



TUGAS AKHIR - TF145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN *FLOW* DAN
DATA RECONCILIATION PADA *MIXING PIPING***

**FERY AGOS KURNIAWAN
NRP. 2414 031 041**

**Dosen Pembimbing
Gunawan Nugroho, ST, MT, Ph.D
NIP. 19771127 200212 1 002**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR - TF145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDENDALIAN *FLOW*
DAN *DATA RECONCILIATION* PADA *MIXING PIPING***

**FERY AGOS KURNIAWAN
NRP. 2414 031 041**

**Dosen Pembimbing
Gunawan Nugroho, ST, MT, Ph.D
NIP. 19771127 200212 1 002**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - TF 145565

***DESIGN OF FLOW CONTROL SYSTEM AND
DATA RECONCILIATION ON MIXIG PIPING***

**FERY AGOS KURNIAWAN
NRP. 2414 031 041**

Supervisor
Gunawan Nugroho, ST, MT, Ph.D

***DIPLOMA OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
Department Of Instrumentation Engineering
Faculty of Vocation
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017***

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN *FLOW*
DAN *DATA RECONCILIATION* PADA *MIXING PIPING***

TUGAS AKHIR

Oleh :

FERY AGOS KURNIAWAN

NRP. 2414 031 041

**Surabaya, 26 Juli 2017
Mengetahui / Menyetujui**

Dosen Pembimbing



Gunawan Nugroho, ST, MT, Ph.D

NIP. 19771127 200212 1 002



**Kepala Departemen
Teknik Instrumentasi FV – ITS**

Dr. Ir. Purwadi Agus D., M.Sc

NIP. 19620822 198803 1 001

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN FLOW
DAN DATA RECONCILIATION PADA MIXING PIPING**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi D3 Teknik Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
FERY AGOS KURNIAWAN
NRP. 2414 031 041

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Gunawan Nugroho, ST, MT, Ph.D (Dosen Pembimbing)
2. Detak Yan Pratama, ST, M.Sc (Ketua Tim Penguji)
3. Dr.Ir. Purwadi Agus D., M.Sc (Dosen Penguji 1)
4. Totok Ruki Biyanto, ST, MT, Ph.D (Dosen Penguji 2)
5. Murry Raditya, ST, MT (Dosen Penguji 3)

**SURABAYA
JULI 2017**

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN *FLOW* DAN *DATA RECONCILIATION* PADA *MIXING PIPING*

Nama Mahasiswa : Fery Agos Kurniawan
NRP : 2414 031 041
Program Studi : D3-Teknik Instrumentasi
Jurusan : Teknik Instrumentasi FV-ITS
Dosen Pembimbing : Gunawan Nugroho, ST, MT, Ph.D

Abstrak

Pengukuran laju aliran fluida merupakan pengukuran untuk mendapatkan data-data untuk dianalisis karena pada prinsipnya fluida merupakan energy bertekanan yang semakin banyak dikembangkan pada proses-proses di industri. Banyak juga di dalam dunia industri yang memiliki titik penggabungan dari beberapa sumber sehingga sering terjadi perbedaan antara *input* dan *output*nya dimana setiap metode pengukuran laju aliran yang digunakan akan menghasilkan suatu nilai karakteristik yang berbeda-beda, tidak semua jenis pengukuran laju aliran dapat menggunakan metode yang sama, dilihat dari *pressure drop* yang dihasilkan akan mempengaruhi setiap metode yang digunakan. Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan pengendalian laju aliran dan data rekonsiliasi pada penggabungan pipa. Pada pengukuran fluida sering dijumpai sambungan pipa seperti *elbow* dengan kemiringan tertentu. Kemiringan pada *elbow*, *orifice* dan venturi tersebut dapat mempengaruhi perbedaan tekanan maupun *pressure drop* pada fluida yang melewati *elbow* tersebut. Pada penelitian tugas akhir ini telah dilakukan sistem pengendalian laju aliran melewati venturi. Pada pengukuran laju aliran ini digunakan sensing elemen MPX5050DP dengan Atmega32 sebagai mikrokontroller dan display *monitoring* dengan menggunakan LCD. rekonsiliasi dilakukan dengan *flowrate* sebagai variabel pengukuran untuk membuktikan bahwa laju aliran pada *mixing piping* memenuhi kesetimbangan massa dan energi.

Kata Kunci: Fluida Cair , Elbow Tabs, Data Rekonsiliasi

DESIGN OF FLOW CONTROL SYSTEM AND DATA RECONCILIATION ON MIXIG PIPING

Name : Fery Agos Kurniawan
NRP : 2414 031 041
Study of Program : D3- Instrumentation Engineering
Department : Instrumentation Engineering FV-ITS
Supervisor : Gunawan Nugroho, ST, MT, Ph.D

Abstract

Measurement of fluid flowrate is a measure to obtain data for analysis because in principle the fluid is pressurized energy that the more developed the processes in the industry. Many also in the industrial world have a point of incorporation from multiple sources so often there is a difference between input and output where each method of measuring flow rate used will produce a different characteristic value, not all types of flow rate measurements can use the same method, Seen from the resulting pressure drop will affect every method used. In this final project, control flow rate and reconciliation data on pipe merging are carried out. Fluid measurements are often found in pipe connections. The slope of the elbow, orifice or venturi may affect the pressure difference as well as the pressure drop on the fluid passing through the elbow. In this final project has been done the system of flow rate control through venturi. At this flow rate measurement is used sensing element MPX5050DP with Atmega32 as microcontroller and display monitoring by using LCD. Reconciliation is done by flowrate as a measurement variable to prove that the flow rate at the piping mixing satisfies the mass and energy balance.

Key Word : Fluid, Elbow Tabs, Reconciliation Data

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN *FLOW* DAN *DATA RECONCILIATION* PADA *MIXING PIPING*”**. Penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr.Ir.Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku Kepala Departemen D3 Teknik Instrumentasi FV-ITS.
2. Bapak Gunawan Nugroho, ST, MT, Ph.D selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah sabar memberikan dukungan, bimbingan, serta ilmu yang sangat bermanfaat.
3. Bapak Ir. Matradji, ST, MT selaku dosen wali yang senantiasa memberikan motivasi, bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan sesuatu.
4. Bapak Totok Ruki Biyanto, ST, MT, PhD selaku kepala Laboratorium Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol yang telah memberikan sarana dan prasarana guna menunjang pelaksanaan Tugas Akhir ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika yang telah memberikan ilmu selama kuliah.
6. Seluruh Staf Departemen Teknik Fisika dan Departemen Teknik Instrumentasi yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
7. Kedua orang tua dan seluruh keluarga besar tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, semangat dan do'a kepada penulis.
8. Teman-teman seperjuangan D3 Teknik Instrumentasi 2014 dalam mengerjakan Tugas Akhir, teman – teman S1 Teknik Fisika 2014, dan teman seperjuangan lainnya M Syahrul,

9. Eko Cahyo Wahyudi, Galih Rizki W, Moch Khafid, yang selalu memotivasi penulis.
10. Teman-teman asisten Workshop Instrumentasi angkatan 2014, serta para senior yang selalu menjadi penyemangat dan rela membantu dalam proses pembuatan alat hingga akhir.
11. Teman-teman zelena yang bersedia memberikan tempat izin untuk mengerjakan tugas akhir.
12. Teman-teman Workshop Instrumentasi, Laboratorium Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol, Laboratorium Pengukuran Fisis yang selalu memberikan sarana dan prasarana guna menunjang pembuatan alat tugas akhir.
13. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini tidaklah sempurna. Oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik lagi. Penulis juga berharap semoga laporan ini dapat menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembacanya.

Surabaya, 26 Juli 2017

Penulis.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL I	i
HALAMAN JUDUL II	ii
LEMBAR PENGESAHAN I	iii
LEMBAR PENGESAHAN II	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fluida	5
2.2 Jenis-jenis Aliran Fluida	5
2.3 Laju Aliran Pada Elbow Tab	7
2.4 Sensor MPX10DP	8
2.5 Rotameter	8
2.6 Venturi	9
2.7 Orifice	10
2.8 Mikrokontroler ATmega 32	11
2.9 <i>Data Reconciliation</i>	13
2.10 Motor Servo	15

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	
3.1	<i>Flowchart</i> Perancangan Alat17
3.2	Studi Literatur.....18
3.3	Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat18
3.4	Integrasi.....24
3.5	Pengujian Alat dan Analisa24
3.6	Pembuatan Laporan25
BAB IV ANALISA DATA	
4.1	Pengujian Sensor27
4.2	Pembahasan40
BAB V PENUTUP	
5.1	Kesimpulan.....43
5.2	Saran44

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A *DATASHEET* MPX5050DP

LAMPIRAN B *DATASHEET* ATMEGA32

LAMPIRAN C *LISTING PROGRAM* PADA CVAVR

**LAMPIRAN D *LISTING PROGRAM* REKONSILIASI
PADA MATLAB**

**LAMPIRAN E *DATA RECONCILIATION* LAJU
ALIRAN PADA *MIXING PIPING***

**LAMPIRAN F *DATA KALIBRASI* SENSOR PADA
*ELBOW TAPS***

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pengukuran Laju Aliran Dengan <i>Elbow Tabs</i>	7
Gambar 2.2	<i>Schematic Pressure Sensor</i>	8
Gambar 2.3	Rotameter	9
Gambar 2.4	Venturimeter	10
Gambar 2.5	Plat Orifice	11
Gambar 2.6	ATMEGA 128	12
Gambar 2.7	Konfigurasi Pin Atmega128	13
Gambar 2.8	Motor Servo.....	15
Gambar 3.1	Skema diagram alir Tugas Akhir	17
Gambar 3.2	Blok diagram sistem	19
Gambar 3.3	Skematik <i>Sensor Pressure</i> MPX5050DP... ..	20
Gambar 3.4	Karakteristik <i>plant</i>	20
Gambar 3.5	Desain Rancang Bangun Tampak Depan... ..	21
Gambar 3.6	Desain Rancang Bangun Tampak Belakang	22
Gambar 3.7	Orifice	23
Gambar 3.8	Instalasi Venturi.....	23
Gambar 3.9	Desain Tampak Depan Rancang Bangun ..	24
Gambar 4.1	Grafik Perhitungan Nilai <i>Cv</i> Pada <i>Elbow</i>	28
Gambar 4.2	Grafik perbandingan pembacaan <i>flowrate standart</i> dan <i>flowrate sensor</i>	29
Gambar 4.3	Grafik Histeresis <i>Flowrate</i>	31
Gambar 4.4	Pengujian <i>Valve</i>	33
Gambar 4.5	Diagram blok sistem pengendalian laju aliran ...	34
Gambar 4.6	Grafik <i>Close Loop</i> Sistem Pengendalian Laju Aliran.....	34
Gambar 4.7	Grafik Respon <i>Tracking Set Point</i> Sistem Pengendalian laju aliran.....	35
Gambar 4.8	Grafik <i>flow in1</i> sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 3 GPM.....	35
Gambar 4.9	Grafik <i>flow in2</i> sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 3 GPM.....	36
Gambar 4.10	Grafik <i>flow out</i> sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 3 GPM.....	36
Gambar 4.11	Grafik <i>flow in1</i> sebelum dan	

	Sesudah rekonsiliasi untuk 7 GPM.....	37
Gambar 4.12	Grafik <i>flow in2</i> sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 7 GPM.....	37
Gambar 4.13	Grafik <i>flow out</i> sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 7 GPM	38
Gambar 4.14	Grafik <i>flow in1</i> sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 10 GPM	38
Gambar 4.15	Grafik <i>flow in2</i> sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 10 GPM.....	39
Gambar 4.16	Grafik <i>flow out</i> sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 10 GPM.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Spesifikasi Rancang Bangun.....	22
Tabel 4.1 Data Perhitungan C_v pada <i>Elbow Tabs</i>	27
Tabel 4.2 Pembacaan standart dan alat	28
Tabel 4.3 Pengujian Karakteristik Alat Ukur Laju Aliran.....	30
Tabel 4.4 Lanjutan Tabel 4.2.....	30
Tabel 4.5 Hasil pengujian <i>valve</i>	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan pipa banyak digunakan oleh umum, baik di kalangan masyarakat maupun industri seperti perusahaan-perusahaan pendistribusian air minum, minyak maupun gas bumi, dikarenakan pipa merupakan sarana pendistribusian fluida yang murah, memiliki berbagai ukuran dan bentuk penampang. Baik berpenampang lingkaran maupun kotak. Material pipa bermacam-macam, yaitu baja, plastik, PVC, acrylic, dan lain sebagainya. Pada dunia industri tentunya efisiensi dan kualitas produk yang dihasilkan akan mempunyai nilai lebih, karena dengan efisiensi produk yang tinggi maka biaya yang diperlukan dapat ditekan dan harga jual produk lebih kompetitif. Dan salah satu teknologi yang berguna untuk meningkatkan efisiensi yang tinggi adalah dalam penggunaan pipa dalam pendistribusian pada pipa yang melewati percabangan dan penggabungan fluida cair untuk proses produksi dan kebutuhan air minum, dan lain sebagainya [1].

