



TUGAS AKHIR - TF141581

REKONSILIASI DATA PROSES MELALUI *SEQUENCE AND BATCH ORIENTED LANGUAGE* CENTUM VP DAN *OLE FOR PROCESS CONTROL*

**BRAMANTYO KRISDITO ADI
NRP 2414.106.016**

**Dosen Pembimbing I:
Totok Ruki Biyanto, Ph.D**

**Dosen Pembimbing II:
Fitri Adi Iskandarianto, ST.,MT**

**Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - TF141581

**DATA RECONCILIATION PROCESS VIA SEQUENCE AND
BATCH ORIENTED LANGUAGE CENTUM VP AND OLE
FOR PROCESS CONTROL**

**BRAMANTYO KRISDITO ADI
NRP 2414.106.016**

Supervisor I:
Totok Ruki Biyanto, Ph.D

Supervisor II:
Fitri Adi Iskandarianto, ST.,MT

*Department of Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology
Institute Technology of Sepuluh Nopember (ITS)
Surabaya 2017*

REKONSILIASI DATA PROSES MELALUI SEQUENCE AND BATCH ORIENTED LANGUAGE CENTUM VP DAN OLE FOR PROCESS CONTROL

Nama : Bramantyo Krisdito Adi

NRP : 2414106016

Jurusan : Teknik Fisika

Pembimbing I : Totok Ruki Biyanto, ST,MT, PhD

Pembimbing II : Fitri Adi Iskandarianto, ST., MT.

ABSTRAK

Dalam dunia industri, data pengukuran proses dari suatu peralatan biasanya mengandung kesalahan yang dapat mengakibatkan proses tidak memenuhi hukum kesetimbangan massa dan energi. Teknik rekonsiliasi data adalah suatu metode untuk melakukan *adjustment* pada data pengukuran secara optimal, sehingga dapat memenuhi hukum kesetimbangan massa dan energi atau model proses. Pada tugas akhir ini teknik data rekonsiliasi dan deteksi gross error diimplementasikan pada perangkat lunak *Sequence and Batch Oriented Language (SEBOL) centumVP* dan *OLE for Process Control* Proses sehingga rekonsiliasi data dapat dilakukan secara *online*. Objek penelitian adalah proses penukar panas pada kondisi *steady*. Simulasi dilakukan dengan memanfaatkan integrasi perangkat lunak *Matlab-OPC-DCS centum VP*. Dengan memakai metode global test, proses penukar panas tidak terdapat gross error karena memiliki nilai global test antara 0 hingga 8×10^{-28} dan perbedaan energi pada sisi *shell* dan *tube* penukar panas adalah sekitar 0 hingga 2×10^{-10} setelah dilakukan rekonsiliasi data sehingga memenuhi hukum kesetimbangan massa dan energi.

Kata Kunci : Rekonsiliasi Data, Penukar Panas, Steady State, Deteksi Gross Error

DATA RECONCILIATION PROCESS VIA SEQUENCE AND BATCH ORIENTED LANGUAGE CENTUM VP DAN OLE FOR PROCESS CONTROL

Name : Bramantyo Krisdito Adi

NRP : 2414106016

Department : Teknik Fisika

Supervisor I : Totok Ruki Biyanto, ST,MT, PhD

Supervisor II : Fitri Adi Iskandarianto, ST., MT.

ABSTRACT

In industrial process, process measurement data from a measurement device usually contains errors that can result in the process does not obey mass and energy balance. Data reconciliation is a method to perform adjustment on measurement data optimally, so that it can obey the law of mass and energy balance or the process model. In this final project, data reconciliation and gross error detection is implemented in software Sequence and Batch Oriented Language (SEBOL) centumVP and OLE for Process Control Process so that data reconciliation can be done online. The object of this research is the process of steady state heat exchangers. Simulations carried out by utilizing the integration of software Matlab-OPC-DCS centum VP. By using methods global test, there are no gross errors because it has a global test value between 0 and 8×10^{-28} test and the energy difference on the side of the shell and tube heat exchanger is about 0 to 2×10^{-10} after data reconciliation, so process heat exchanger obey the law of mass balance and energy.

Keywords: Data Reconciliation , Heat Exchanger, Steady State, Gross Error Detection

LEMBAR PENGESAHAN

REKONSILIASI DATA PROSES MELALUI *SEQUENCE AND BATCH ORIENTED LANGUAGE CENTUM VP* DAN *OLE FOR PROCESS CONTROL*

TUGAS AKHIR

Oleh :

Bramantyo Krisdito Adi

NRP : 2414 106 016

Surabaya, Januari 2017

Mengetahui/Menyetujui

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Totok Ruki Biyanto, Ph.D

NIP. 19710702 199802 1 001

Dosen Pembimbing II



Fitri Adi Iskandarianto, ST, MT

NIP. 19540406 198103 1 003

Mengetahui,

Ketua Departemen

Teknik Fisika FTI-ITS



Agus Muhammad Hatta, ST, MSi, PhD

NIP. 19780902 200312 1 002

**REKONSILIASI DATA PROSES MELALUI SEQUENCE
AND BATCH ORIENTED LANGUANGE CENTUM VP DAN
OLE FOR PROCESS CONTROL**

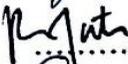
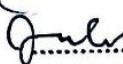
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Fisika
pada
Bidang Studi Instrumentasi
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Bramantyo Krisdito Adi
NRP. 2414 106 016

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Totok Ruki Biyanto, Ph.D. (Pembimbing I)
2. Fitri Adi Iskandarianto, S.T., M.T. (Pembimbing II)
3. Ir.Ronny Dwi Noriyati, M.Kes. (Penguji I)
4. Dr.Katherin Indriawati, S.T., M.T. (Penguji II)
5. Ir. Zulkifli, M.Sc. (Penguji III)

SURABAYA
Januari 2017

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa. Karena atas berkat, rahmat, dan anugrah yang diberikan oleh Nya, penulis mampu menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul:

REKONSILIASI DATA PROSES MELALUI SEQUENCE AND BATCH ORIENTED LANGUAGE CENTUM VP DAN OLE FOR PROCESS CONTROL

Dalam prosesnya menyelesaikan seluruh pengerjaan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan, pengetahuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan banyak terimakasih untuk bantuan dan motivasi yang diberikan kepada:

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, ST, MSi, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
2. Bapak Totok Ruki Biyanto, Ph.D. dan Bapak Fitri Adi Iskandarianto, ST, MT. selaku dosen pembimbing tugas akhir .
3. Keluarga tercinta yang telah memberikan motivasi dengan doa serta memberikan semangat sepanjang waktu.
4. Teman-teman Team DCS Rival dan Rahadian yang sudah kompak dalam mengerjakan tugas akhir ini agar selesai tepat waktu
5. Semua pihak yang turut membantu dan memperlancar pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini bukanlah suatu hasil yang sempurna, harapannya agar tugas ini menjadi referensi bagi rekan-rekan untuk menambah wawasan dan dapat digunakan sebagai referensi pengerjaan tugas akhir selanjutnya. Semoga yang sederhana ini dapat menjadi motivasi untuk berkembang lebih sempurna.

Surabaya, Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan masalah	3
1.5 Sistematika Laporan	3
BAB II	5
TEORI PENUNJANG	5
2.1 Rekonsiliasi Data	5
2.2 Deteksi Gross Error (Global Test)	11
2.3 Distributed Control System	13
2.4 Communication: OPC Tool Box	15
BAB III	19
METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Pengumpulan Data Proses	20
3.2 Modelan <i>mass and energy</i> balance penukar panas 21	
3.3 Perancangan komunikasi data (Matlab-DCS) melalui OPC	23

3.4	Deteksi Gross Error	27
3.5	Rekonsiliasi Data	27
3.6	Analisis Hasil.....	30
BAB IV		31
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		31
4.1	Hasil perhitungan kesetimbangan massa dan energi penukar panas E-1101.....	31
4.2	Hasil rekonsiliasi data	33
4.3	Hasil Deteksi Gross Error.....	42
BAB V		45
PENUTUP		45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA		47
LAMPIRAN.....		49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi variabel proses [13].....	8
Gambar 2. 2 Contoh klasifikasi variabel proses [13].....	9
Gambar 2. 3 Slot FCS [16]	14
Gambar 2. 4 Human Interface Station (HIS) [15].....	15
Gambar 2. 5 konfigurasi OPC server dan client [17].....	16
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	19
Gambar 3. 2 Diagram alir proses penukar panas E-1101 [18]...	22
Gambar 3. 3 Diagram alir perancangan komunikasi antara Matlab dan DCS	24
Gambar 3. 4 Konfigurasi Simulink	25
Gambar 3. 5 Diagram alir pemrograman SEBOL.....	26
Gambar 4. 1 Hasil trend data energi panas pada sisi sheel dan tube penukar panas sebelum rekonsiliasi data pada centumVP...	31
Gambar 4. 2 Kesenjangan energi penukar panas E-1101 sebelum rekonsiliasi data.....	32
Gambar 4. 3 Trend data pengukuran dan hasil rekonsiliasi data laju aliran massa pada sisi shell penukar panas	33
Gambar 4. 4 Trend data pengukuran dan hasil rekonsiliasi data temperatur masukan pada sisi shell penukar panas	34
Gambar 4. 5 Perbedaan temperatur pengukuran dan hasil rekonsiliasi pada sisi masukan shell	35
Gambar 4. 6 Trend data pengukuran dan hasil rekonsiliasi data temperatur keluaran pada sisi shell penukar panas.....	36
Gambar 4. 7 Perbedaan temperatur pengukuran dan hasil rekonsiliasi pada sisi keluaran shell	36
Gambar 4. 8 Trend data pengukuran dan hasil rekonsiliasi data temperatur masukan pada sisi tube penukar panas	37

Gambar 4. 9 Perbedaan temperatur pengukuran dan hasil rekonsiliasi sisi masukan tube	38
Gambar 4. 10 Trend data pengukuran dan hasil rekonsiliasi data temperatur keluaran pada sisi tube penukar panas	39
Gambar 4. 11 Perbedaan temperatur pengukuran dan hasil rekonsiliasi pada sisi keluaran tube	40
Gambar 4. 12 Hasil trend energi panas pada sisi sheel (Q_{hot}) tdan tube (Q_{cold}) penukar panas setelah rekonsiliasi.....	41
Gambar 4. 13 Keseimbangan energi pada sisi sheel dan tube penukar panas setelah rekonsiliasi.....	42
Gambar 4. 14 Hasil Deteksi Gross Error	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data operasional temperatur penukar panas E-1101 ..	20
Tabel 3.2 Data operasional laju aliran massa dan kapasitas termal	21

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini persaingan dalam dunia industri sangat ketat, untuk itu diperlukan performansi yang bagus dan yang memenuhi standar lingkungan. Oleh karena hal tersebut perlu dilakukan desain yang baik, *maintenance* yang aktif dari sisi material, peralatan, sumber daya manusia yang menjamin produksi yang sebanyak-banyaknya, kualitas yang sesuai konsumsi energi minimal dan limbah yang sesedikit mungkin. Untuk mendapatkan performansi yg baik salah satunya adalah menerapkan instrumen proses kontrol dan teknik optimasi atau *advance process control*.

Agar dapat dilakukan proses instrumentasi dan kontrol dengan akurat perlu dilakukan pengolahan data proses. Performansi data proses ditentukan dari pengukuran variabel –variabel dalam suatu peralatan atau proses biasanya tidak sesuai dengan hukum kekekalan massa dan energy [1]. Rekonsiliasi data dapat melakukan *adjustment* terhadap data pengukuran proses yang mengandung *random error* sehingga memenuhi hukum kesetimbangan massa dan energi dan meningkatkan kualitas data pengukuran yang diambil dari proses melalui *distributed control system* (DCS) atau cara pengumpulan data yang lain [2].

Rekonsiliasi data telah banyak digunakan di bidang teknik kimia [3]. Rekonsiliasi data yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 1961 oleh Kuehn dan Davidson [4] dan telah menjadi teknik yang penting dalam proses industri, dengan aplikasi yang luas di reaktor polypropylene [5], unit recovery sulfur [6], pabrik pemisahan gas [7], proses pasir minyak [8], pabrik mineral dan metalurgi [9], sistem refrigerasi absorpsi [10], dan sebagainya. Oleh karena hal tersebut, teknik rekonsiliasi data perlu diterapkan pada DCS sehingga data pengukuran dilapangan yang mengandung *error* dapat diadjustment secara *online* oleh DCS

sehingga dapat memenuhi kesetimbangan massa dari proses tersebut.

Beberapa tipe dan merk DCS dan OPC yang tersedia dan digunakan di lapangan memiliki prinsip kerja yang serupa namun perbedaannya adalah pada syntax dan strukturnya. Syntax dan struktur pemograman di dalam DCS dan OPC mempunyai perbedaan yang tergantung pada tujuan operasi ketersediaan dan kemampuan instrumen DCS itu sendiri. Pada penelitian ini dipakai salah satu merk DCS dan OPC yang banyak digunakan di dunia industri yaitu DCS yokogawa CentumVP dan OPC Matlab.

