sendiri dengan dipasang *controller* FC, *level* cairan di Tangki-1 (h_1) dikendalikan oleh *flowrate* keluar Tangki-1 (f_1) dengan dipasang *controller* LC, *level* cairan di Tangki-2 (h_2) dikendalikan oleh *flowrate* keluar Tangki-2 (f_2) dengan dipasang *controller* LC, dan suhu cairan di Tangki-2 (T_2) dikendalikan oleh laju pemanas listrik (q_e) dengan dipasang *controller* TC. Selanjutnya, percobaan atau simulasi *closed loop* pada sistem pengendalian proses NIT perlu dilakukan untuk menguji kinerja konfigurasi pengendalian yang telah dihasilkan.

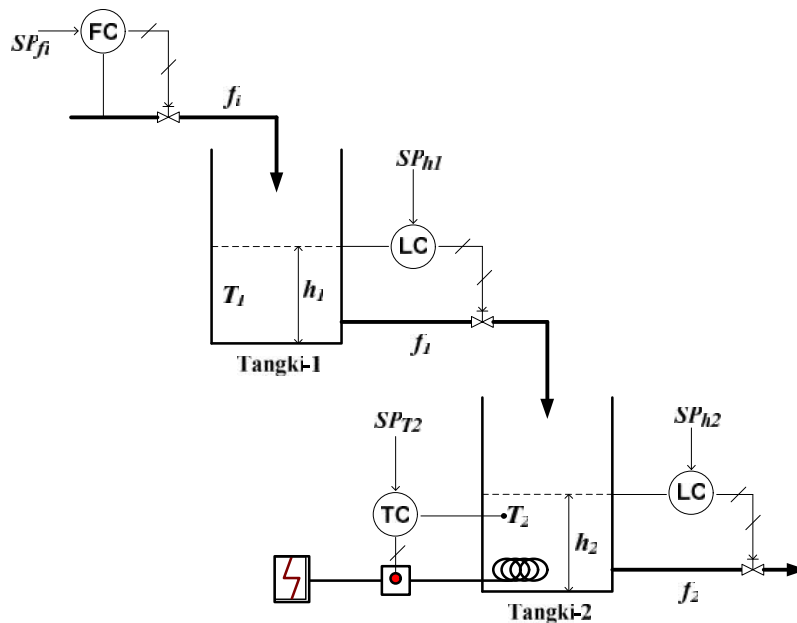
Tabel II. Perhitungan gain proses (K) sistem NIT

CV	MV	1	2	3	4
		f_i	f_1	f_2	q_e
1	f_i	$K_{11} = \frac{\Delta f_i}{\Delta f_i} = 1$	$K_{12} = \frac{\Delta f_i}{\Delta f_1} = 0$	$K_{13} = \frac{\Delta f_i}{\Delta f_2} = 0$	$K_{14} = \frac{\Delta f_i}{\Delta q_e} = 0$
2	h_1	$K_{21} = \frac{\Delta h_1}{\Delta f_i} = 1.8680$	$K_{22} = \frac{\Delta h_1}{\Delta f_1} = -0.9491$	$K_{23} = \frac{\Delta h_1}{\Delta f_2} = 0$	$K_{24} = \frac{\Delta h_1}{\Delta q_e} = 0$
3	h_2	$K_{31} = \frac{\Delta h_2}{\Delta f_i} = 2.2010$	$K_{32} = \frac{\Delta h_2}{\Delta f_1} = -0.2621$	$K_{33} = \frac{\Delta h_2}{\Delta f_2} = -1.3768$	$K_{34} = \frac{\Delta h_2}{\Delta q_e} = 0$
4	T_2	$K_{41} = \frac{\Delta T_2}{\Delta f_i} = 0$	$K_{42} = \frac{\Delta T_2}{\Delta f_1} = 0$	$K_{43} = \frac{\Delta T_2}{\Delta f_2} = 0$	$K_{44} = \frac{\Delta T_2}{\Delta q_e} = 0.0144$

Tabel III. Relative Gain Array (RGA) sistem NIT

CV	MV	1	2	3	4
		f_i	f_1	f_2	q_e
1	f_i	1	0	0	0
2	h_1	0	1	0	0
3	h_2	0	0	1	0
4	T_2	0	0	0	1





Gambar 6. Konfigurasi pengendalian proses sistem NIT

Daftar Pustaka

1. Hermawan, Y.D., Suksmono, Y., Dewi, D.U., dan Widyaswara, W., 2010, Dinamika Level Cairan pada Sistem Tangki-Seri-Tak-Berinteraksi dengan Arus Recycle, *Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" 2010*, Jurusan Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta, D08-1 – D08-6.
2. Hermawan, Y.D., Suksmono, Y., Sulistyowati, E., Cicilia, E., dan Aisyah, D.S., 2010, Dinamika Suhu pada Sistem Tangki-Seri-Tak-Berinteraksi dengan Arus Recycle, *Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" 2010*, Jurusan Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta, D10-1 – D10-6.
3. Hermawan, Y.D., dan Wongsri, M., 2007, 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, B11-1 – B11-6.
4. Huda, M., dan Nunun, A.I.H., 2007, Dinamika Suhu Pada Tangki-Seri-Berinteraksi dengan Dead-Time, *Laporan Penelitian S1*, Jurusan Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta.
5. Pamungkas A.G., dan Saputro, A.W., 2007, Dinamika Suhu Pada Tangki-Seri-Tak-Berinteraksi dengan Dead-Time, *Laporan Penelitian S1*, Jurusan Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta.
6. Seborg, D.E., Edgar, T.F., and Melichamp, D.A., 1998, *Process Dynamics and Control*, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York.

ISBN 978-602-98268-0-7