Dan dalam pendistribusian fluida cair tersebut sering sekali dipakai sambungan pipa (*fittings*), venturi, orifice, maupun *flange*. Tetapi dalam pendistribusian fluida yang digunakan untuk membelokan arah aliran fluida dipakailah pipa lengkung ataupun *elbow*. Pada dasarnya aliran fluida dalam pipa akan mengalami penurunan tekanan atau *pressure drop* seiring dengan panjang pipa ataupun disebabkan oleh gesekan dengan permukaan saluran, dan juga ketika aliran melewati sambungan pipa, belokan, katup, difusor, dan sebagainya [1].

Pada saat sebelum terjadi penggabungan atau pencampuran aliran fluida dari dua pipa yang berbeda dimana pada kedua pipa tersebut dipasang orifice dan venturi yang memiliki tingkat pembacaan atau akurasi yang berbeda yang selanjutnya digunakan untuk mengetahui nilai perbedaan tekanan (*differential pressure*) yang dihasilkan yang kemudian dikonversi menjadi pembacaan *flow* atau laju aliran. Kemudian dilakukan

penjumlahan antara nilai *flow* pada orifice dan nilai *flow* pada venturi yang memungkinkan masih terdapat *error* karena pembacaan alat ukur, sehingga nilai yang dihasilkan dari penjumlahan tersebut tidak sama dengan nilai setelah dilakukan penggabungan aliran fluida (*mixing piping*). Oleh karena itu perancangan sistem pengendalian *flow* dan *data reconciliation* pada *mixing piping* perlu dilakukan agar proses dapat memenuhi hukum kesetimbangan massa dan energi.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

- a. Bagaimana merancang sistem pengukuran laju aliran dan rekonsiliasi data pada penggabungan aliran fluida?
- b. Bagaimana hasil nilai perbedaan tekanan dengan menggunakan setiap metode pengukuran?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan utama dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Membuat rancang bangun sistem pengukuran laju aliran rekonsiliasi data pada penggabungan aliran fluida.
- b. Mengetahui hasil nilai perbedaan tekanan dengan menggunakan setiap metode pengukuran.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penyelesaian masalah pada penelitian tugas akhir ini maka batasan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut :

- a. Alat yang dirancang dan dibangun hanya memiliki fungsi untuk mengukur laju aliran yang didapat dari perbedaan tekanan dengan menggunakan metode *Elbow*, orifice, dan venturi.

- b. Komponen dari alat ini adalah MPX5050DP sebagai sensor tekanan, ATmega32 sebagai mikrokontroler atau data program, dan SD Card sebagai *data logger*.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari setiap metode pengukuran serta dilakukannya data rekonsiliasi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fluida

Fluida atau zat cair adalah wujud yang tidak mempunyai bentuk yang tetap, tetapi dapat mengalir dan dapat mengambil bentuk tempat yang diisinya. Dalam suatu fluida mempunyai tiga keadaan dasar, atau fase materi yaitu antara lain padat, cair dan gas. Fase padat mempertahankan suatu bentuk dan ukuran yang tetap sekalipun suatu gaya yang besar dikerjakan pada benda padat ia tidak dapat dengan mudah berubah bentuknya ataupun volumenya. Fase cair tidak dapat mempertahankan bentuk yang tetap karena ia mengikuti bentuk wadahnya, tetapi pada fase ini tidak dengan mudah dimampatkan. Sehingga volumenya dapat diubah jika dikerjakan pada gaya yang sangat besar. Molekul-molekul didalam fluida mempunyai kebebasan lebih besar untuk bergerak sendiri-sendiri. Dalam zat cair gaya interaksi antara molekul-molekul, yaitu yang disebut kohesi, masih cukup besar, karena jarak antara molekul tidaklah terlalu besar. Akibatnya zat cair masih tampak sebagai kesatuan, sehingga kita masih dapat melihat batas-batas zat cair. Fase gas tidak mempunyai bentuk maupun volume yang tetap, ia akan berkembang mengisi seluruh wadah. Molekul-molekul gas dapat dianggap sebagai suatu sistem partikel bebas. Gaya kohesi antar molekul-molekul sangatlah kecil, dan interaksi antar molekul terutama adalah oleh tumbukan. Sebagai akibatnya, gas cenderung untuk memenuhi ruang. Disamping itu, gas lebih mudah dimampatkan daripada zat cair. Karena fase cair dan gas tidak mempertahankan suatu bentuk yang tetap, keduanya mempunyai kemampuan mengalir. Dengan demikian kedua-duanya sering secara kolektif disebut sebagai fluida [2].

2.2 Jenis-jenis Aliran Fluida

Aliran fluida terbagi berdasarkan beberapa kategori, diantaranya berdasarkan sifat pergerakannya adalah :

- **Uniform Flow**

Merupakan aliran fluida yang terjadi dimana besar dan arah dari vektor-vektor kecepatan konstan dari suatu titik ke titik selanjutnya pada aliran fluida tersebut.

- **Non Uniform Flow**

Aliran yang terjadi dimana besar dan arah vektor-vektor kecepatan fluida selalu berubah terhadap lintasan aliran fluida tersebut, hal ini terjadi apabila luas penampang medium fluida juga berubah.

- **Steady Flow**

Merupakan aliran yang terjadi apabila kecepatannya tidak dipengaruhi oleh waktu, sehingga kecepatannya konstan pada setiap titik pada aliran tersebut.

- **Non Steady Flow**

Merupakan aliran yang terjadi apabila ada suatu perubahan kecepatan aliran tersebut terhadap perubahan waktu.

Berdasarkan pengaruh tekanan terhadap volume, fluida dapat digolongkan menjadi 2 yaitu:

1.Fluida tak termampatkan (*incompressible*)

Pada kondisi ini fluida tidak mengalami perubahan dengan adanya perubahan tekanan, sehingga fluida tak termampatkan.

2.Fluida termampatkan (*compressible*)

Pada keadaan ini, fluida mengalami perubahan volume dengan adanya perubahan tekanan, sehingga fluida ini secara umum disebut fluida termampatkan.

Fluida dapat juga dibedakan berdasarkan kekentalannya, yaitu fluida nyata (*viscousfluid*) dan fluida ideal (*non viscous fluid*). Fluida nyata adalah fluida yang memiliki kekentalan, fluida ini dapat kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari contohnya air dan udara. Sedangkan fluida ideal, tidak ada dalam kehidupan sehari-hari dan hanya dipakai dalam teori dan kondisi-kondisi khusus

saja. Kemudian jenis aliran fluida berdasarkan gaya yang terjadi pada fluida dibedakan atas [1]:

- **Aliran Laminar**

Aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan – lapisan, atau lamina –lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar . Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecendrungan terjadinya gerakan relative antara lapisan.

- **Aliran Turbulen**

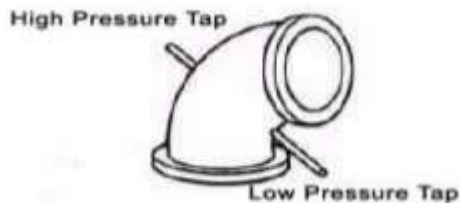
Aliran dimana pergerakan dari partikel – partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian – kerugian aliran.

- **Aliran Transisi**

Aliran transisi merupakan aliran peralihan antara aliran laminar dan aliran turbulen.

2.3 Laju Aliran Pada *Elbow Tabs*

Elbow Tabs bekerja berdasarkan beda tekanan yang melalui suatu belokan pada pipa berdasarkan sudut yang ada pada suatu pipa yang dapat dicari hubungannya dengan kecepatan aliran fluida. Sehingga dari mengetahui beda tekanan dan kecepatan alir, maka akan didapatkan jumlah aliran yang melewati *Elbow Tabs* tersebut. *Elbow Tabs* merupakan alat mengukur kelajuan (debit) cairan pada pipa. *Elbow Tabs* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

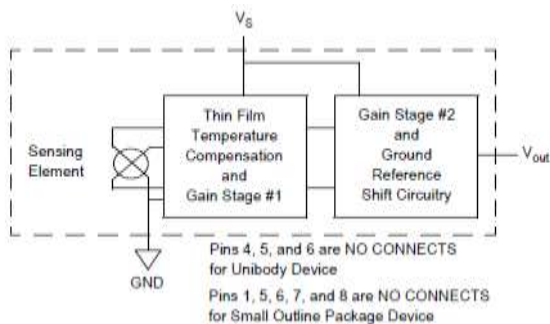


Gambar 2.1 Pengukuran Laju Aliran Dengan *Elbow Tabs* ^[6]

Gambar 2.5. merupakan gambar dari metode pengukuran laju aliran dengan metode *Elbow Tabs*. Sebuah *Elbow* pada suatu pipa dapat digunakan sebagai alat pengukuran laju aliran seperti pada *venturimeter* maupun *orifice plate*. Pengukuran dengan menggunakan *Elbow Tabs* tidak memiliki nilai keakuratan yang baik dari *venturimeter* maupun *orifice plate*. *Typical* akurasiya kurang lebih 4% dari nilai Q .^[6]

2.4 Sensor MPX5050DP

Sensor tekanan MPX5050DP merupakan series silikon piezoresistive memberikan output tegangan yang linier dan akurat terhadap tekanan yang diberikan. Output tegangan dari *differential* atau *gaugesensor* meningkat dengan terjadinya peningkatan tekanan *pressure side* (P1) relative terhadap vacuum side (P2). Begitu sebaliknya tegangan output meningkat pada *vacuum side* dan *relative* terhadap *pressure side* [4].



Gambar 2.2 Schematic Pressure Sensor

2.5 Rotameter

Rotameter merupakan alat pengukur aliran yang mengukur aliran volumetrik fluida cair. Seperti yang ditunjukkan gambar 4 variabel area dari *flowmeter* terdiri dari *float* di dalam pipa ulir. Pipa yang biasanya terbuat dari *high-strength glass* disusun dengan poros vertikal sehingga fluida memasuki bagian akhir pipa yang sempit dan naik untuk menuju pada bagian ujung pipa

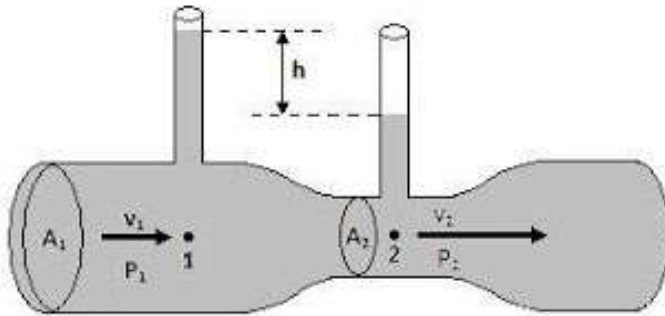
yang lebar. Pelampung atau *float* tidak benar-benar mengapung namun hanya terlihat seperti mengapung, begitu naik dan turun ke level dimana keadaan *equilibrium* di bawah perlakuan beratnya dan gaya tarik fluida dan gaya apung akan bergerak ke atas. Fluida naik melewati pelampung melalui ruang seperti cincin di antara pelampung dan dinding dari pipa, dan dari celah ini terbentuklah *pressure drop* diantara bagian atas dan bawah dari pelampung. Jika laju aliran meningkat, maka *pressure drop* juga naik dan menyebabkan pelampung naik hingga ruang sepereti cincin antara pelampung dan dinding pipa menurunkan *pressure drop* ke nilai *equilibrium*nya lagi [5].