Fitur OPC Matlab dapat dimanfaatkan untuk kepentingan komunikasi data antara perangkat lunak Matlab dan DCS [11] sehingga data pengukuran lapangan yang terdapat pada DCS dapat direkonsiliasi pada perangkat lunak Matlab. Bila kemampuan DCS terutama mikroprosesor masih mampu untuk memproses rekonsiliasi data maka teknik rekonsiliasi data ini bisa di implementasikan dalam fungsi khusus yaitu *Sequence and Batch Oriented Language* (SEBOL) yg tersedia di DCS.

Operasi pada DCS dan OPC untuk kepentingan rekonsiliasi data memiliki 2 komponen yaitu model dan fungsi tujuan. Model yang digunakan adalah hukum kesetimbangan massa dan energi dari suatu proses sedangkan fungsi tujuan rekonsiliasi data adalah meminimalkan jumlahan total kuadrat terkecil dari *adjustment* terhadap data pengukuran. [12].

Pada tugas akhir ini, dilakukan simulasi rekonsiliasi data pada DCS dengan menggunakan data-data pengukuran pada proses penukar panas E-1101. Data pengukuran proses penukar panas dikirim ke DCS melalui OPC matlab sehingga seolah-olah data tersebut seperti data pengukuran lapangan pada industri. Data pengukuran yang dikirim dari OPC Matlab diterima oleh DCS kemudian dilakukan rekonsiliasi data sehingga data pengukuran penukar panas dapat memenuhi hukum kesetimbangan massa dan energi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana merekonsiliasi data proses melalui SEBOL CENTUM VP dan OPC
2. Bagaimana hasil pengukuran sebelum dan sesudah rekonsiliasi data

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Melakukan rekonsiliasi data proses melalui SEBOL CENTUM VP dan OPC.
2. Melakukan analisis hasil pengukuran sebelum dan sesudah rekonsiliasi data.

1.4 Batasan masalah

Ruang lingkup yang dikaji dalam tugas akhir ini meliputi :

1. Proses penukar panas pada kondisi *steady*.
2. Rekonsiliasi data disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak software DCS CentumVP ,dan OPC Matlab.
3. Teknik rekonsiliasi data menggunakan metode rekonsiliasi data biliner.

1.5 Sistematika Laporan

Secara sistematis, laporan tugas akhir ini tersusun dalam lima bab dengan penjelasan sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, lingkup kerja, dan sistematika laporan dari tugas akhir.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang teori-teori yang mendasari penelitian. Teori – teori tersebut diantaranya meliputi pemodelan system dan teknik rekonsiliasi data

BAB III Metodologi Penelitian

Pada bab ini dijelaskan tentang langkah-langkah dan tahapan penelitian dimulai dari pengumpulan data, pemodelan proses, deteksi gross error, rekonsiliasi data, dan validasi data.

BAB IV Analisis Data dan Pembahasan

Bab ini menunjukkan data beserta analisis dan pembahasan yang telah diperoleh selama pengerjaan penelitian.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini memaparkan kesimpulan dan saran terkait dengan tugas akhir yang telah dilaksanakan

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Rekonsiliasi Data

Dalam pengukuran proses terkandung kesalahan acak (*random error*) dan mungkin juga kesalahan sistematis (*systematic error*). Hal tersebut menyebabkan tidak terpenuhinya hukum konservasi dari proses, seperti neraca massa dan energi. Teknik rekonsiliasi data adalah suatu metode untuk menyesuaikan pengukuran secara optimal, sehingga dapat memenuhi hukum konservasi atau model proses [12]. Model proses tergabung sebagai satu set persamaan kendala (*constrain*) dalam permasalahan optimasi di mana tujuannya adalah untuk meminimalkan deviasi antara pengukuran dan nilai-nilai variabel yang sesuai dalam model proses. Sebagai dasar untuk penyesuaian (*adjustment*) atau estimasi, setiap proses dan pengukurannya harus dianalisis. Pengukuran dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bagian, yaitu pengukuran yang *redundant* atau *nonredundant*, variabel model proses yang terukur (*measured*) atau tidak terukur (*unmeasured*), variabel model proses tidak terukur yang dapat diamati (*observable*) atau yang tidak dapat diamati (*nonobservable*). Klasifikasi variabel dan perhitungan ketidakpastian dalam estimasi memberikan informasi dari kualitas estimasi. Jika terdapat kesalahan sistematis atau *gross error*, hal tersebut dapat dihindari dengan menggunakan fungsi tujuan yang kuat (*robust*).

2.1.1 Klasifikasi Error Pengukuran

Pada penjelasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa dalam pengukuran proses selalu terdapat error yaitu *random error* dan terkadang *systematic error*. Pada subbab ini akan dijelaskan tentang mengenai *random error* dan *gross error*.

- *Random Errors*

Secara umum apabila pengamatan dilakukan pada pengukuran variable proses yang diulang pada kondisi yang identik, maka nilai pengukurannya tidak sama. Hal tersebut terjadi karena adanya *random error* dalam pengukuran. Hubungan antara nilai sebenarnya (true value), nilai pengukuran, dan random error suatu variable proses dapat ekspresikan kedalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$y = x + \varepsilon \quad (2.1)$$

Dimana y adalah nilai yang terukur dari suatu variable, x adalah nilai sebenarnya dari suatu variable, dan ε adalah *random error*. *Random error* biasanya beresilasi disekitar nilai nol. Terdapat dua sifat dasar untuk *random error* yaitu nilai tengah (*mean*) dan variansi dari *random error*. Nilai tengah dinyatakan dengan :

$$E(\varepsilon) = 0 \quad (2.2)$$

Sedangkan untuk variansinya dinyatakan dengan :

$$\text{var}(\varepsilon) = E(\varepsilon^2) = \sigma^2 \quad (2.3)$$

Dimana σ adalah standard deviasi dari error pengukuran. Standard deviasi adalah ukuran dari kepresisian dari suatu pengukuran. Pengukuran semakin presisi dan memungkinkan random errornya mendekati nol apabila standard deviasi semakin kecil.

Jika *random error* dalam pengukuran dua variabel yang berbeda juga dipertimbangkan secara statistik independen, maka mereka memiliki korelasi nol, yaitu

$$\text{cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = E(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \quad (2.4)$$

Walaupun pada kenyataannya tidak selalu dapat direpresentasikan secara statistik independen, asumsi ini secara

luas digunakan dalam literatur rekonsiliasi data karena secara matematik lebih mudah dalam mendeskripsikan error pengukuran. Derajat hubungan antara kesalahan dua variabel dinyatakan dengan cara koefisien korelasi yaitu :

$$\mathbf{r}_{ij} = \frac{\text{cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j)}{\sigma_i \sigma_j} \quad (2.5)$$

Standar deviasi menjadi salah satu bagian penting dalam teknik rekonsiliasi data. Estimasi standard deviasi dapat ditentukan dengan menggunakan sampel standard deviasi menurut rumus berikut :

$$s = \frac{1}{N-1} [\sum_{i=1}^N (y - \hat{y})^2]^{\frac{1}{2}} \quad (2.6)$$

Dimana s adalah nilai estimasi standar deviasi, Y_i adalah observasi ke- i dan y adalah rata-rata aritmatika dari N pengamatan dari variabel yang sama. Formula ini memberikan perkiraan objektif tentang standar deviasi. Ukuran sampel N penting untuk keandalan perkiraan. Semakin banyak pengamatan, perkiraan lebih dapat diandalkan.

- *Gross Error*

Gross error adalah error yang disebabkan oleh peristiwa nonrandom seperti instrumen tidak berfungsi (karena instalasi yang tidak tepat dari alat ukur), miscalibration, dan keausan dan korosi pada sensor [12]. *Gross error* jarang terjadi tetapi besar magnitudenya biasanya lebih besar daripada *random error*. Jika terdapat *gross error* dalam nilai yang terukur, maka persamaan pengukuran menjadi :

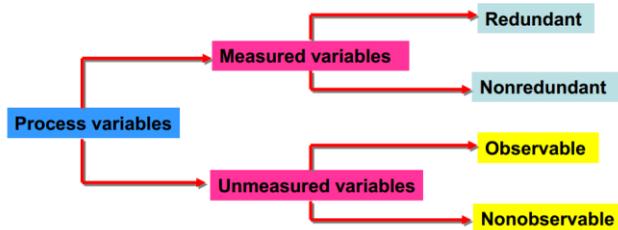
$$\mathbf{y} = \mathbf{x} + \boldsymbol{\varepsilon} + \boldsymbol{\delta} \quad (2.7)$$

di mana $\boldsymbol{\delta}$ adalah besarnya gross error, Gross error secara signifikan dapat mempengaruhi keakuratan pada setiap aplikasi

industri yang menggunakan data proses. Oleh karena itu, gross error harus dideteksi dan dihilangkan

2.1.2 Klasifikasi Variabel Proses

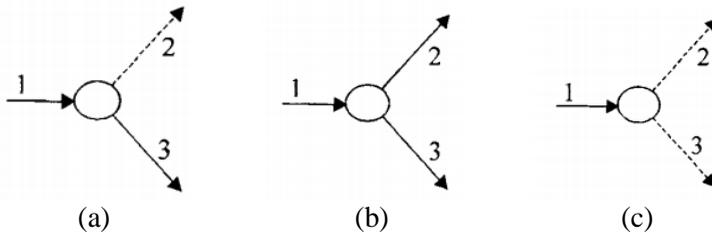
Variabel proses pada steady-state terkait dengan hukum kekekalan massa dan energi. Meskipun, untuk alasan biaya, kenyamanan, atau kelayakan teknis, tidak setiap variabel proses diukur, beberapa dari mereka dapat diperkirakan dengan menggunakan pengukuran lain melalui perhitungan kesetimbangan. Variabel estimasi terukur tergantung pada struktur flowsheet proses dan pada penempatan instrumen. Biasanya, terdapat set instrumen kurang lengkap, dengan demikian, variabel tidak terukur (*unmeasured variabel*) dibagi menjadi variabel yang dapat ditentukan (*determinable*) atau dapat diamati (*observable*) dan variabel proses yang tidak dapat ditentukan (*indeterminable*) atau tidak dapat diamati (*unobservable*). [13] Variabel proses yang tidak terukur dapat ditentukan, atau diestimasi, jika nilainya dapat dihitung dengan menggunakan pengukuran. Untuk lebih jelasnya, pada gambar menjelaskan tentang klasifikasi variabel proses.



Gambar 2. 1 Klasifikasi variabel proses [13]

Variabel *Redundant* adalah variabel terukur yang dapat diperkirakan dengan variabel yang diukur lain melalui model proses, selain pengukurannya. Variabel *nonredundant* adalah variabel terukur yang tidak dapat diperkirakan selain dengan pengukuran sendiri atau tidak dapat dihitung dengan persamaan kesetimbangan, variabel *observable* adalah variabel yang tidak

terukur yang dapat diperkirakan dari variabel yang terukur melalui model fisiknya. variabel *nonobservable* adalah variabel yang tidak memiliki informasi yang tersedia. Untuk memperjelas konsep tentang klasifikasi variabel, **Gambar 2.2**



Gambar 2. 2 Contoh klasifikasi variabel proses [13]

Pada **Gambar 2.2**, garis lurus menunjukkan variabel yang terukur sedangkan garis yang putus-putus adalah variabel yang tidak terukur. **Gambar 2.2a** merepresentasikan satu persamaan kesetimbangan dalam satu node. Variabel yang tidak terukur merupakan variabel yang *observable*. Dua variabel yang terukur adalah variabel yang *non redundant*. Pada **Gambar 2.2b** semua *stream* terukur sehingga merupakan system yang redundant. **Gambar 2.2c** terdapat dua variabel yang tidak terukur sehingga dua variabel tersebut merupakan *nonobservable* karena tidak dapat dihitung melalui persamaannya.

2.1.3 Rekonsiliasi Data *Steady State*

Rekonsiliasi data adalah teknik yang telah dikembangkan untuk meningkatkan akurasi pengukuran dengan mengurangi efek dari kesalahan acak atau *random error* dalam data. Secara umum, rekonsiliasi data pada kondisi *steady state* dapat dirumuskan *constrained weighted least-squares optimization* [13] seperti berikut :

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^n w_i (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.8)$$

$$\text{subject to : } g_k(\hat{y}_i, u_i) = 0 \quad k=1, 2, \dots, m$$

Dimana w_i adalah bobot, y_i adalah nilai pengukuran dan x adalah estimasi rekonsiliasi untuk variable i dan u_j adalah estimasi untuk variable yang tidak terukur. Persamaan (2,8) menjelaskan tentang konstrain. Pemilihan bobot w_i tergantung pada akurasi dari pengukuran yang berbeda-beda.

Persamaan kesetimbangan massa dan energy dapat linier, bilinear atau nonlinier. Apabila pengukuran laju aliran massa total saja yang digunakan maka model konstrain adalah linier. Ketika jenis pengukuran kimia dikalikan dengan pengukuran laju aliran massa total maka model konstrain adalah bilinear. Dalam kasus reaksi kimia, kita memiliki istilah nonlinier orde tinggi

Metodologi yang berbeda diperlukan untuk memecahkan masalah tergantung pada apakah kendala adalah persamaan linear atau nonlinear. Metode ini akan dibahas secara rinci pada bagian berikutnya.

2.1 Rekonsiliasi Data Linier dengan Semua Pengukuran Terukur

Untuk permasalahan persamaan (2.8 ini dapat dirumuskan dalam bentuk matriks sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Min } f(x) &= (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}})^T \mathbf{V}^{-1} (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}) & (2.9) \\ \text{subject to : } & \mathbf{A}\mathbf{y} = \mathbf{0} \end{aligned}$$

Dimana A adalah matrix insiden ($m \times g$) dari konstanta yang diketahui. Perlu dicatat bahwa semua variabel dalam hal ini adalah *redundant*. Solusi analitik untuk menyelesaikan permasalahan diatas adalah menggunakan metode *Lagrange multipliers*. Sehingga nilai estimasi atau nilai rekonsiliasi adalah :

$$\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{y} - \mathbf{V}\mathbf{A}^T (\mathbf{A}\mathbf{V}\mathbf{A}^T)^{-1} \mathbf{A}\mathbf{y} \quad (2.10)$$

2.2 Deteksi Gross Error (Global Test)

Teknik rekonsiliasi data tergantung pada asumsi bahwa hanya terdapat *random error* dalam data dan tidak terdapat kesalahan sistematis (*systematic error*) baik dalam pengukuran atau persamaan model. Jika asumsi ini tidak valid, rekonsiliasi dapat menyebabkan *adjustment* yang besar pada nilai yang terukur, dan estimasi yang dihasilkan bisa sangat tidak akurat dan bahkan tidak layak [13]. Dengan demikian, penting untuk mengidentifikasi kesalahan sistematis atau *gross error* sebelum hasil estimasi dari teknik rekonsiliasi data diperoleh.

Teknik statistik yang paling umum digunakan untuk mendeteksi *gross error* didasarkan pada pengujian hipotesis. Dalam kasus deteksi *gross error*, hipotesis nol (*null hypothesis*), H_0 , adalah bahwa tidak ada *gross error* pada sistem, dan hipotesis alternatif (*alternative hypothesis*), adalah bahwa terdapat satu atau lebih *gross error* pada sistem. Empat uji statistik dasar telah dikembangkan dan diterapkan secara luas untuk mendeteksi *gross error*, yaitu *global test*, *constraint atau nodal test*, *measurement test*, dan *generalized likelihood ratio test*. [13] Karena pada penelitian ini menggunakan metode *global test* untuk deteksi *gross error* maka pada subbab ini hanya dijelaskan deteksi *gross error* dengan metode uji statistik *global test*.

Global test merupakan metode yang cepat dan berguna dalam deteksi *gross error*. Seperti namanya, *global test* dapat menentukan apakah atau tidak suatu kumpulan data berisi *gross error*, tetapi tidak akan menunjukkan dengan tepat di mana terjadinya *gross error*. Oleh karena itu, analisis awal yang baik, untuk melihat apakah tindakan lebih lanjut akan diperlukan.

Gross error hanya dapat diperiksa dalam data variabel yang terukur, data sehingga variabel yang tidak terukur tidak perlu dipertimbangkan dalam analisis. Oleh karena itu, kesetimbangannya sesuai dengan :

$$Ay = 0 \quad (2.11)$$

Dimana matriks A sesuai dengan *reduced subset of redundant equation*. Dan matriks y adalah sesuai dengan variabel terukur

yang *redundant*. Karena random error, terdapat batas yang menjadi residua, r , yang merupakan sisa dalam kesetimbangan, sehingga

$$\mathbf{r} = \mathbf{A}(\mathbf{y} + \boldsymbol{\varepsilon}) = \mathbf{A}\mathbf{y} + \mathbf{A}\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{A}\boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.12)$$

Tes global berdasarkan pengujian hipotesis statistik, di mana hipotesis nol, H_0 (tidak ada kesalahan gross hadir), diuji terhadap kumpulan data. Berdasarkan hipotesis ini, jika random error adalah terdistribusi normal, maka menunjukkan bahwa *residua* yang juga terdistribusi secara normal pula sehingga :

$$E(\mathbf{r}) = E(\mathbf{A}\boldsymbol{\varepsilon}) = \mathbf{A}E(\boldsymbol{\varepsilon}) = \mathbf{0} \quad (2.13)$$

Dan juga, propagasi dari error ini, matriks kovarians dari residuum, dapat ditunjukkan dengan:

$$\boldsymbol{\phi} = \mathbf{A}(\mathbf{r}\mathbf{r}^T) = \mathbf{A}E(\boldsymbol{\varepsilon}\boldsymbol{\varepsilon}^T)\mathbf{A}^T = \mathbf{A}\mathbf{V}\mathbf{A}^T \quad (2.14)$$

Global test dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r}^T \boldsymbol{\phi}^{-1} \mathbf{r} \quad (2.15)$$

Jika matriks \mathbf{A} ($m \times n$) memiliki rank baris penuh yang sama dengan m , maka memiliki distribusi chi-kuadrat dengan m derajat kebebasan. Oleh karena itu, pada beberapa tingkat signifikansi tertentu, (biasanya 0,05 atau 0,10) :

$$P(\boldsymbol{\tau} \geq \chi_{1-\alpha}^2(m)) = \alpha \quad (2.16)$$

Untuk nilai spesifik α , nilai kritis, τ_c dapat dihitung. Jika $\boldsymbol{\tau}$ untuk satu set data yang lebih besar dari nilai kritis, τ_c ini, maka kumpulan data memiliki $(1 - \alpha)\%$ kemungkinan mengandung kesalahan gross.

2.3 Distributed Control System

DCS (*Distributed Control System*) berhubungan dengan kontrol sistem yang biasanya digunakan pada sistem manufacturing, proses atau jenis sistem dinamik lainnya, dimana di dalamnya menggunakan elemen kontrol yang terletak di pusat sebagai pengendali utama seperti CPU pada computer tetapi semua kontroler yang digunakan menyebar ke seluruh sistem. Sistem tersebut dihubungkan oleh suatu jaringan untuk tujuan komunikasi dan monitoring.

Pada umumnya, DCS menggunakan desain prosesor sebagai kontroler dan menggunakan keduanya untuk tujuan interkoneksi dan komunikasi protokol. Modul input dan output merupakan salah satu komponen DCS. Secara umum, modul input dan output yang sering digunakan adalah analog dan digital. Berikut ini adalah bentuk konfigurasi sistem dalam perangkat DCS. Secara garis besar, komponen-komponen yang menyusunnya adalah FCS, HIS, EWS, dan komponen lapangan (*field equipment*).

- *Field Control Station (FCS)*
FCS memiliki fungsi sebagai tempat untuk mendeskripsikan detail I/O, fungsi logic, detail software, mengambil input yang masuk dari transmitter dan perintah operator, perhitungan sinyal kontrol, dan mengirim sinyal kontrol ke aktuator. Komponens FCS terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), catu daya (*power supply unit*), VLnet coupler, dan I/O module. Fungsi masing-masing komponen adalah sebagai berikut.
 - a) CPU (unit prosesor) berfungsi untuk melakukan komputasi fungsi kontrol dan setting nomor domain dan station.
 - b) Catu daya (unit catu daya) berfungsi untuk menerima daya dari *power distribution board* dan mengkonversinya menjadi tegangan searah (DC) dan mendistribusikan tegangan DC ke semua unit pada FCS.
 - c) VLnet coupler berfungsi untuk merangkaikan (*couple*) *processor card* pada *Field Control Unit (FCU)* pada kabel Vnet.

- d) I/O module berfungsi untuk mengubah sinyal analog atau digital dari *field equipment* yang menuju FCS atau sebaliknya. Tipe-tipe I/O module antara lain analog, analog multipoint, relay, multiplexer, digital, komunikasi, dan *communication card*.

Penamaan FCS menggunakan format FCSXXYY, dimana XX adalah nomor domain dan YY adalah nomor station, seperti contoh FCS0101 artinya FCS berada di domain 1 dan station 1. Berikut ini adalah contoh gambar dari slot FCS yang digunakan pada CENTUM.



Gambar 2. 3 Slot FCS [16]

- *Human Interface Station (HIS)*

HIS digunakan untuk operasi dari unit proses dan proses monitoring, parameter kontrol dan alarm, dan kebutuhan user (operator) untuk secara cepat mengetahui status plan secara cepat. Penamaan HIS sama seperti penamaan pada FCS dengan menggunakan format HISXXYY. Perbedaannya adalah nomor station HIS dimulai dari yang paling besar, seperti contoh HIS0164.



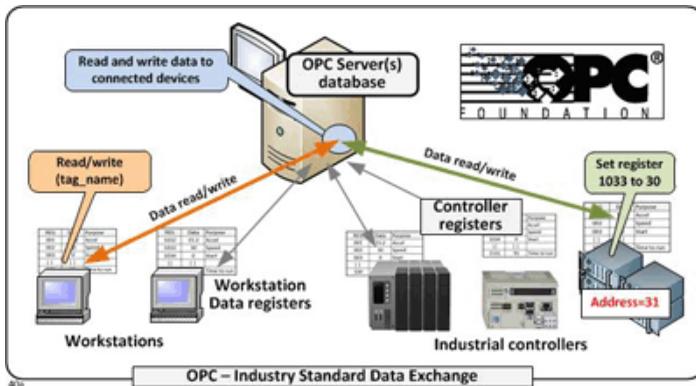
Gambar 2. 4 Human Interface Station (HIS) [15]

- *Engineering Work Station (EWS)*

EWS merupakan hardware dari sistem yang dibentuk oleh CENTUM berupa PC (*personal computer*) yang dikendalikan oleh operator di sebuah *control room*. Fungsinya sebagai kontroling dan maintenance

2.4 Communication: OPC Tool Box

Ole Process Control (OPC) adalah standar software antar muka yang memungkinkan program Windows untuk berkomunikasi dengan perangkat keras industri. OPC diimplementasikan di pasang server / klien. OPC Server adalah sebuah program perangkat lunak yang mengkonversi protokol komunikasi perangkat keras yang digunakan oleh PLC atau DCS ke dalam protokol OPC. Perangkat lunak klien OPC adalah program yang perlu untuk terhubung ke perangkat keras, seperti HMI. OPC klien menggunakan server OPC untuk mendapatkan data dari atau mengirim perintah ke hardware[11].



Gambar 2. 5 konfigurasi OPC server dan client [17]

Keuntungan OPC adalah bahwa hal itu merupakan standar terbuka, yang berarti biaya yang lebih rendah bagi produsen dan lebih banyak pilihan bagi pengguna. produsen perangkat keras hanya perlu menyediakan OPC server tunggal untuk perangkat mereka untuk berkomunikasi dengan klien OPC. vendor perangkat lunak hanya mencakup kemampuan klien OPC dalam produk mereka dan mereka menjadi langsung kompatibel dengan ribuan perangkat keras. Pengguna dapat memilih perangkat lunak klien OPC yang mereka butuhkan[11]

Skenario koneksi OPC adalah koneksi server-klien tunggal pada satu komputer seperti digambarkan di atas, tetapi ada lebih banyak kemungkinan. contohnya :

- Menghubungkan klien OPC ke beberapa server OPC. Ini disebut agregasi OPC.
- Menghubungkan klien OPC ke server OPC melalui jaringan. Hal ini dapat dilakukan dengan OPC tunneling.
- Menghubungkan server OPC ke server OPC lain untuk berbagi data. Hal ini dikenal sebagai OPC bridging.

Dalam *software* matlab terdapat fasilitas sebagai OPC sebagai media penghubung antara matlab dengan software lainnya yang memiliki OPC Client seperti halnya DCS yokogawa yang memiliki

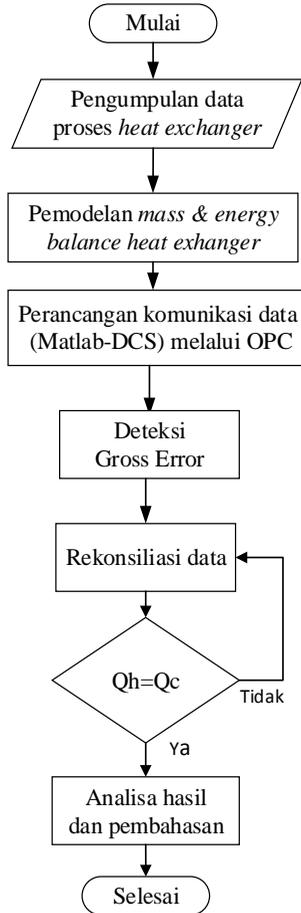
OPC Client. OPC Toolbox merupakan suatu fasilitas yang ada dalam matlab untuk menyediakan akses untuk terhubung langsung dengan OPC client dan data OPC historikal langsung dari MATLAB dan Simulink. Anda dapat membaca, menulis, dan data log OPC dari perangkat, seperti sistem terdistribusi kontrol, kontrol pengawasan dan sistem akuisisi data, dan programmable logic controller. OPC Toolbox memungkinkan untuk bekerja dengan data dari server OPC dan historical data yang sesuai dengan OPC *Data Access* (DA) standar, OPC *Historical Data Access* (HDA) standar, dan OPC *Unified Architecture*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir tugas akhir ini seperti pada **Gambar 3.1**. Masing-masing tahapan dari diagram alir penelitian akan dijelaskan di bagian subbab pada bab ini .