Gambar 2.3 Rotameter [5]

2.6 Venturi

Tabung Venturi mempunyai bentuk seperti pada Gambar 2.5. Pada sekeliling pipa sering dibuat lubang-lubang yang jalannya diadukan menjadi satu dan dihubungkan dengan pengukuran tekanan (disebut cincin piezometer). Dengan demikian tekanan yang diukur merupakan tekanan rata-rata sehingga pengukuran menjadi lebih cepat dan teliti [6].

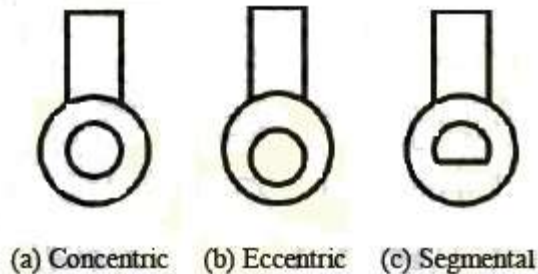


Gambar 2.4 Venturimeter[6]

Kemiringan dibagian input kira-kira sebesar 30° sedangkan dari bagian output lebih kecil, yaitu antara 3° sampai 15° . Perbandingan diameter antara leher dan pipa terletak antara 0,25 mm sampai 0,50 mm. Hasil pengukuran aliran dengan menggunakan Tabung Venturi ini merupakan pengukuran yang paling teliti bila dibandingkan dengan Head Flowmeter yang lain, tetapi juga paling mahal harganya. Karena bagian leher merupakan bagian yang lebih mudah rusak maka kadang-kadang bagian leher ini dibuat sebagai unit tersendiri agar mudah diganti [6].

2.7 Orifice

Plat Orifice merupakan alat ukur aliran yang paling murah, paling mudah pemasangannya, tetapi juga paling kecil ketelitiannya diantara alat ukur aliran jenis Head Flowmeter. Plat Orifice merupakan plat yang berlubang dengan pinggiran yang tajam. Plat ini terbuat dari bahan-bahan yang kuat. Selain terbuat dari logam, ada juga *orificenya* yang terbuat dari plastik agar tidak terpengaruh oleh fluida yang mengalir (erosi atau korosi) [6].



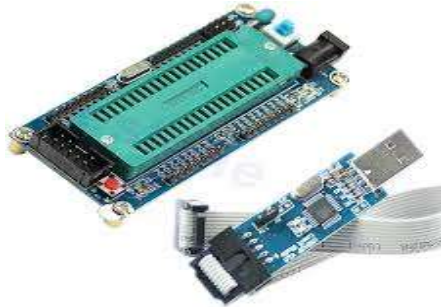
Gambar 2.5 Plat Orifice[6]

Macam-macam tipe Plat Orifice :

Plat Orifice tipe eksentris dan segmental digunakan untuk mengukur aliran yang mengandung bahan-bahan padat. Bila digunakan Plat Orifice tipe konsentris, maka akan timbul endapan-endapan benda padat yang akan mengganggu pengukuran. Demikian juga lubang kecil yang terletak pada bagian bawah, dibuat sedemikian rupa agar kesalahan pengukuran dapat diperkecil, yaitu untuk mengalirkan fluida akibat kondensasi agar tidak berkumpul pada Plat Orifice yang dapat mengganggu pengukuran aliran fluida. Untuk aliran fluida udara yang terjebak dialirkan dengan memberi lubang kecil di bagian atas [6].

2.8 Mikrokontroler ATmega 32

Mikrokontroler Atmega32 merupakan salah satu varian dari mikrokontroler AVR 8-bit. Beberapa fitur yang dimiliki adalah memiliki beberapa memory yang bersifat non-volatile, yaitu 128Kbytes of In-System Self-Programmable Flash program memory (128Kbytes memory flash untuk pemrograman), 4Kbytes memori EEPROM, 4Kbytes memori Internal SRAM, write/erase cycles : 10.000 Flash/100.000 EEPROM (program dalam mikrokontroler dapat diisi dan dihapus berulang kali sampai 10.000 kali untuk flash memori atau 100.000 kali untuk penyimpanan program/data di EEPROM).

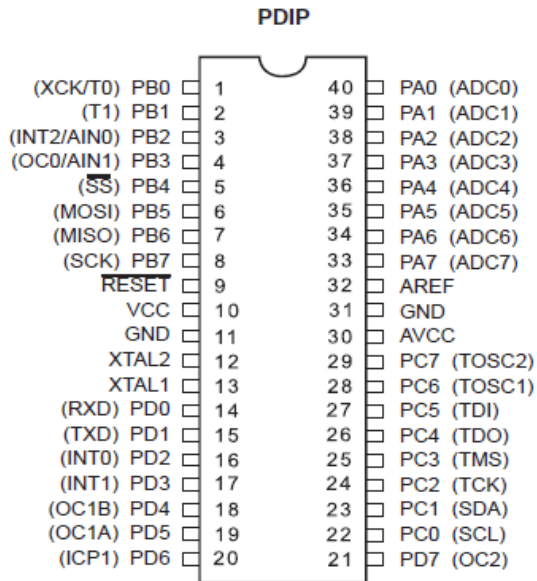


Gambar 2.6 ATMEGA 32

Selain memory, fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler atmega32 ini adalah pada perangkat peripheral interfacenya, yaitu memiliki 2 buah 8-bit Timer/Counter, 2 buah expand 16-bit Timer/Counter, RTC (Real Time Counter) dengan oscillator yang terpisah, 2 buah 8-bit chanel PWM, 4 PWM chanel dengan resolusi pemrograman dari 2 sampai 16 bits, output compare modulator, 8-chanel 10-bit ADC, 2 buah TWI (Two Wire Interface), 2 buah serial USARTs, Master/Slave SPI serial interface, Programmable Watchdog Timer dengan On-chip Oscillator, On-chip analog comparator, dan memiliki 53 programmable I/O.

Desain sistem minimum tersebut merupakan rangkaian minimum yang terdiri dari beberapa led indikator dan 2 port I/O expansion, selain itu juga dilengkapi dengan rangkaian referensi clock, rangkaian reset, dan port pemrograman ISP. Pada rangkaian sistem minimum ini juga harus diperhatikan bahwa pin PEN harus pada kondisi *pull up* (pin PEN dihubungkan dengan catuan/vcc yang diberi tahanan). Selain itu juga perlu diperhatikan bahwa untuk konfigurasi programing mikrokontroler atmega 32 ini menggunakan ISP, pin MOSI downloader terhubung dengan pin RX0 mikrokontroler, sedangkan pin MOSI downloader terhubung dengan pin TX0 mikrokontroler, sedangkan pin SCK dan pin Reset downloader masing masing terhubung dengan pin SCK dan pin Reset mikrokontroler. Port-port I/O dan peripheral interface pada Mikrokontroler Atmega32 yang telah terhubung dengan sistem minimum dapat langsung dihubungkan ke perangkat-perangkat atau komponen lainnya

untuk diintegrasikan menjadi suatu sistem atau rangkaian elektronika yang lebih kompleks.



Gambar 2.7 Konfigurasi Pin Atmega32

2.9 Data Reconciliation

Data reconciliation adalah sebuah teknik yang dikembangkan untuk memperbaiki akurasi pengukuran melalui penurunan efek kesalahan acak dalam data. Menurut Narasimhan, perbedaan paling mendasar antara rekonsiliasi data dan filter adalah dalam solusinya, rekonsiliasi data melibatkan model proses yang digunakan sebagai konstrain. Dengan demikian hasil rekonsiliasi harus memenuhi fungsi konstrain. Selanjutnya, penentuan estimasi variabel proses dilakukan dengan penalaan (adjusting) data hasil pengukuran (dalam hal ini dinyatakan sebagai faktor bobot) berdasarkan konstrain tersebut. Besar kecilnya penalaan ini sangat menentukan tingkat akurasi dari sebuah alat ukur. Teknik rekonsiliasi data berperan hanya pada

masalah kualitas data, tidak pada kualitas proses. Langkah – langkah dalam melakukan teknik rekonsiliasi data adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan model konstrain proses
Teknik rekonsiliasi data membutuhkan model konstrain, yang mana model konstrain ini secara umum menggunakan hukum kesetimbangan material. Untuk kasus dimana proses dalam keadaan tunak, keberadaan akumulasi dapat diabaikan. Sedangkan untuk proses yang dinamik keberadaan dari akumulasi ini tidak dapat diabaikan karena model konstrainnya harus dinyatakan dalam persamaan differensial. Bentuk konstrain yang dipakai dalam rekonsiliasi, sangat tergantung pada ruang lingkup permasalahan rekonsiliasi serta bentuk dari unit proses. Semakin komplek model konstrain yang dibangun maka akan semakin sulit pula teknik penyelesaian dalam rekonsiliasi data.
2. Klasifikasi variable
Strategi rekonsiliasi data yang diimplementasikan pada sebuah sistem yang mana didalamnya hanya mengukur sebagian saja variabel flow, akan lebih efisien jika dibandingkan dengan melakukan pengukuran secara keseluruhan. Dalam menyelesaikan masalah rekonsiliasi ini, terlebih dahulu dilakukan teknik dekomposisi matrik untuk mengklasifikasi variabel flow baik yang diukur maupun yang tidak diukur. Dari variabel yang diukur dapat ditentukan variabel mana yang bersifat redundant dan nonredundant. Sedangkan pada variabel yang tidak diukur dapat diperoleh variabel yang teramati dan tidak teramati.
3. Perhitungan solusi rekonsiliasi
Berdasarkan matrik kovarian dan matrik reduksi konstrain, solusi rekonsiliasi terhadap hasil pengukuran flow diperoleh melalui pendekatan lagrange multiplier [8].

2.10 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Motor servo sendiri terdiri dari rangkaian pengontrol, gear, potensiometer dan DC motor. Potensiometer terhubung dengan gear demikian pula DC motor. Ketika DC motor diberi signal oleh rangkaian pengontrol maka dia akan bergerak demikian pula potensiometer dan otomatis akan mengubah resistansinya. Rangkaian pengontrol akan mengamati perubahan resistansi dan ketika resistansi mencapai nilai yang diinginkan maka motor akan berhenti pada posisi yang diinginkan [9].