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

3.1 Pengumpulan Data Proses

Objek penelitian rekonsiliasi data pada penelitian kali ini adalah proses penukar panas tipe *shell* and *tube*. Data yang diambil merupakan data-data operasional yang pada penukar panas seperti laju aliran massa pada sisi *shell* dan *tube*, temperature masukan dan keluaran pada sisi *shell* maupun *tube* penukar panas. Data yang digunakan adalah merupakan data pengukuran proses rata-rata per hari yang diambil 691 hari dari tanggal 5 febuari 2007 hingga 11 febuari 2009. Berikut adalah cuplikan data proses penukar panas E-1101 dalam penelitian ini.

Tabel 3.1 Data operasional temperatur penukar panas E-1101

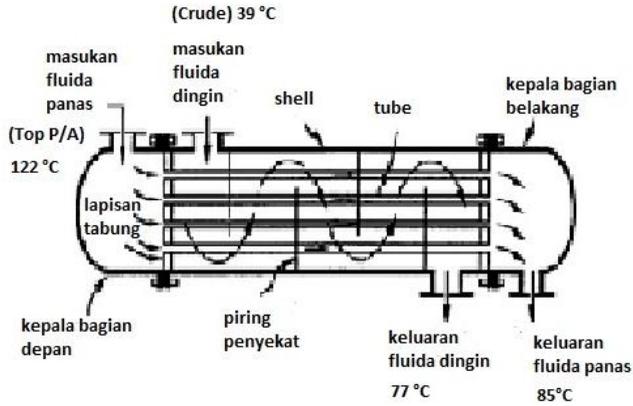
Day	Shell side inlet temp - Top P/A	Shell side outlet temp - Top P/A	Tube side inlet temp - Crude	Tube side outlet temp - Crude
	(11TI-096)	(11TI-201)	(11TI-005)	(11TI-202)
	°C	°C	°C	°C
	$T_{H,in}$	$T_{H,out}$	$t_{C,in}$	$t_{C,out}$
1	122.8	73.1	35	72.3
2	123	75.1	34.9	73.9
3	123.5	76.6	36.7	75
4	123.8	77.6	38.8	75.7
5	123.8	77.8	39	75.7
6	124.2	78.9	39.8	76.6
7	125.2	79.1	40	76.8
8	124.9	79	39.5	76.3
.
.
691	127.3	79.9	37.7	77.3

Tabel 3.2 Data operasional laju aliran massa dan kapasitas termal

Day	Shell side Mass Flow Rate - Top P/A	Tubeside mass flow rate - Crude	Crude Heat Capacity	Product Heat Capacity -Top P/A
	kg/hr	kg/hr	J/kg C	J/kg C
	G_{PROD}	G_{CRUDE}	$C_{P,CRUDE}$	$C_{P,PROD}$
1	319036.4	477663	2123	2420
2	336013.8	469058	2121	2425
3	347010	476903	2128	2429
4	347121.1	475129	2133	2432
5	347419.7	477251	2134	2432
6	346965.6	461982	2168	2435
7	346411.8	467221	2194	2437
8	346577.1	468661	2184	2437
9	348343.5	474512	2185	2441
10	347688.4	470648	2186	2448
11	337462.2	462363	2183	2442
.
.
.
691	350329.5	433433	2196	2442

3.2 Pemodelan *mass and energy balance* penukar panas

Model yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan hukum kesetimbangan massa dan energi. Diagram alir proses penukar panas dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3. 2 Diagram alir proses penukar panas E-1101 [18]

Pada proses *penukar panas* dalam kondisi *steady state*, maka persamaan kesetimbangan massa dan energi dapat dituliskan sebagai berikut :

Neraca massa :

$$\dot{m}_1 - \dot{m}_2 = 0 \quad (3.1)$$

$$\dot{m}_3 - \dot{m}_4 = 0 \quad (3.2)$$

Neraca Energi :

$$\dot{m}_1 C_{p_H} T_1 - \dot{m}_2 C_{p_H} T_2 + \dot{m}_3 C_{p_C} T_3 - \dot{m}_4 C_{p_C} T_4 = 0 \quad (3.3)$$

Dengan $r = C_{p_C}/C_{p_H}$, maka persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi :

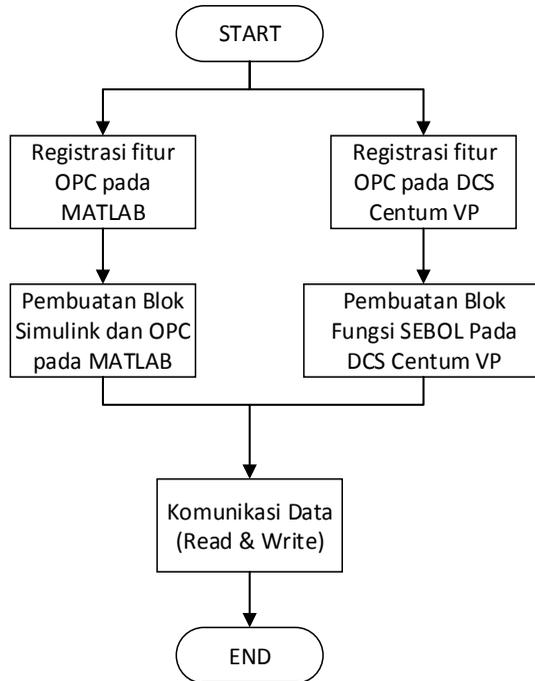
$$\dot{m}_1 T_1 - \dot{m}_2 T_2 + r \cdot \dot{m}_3 T_3 - r \cdot \dot{m}_4 T_4 = 0 \quad (3.4)$$

Dimana \dot{m}_1 dan \dot{m}_2 adalah laju aliran massa masukan dan keluaran pada *shell*, \dot{m}_3 dan \dot{m}_4 adalah laju aliran massa input pada *tube*, T1 dan T2 adalah temperature masukan dan keluaran *shell*, T3, dan T4 adalah temperature masukan dan keluaran pada *tube*, kemudian C_{pH} adalah kapasitas termal dari *shell* sedangkan C_{pC} adalah kapasitas termal dari *tube* dan r adalah pembagian antara C_{pH} dengan C_{pC} .

3.3 Perancangan komunikasi data (Matlab-DCS) melalui OPC

Pada penelitian ini, simulasi rekonsiliasi data proses dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Matlab dan DCS Yokogawa *CentumVP*. Perangkat lunak Matlab digunakan untuk mengirimkan data-data proses penukar panas menuju perangkat lunak *centumVP* sehingga seolah-olah Matlab menjadi virtual plant. Agar data proses tersebut dapat terbaca oleh perangkat lunak *CentumVP*, maka dibutuhkan suatu tools atau perangkat lunak lain sebagai jembatan untuk komunikasi antara matlab dengan DCS Yokogawa *centumVP* yaitu perangkat lunak OPC. OPC atau yang biasa disebut *OLE for Process Control* yang digunakan pada penelitian kali ini adalah *OPC Toolbox for Matlab*. *OPC Toolbox for Matlab* dapat memberi akses penuh untuk mengambil historikal data dari *Matlab* dan *Simulink*. Kemudian OPC ini bisa melakukan pembacaan, pengiriman, data log dari perangkat lain seperti DCS *CentumVP*. Berdasarkan fungsi tersebut maka data dari *Matlab* dan *CentumVP* bisa melakukan komunikasi dua arah yaitu pembacaan dan pengiriman.

Berikut adalah diagram alir perancangan komunikasi data perangkat lunak Matlab dan DCS melalui OPC.



Gambar 3. 3 Diagram alir perancangan komunikasi antara Matlab dan DCS

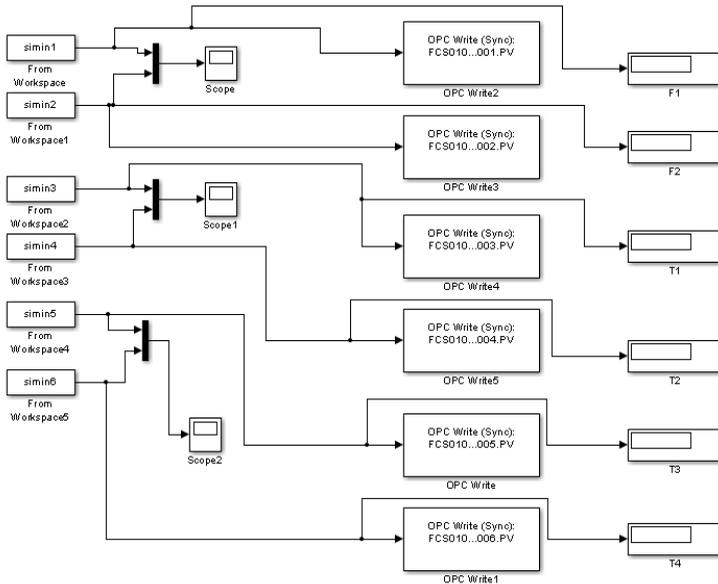
- Registrasi fitur OPC pada Matlab dan DCS Centum VP

Untuk mengaktifkan fitur OPC matlab maka harus melakukan registrasi *OPC core components* pada perangkat lunak Matlab. Setelah melakukan registrasi, maka fitur OPC toolbox terinstall pada simulink dan dapat digunakan untuk kepentingan komunikasi data antara Matlab dan DCS Centum VP.

- Pembuatan blok simulink

Pada penelitian ini digunakan Simulink untuk proses pemanggilan data dari workspace Matlab dan pengiriman data proses penukar panas menuju ke *centumVP*. Blok fungsi Simulink

yang digunakan adalah seperti *OPC config-real time*, *OPC read*, *OPC write*, *simin*, *simout*.



Gambar 3. 4 Konfigurasi Simulink

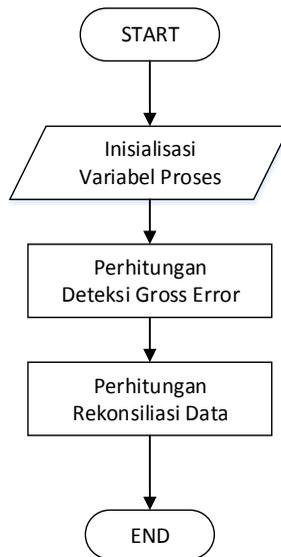
Blok fungsi *simin* pada gambar diatas berfungsi untuk memanggil data yang proses yang sudah disimpan dalam bentuk file *.mat* pada *workspace* Matlab, yaitu data laju aliran massa dan temperature dari penukar panas. Blok *simin1* dan *simin2* adalah data proses laju aliran massa *shell* dan *tube* penukar panas. Blok *simin 3* dan *simin 4* adalah data temperature inlet dan outlet dari *shell* penukar panas sedangkan blok fungsi *simin 5* dan *6* adalah data temperatur masukan dan keluaran dari *tube* penukar panas. Berikut adalah code untuk memanggil data proses pada workspace Matlab.

OPC config real-time digunakan untuk mendaftarkan dan mendefinisikan sebuah *OPC client*. Blok fungsi *OPC write OPC*

Write digunakan untuk mengirim data proses dari matlab ke *OPC Client*.

- Pembuatan blok fungsi pada CentumVP

Agar data-data proses dari matlab dapat diterima dan diolah maka terlebih dahulu dibuat blok-blok fungsi pada perangkat lunak centumVP. Fungsi blok PVI adalah sebagai indikator masukan data proses, sedangkan blok *_SFCSW* adalah blok fungsi untuk pemrograman SEBOL, dimana pada penelitian ini perhitungan untuk rekonsiliasi data penukar panas E-1101 dimasukkan kedalam blok fungsi tersebut. Diagram alir untuk pemrograman SEBOL adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 5 Diagram alir pemrograman SEBOL

Inisialisasi variabel proses pada SEBOL bergantung pada tag number yang telah di registrasi pada saat pembuatan blok fungsi. Tag number FI001 dan FI002 adalah tag number untuk masukan laju aliran massa *shell* dan *tube* penukar panas. TI001 dan TI002

adalah tag number untuk temperatur masukan dan keluaran pada sisi *shell* penukar panas. Sedangkan TI003 dan TI004 adalah tag number untuk masukan temperatur dan keluaran dari pada sisi *tube* penukar panas. Tag Sedangkan blok fungsi BDSET-1L adalah sebagai blok untuk menampung variabel-variabel yang diolah pada SEBOL.

- Komunikasi data antara perangkat lunak OPC Matlab dan DCS Centum VP

Setelah blok fungsi pada Simulink dan centumVP telah dibuat maka dapat dilakukan komunikasi antar kedua perangkat lunak melalui OPC matlab sehingga data-data dari matlab yang tersebut seolah-olah menjadi data real plant yang diterima oleh centumVP.

3.4 Deteksi Gross Error

Pada penelitian ini menggunakan metode *Global test* dalam mendeteksi gross error. *Global test* merupakan metode yang cepat dan berguna dalam deteksi gross error. Seperti namanya, *global test* dapat menentukan apakah atau tidak suatu kumpulan data berisi gross error, tetapi tidak akan menunjukkan dengan tepat di mana terjadinya gross error. Oleh karena itu, analisis awal yang baik, untuk melihat apakah tindakan lebih lanjut akan diperlukan.

3.5 Rekonsiliasi Data

Teknik rekonsiliasi bilinear digunakan karena semua variabel proses pada penukar panas terukur dan pada penelitian ini teknik tersebut diimplementasikan pada SEBOL dalam blok fungsi `_SFCSW`.

3.6.1 Rekonsiliasi Data Bilinear

Untuk melakukan rekonsiliasi data pengukuran laju aliran massa dan temperature pada penukar panas maka kesetimbangan massa dan energi harus dijadikan konstrain pada fungsi tujuan pada persamaan (2.1).

Pada proses penukar panas dalam penelitian ini terdapat 8 variable proses pengukuran, sehingga 8 variable tersebut apabila diubah ke dalam bentuk matriks menjadi seperti berikut.

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} \dot{m}_1 \\ \dot{m}_2 \\ \dot{m}_3 \\ \dot{m}_4 \\ \dot{m}_1 T_1 \\ \dot{m}_2 T_2 \\ \dot{m}_3 T_3 r \\ \dot{m}_4 T_4 r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \\ y_7 \\ y_8 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

Matriks A merupakan matriks insiden matriks 3×8 yang merepresentasikan model proses. Proses model dalam hal ini adalah persamaan kesetimbangan massa dan energi dari penukar panas yaitu persamaan (3.1), (3.2), dan (3.3). Sehingga fungsi tujuan dari rekonsiliasi data bilinear proses penukar panas dapat dituliskan seperti pada persamaan (2.9).

Kemudian konstrain model proses pada persamaan (2.9) apabila dijadikan dalam bentuk matriks maka menjadi seperti berikut:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Sebelum melaksanakan perhitungan rekonsiliasi data, standar deviasi dari kesalahan pengukuran harus dievaluasi terlebih dahulu. Dalam penelitian ini, diasumsikan bahwa kesalahan pengukuran disebabkan oleh alat ukur dan memperlakukan mereka sebagai kesalahan acak, karena nilai-nilai dari proses yang sebenarnya tidak diketahui. Secara umum, kesalahan acak diasumsikan memiliki distribusi normal dengan nilai tengah nol. Kesalahan yang diperbolehkan dari alat ukur yang ditentukan oleh kelas akurasinya adalah interval kepercayaan dari probabilitas distribusi kesalahan dengan tingkat kepercayaan 95% [14]. Maka

standar deviasi dari kesalahan pengukuran dapat dievaluasi sebagai berikut

$$\delta = \frac{\varepsilon_i}{1.96} \quad (3.6)$$

Dimana ε_i adalah nilai error maksimal yang diizinkan dalam suatu proses. Dengan persamaan (3.6) maka standar deviasi dari masing-masing variabel proses adalah :

$$\delta_1 = \delta_2 = (0.05 \times \dot{m}_1)/1.96$$

$$\delta_3 = \delta_4 = (0.05 \times \dot{m}_3)/1.96$$

$$\delta_5 = \delta_6 = \delta_7 = \delta_8 = 1/1.96$$

Nilai 0.05 adalah akurasi dari instrument pengukuran laju aliran massa dan 1 adalah nilai akurasi dari pengukuran temperatur penukar panas E-1101. Setelah mendapatkan nilai standar deviasi dari variabel proses, maka dapat dihitung nilai variansinya, yaitu kuadrat dari standard deviasi. Pada metode rekonsiliasi data bilinear, variansi dapat dirumuskan dalam bentuk matriks seperti berikut :

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} V_F & 0 \\ 0 & V_{FT} \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

Dimana V_F adalah variansi dari nilai pengukuran laju aliran massa, sedangkan V_{FT} adalah variansi dari perkalian antara variable proses laju aliran massa dan temperature. Variansi V_{FT} dapat dihitung dengan melakukan linierisasi menggunakan deret Taylor orde satu [12] seperti berikut. :

$$\text{Var}(\dot{m}_i T_i) \approx (T_i)^2 \text{Var}(\dot{m}_i) + (\dot{m}_i)^2 \text{Var}(T_i) \quad (3.8)$$

Dari persamaan (3.8) maka masing-masing V_{FT} dan V_F dapat dihitung dengan :

$$V_{F_1} \approx (\delta_1)^2$$

$$V_{F_2} \approx (\delta_2)^2$$

$$\begin{aligned}
V_{F_3} &\simeq (\delta_3)^2 \\
V_{F_4} &\simeq (\delta_4)^2 \\
V_{FT_1} &\simeq (T_1)^2(\delta_1)^2 + (\dot{m}_1)^2(\delta_5)^2 \\
V_{FT_2} &\simeq (T_2)^2(\delta_2)^2 + (\dot{m}_2)^2(\delta_6)^2 \\
V_{FT_3} &\simeq (T_3)^2(\delta_3)^2 + (\dot{m}_3)^2(\delta_7)^2 \\
V_{FT_4} &\simeq (T_4)^2(\delta_4)^2 + (\dot{m}_4)^2(\delta_8)^2
\end{aligned}$$

Setelah diketahui variansi data dan matriks insiden A, maka rekonsiliasi data dapat dilakukan menggunakan persamaan (2.10).

Hasil rekonsiliasi data yang didapat adalah hasil dari laju aliran massa dan perkalian antara laju aliran massa dan temperatur. Untuk mendapatkan hasil rekonsiliasi data temperature maka dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ T_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{y}_5/\hat{y}_1 \\ \hat{y}_6/\hat{y}_2 \\ \hat{y}_7/\hat{y}_3r \\ \hat{y}_8/\hat{y}_4r \end{bmatrix} \quad (3.10)$$

3.6 Analisis Hasil

Analisis hasil dilakukan untuk mengetahui hasil rekonsiliasi data berhasil atau tidak . Hasil rekonsiliasi dapat dikatakan berhasil apabila perbedaan energi pada sisi *shell* dan *tube* pada proses penukar panas mendekati nol sehingga memenuhi hukum kesetimbangan massa dan energi,

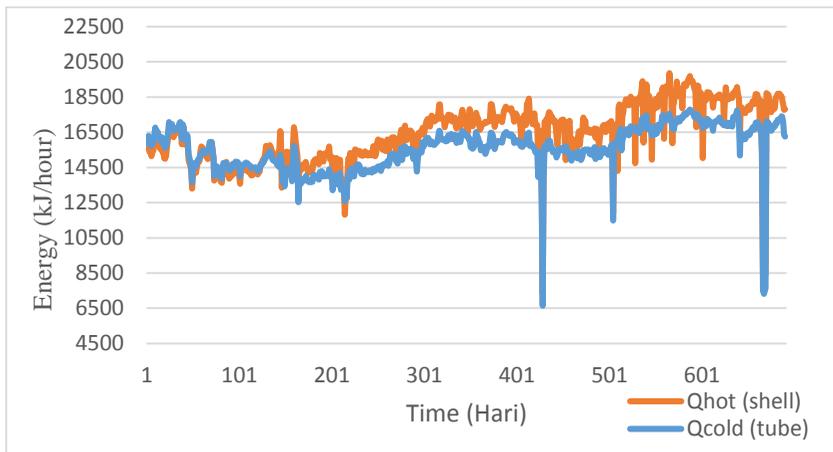
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil dan pembahasan tugas akhir ini.

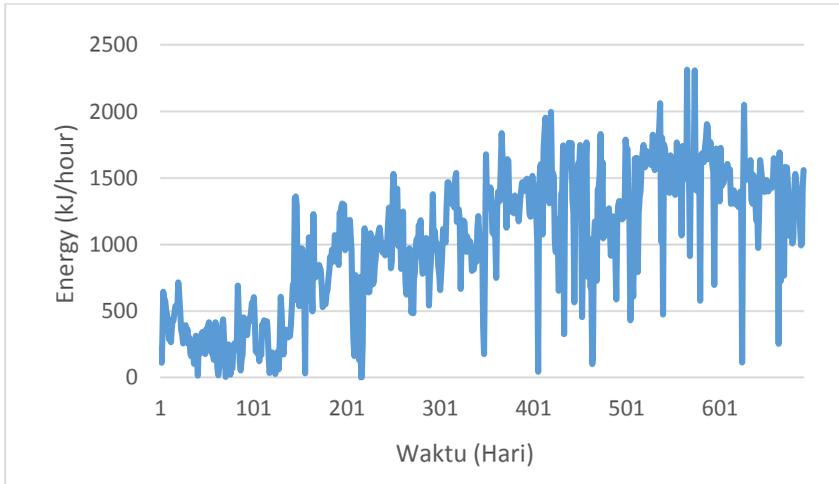
4.1 Hasil perhitungan kesetimbangan massa dan energi penukar panas E-1101

Pada studi kasus penukar panas E-1101, data proses dari penukar panas E-1101 dikirim dari OPC matlab ke perangkat lunak SEBOL centumVP untuk dilakukan proses pengolahan data. Proses pengolahan data perangkat lunak centumVP meliputi perhitungan kesetimbangan massa sebelum dan sesudah rekonsiliasi data, rekonsiliasi data dan deteksi gross error. Proses perhitungan kesetimbangan energi pada penukar panas dan diimplementasikan kedalam blok fungsi SEBOL dan hasil perhitungan ditampilkan melalui fitur *trend group* pada centumVP seperti yang terlihat pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4. 1 Hasil *trend* data energi panas pada sisi *shell* dan *tube* penukar panas sebelum rekonsiliasi data pada centumVP

Pada **Gambar 4.1** , garis yang berwarna oranye adalah adalah data energi panas pada sisi *shell* (Q_{hot}) sedangkan garis yang berwarna biru adalah data energi panas pada sisi *tube* (Q_{cold}). Terdapat selisih nilai antara energi pada sisi *shell* dan sisi *tube* penukar panas sebelum rekonsiliasi data. Besar selisih energi panas (Q) pada sisi *shell* (Q_{hot}) dan *tube* (Q_{cold}) penukar panas sebelum rekonsiliasi data dapat dilihat pada **Gambar 4.2**



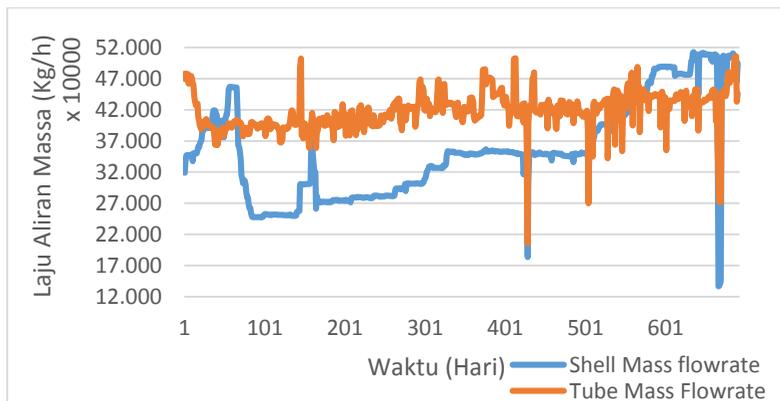
Gambar 4.2 Kesetimbangan energi penukar panas E-1101 sebelum rekonsiliasi data

Berdasarkan grafik diatas, rata-rata selisih antara Q_{hot} dan Q_{cold} adalah 1019.0010 kJ/hour sedangkan nilai maksimum perubahannya adalah 2312.651934 kJ/hour. Oleh karena hal tersebut, proses penukar panas tidak memenuhi hukum kesetimbangan massa dan energi sehingga perlu dilakukan rekonsiliasi data.

4.2 Hasil rekonsiliasi data

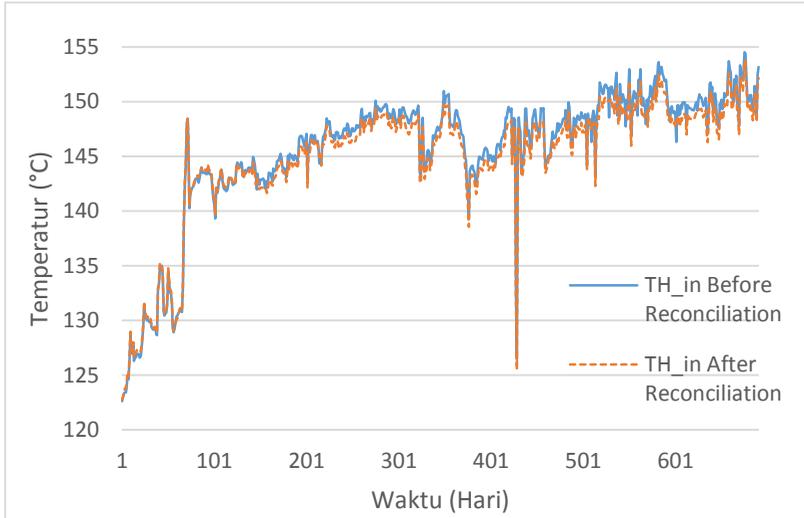
Adanya selisih energi panas sisi *shell* dan *tube* penukar panas menyebabkan terjadinya ketidaksetimbangan energi. Agar data proses dapat secara langsung direkonsiliasi pada DCS, maka teknik rekonsiliasi data diimplementasikan pada perangkat lunak SEBOL centumVP. Setelah teknik rekonsiliasi data telah terimplementasi pada SEBOL, maka data proses yang dikirim melalui OPC matlab ke perangkat lunak centumVP dapat direkonsiliasi dan hasilnya dapat dilihat fitur *trend group* centumVP.