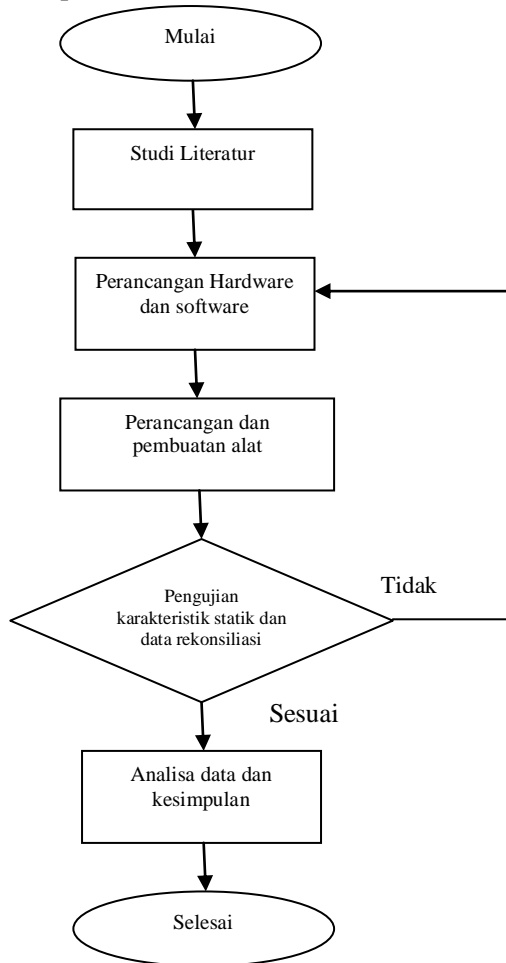
Gambar2.7 Motor Servo

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Flowchart Perancangan Alat

Langkah–langkah dalam tugas akhir ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Skema Diagram Alir Tugas Akhir

Dengan adanya skema diagram alir tugas akhir mengenai "Rancang Bangun Sistem Pengendalian *Flow* Dan *Data Reconciliation* Pada *Mixing Piping*" yang telah digambarkan, maka adapun penjelasan pada setiap langkah-langkah yang telah digambarkan adalah sebagai berikut :

3.2 Studi Literatur

Tahap awal pada skema diagram alir tugas akhir ini dimulai dengan adanya studi literatur sebagai upaya pemahaman terhadap materi yang menunjang tugas akhir mengenai "Rancang Bangun Sistem Pengendalian *Flow* Dan *Data Reconciliation* Pada *Mixing Piping*". Studi literatur ini dilakukan dengan mencari dan mempelajari informasi dari *e-book* maupun manual *book* mengenai uji performansi suatu sensor yang diaplikasikan pada rancang bangun laju aliran dengan menggunakan ATmega32.

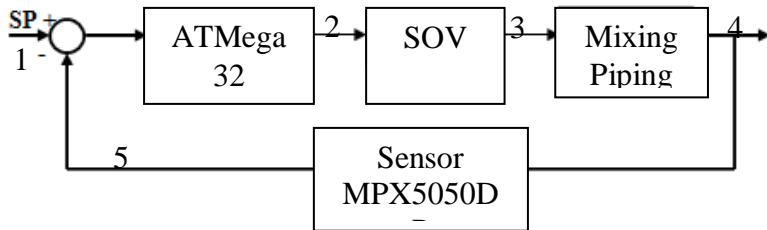
3.3 Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat

Setelah melakukan studi literatur, selanjutnya adalah melakukan perancangan sistem dan pembuatan rancang bangun laju aliran yang terdiri dari perancangan pembuatan *hardware*, pembuatan *software* monitoring, serta pembuatan mekanik. *Hardware* dan *software* yang telah dibuat kemudian diintegrasikan melalui mikrokontroller Atmega32. Selanjutnya diintegrasikan dengan mekanik rancang bangun laju aliran agar dapat memonitoring laju aliran dari perbedaan tekanan yang didapat.

3.3.1 Perancangan dan Pembuatan *Hardware*

Pada perancangan dan pembuatan *hardware* untuk mengintegrasikannya dengan sensor MPX5050DP, aktuator berupa motor servo dan *open logger* sebagai media penyimpan data, saat dilakukan pengambilan data dan menghubungkannya dengan ATmega32, dimana sensor berfungsi sebagai pendeteksi beda tekanan pada setiap metode pengukuran yang kemudian hasil yang didapat dari sensor dapat terbaca dengan baik oleh ATmega32 yang berfungsi sebagai kontrolernya.

Berikut merupakan diagram blok dari perancangan sistem



Gambar 3.2 Blok diagram sistem

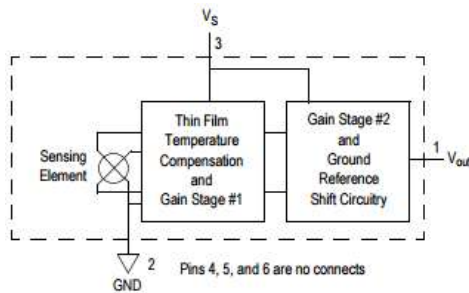
Keterangan:

1. 1-3 GPM
2. 0-5 Volt
3. 0/100 %
4. 1-3 GPM
5. 0-7,25 Psi (0-4,7 Volt)

Dari diagram blok diatas dapat diketahui bahwa kontroller yang digunakan berupa mikrokontroller ATmega32, kemudian aktuatornya berupa *servo of valve*, *plant* atau tempat terjadinya pemrosesan berupa *mixing piping* dan sensor yang digunakan untuk menyensing atau mendeteksi tekanan berupa sensor tekanan MPX5050DP.

3.3.2 Perancangan Sensor *Pressure* MPX5050DP

Sensor MPX5050DP merupakan sensor yang digunakan untuk mengetahui tekanan udara dalam sebuah benda, berdasarkan *datasheet*, sensor ini dapat mendeteksi tekanan pada tabung gas dengan besar tekanan 0-50 kPa atau 0-7,25 Psi. Sensor ini memiliki tegangan output berkisar antara 4,6V-4,8VDC dan mempunyai tingkat akurasi +/- 2,5Vfss dengan kompensasi suhu sebesar 0°C sampai 85°C. Sensor akan mengirimkan data kepada mikrokontroler ATmega32 yang akan ditampilkan dalam *Liquid Crystal Display* (LCD).



Gambar 3.3 Skematik *Sensor Pressure* MPX5050DP

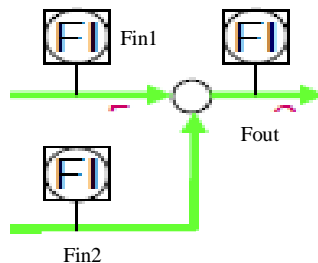
3.3.3 Pembuatan *Software* Pengendalian

Adapun rancangan program yang sudah dibuat pada *software* CodevisionAVR terlampir pada lampiran C.

3.3.4 Prosedur Rekonsiliasi

Teknik rekonsiliasi yang digunakan dalam sistem ini yaitu menggunakan metode matrik dimana harus diketahui rancangan dari plant, kemudian diambil data dan dilakukan rekonsiliasi menggunakan *software* matlab. Adapun rancangan program yang sudah dibuat pada *software* MATLAB terlampir pada lampiran D. Adapun prosedur melakukan rekonsiliasi data adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik dari *plant* ditentukan, dimana $F_{in1} + F_{in2} = F_{out}$.



Gambar 3.4 Karakteristik *Plant*

2. Variabel pengukuran dalam bentuk matrik ditentukan.

$$y=[f_in1(i,1);f_in2(i,1);f_out(i,1)];$$

3. Variabel pengukuran diubah dalam bentuk matrik.

$$y=[f_in1(i,1);f_in2(i,1);f_out(i,1)];$$

menjadi

$$A=[1 \ 1 \ -1];$$

4. Nilai variansi didapatkan dari nilai standart deviasi kuadrat dan diubah dalam bentuk matrik.

$$V=[std_in1^2 \ 0 \ 0;0 \ std_in2^2 \ 0;0 \ 0 \ std_out^2];$$

5. Perhitungan rekonsiliasi data dilakukan berdasarkan rumus.

$$\hat{y}=y-V*A'*inv(A*V*A')*A*y;$$

3.3.5 Pembuatan Mekanik

Pembuatan mekanik meliputi pembuatan sistem pada rancang bangun laju aliran dimana terdapat beberapa alat ukur yaitu *venturimeter*, *elbow tabs*, *orifice*, serta rotameter yang saling terintegrasi.



Gambar 3.5 Desain rancang bangun Tampak Depan



Gambar 3.6 Desain rancang bangun Tampak Belakang

Dari desain rancang bangun diatas dapat diketahui spesifikasi dari masing-masing alat, berikut adalah tabel spesifikasinya :

Tabel 3.1 Tabel Spesifikasi Rancang Bangun

Kode	Keterangan	Spesifikasi
A	Rotameter	Dengan debit 5GPM/18LPM
B	Motor Servo + Valve 1	Dengan sudut putar 360°, dan valve dengan diameter 1"
C	Motor Servo + Valve 2	Dengan sudut putar 180°, dan valve dengan diameter 1"
D	<i>Orifice</i>	Diameter luas penampang besar 31 diameter kecil 13mm
E	<i>Venturimeter</i>	Diameter luas penampang besar 20 mm dan penampang kecil 10 mm
F	<i>Gate Valve</i>	Dengan diameter 1"
G	Pompa air	Dengan kapasitas 34 Liter/menit
H	Tangki Air	Kapastas 40 Liter
I	<i>Valve 3</i>	Dengan diameter 1"

Orifice yang terpasang berjenis *concentric* orifice dengan lubang tepat ditengah dengan diameter kecil 13 mm dan tanpa sudut.



Gambar 3.7 Orifice

Venturi memiliki 3 bagian utama yaitu *inlet*, *outlet*, dan *throat*. Pemasangan venturi dihubungkan dengan pipa yang dialiri fluida. Untuk diameter inlet dan outlet berukuran sama dengan diameter pipa utama yaitu 20 mm, sedangkan untuk bagian throat memiliki diameter 10 mm.



Gambar 3.8 Instalasi Venturi

Elbow Tabs yang terpasang merupakan jenis *Elbow biasa* dengan diameter 1 inch. Berikut adalah gambar detail dari *Elbow* yang terpasang pada rancang bangun laju aliran :



Gambar 3.9 Detail *Elbow Tabs*

3.4 Integrasi

Pengintegrasian ini dilakukan agar antara *hardware*, *software* dan rancang bangun mekanik Laju Aliran dapat menjadi satu kesatuan ketika alat difungsikan. Langkah awal yaitu dengan mengintegrasikan *hardware*, sensor MPX5050DP dan juga Atmega dengan rancang bangun laju aliran untuk mengukur aliran pada setiap alat ukur untuk diketahui perbedaan tekanannya.

Akuisisi data atau Logging data (*data logging*) Sistem akuisisi data dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang berfungsi untuk menganalisa, mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data yang telah didapat, hingga memprosesnya untuk menghasilkan data yang dikehendaki.

Data logger (perekam data) adalah sebuah alat elektronik yang mencatat data dari waktu ke waktu baik yang terintegrasi dengan sensor dan instrument didalamnya maupun eksternal sensor dan instrument. Atau secara singkat data logger adalah alat untuk melakukan data logging sebagai media penyimpanan data.

3.5 Pengujian Alat dan Analisa

Sistem monitoring laju aliran terlebih dulu dirangkai. Selanjutnya dilakukan percobaan sederhana. Pada sistem pengukuran aliran diuji coba dengan cara menyalakan pompa kemudian air akan mengalir secara *sequensial*. air mengalir melalui orifice, venturi, dan belokan pada *elbow tabs* tersebut, pada rancang bangun ini air yang mengalir akan memiliki perbedaan tekanan karena terdapat pengaruh *pressure drop* pada pipa dan gesekan pada pipa yang melewati orifice, venturi, dan *elbow tabs* tersebut, sehingga dapat diketahui pula kecepatan aliran dan *flowrate* yang mengalir pada masing-masing metode pengukuran tersebut. Untuk rangkaian mekanik dilakukan uji coba dengan mengalirkan air ke pipa yang telah terpasang dengan

beberapa alat ukur aliran yaitu *venturimeter*, rotameter, *elbow tabs*, dan *orifice*. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya kebocoran pada pipa dan berfungsi tidaknya rotameter sebagai kalibrator untuk alat ukur yang diuji. Apabila semua rancang bangun dan sistem monitoring laju aliran dapat bekerja dengan baik, maka selanjutnya dilakukan pengambilan data pada dan dilakukan data reconciliatiion yang bertujuan untuk menyeimbangkan data.