Pada studi kasus ini, perubahan variabel proses akibat dari rekonsiliasi data hanya terjadi pada variabel temperatur saja. Hal itu disebabkan karena masukan dan keluaran laju aliran massa baik pada sisi *shell* maupun pada sisi *tube* adalah sama sehingga konstrain persamaan (3.1) dan (3.2) telah terpenuhi. Oleh karena hal tersebut, laju aliran massa pada sisi *shell* dan *tube* tidak mengalami perubahan nilai akibat rekonsiliasi data seperti yang terlihat pada **Gambar 4.3**.



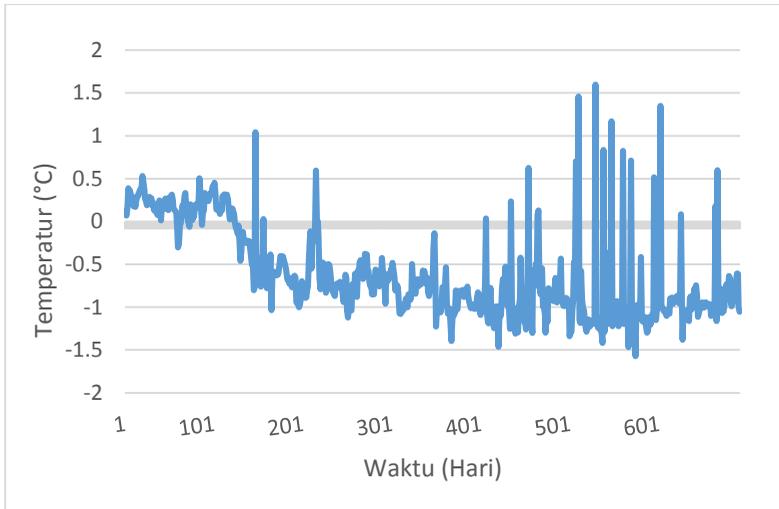
Gambar 4.3 *Trend* data pengukuran dan hasil rekonsiliasi data laju aliran massa pada sisi *shell* penukar panas

Pada variabel temperatur masukan pada sisi *shell* (T_{hot_in}), perbedaan antara data pengukuran dan hasil rekonsiliasi dapat ditunjukkan pada **Gambar 4.4**



Gambar 4.4 *Trend* data pengukuran dan hasil rekonsiliasi data temperatur masukan pada sisi *shell* penukar panas

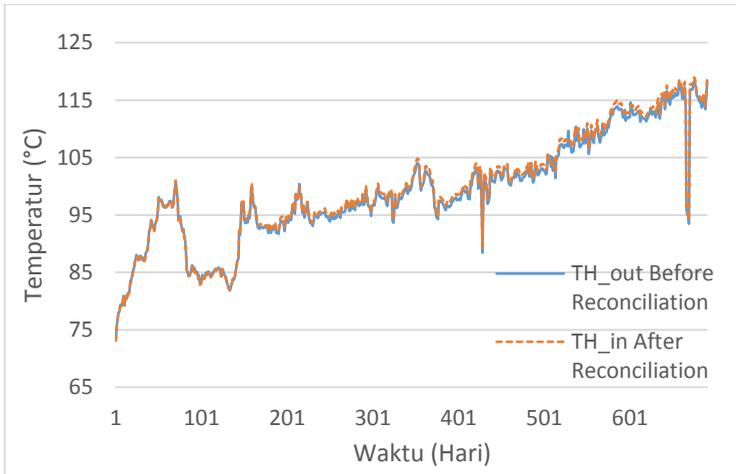
Dari **Gambar 4.4**, garis berwarna biru adalah data pengukuran dan garis berwarna oranye adalah hasil rekonsiliasi temperatur masukan *shell*. Terlihat perbedaan nilai temperatur pada data pengukuran dan hasil rekonsiliasi temperatur masukan sisi *shell*. Hasil *trend* data juga memperlihatkan bahwa sebagian besar hasil rekonsiliasi nilai pengukuran temperatur masukan pada sisi *shell* memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan data pengukuran. Perubahan temperatur akibat rekonsiliasi data ditunjukkan pada **Gambar 4.5**



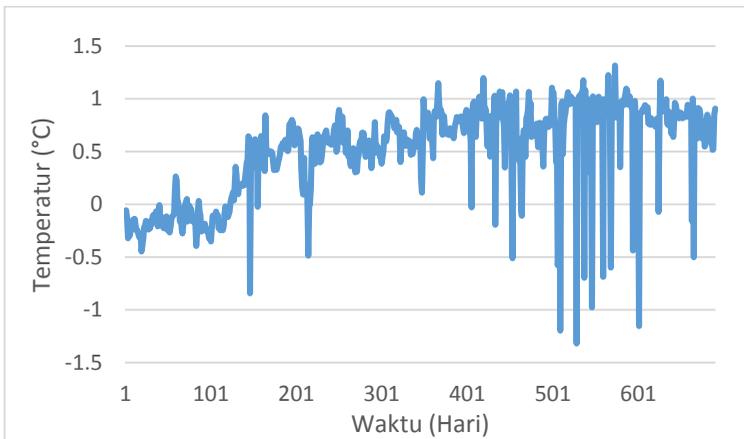
Gambar 4. 5 Perbedaan temperatur pengukuran dan hasil rekonsiliasi pada sisi masukan *shell*

Dari grafik pada **Gambar 4.5** diatas, rata-rata perubahan temperatur masukan pada sisi *shell* akibat rekonsiliasi sebesar -0.5681 °C. Perubahan maksimum terjadi pada data ke-529 yaitu sebesar -1.5954 °C. Perubahan nilai pengukuran akibat rekonsiliasi data cenderung ke arah negatif atau lebih kecil dari data pengukuran ketika energi panas pada sisi *shell* (Q_{hot}) lebih kecil dibandingkan energi panas pada sisi *tube* (Q_{cold}).

Hasil rekonsiliasi dan data pengukuran variabel temperatur keluaran sisi *shell* (T_{hot_out}), ditunjukkan pada **Gambar 4.6** . Trend data menunjukkan bahwa hasil rekonsiliasi cenderung bernilai lebih tinggi dibandingkan dengan data pengukuran. Dari **Gambar 4.6**, garis berwarna biru adalah data pengukuran dan garis berwarna oranye adalah hasil rekonsiliasi temperatur keluaran *shell*. Hal tersebut juga didukung dengan grafik perubahan temperatur akibat rekonsiliasi data ditunjukkan pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4. 6 *Trend* data pengukuran dan hasil rekonsiliasi data temperatur keluaran pada sisi *shell* penukar panas



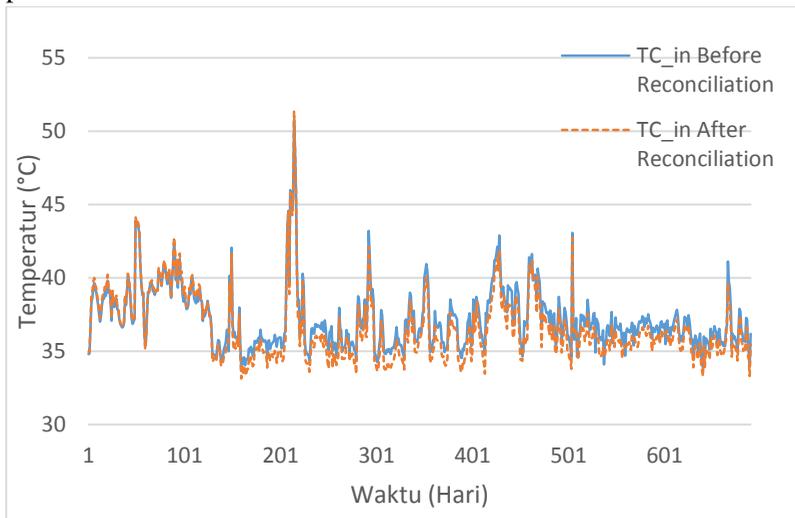
Gambar 4. 7 Perbedaan temperatur pengukuran dan hasil rekonsiliasi pada sisi keluaran shell

Dari grafik pada **Gambar 4.7**, rata-rata perubahan temperatur keluaran pada sisi *shell* akibat rekonsiliasi sebesar 0.4827 °C.

Perubahan maksimum terjadi pada data ke-529 yaitu sebesar $1.3197\text{ }^{\circ}\text{C}$

Dengan adanya perubahan nilai data pengukuran temperatur pada sisi *shell* akibat rekonsiliasi data, maka selisih antara temperature masukan dan keluaran (ΔT_H) menjadi semakin kecil dibandingkan dengan ΔT_H sebelum direkonsiliasi saat energi panas pada sisi *shell* lebih besar dibandingkan dengan energi pada sisi *tube*. Sebaliknya, ketika energi panas pada sisi tube lebih besar dari energi pada sisi shell maka ΔT_H semakin besar,

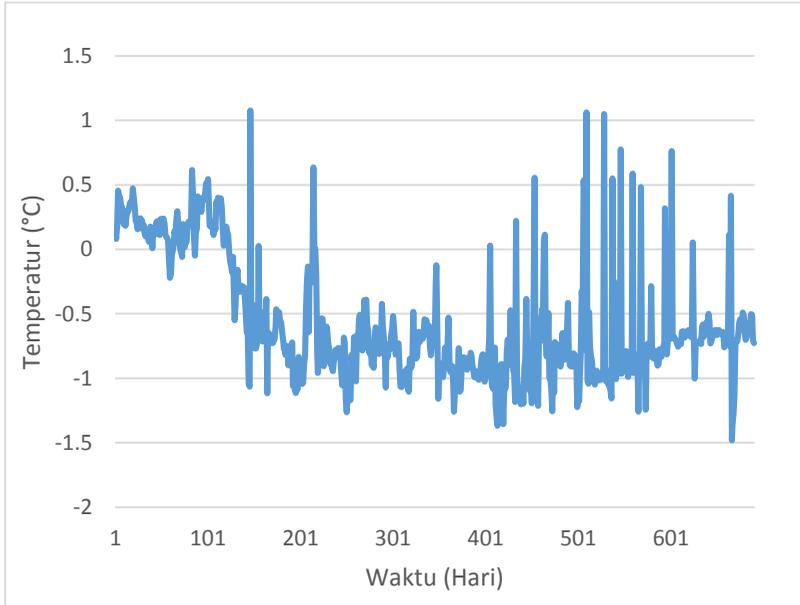
Pada variabel temperatur masukan sisi *tube* (T_{cold_in}), perbedaan antara data pengukuran dan hasil rekonsiliasi dapat ditunjukkan pada **Gambar 4.8**



Gambar 4.8 *Trend* data pengukuran dan hasil rekonsiliasi data temperatur masukan pada sisi *tube* penukar panas

Garis berwarna biru dan oranye pada **Gambar 4.8** menunjukkan data pengukuran dan hasil rekonsiliasi temperatur masukan pada sisi *tube* penukar panas. Berdasarkan pengamatan pada *trend* data pengukuran dan rekonsiliasi temperatur masukan pada sisi *tube*,

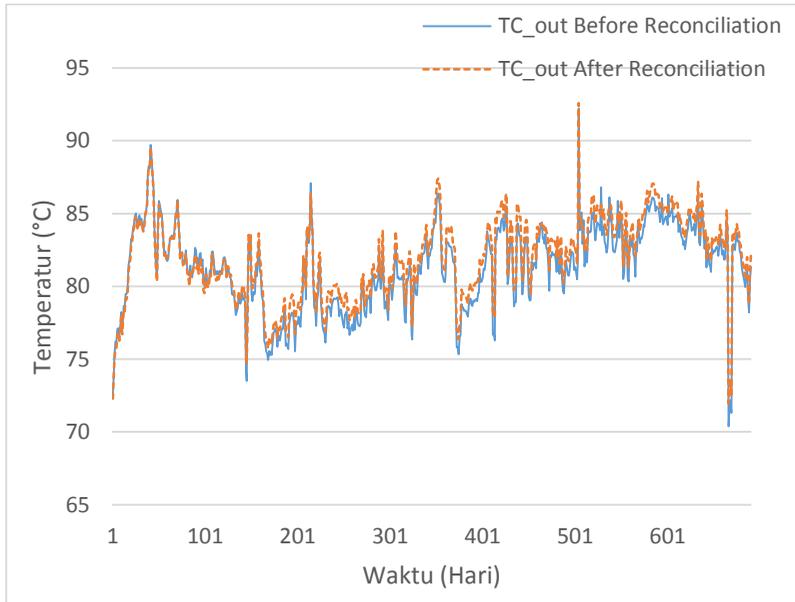
terdapat perbedaan nilai diantara kedua data tersebut. Perbedaan tersebut terjadi karena perubahan temperatur akibat rekonsiliasi data yang ditunjukkan pada **Gambar 4.9**