3.6 Pembuatan Laporan

Setelah pembuatan rancangan telah selesai dengan hasil yang sesuai dengan yang di inginkan, kemudian dilakukan analisa data dari hasil uji performansi dan menarik kesimpulan dari data yang telah dihasilkan kemudian dilakukan penulisan laporan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

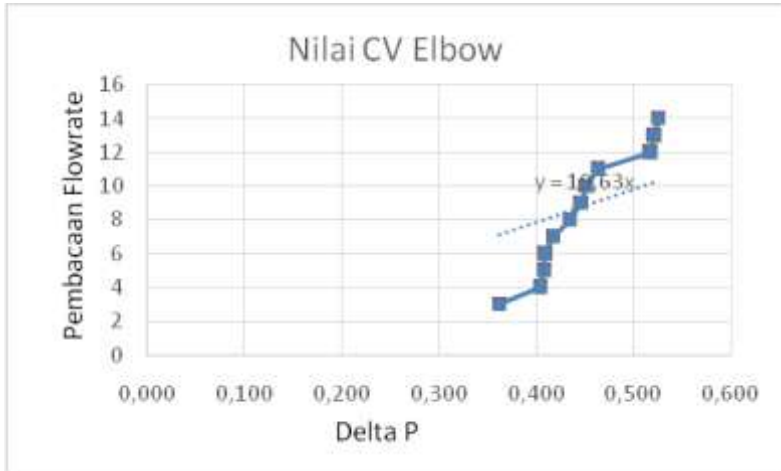
4.1.1 Pengujian Alat

Dilakukan pengujian alat dengan mencari data pengujian dari *input* dan *output* alat sebagai nilai pengonversi dari nilai keluaran sensor menjadi nilai yang sesuai dengan besaran fisis yang diukur. Pengujian pembacaan tekanan dilakukan pada rentang 3 - 13 LPM. Dengan data pengujian alat yang tercantum pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1. Data Perhitungan C_v pada *Elbow*

No	Range Ukur (Rotameter) LPM	ΔP Pembacaan ALat (Psig)
1	3	0,362
2	4	0,404
3	5	0,408
4	6	0,419
5	7	0,434
6	8	0,446
7	9	0,451
8	10	0,463
9	11	0,517
10	12	0,521
11	13	0,525

Berdasarkan Tabel 4.1 data pengujian alat dari hasil pengukuran tekanan menghasilkan nilai C_v yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 sebagai berikut



Gambar 4.1 Grafik Perhitungan Nilai C_v Pada *Elbow*

Berdasarkan Gambar 4.4 diatas, nilai C_v didapat dari hasil pengukuran pada pada Tabel 4.1, dimana hasil tersebut diolah dalam excel kemudian garis yang muncul diatur menjadi intercept sehingga nilai $y = ax$. Sehingga dari grafik yang dihasilkan pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa nilai C_v dari alat ukur *elbow* adalah $a = C_v = y = 19,63x$. Dari nilai C_v yang didapat maka dapat dicari nilai flowrate dengan persamaan rumus $Q = C_v \sqrt{\Delta P}$.

Berikut merupakan tabel pembacaan standart dan pembacaan alat:

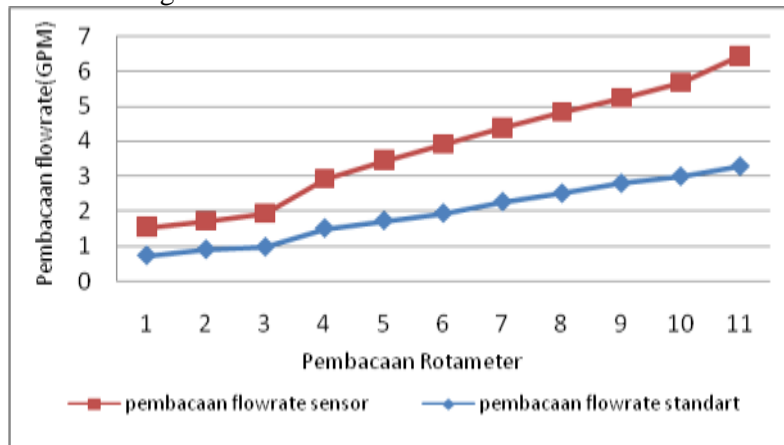
Tabel 4.2 Pembacaan standart dan alat

No	Rotameter (LPM)	STD (LPM)	STD (GPM)	Pembacaan Alat		Rata-rata
				Naik	Turun	
1	3	2,769	0,729	0,8032 4	0,7278 6	0,7655 5
2	4	3,6	0,90	0,8104 2	0,8350 8	0,8227 5

Tabel Lanjutan

3	5	4,5	0,97	0,723	0,7181	0,72055
4	6	5,71	1,508	1,4125	1,40341	1,40796
5	7	6,54	1,727	1,7241	1,72264	1,72337
6	8	7,34	1,939	1,98156	1,97143	1,9765
7	9	8,57	2,263	2,11035	2,11324	2,1118
8	10	9,47	2,507	2,32774	2,21623	2,27199
9	11	10,58	2,794	2,4392	2,421	2,4301
10	12	11,356	2,99	2,692	2,662	2,677
11	13	12,41	3,278	3,1623	3,108	3,13515

Dari tabel data 4.2 didapatkan grafik untuk pembacaan standart sebagai berikut:



Gambar 4.2 Grafik perbandingan pembacaan *flowrate standart* dan *flowrate sensor*

Dari grafik yang didapat pada gambar4.2 diketahui perbandingan antara nilai pembacaan *flowrate standart* dan nilai pembacaan *flowrate* dari sensor.

4.1.2 Data Spesifikasi Alat

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian spesifikasi alat melalui data karakteristik statik menghasilkan data pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.3 Pengujian Karakteristik Alat Ukur Laju Aliran

No	Rotameter (LPM)	STD (LPM)	STD (GPM)	Pembacaan Alat	
				Naik	Turun
1	3	2,769	0,729	0,80324	0,72786
2	4	3,6	0,90	0,81042	0,83508
3	5	4,5	0,97	0,723	0,7181
4	6	5,71	1,508	1,4125	1,40341
5	7	6,54	1,727	1,7241	1,72264
6	8	7,34	1,939	1,98156	1,97143
7	9	8,57	2,263	2,11035	2,11324
8	10	9,47	2,507	2,32774	2,21623
9	11	10,58	2,794	2,4392	2,421
10	12	11,356	2,99	2,692	2,662
11	13	12,41	3,278	3,1623	3,108
	jumlah	82,845	20,874	20,1864	19,899
	rata"	7,53136 4	1,897636 4	1,83513	1,809

Tabel 4.4 Lanjutan Tabel 4.2

(P.std-P.alat)/P.std	Beda Hysterisis	O ideal (GPM)	Non-Linieritas
-0,0501372	-0,07538	0,83089	-0,0276503
0,134858	0,02466	1,013086	-0,2026657
-2,8327128	-0,0049	0,386892	0,3361084
0,0663428	-0,00909	1,470216	-0,0577156
0,0021019	-0,00146	1,649949	0,0741511

-0,0193373	-0,01013	1,823937	0,1576227
0,0668162	0,00289	2,089844	0,0205059
0,0937435	-0,11151	2,290095	0,0376451
0,1302434	-0,0182	2,525636	-0,0864358
0,1046823	-0,03	2,686493	0,005507
0,0435784	-0,0543	2,922855	0,2394454

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik *flowrate* berdasarkan data pada tabel 4.3. :

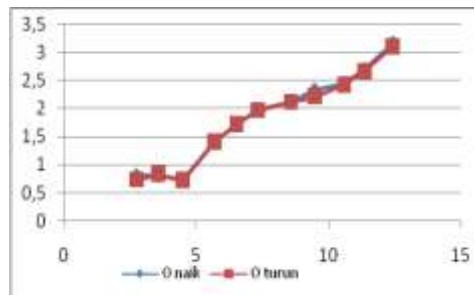
- sensitivitas $\frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{3,1623 - 0,80324}{3,278 - 0,729} = 0,92$ GPM
- Histerisis

$H(I) = O(I)_{I\uparrow} - O(I)_{I\downarrow}$; $\hat{H} = H(I)_{\max}$; sehingga maksimum histerisis didapat sebesar

$$\% \text{maks.histerisis} = \frac{\hat{H}}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\%$$

$$\% \text{maks.histerisis} = \frac{0,02466}{3,1623 - 0,80324} \times 100\% = 1,04\%$$

Berikut Gambar 4.4 merupakan grafik Histerisis dari hasil pengukuran laju aliran naik dan turun dengan menggunakan metode *elbow tabs*.



Gambar 4.3 Grafik Histeresis *Flowrate*

- *Non-linieritas*
(N(I)) = O(I) - (KI + a) ; data diambil pada saat pembacaan naik.

$$\text{non-linieritas}_{maks} = \frac{N}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\%$$

dimana diketahui nilai a = 0,08142 LPM dan nilai k = 0,9244 dan nilai non-linieritas maksimum sebesar 0,3361 sehingga didapat nilai non linieritas maksimum per unit sebesar :

$$\text{non-linieritas}_{maks} = \frac{0,3361}{3,1623 - 0,80324} \times 100\%$$

$$\text{non-linieritas}_{maks} = 14,24\%$$

- Keakurasian

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - Y_x}{Y_n} \right| \times 100\%$$

$$A = 1 - (0,1643) \times 100\%$$

$$A = 83,5\%$$

- *Error*

$$e = 1 - A$$

$$e = 1 - 0,8358$$

$$e = 0,16\%$$

Sehingga menghasilkan nilai :

Range : Flowrate 0,729 GPM - 1 2,41 GPM

Span : Flowrate 11,681 GPM

Resolusi : 0,0001

Sensitivitas (K) : 0,92 GPM

Non-Linieritas : 14,24%

Histeresis : 1,04%

Akurasi : 83,5%

Kesalahan (*error*) : 0,16%

4.1.3 Pengujian Sistem Pengendalian Flow MPX5500DP

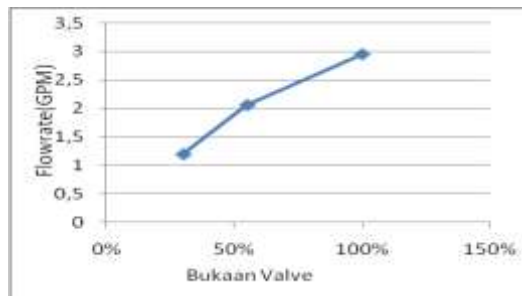
A. Pengujian Valve

Adapun pengujian *valve* yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil pengujian *valve*

No	Set Point Flowrate(GPM)	Bukaan Valve	Derajat	Flowrate (GPM)	Error
1	1	30%	27	1,2	-0,2
2	2	55%	50	2,06	-0,06
3	3	100%	90	2,95	0,05

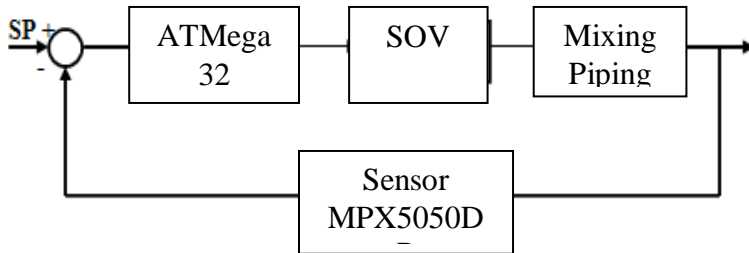
Dari tabel 4.4 hasil pengujian *valve* yang telah dilakukan dengan beberapa variasi bukaan *valve* didapatkan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.4 Pengujian Valve

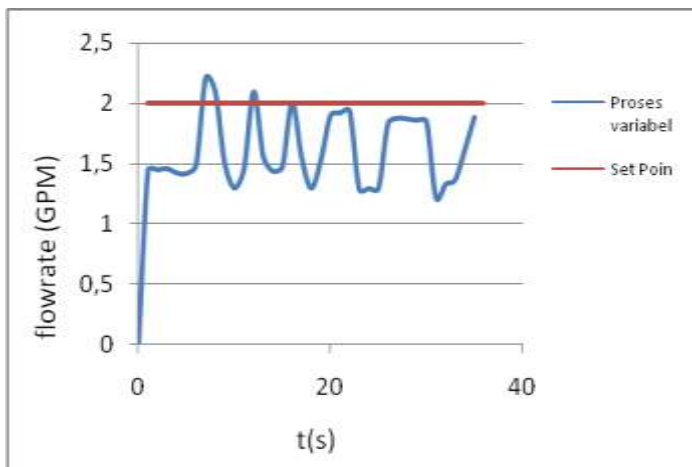
B. Close Loop

Sistem control dimana besaran keluaran memberikan efek terhadap besaran masukan sehingga besaran yang dikontrol dapat dibandingkan terhadap nilai yang diinginkan.



Gambar 4.5 Diagram blok sistem pengendalian laju aliran

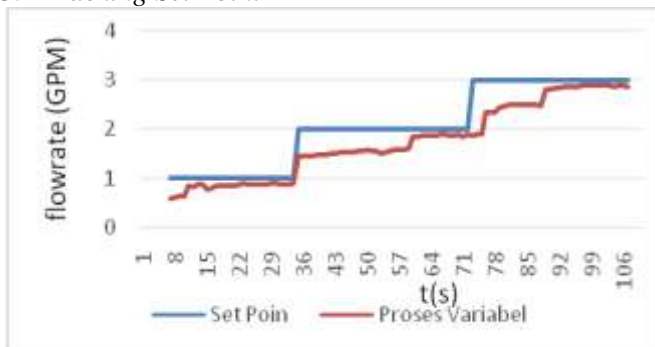
Gambar 4.5 diatas merupakan gambar diagram blok sistem pengendalian tekanan pada *plant* yang terdiri dari mikrokontroler ATmega 32 sebagai *controller*, motor servo sebagai *actuator*, *plant mixing piping* sebagai tempat pemrosesan, dan sensor MPX5050DP sebagai sensor untuk sensing perbedaan tekanan yang kemudian dikonversi menjadi flowrate. Nilai laju aliran yang dibaca oleh sensor akan ditampilkan ke *display LCD (Liquid Crystal Display) 4x20*



Gambar 4.6 Grafik *Close Loop* Sistem Pengendalian Laju Aliran

Gambar 4.6 merupakan grafik *close loop* sistem pengendalian tekanan, dimana tekanan mencapai *set point* 2 pada waktu 7 detik.

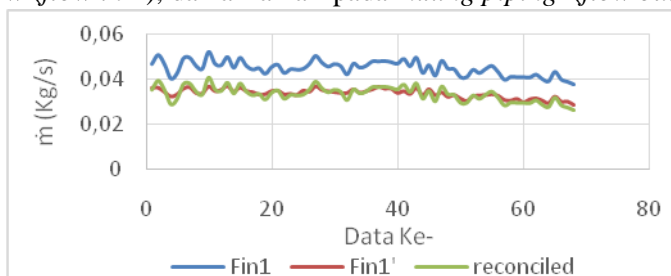
C. Tracking Set Point



Gambar 4.7 Grafik Respon *Tracking Set Point* Sistem Pengendalian laju aliran

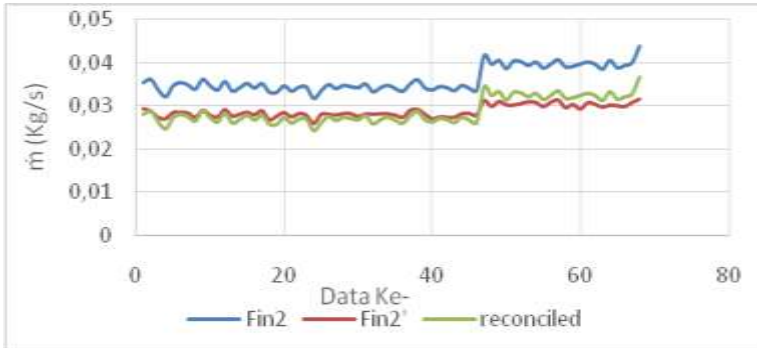
4.1.4 Pengambilan Data Rekonsiliasi

Pada tugas akhir ini telah dilakukan pengambilan data selama 1 menit sehingga didapatkan data sebanyak 30. Data yang telah diambil dimasukkan kedalam tabel yang telah terlampir. Data yang diambil terdiri dari 3 bagian yaitu aliran yang masuk dari orifice menuju *elbow* (*flow in1*), aliran masuk dari venturi menuju *elbow* (*flow in 2*), dan aliran air pada *mixing piping* (*flow out*).



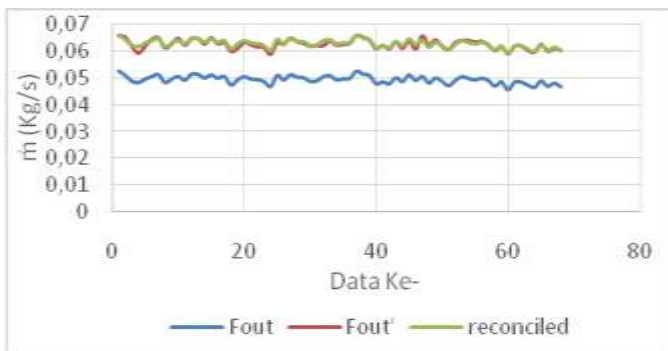
Gambar 4.8 Grafik *flow in1* sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 3 LPM

Pada gambar 4.8 dapat dilihat grafik perbandingan antara laju aliran air setelah melewati *orifice* (Fin1) dengan laju aliran air setelah diolah dengan menggunakan data rekonsiliasi (Fin1').



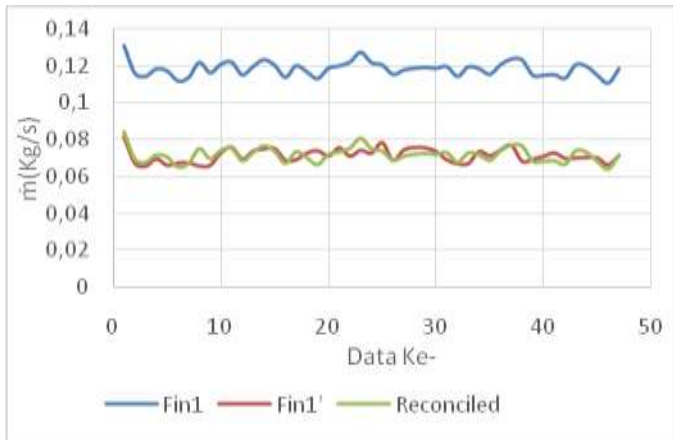
Gambar 4.9 Grafik *flow in2* sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 3 LPM

Pada gambar 4.9 dapat dilihat grafik perbandingan antara laju aliran air setelah melewati venturi (Fin2) dengan laju aliran air setelah diolah dengan menggunakan data rekonsiliasi (Fin2').



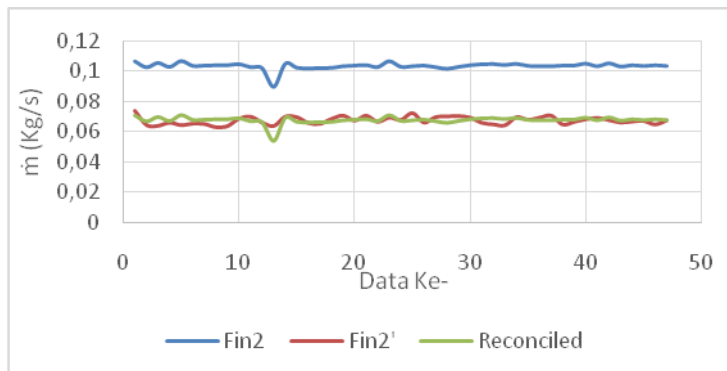
Gambar 4.10 Grafik *flow out* sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 3 LPM

Pada gambar 4.10 dapat dilihat grafik perbandingan antara laju aliran air pada *mixing piping* (Fout) dengan laju aliran air setelah diolah dengan menggunakan data rekonsiliasi (Fout').



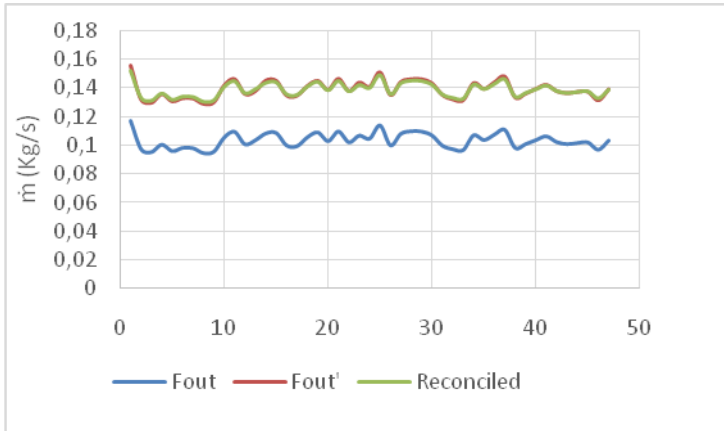
Gambar 4.11 Grafik *flow in 1* sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 7 LPM

Pada gambar 4.11 dapat dilihat grafik perbandingan antara laju aliran air setelah melewati *orifice* (Fin1) dengan laju aliran air setelah diolah dengan menggunakan data rekonsiliasi (Fin1').



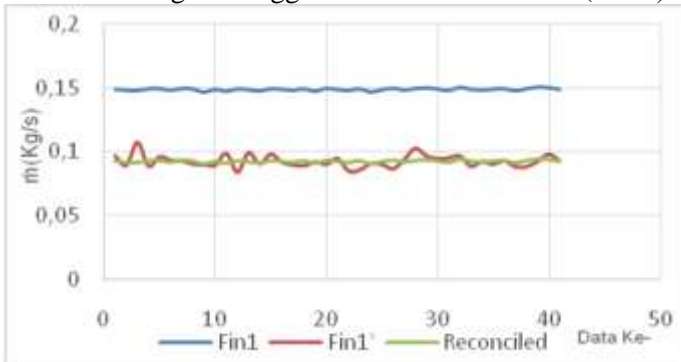
Gambar 4.12 Grafik *flow in 2* sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 7 LPM

Pada gambar 4.12 dapat dilihat grafik perbandingan antara laju aliran air setelah melewati venturi (Fin2) dengan laju aliran air setelah diolah dengan menggunakan data rekonsiliasi (Fin2').



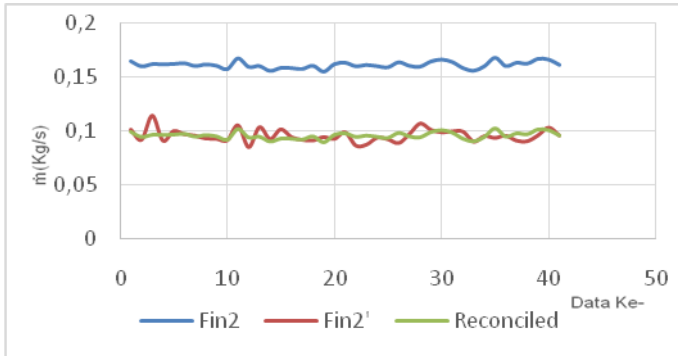
Gambar 4.13 Grafik *flow out* sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 7 LPM

Pada gambar 4.13 dapat dilihat grafik perbandingan antara laju aliran air pada *mixing piping* (Fout) dengan laju aliran air setelah diolah dengan menggunakan data rekonsiliasi (Fout').



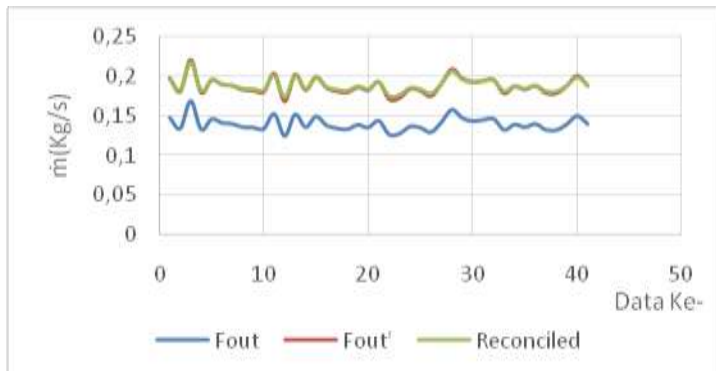
Gambar 4.14 Grafik *flow in 1* sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 10 LPM

Pada gambar 4.14 dapat dilihat grafik perbandingan antara laju aliran air setelah melewati *orifice* (Fin1) dengan laju aliran air setelah diolah dengan menggunakan data rekonsiliasi (Fin1').