Gambar 4.9 Perbedaan temperatur pengukuran dan hasil rekonsiliasi sisi masukan *tube*

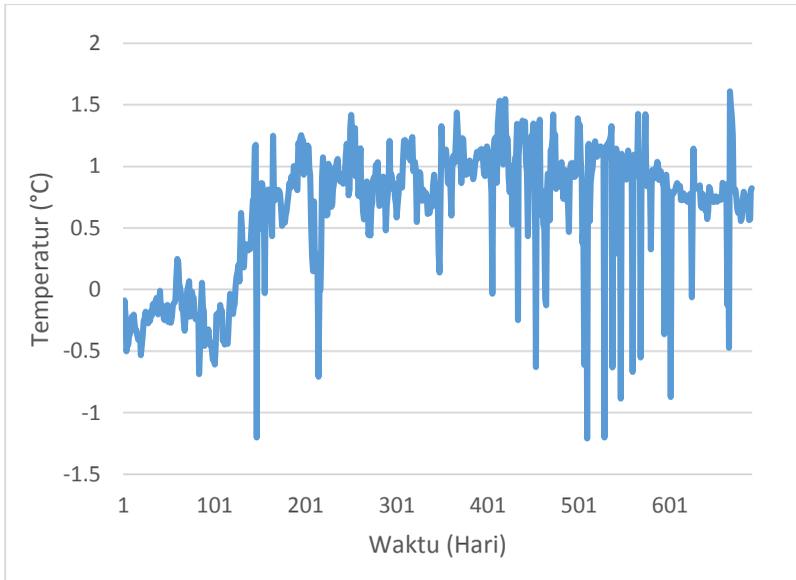
Dari grafik pada **Gambar 4.9**, perubahan data menyebabkan kenaikan dan penurunan nilai pada data temperatur masukan pada sisi *tube* penukar panas. Rata-rata perubahan temperatur masukan pada sisi *tube* akibat rekonsiliasi sebesar $-0.5392\text{ }^{\circ}\text{C}$. Perubahan maksimum terjadi pada data ke-529 yaitu sebesar $-1.4798\text{ }^{\circ}\text{C}$. Perubahan nilai pengukuran temperatur masukan pada sisi *tube* cenderung ke sisi negatif karena sebagian besar data energi panas pada sisi *tube* lebih besar dibandingkan energi panas pada sisi *shell*.

Pada variabel temperatur keluaran sisi *tube* (T_{cold_out}), *trend* data pengukuran dan hasil rekonsiliasi dapat ditunjukkan pada **Gambar 4.10**.



Gambar 4.10 *Trend* data pengukuran dan hasil rekonsiliasi data temperatur keluaran pada sisi *tube* penukar panas

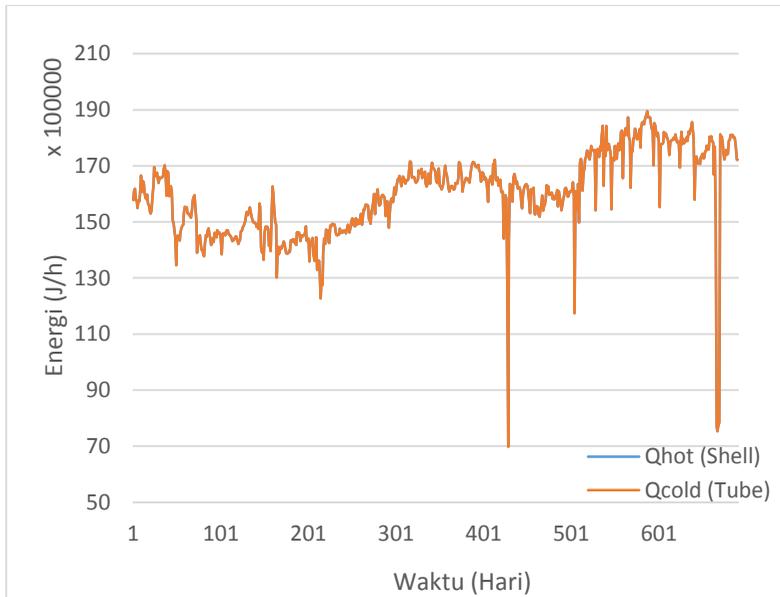
pada **Gambar 4.10**, garis berwarna biru adalah data pengukuran dan garis berwarna oranye adalah hasil rekonsiliasi temperatur keluaran *tube*. Rata-rata perubahan temperatur masukan pada sisi *tube* akibat rekonsiliasi sebesar $0.6104\text{ }^{\circ}\text{C}$ sehingga hasil data rekonsiliasi sebagian besar cenderung lebih tinggi dari data pengukuran. Perubahan maksimum terjadi pada data ke-529 yaitu sebesar $1.2071\text{ }^{\circ}\text{C}$. Perubahan data sulit untuk diamati pada *trend* data, maka dibuat grafik perubahan temperatur akibat rekonsiliasi data ditunjukkan pada **Gambar 4.11**.



Gambar 4. 11 Perbedaan temperatur pengukuran dan hasil rekonsiliasi pada sisi keluaran *tube*

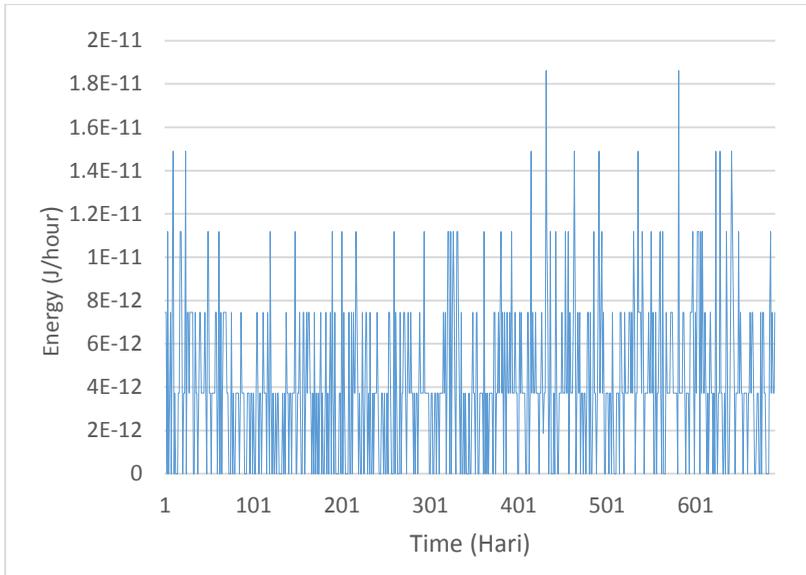
Dengan adanya perubahan nilai pengukuran temperatur pada sisi *tube* akibat rekonsiliasi data, maka selisih antara temperatur masukan dan keluaran (ΔT_c) menjadi lebih besar dibandingkan sebelum rekonsiliasi data saat energi panas pada sisi *shell* lebih besar dibandingkan dengan energi pada sisi *tube*. Sebaliknya, saat energi panas pada sisi *tube* lebih besar dari energi panas pada sisi *shell* maka ΔT_c lebih kecil dibandingkan dengan ΔT_c sebelum direkonsiliasi.

Perubahan nilai variabel proses akibat rekonsiliasi data berdampak pada nilai energi panas pada sisi *shell* (Q_{hot}) dan energi panas pada sisi *tube* penukar panas (Q_{cold}). Hasil perhitungan energi setelah rekonsiliasi data dapat dilihat pada data *trend group* centumVP seperti pada **Gambar 4.12**.



Gambar 4. 12 Hasil *trend* energi panas pada sisi *shell* (Q_{hot}) tdan *tube* (Q_{cold}) penukar panas setelah rekonsiliasi

Setelah dilakukan rekonsiliasi data, selisih nilai energi antara Q_{hot} dan Q_{cold} menjadi jauh lebih kecil dibandingkan dengan data sebelum dilakukan rekonsiliasi data sehingga selisihnya tidak dapat terlihat pada data trend. Agar selisih data Q_{hot} dan Q_{cold} dapat diamati, dapat dilihat pada **Gambar 4.13** yang merupakan grafik hasil perhitungan kesetimbangan massa setelah dilakukan rekonsiliasi data.

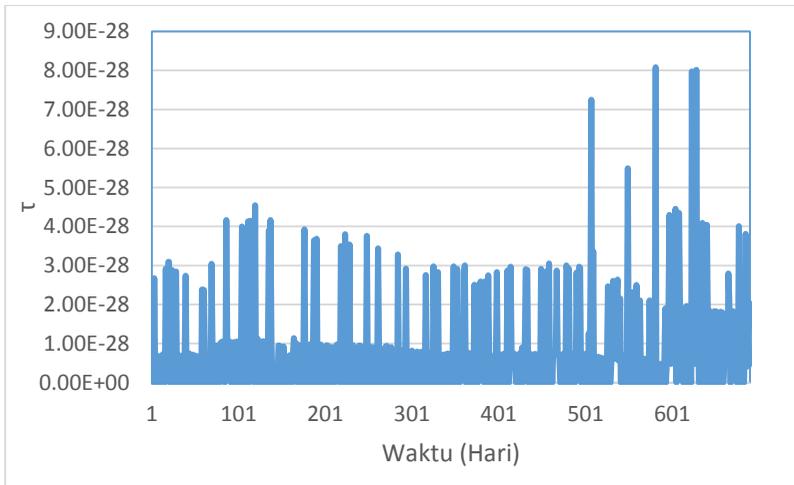


Gambar 4. 13 Kestimbangan energi pada sisi *shell* dan *tube* penukar panas setelah rekonsiliasi

Dari grafik diatas, selisih antara energi panas pada sisi *shell* dan *tube* penukar panas sekitar 0 hingga 2×10^{-10} . Karena selisih yang sangat kecil, maka proses telah dianggap memenuhi hukum kesetimbangan massa dan energi setelah direkonsiliasi.

4.3 Hasil Deteksi Gross Error

Setelah dilakukan proses rekonsiliasi data, maka dilakukan deteksi gross error menggunakan metode global test. Grafik hasil dari deteksi gross error menggunakan global test dapat dilihat pada **Gambar 4.14**:



Gambar 4. 14 Hasil Deteksi Gross Error

Berdasarkan grafik diatas, pada proses penukar panas E-1101 memiliki nilai τ global test antara 0 hingga 8×10^{-28} dari sebanyak 691 data yang diproses. Nilai tersebut lebih kecil dari nilai chi-square dengan tiga derajat kebebasan dan taraf signifikansi 95% yaitu 7.81 sehingga pada proses penukar panas ini tidak terdapat gross error.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Rekonsiliasi data proses dapat diimplementasikan pada perangkat lunak DCS Yokogawa centumVP melalui blok fungsi *Sequence and Batch Oriented Language* (SEBOL) dan *Ole for Process Control* (OPC).
- Perbedaan energi pada sisi *shell* dan *tube* penukar panas E-1101 adalah sekitar 0 hingga 2×10^{-10} setelah dilakukan rekonsiliasi data sehingga memenuhi hukum kesetimbangan massa dan energi .
- Tidak terdapat gross error pada penukar panas E-1101 karena nilai global test diantara 0 hingga 8×10^{-28} , lebih kecil dibandingkan nilai chi-square dengan tiga derajat kebebasan dan taraf signifikansi 5%.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah supaya pada penelitian serupa digunakan beberapa metode rekonsiliasi data yang diimplementasikan pada perangkat lunak DCS centum VP.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yang, Youqi. Ten, Rongbo. Jao, Luiqun. "A study of gross error detection and data reconciliation in process industries". *Computers & Chemical Engineering*.1995.
- [2] Derya B. Özyurt, Ralph W. Pike. "Theory and practice of simultaneous data reconciliation and gross error detection for chemical processes". *Computers and Chemical Engineering*.2004
- [3] Cencic, O, Fruhwirth, R." A General Framework for Data Reconciliation-Part I: Linear Constraints". *Computers & Chemical Engineering*.2015
- [4] Kuehn D, Davidson H. "Computer control II. mathematics of control". *Chemical Engineering Progres*.1961
- [5] Martinez Prata D, Schwaab M, Luis Lima E, Carlos Pinto J. "Simultaneous robust data reconciliation and gross error detection through particle swarm opti-mization for an industrial polypropylene reactor". *Chemical Engineering Science* 2010.
- [6] Manenti F, Signor S, Grazia Grottoli M, Fabbri P. "Adaptive data reconciliation coupling C++ and PRO/II and on-line application by the field". *Computer Aided Chemical Engineering*. 2010
- [7] Yongkasemkul P, Siemanond K, Nivartvong N, Chaleoysamai Y, Chuvaree R. "Data reconciliation and energy audits for PTT gas separation plant No.5 (GSP5)". *Chemical Engineering Transaction*.2012
- [8] Gonzalez R, Huang B, Xu F, Espejo A. "Dynamic bayesian approach to gross error detection and compensation with application toward an oil sands process". *Chemical Engineering Science*.2012

- [9] Vasebi A, Poulin É, Hodouin D. “Dynamic data reconciliation in mineral and metallurgical plants”. *Annual Review Control*. 2012.
- [10] Martínez-Maradiaga D, Bruno JC, Coronas A. Steady-state data reconciliation for absorption refrigeration systems. *Applied Thermal Engineering*, 2013
- [11] A. Haryanto, P. Siregar, D. Kurniadi, and K. S. Hong, “Development of integrated Alstom gasification simulator for implementation using DCS CS3000,” in *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 2008.
- [12] Narasimhan, Shankar. “Data Reconciliation & Gross Error Detection, An Intelligent Use of Process Data”.2000.
- [13] Romagnoli J.A, Sanchez M.C, “Data Processing and Reconciliation for Chemical Process Operations”.1998.
- [14] Xiaolong Jiang, Pei Liu, Zheng Li, “Data reconciliation and gross error detection for operational data in power plants”. *Energy*. 2014
- [15] Anonim. “Distributed Control System (DCS)”. Diakses pada tanggal 27 Agustus 2016, pukul 11:25 wib. [URL:http://solve.nitk.ac.in/dmdocuments/electrical/DCS_write_up.pdf](http://solve.nitk.ac.in/dmdocuments/electrical/DCS_write_up.pdf)
- [16] Anonim. “Corporate History of Yokogawa Electric Corporation”. Diakses pada tanggal 4 Agustus 2016, pukul 10:24 wib. [URL:http://www.yokogawa.com/pr/corporate/pr_corphistory-en.htm](http://www.yokogawa.com/pr/corporate/pr_corphistory-en.htm).
- [17] OPC Foundation, “OPC Data Access Custom Interface Standard,” pp. 1–190, 2004.
- [18] Shah, R.K. and D.P. Sekulic, ”*Fundamentals of heat exchanger design*”. 2003: John Wiley & Sons.

LAMPIRAN

PROGRAM REKONSILIASI DATA PADA BLOK FUNGSI SEBOL

```
#INCLUDE "std.h"
BLOCK BDSET-1L BD001
BLOCK PVI FI001
BLOCK PVI FI002
BLOCK PVI TI001
BLOCK PVI TI002
BLOCK PVI TI003
BLOCK PVI TI004

integer  c,d,k,i,j
double
A[10,10],V[10,10],AV[10,10],AT[10,10],AVAT[1
0,10],VAT[10,10],INV[10,10],Y[10,10],AY[10,1
0],AA[10,10],YY[10,10]
double
g,ratio,stdev[10],F1,F2,F3,F4,T1,T2,T3,T4,su
m,ra,CpC,CpH

!Mengaktifkan Fitur CAL agar data proses
pada matlab dapat diakses oleh centum
FI001.&PV = "CAL"
FI002.&PV = "CAL"
TI001.&PV = "CAL"
TI002.&PV = "CAL"
TI003.&PV = "CAL"
TI004.&PV = "CAL"

WHILE (1)

CpC=BD001.DT13
CpH=BD001.DT14

ra=CpC/CpH
```

```
sum=0
```

```
!inisialisasi Variabel
```

```
F1=FI001.PV
```

```
F2=F1
```

```
F3=FI002.PV
```

```
F4=F3
```

```
T1=TI001.PV
```

```
T2=TI002.PV
```

```
T3=TI003.PV
```

```
T4=TI004.PV
```

```
stdev[1]=(0.005*F1/1.96)
```

```
stdev[2]=(0.005*F2/1.96)
```

```
stdev[3]=(0.005*F3/1.96)
```

```
stdev[4]=(0.005*F4/1.96)
```

```
!matriks Insiden
```

```
A[1,1]=1
```

```
A[1,2]=-1
```

```
A[1,3]=0
```

```
A[1,4]=0
```

```
A[1,5]=0
```

```
A[1,6]=0
```

```
A[1,7]=0
```

```
A[1,8]=0
```

```
A[2,1]=0
```

```
A[2,2]=0
```

```
A[2,3]=1
```

```
A[2,4]=-1
```

```
A[2,5]=0
```

```
A[2,6]=0
```

```
A[2,7]=0
```

```
A[2,8]=0
```

```
A[3,1]=0
A[3,2]=0
A[3,3]=0
A[3,4]=0
A[3,5]=1
A[3,6]=-1
A[3,7]=1
A[3,8]=-1
```

```
!matriks kovariansi
```

```
V[1,1]=stdev[1]
V[1,2]=0
V[1,3]=0
V[1,4]=0
V[1,5]=0
V[1,6]=0
V[1,7]=0
V[1,8]=0
```

```
V[2,1]=0
V[2,2]=stdev[2]
V[2,3]=0
V[2,4]=0
V[2,5]=0
V[2,6]=0
V[2,7]=0
V[2,8]=0
```

```
V[3,1]=0
V[3,2]=0
V[3,3]=stdev[3]
V[3,4]=0
V[3,5]=0
V[3,6]=0
V[3,7]=0
V[3,8]=0
```

V[4,1]=0
V[4,2]=0
V[4,3]=0
V[4,4]=stdev[4]
V[4,5]=0
V[4,6]=0
V[4,7]=0
V[4,8]=0

V[5,1]=0
V[5,2]=0
V[5,3]=0
V[5,4]=0

V[5,5]=(stdev[1]*stdev[1])*(T1^2)+(F1^2)*((1/1.96)*(1/1.96))
V[5,6]=0
V[5,7]=0
V[5,8]=0

V[6,1]=0
V[6,2]=0
V[6,3]=0
V[6,4]=0
V[6,5]=0

V[6,6]=(stdev[2]*stdev[2])*(T2^2)+(F2^2)*((1/1.96)*(1/1.96))
V[6,7]=0
V[6,8]=0

V[7,1]=0
V[7,2]=0
V[7,3]=0
V[7,4]=0
V[7,5]=0
V[7,6]=0

$$V[7,7] = (\text{stdev}[3] * \text{stdev}[3]) * (T3^2) + (F3^2) * ((1 / 1.96) * (1 / 1.96))$$

$$V[7,8] = 0$$

$$V[8,1] = 0$$

$$V[8,2] = 0$$

$$V[8,3] = 0$$

$$V[8,4] = 0$$

$$V[8,5] = 0$$

$$V[8,6] = 0$$

$$V[8,7] = 0$$

$$V[8,8] = (\text{stdev}[4] * \text{stdev}[4]) * (T4^2) + (F4^2) * ((1 / 1.96) * (1 / 1.96))$$

!matriks Y (Measured Value)

$$Y[1,1] = F1$$

$$Y[2,1] = F2$$

$$Y[3,1] = F3$$

$$Y[4,1] = F4$$

$$Y[5,1] = F1 * T1$$

$$Y[6,1] = F2 * T2$$

$$Y[7,1] = F3 * T3 * ra$$

$$Y[8,1] = F4 * T4 * ra$$

!Matriks A Transpose

for c = 1 to 3

for d = 1 to 8

$$AT[d,c] = A[c,d]$$

next@

next@

!Loop perkalian matriks A*V

for c = 1 to 3

for d = 1 to 8

```

        for k = 1 to 8
            sum = sum + A[c,k]*V[k,d]
        next@
    AV[c,d] = sum
    sum = 0
next@
next@

!Perkalian matriks A*V*AT
for c = 1 to 3
    for d = 1 to 3
        for k = 1 to 8
            sum = sum + AV[c,k]*AT[k,d]
        next@
        AVAT[c,d]=sum
        sum = 0
    next@
next@

!invers matriks A*V*AT
    for i = 1 to 3
        for j = 4 to 6
            if(i==(j-3)) then
                AVAT[i,j] = 1.0
            else
                AVAT[i,j] = 0.0
            end if
        next@
    next@
next@
    for i = 1 to 3
        for j = 1 to 3
            if(i<>j) then
                ratio = AVAT[j,i]/AVAT[i,i]
                for k = 1 to 6
                    AVAT[j,k] = AVAT[j,k]-
ratio*AVAT[i,k]
                next@
            end if
        next@
    next@

```

```

        end if
    next@
next@

for i = 1 to 3
    g = AVAT[i,i]
    for j = 1 to 6
        AVAT[i,j] = AVAT[i,j]/g
    next@
next@

!Perkalian matriks V.AT
for c = 1 to 8
    for d = 1 to 3
        for k = 1 to 8
            sum = sum + V[c,k]*AT[k,d]
        next@
        VAT[c,d]=sum
        sum = 0
    next@
next@

!Perkalian matriks (V.AT)*INV(AVAT)
for c = 1 to 8
    for d = 1 to 3
        for k = 1 to 3
            sum = sum + VAT[c,k]*AVAT[k,d+3]
        next@
        INV[c,d]=sum
        sum = 0
    next@
next@

!Perkalian matriks A*Y
for c = 1 to 3
    for d = 1 to 1
        for k = 1 to 8

```

```

        sum = sum + A[c,k]*Y[k,d]
    next@
    AY[c,d]=sum
    sum = 0
next@
next@

!Perkalian matriks (V.AT)*INV(AVAT)*A*Y
for c = 1 to 8
    for d = 1 to 1
        for k = 1 to 3
            sum = sum + INV[c,k]*AY[k,d]
        next@
        AA[c,d]=sum
        sum = 0
    next@
next@

!Pengurangan matriks y'=Y-
(V.AT) INV(AVAT)*A*Y
    for c = 1 to 8
        for d = 1 to 1
            YY[c,d] = Y[c,d] - AA[c,d]
        next@
next@

!DATA SETELAH DIREKONSILIASI
BD001.DT01=YY[1,1]/1000
BD001.DT02=YY[3,1]/1000
BD001.DT03=YY[5,1]/(YY[1,1])
BD001.DT04=YY[6,1]/(YY[2,1])
BD001.DT05=YY[7,1]/(YY[3,1]*ra)
BD001.DT06=YY[8,1]/(YY[4,1]*ra)

!DATA PENGUKURAN
BD001.DT07=FI001.PV/1000
BD001.DT08=FI002.PV/1000

```

```
BD001.DT09=TI001.PV
BD001.DT10=TI002.PV
BD001.DT11=TI003.PV
BD001.DT12=TI004.PV
```

```
!ENERGI SETELAH DIREKONSILIASI
BD001.DT15=(YY[1,1]*(YY[5,1]/(YY[1,1]))-
YY[1,1]*(YY[6,1]/(YY[2,1]))) /10000
BD001.DT16=-
(YY[3,1]*(YY[7,1]/(YY[3,1]*ra))*ra-
YY[3,1]*(YY[8,1]/(YY[4,1]*ra))*ra) /10000
```

```
wend
```

Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 29 Agustus 1993. Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Menjalani pendidikan formal di SMAN 5 Surabaya kemudian melanjutkan jenjang Perguruan Tinggi di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya program studi D3 Teknik Elektro Industri pada tahun 2011. Setelah itu melanjutkan pendidikan lagi di program studi Lintas Jalur S1 Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2014.

Penulis memilih tugas akhir dibidang minat Rekayasa Instrumentasi dengan judul mengenai Rekonsiliasi Data Proses Pada Sequence and Batch Oriented Language (SEBOL) dan OLE For Process Control. Segala bentuk kritik dan saran dalam tugas akhir ini dapat dikirim melalui email bramantyoka@gmail.com.

LEMBAR PENGESAHAN

**REKONSILIASI DATA PROSES MELALUI *SEQUENCE*
AND BATCH ORIENTED LANGUAGE CENTUM VP DAN
*OLE FOR PROCESS CONTROL***

TUGAS AKHIR

Oleh :

Bramantyo Krisdito Adi

NRP : 2414 106 016

Surabaya, Januari 2017

Mengetahui/Menyetujui

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Totok Ruki Biyanto, Ph.D

NIP. 19710702 199802 1 001

Dosen Pembimbing II



Fitri Adi Iskandarianto, ST, MT

NIP. 19540406 198103 1 003

Mengetahui,

Ketua Departemen

Teknik Fisika FTI-ITS



Agus Muhammad Hatta, ST, MSi, PhD

NIP. 19780902 200312 1 002

**REKONSILIASI DATA PROSES MELALUI SEQUENCE
AND BATCH ORIENTED LANGUANGE CENTUM VP DAN
OLE FOR PROCESS CONTROL**

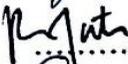
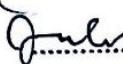
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Fisika
pada
Bidang Studi Instrumentasi
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Bramantyo Krisdito Adi
NRP. 2414 106 016

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Totok Ruki Biyanto, Ph.D.  (Pembimbing I)
2. Fitri Adi Iskandarianto, S.T., M.T.  (Pembimbing II)
3. Ir.Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.  (Penguji I)
4. Dr.Katherin Indriawati, S.T., M.T.  (Penguji II)
5. Ir. Zulkifli, M.Sc.  (Penguji III)

SURABAYA
Januari 2017