Gambar 4.15 Grafik *flow in 2* sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 10 LPM

Pada gambar 4.15 dapat dilihat grafik perbandingan antara laju aliran air setelah melewati venturi (Fin2) dengan laju aliran air setelah diolah dengan menggunakan data rekonsiliasi (Fin2').



Gambar 4.16 Grafik *flow out* sebelum dan sesudah rekonsiliasi untuk 10 LPM

Pada gambar 4.16 dapat dilihat grafik perbandingan antara laju aliran air pada *mixing piping* (Fout) dengan laju aliran air setelah diolah dengan menggunakan data rekonsiliasi (Fout’).

4.2 Pembahasan

Pengambilan data rekonsiliasi didapat dari pembacaan tiga sensor perbedaan tekanan (mpx5050dp) yang kemudian dikonversi menjadi laju aliran yang terdapat pada plant. Sensor pertama diletakkan pada *orifice*, sensor kedua diletakkan pada venturi dan sensor ketiga diletakkan setelah melewati penggabungan antara *orifice* dan venturi yaitu diletakkan di *elbow*, didapat informasi bahwa alat ukur elbow memiliki karakteristik statis *hysteresis* sebesar 1,04%, *non-linieritas* = 14,24%, dan *error* = 0,16. Pada pengukuran *elbow tabs* ini terdapat pengaruh belokan yang terjadi sehingga menyebabkan gesekan pipa saat aliran melewati *elbow tabs* ini sehingga hasil pengukuran dengan menggunakan metode *elbow* ini memiliki keakurasian lebih baik dari 5%. Oleh sebab itu hasil *range* ukur *elbow tabs* pada rancang bangun yang ada, perbedaan tekanan yang ada dapat dibaca oleh sensor dengan perbedaan tekanan yang kecil. Dan dari pengukuran laju aliran dengan menggunakan *elbow tabs* ini *range* ukurnya yaitu antara 2,769 – 12,41 LPM. Dari *range* ini *Elbow tabs* dapat mengukur laju aliran dengan tingkat keakurasian sebesar 83%.

Pada saat aliran melewati *orifice* maka sensor akan membaca perbedaan tekanan yang pada p_1 dan p_2 sehingga nilai perbedaan tekanan bisa didapatkan yang kemudian untuk merubahnya dari perbedaan tekanan menjadi laju aliran digunakan persamaan $Q=Cv\sqrt{\Delta P}$, dimana nilai cv dapat diketahui dengan persamaan regresi. Kemudian setelah nilai laju aliran didapat maka dapat diketahui berapa nilai laju aliran yang melewati metode pengukuran yaitu *orifice*, begitu pula untuk pembacaan sensor pada venturi dan elbow yang memerlukan pembacaan nilai laju aliran. Setelah nilai aliran didapat maka dapat diketahui bahwa hasil dari pengambilan data memiliki nilai perbedaan yang berbeda sehingga menyebabkan nilai laju aliran

juga tidak seimbang antara laju aliran yang masuk dan laju aliran yang keluar sehingga perlu dilakukan data rekonsiliasi seperti pada pada tabel 4.3 dan 4.4 dimana nilai laju aliran sebelum dilakukan rekonsiliasi nilai yang didapat tidak seimbang, sedangkan setelah dilakukan rekonsiliasi data menjadi seimbang antara laju aliran yang masuk dan laju aliran yang keluar sehingga dapat dikatakan teknik rekonsiliasi ini memiliki tingkat pembacaan data laju aliran yang seharusnya melewati setiap metode pengukuran. selain itu perbedaan nilai laju aliran sebelum dan setelah dilakukannya rekonsiliasi dapat dilihat pada salah satu grafik yaitu gambar 4.3 dimana nilai laju aliran sebelum dilakukan rekonsiliasi memiliki error yang besar pada fin1, sedangkan pada saat setelah dilakukan rekonsiliasi nilai laju aliran begitu stabil dan tidak terlalu banyak error sehingga hasilnya terlihat lebih baik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian laju aliran (*flowrate*) pada rancang bangun sistem pengendalian *flow* dan *data reconciliation* pada *mixing piping*, dapat disimpulkan, yaitu :

- a. Pada sistem monitoring *flowrate* memiliki sensitivitas hingga 0,92 GPM dengan presentase akurasi mencapai 83,5%
- b. Nilai perbedaan tekanan yang dihasilkan pada setiap metode pengukuran selisihnya tidak begitu banyak yaitu mencapai 0,1-0,5
- c. Data saat setelah dilakukan teknik rekonsiliasi terlihat jauh lebih baik sehingga dapat memenuhi hukum kesetimbangan massa dan energi atau *mass balance* dibanding saat sebelum dilakukan rekonsiliasi.

5.2. Saran

Adapun saran untuk tugas akhir yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Pembuatan mekanik untuk rancang bangun aliran ini dapat diperbaiki dengan diberikan diameter pipa yang sama untuk menghindari adanya loss pada setiap pergantian antara *orifice*, venturimeter, *elbow tabs*.
- b. Pengujian sensor harus dilakukan secara teliti agar hasil perhitungan dan pada saat pelaksanaan dapat terbaca sesuai sehingga tidak terjadi kesalahan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Septriani Dwie Saputri. 2009. "Rancang Bangun Venturimeter berbasis mikrokontroler". **Skripsi** Universitas Indonesia. Jakarta.
- [2] Munson, Donald F.Young, Theodore H.Okiishi. 2003. "**Mekanika Fluida 1st Edition**". Jakarta : Erlangga.
- [3] Michael Anthony Crabtree. 2009. "*Industrial Flow Measurement*". **Journal** The University of Huddersfield. Inggris
- [4] Raswari. 1986. "**Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaan**". Jakarta:Penerbit Universitas Indonesia.
- [5] McCabe L Warren, Smith C Julian, and Herriot Peter, 1985. "**Operasi Teknik Kimia Jilid 1 Edisi Keempat**".Jakarta: Erlangga.
- [6] Brater, E.F. and H.W.King. 1976. "**Handbook of Hydraulics 4th edition**".Inggris :McGraw-Hill.
- [7] M. White, Frank dan Hariandja, Manahan. 1988. "**Mekanika Fluida 4th edition**". Jakarta :Erlangga.
- [8] **DataSheet**. MPX2010. Rev13. 10/2008. <http://www.freescale.com/support>
- [9] Bentley, John P. 2005. "**Principles of Measurement System 4th Edition**". London : Prentice Hall.
- [10] KAN. 2013. "Pedoman Evaluasi dan Pelaporan Ketidakpastian Pengukuran". **Pedoman KAN DP.01.23**. Jakarta.
- [11] Arduino. 2016. **Arduino Uno**, <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>
- [12]Hidayatullah, Syarif. 2013. "**Pemrograman Visual Pengenalan Visual Basic**". Politeknik Negeri Semarang.

LAMPIRAN A

DATASHEET MPX5050P

Pressure

Freescale Semiconductor

MPX5050
Rev 11, 03/2010

Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

The MPX5050 series piezoresistive transducer is a state-of-the-art monolithic silicon pressure sensor designed for a wide range of applications, but particularly those employing a microcontroller or microprocessor with A/D inputs. This patented, single element transducer combines advanced micromachining techniques, thin-film metallization, and bipolar processing to provide an accurate, high level analog output signal that is proportional to the applied pressure.

Features

- 2.5% Maximum Error over 0' to 85°C
- Ideally suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Temperature Compensated Over -40' to +125°C
- Patented Silicon Shear Stress Strain Gauge
- Durable Epoxy Unibody Element
- Easy-to-Use Chip Carrier Option

**MPX5050
MPXV5050
MPVZ5050
Series**
0 to 50 kPa (0 to 7.25 psi)
0.2 to 4.7 V Output

ORDERING INFORMATION

Device Name	Case No.	# of Ports			Pressure Type			Device Marking
		None	Single	Dual	Gauge	Differential	Absolute	
Unibody Package (MPX5050 Series)								
MPX5050D	86T	*				*		MPX5050D
MPX5050DP	867C			*		*		MPX5050DP
MPX5050GP	867B		*		*			MPX5050GP
MPX5050GP1	867B		*		*			MPX5050GP
Small Outline Package (MPXV5050 Series)								
MPXV5050GP	1369		*		*			MPXV5050GP
MPXV5050DP	1361			*		*		MPXV5050DP
MPXV5050GCBU	482A		*		*			MPXV5050G
MPXV5050GCT1	482A		*		*			MPXV5050G
Small Outline Package (Media Resistant Gel) (MPVZ5050 Series)								
MPVZ5050GWTU	1560		*		*			MZ5050GIV

Operating Characteristics

Table 1. Operating Characteristics ($V_S = 5.0$ Vdc, $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted, $P_1 > P_2$. Decoupling circuit shown in Figure 4 required to meet electrical specifications.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range ⁽¹⁾	P_{OP}	0	—	50	kPa
Supply Voltage ⁽²⁾	V_S	4.75	5.0	5.25	Vdc
Supply Current	I_S	—	7.0	10	mAdc
Minimum Pressure Offset ⁽³⁾ @ $V_S = 5.0$ Volts	(0 to 85°C) V_{OFF}	0.088	0.2	0.313	Vdc
Full Scale Output ⁽⁴⁾ @ $V_S = 5.0$ Volts	(0 to 85°C) V_{FSO}	4.587	4.7	4.813	Vdc
Full Scale Span ⁽⁵⁾ @ $V_S = 5.0$ Volts	(0 to 85°C) V_{FSS}	—	4.5	—	Vdc
Accuracy ⁽⁶⁾	(0 to 85°C)	—	—	—	$\pm 2.5\%$ V_{FSS}
Sensitivity	V/P	—	90	—	mV/kPa
Response Time ⁽⁷⁾	t_R	—	1.0	—	ms
Output Source Current at Full Scale Output	I_{OP}	—	0.1	—	mAdc
Warm-Up Time ⁽⁸⁾		—	20	—	ms
Offset Stability ⁽⁹⁾		—	± 0.5	—	$\%V_{FSS}$

1. 1.0 kPa (kiloPascal) equals 0.145 psi.

2. Device is ratiometric within this specified excitation range.

3. Offset (V_{OFF}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.

4. Full Scale Output (V_{FSO}) is defined as the output voltage at the maximum or full rated pressure.

5. Full Scale Span (V_{FSS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.

6. Accuracy (error budget) consists of the following:

Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure over the specified pressure range.

Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.

Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from the minimum or maximum rated pressure at 25°C.

ToSpan: Output deviation over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.

ToOffset: Output deviation with minimum pressure applied, over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.

Variation from Nominal: The variation from nominal values, for Offset or Full Scale Span, as a percent of V_{FSS} at 25°C.

7. Response Time is defined as the time for the incremental change in the output to go from 10% to 90% of its final value when subjected to a specified step change in pressure.

8. Warm-up Time is defined as the time required for the product to meet the specified output voltage after the Pressure has been stabilized.

9. Offset Stability is the product's output deviation when subjected to 1000 hours of Pulsed Pressure, Temperature Cycling with Bias Test.

LAMPIRAN B

DATASHEET ATMEGA32

Features

- High-performance, Low-power Atmel[®] AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 32Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 1024Bytes EEPROM
 - 2Kbytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFNMLF
- Operating Voltages
 - 2.7V - 5.5V for ATmega32L
 - 4.5V - 5.5V for ATmega32
- Speed Grades
 - 0 - 8MHz for ATmega32L
 - 0 - 16MHz for ATmega32
- Power Consumption at 1MHz, 3V, 25°C
 - Active: 1.1mA
 - Idle Mode: 0.35mA
 - Power-down Mode: < 1µA



8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 32KBytes
In-System
Programmable
Flash

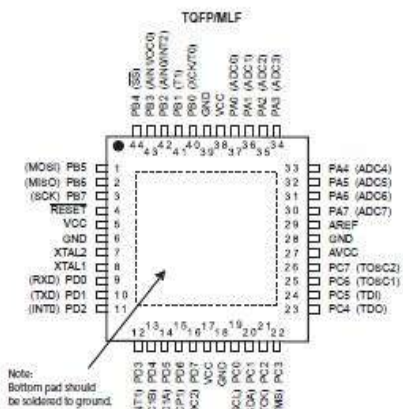
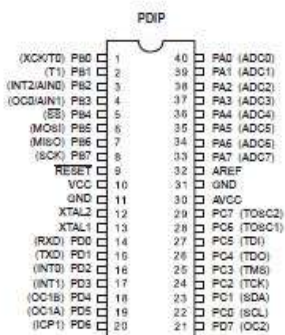
ATmega32
ATmega32L

2502G-AV31-02/11



Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega32



LAMPIRAN C

LISTING PROGRAM PADA CV-AVR

```
/******
```

```
***
```

This program was created by the
CodeWizardAVR V3.12 Advanced
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2014 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project :
Version :
Date : 7/6/2017
Author :
Company :
Comments:

Chip type : ATmega32A
Program type : Application
AVR Core Clock frequency: 12.000000 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 512

```
*****
```

```
**/
```

```
#include <mega32a.h>
```

```
#include <delay.h>
```

```
// Alphanumeric LCD functions
```

```
#include <alcd.h>
```

```
int a,b,c,d,i;
```

```
char buff[20],buff1[20],buff2[20],sd[100];
```

```
float x,x1,x2,y,y1,y2,z,z1,z2,a3,a1,a2;
```



```

// Declare your global variables here

// Standard Input/Output functions
#include <stdio.h>

// Voltage Reference: AVCC pin
#define ADC_VREF_TYPE ((0<<REFS1) | (1<<REFS0) |
(0<<ADLAR))

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | ADC_VREF_TYPE;
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=(1<<ADSC);
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & (1<<ADIF))==0);
    ADCSRA|=(1<<ADIF);
    return ADCW;
}

void main(void)
{
    // Declare your local variables here

    // Input/Output Ports initialization
    // Port A initialization
    // Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In
    Bit1=In Bit0=In
    DDRA=(0<<DDA7) | (0<<DDA6) | (0<<DDA5) | (0<<DDA4) |
(0<<DDA3) | (0<<DDA2) | (0<<DDA1) | (0<<DDA0);
    // State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T
    Bit0=T

```



```
PORTA=(0<<PORTA7) | (0<<PORTA6) | (0<<PORTA5) |  
(0<<PORTA4) | (0<<PORTA3) | (0<<PORTA2) | (0<<PORTA1)  
| (0<<PORTA0);
```

```
// Port B initialization
```

```
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In  
Bit1=In Bit0=In
```

```
DDRB=(0<<DDB7) | (0<<DDB6) | (0<<DDB5) | (0<<DDB4) |  
(0<<DDB3) | (0<<DDB2) | (0<<DDB1) | (0<<DDB0);
```

```
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T  
Bit0=T
```

```
PORTB=(0<<PORTB7) | (0<<PORTB6) | (0<<PORTB5) |  
(0<<PORTB4) | (0<<PORTB3) | (0<<PORTB2) | (0<<PORTB1)  
| (0<<PORTB0);
```

```
// Port C initialization
```

```
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In  
Bit1=In Bit0=In
```

```
DDRC=(0<<DDC7) | (0<<DDC6) | (0<<DDC5) | (0<<DDC4) |  
(0<<DDC3) | (0<<DDC2) | (0<<DDC1) | (0<<DDC0);
```

```
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T  
Bit0=T
```

```
PORTC=(0<<PORTC7) | (0<<PORTC6) | (0<<PORTC5) |  
(0<<PORTC4) | (0<<PORTC3) | (0<<PORTC2) | (0<<PORTC1)  
| (0<<PORTC0);
```

```
// Port D initialization
```

```
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=Out Bit4=Out Bit3=In Bit2=In  
Bit1=In Bit0=In
```

```
DDRD=(0<<DDD7) | (0<<DDD6) | (1<<DDD5) | (1<<DDD4) |  
(0<<DDD3) | (0<<DDD2) | (0<<DDD1) | (0<<DDD0);
```

```
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=0 Bit4=0 Bit3=T Bit2=T Bit1=T  
Bit0=T
```

```
PORTD=(0<<PORTD7) | (0<<PORTD6) | (0<<PORTD5) |  
(0<<PORTD4) | (0<<PORTD3) | (0<<PORTD2) | (0<<PORTD1)  
| (0<<PORTD0);
```



```

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=(0<<WGM00) | (0<<COM01) | (0<<COM00) |
(0<<WGM01) | (0<<CS02) | (0<<CS01) | (0<<CS00);
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 1500.000 kHz
// Mode: Ph. correct PWM top=ICR1
// OC1A output: Non-Inverted PWM
// OC1B output: Non-Inverted PWM
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer Period: 20 ms
// Output Pulse(s):
// OC1A Period: 20 ms Width: 0 us
// OC1B Period: 20 ms Width: 0 us
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=(1<<COM1A1) | (0<<COM1A0) | (1<<COM1B1) |
(0<<COM1B0) | (1<<WGM11) | (0<<WGM10);
TCCR1B=(0<<ICNC1) | (0<<ICES1) | (1<<WGM13) |
(0<<WGM12) | (0<<CS12) | (1<<CS11) | (0<<CS10);
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x3A;
ICR1L=0x98;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;

```


OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization

// Clock source: System Clock

// Clock value: Timer2 Stopped

// Mode: Normal top=0xFF

// OC2 output: Disconnected

ASSR=0<<AS2;

TCCR2=(0<<PWM2) | (0<<COM21) | (0<<COM20) |

(0<<CTC2) | (0<<CS22) | (0<<CS21) | (0<<CS20);

TCNT2=0x00;

OCR2=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization

TIMSK=(0<<OCIE2) | (0<<TOIE2) | (0<<TICIE1) |

(0<<OCIE1A) | (0<<OCIE1B) | (0<<TOIE1) | (0<<OCIE0) |

(0<<TOIE0);

// External Interrupt(s) initialization

// INT0: Off

// INT1: Off

// INT2: Off

MCUCR=(0<<ISC11) | (0<<ISC10) | (0<<ISC01) | (0<<ISC00);

MCUCSR=(0<<ISC2);

// USART initialization

// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity

// USART Receiver: On

// USART Transmitter: On

// USART Mode: Asynchronous

// USART Baud Rate: 9600

UCSRA=(0<<RXC) | (0<<TXC) | (0<<UDRE) | (0<<FE) |

(0<<DOR) | (0<<UPE) | (0<<U2X) | (0<<MPCM);

UCSRB=(0<<RXCIE) | (0<<TXCIE) | (0<<UDRIE) |

(1<<RXEN) | (1<<TXEN) | (0<<UCSZ2) | (0<<RXB8) |

(0<<TXB8);


```
UCSRC=(1<<URSEL) | (0<<UMSEL) | (0<<UPM1) |  
(0<<UPM0) | (0<<USBS) | (1<<UCSZ1) | (1<<UCSZ0) |  
(0<<UCPOL);  
UBRRH=0x00;  
UBRRL=0x4D;
```

```
// Analog Comparator initialization  
// Analog Comparator: Off  
// The Analog Comparator's positive input is  
// connected to the AIN0 pin  
// The Analog Comparator's negative input is  
// connected to the AIN1 pin  
ACSR=(1<<ACD) | (0<<ACBG) | (0<<ACO) | (0<<ACI) |  
(0<<ACIE) | (0<<ACIC) | (0<<ACIS1) | (0<<ACIS0);
```

```
// ADC initialization  
// ADC Clock frequency: 750.000 kHz  
// ADC Voltage Reference: AVCC pin  
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped  
ADMUX=ADC_VREF_TYPE;  
ADCSRA=(1<<ADEN) | (0<<ADSC) | (0<<ADATE) |  
(0<<ADIF) | (0<<ADIE) | (1<<ADPS2) | (0<<ADPS1) |  
(0<<ADPS0);  
SFIOR=(0<<ADTS2) | (0<<ADTS1) | (0<<ADTS0);
```

```
// SPI initialization  
// SPI disabled  
SPCR=(0<<SPIE) | (0<<SPE) | (0<<DORD) | (0<<MSTR) |  
(0<<CPOL) | (0<<CPHA) | (0<<SPR1) | (0<<SPR0);
```

```
// TWI initialization  
// TWI disabled  
TWCR=(0<<TWEA) | (0<<TWSTA) | (0<<TWSTO) |  
(0<<TWEN) | (0<<TWIE);
```

```
// Alphanumeric LCD initialization  
// Connections are specified in the
```



```
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD
menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);
```

```
while (1)
```

```
{
// Place your code here
```

```
    x=read_adc(1);
    y=((x*5)/1023);
    z= (x-53)*0.051;
    a3=z*0.145;
    lcd_gotoxy(0,0);
    sprintf(buff, "ADC=%4.0f P=%1.1f" ,x,z);
    lcd_puts(buff);
    delay_ms(100);
    x1=read_adc(2);
    y1=((x1*5)/1023);
    z1= (x1-53)*0.051;
    a1=z1*0.145;
    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(buff1, "ADC=%4.0f P=%1.1f" ,x1,z1);
    lcd_puts(buff1);
    delay_ms(100);
    x2=read_adc(3);
    y2=((x2*5)/1023);
    z2= (x2-53)*0.051;
    a2=z2*0.145;
    lcd_gotoxy(0,2);
```



```
printf(buff2, "ADC=%4.0f P=%1.1f" ,x2,z2);  
lcd_puts(buff2);
```

```
printf(sd, "sensor1=%1.1f,sensor2=%1.1f,sensor3=%1.1f",z,z1,z  
2);
```

```
    i++;  
if (i==1000)  
{  
    puts(buff);  
    i=0;  
    putchar(0x0d);  
    putchar(0x0a);  
}  
    if (PINB.0==1)  
    {  
        a=1;  
        b=0;  
        c=0;  
        d=0;  
    }  
    else if(PINB.1==1)  
    {  
        a=0;  
        b=1;  
        c=0;  
        d=0;  
    }  
    else if(PINB.2==1)  
    {  
        a=0;  
        b=0;  
        c=1;  
        d=0;  
    }  
    else if(PINB.3==1)  
    {  
        a=0;
```



```
        b=0;
        c=0;
        d=1;
    }
if (a==1)
{
OCR1A = 942;
OCR1B = 945;
}
else if (b==1)
{
OCR1A = 481;
OCR1B = 1109;
}
else if (c==1)
{
OCR1A = 657;
OCR1B = 1222;
}
else if (d==1)
{
OCR1A = 601;
OCR1B = 1279;
}
}
}
```


LAMPIRAN D
LISTING PROGRAM REKONSILIASI PADA MATLAB

```
clc
clear all
f_in1=xlsread('3 LPM.xlsx','Sheet1','c6:c35');
f_in2=xlsread('3 LPM.xlsx','Sheet1','d6:d35');
f_out=xlsread('3 LPM.xlsx','Sheet1','e6:e35');

std_in1=std(f_in1);
std_in2=std(f_in2);
std_out=std(f_out);

for i=1:30
y=[f_in1(i,1);f_in2(i,1);f_out(i,1)];
V=[std_in1^2 0 0;0 std_in2^2 0;0 0 std_out^2];
A=[1 1 -1];
yhat=y-V*A'*inv(A*V*A')*A*y;

balance_before(i,1)= f_in1(i,1)+f_in2(i,1)-f_out(i,1);

hasil_rekon(i,1)=yhat(1);
hasil_rekon(i,2)=yhat(2);
hasil_rekon(i,3)=yhat(3);

balance_after(i,1)= hasil_rekon(i,1)+hasil_rekon(i,2)-
hasil_rekon(i,3);
end
```


LAMPIRAN E
DATA RECONCILIATION LAJU ALIRAN PADA
MIXING PIPING

Tabel E1

No	GPM	sebelum direkonsiliasi			sesudah direkonsiliasi		
		Fin1	Fin2	Fout	Fin1'	Fin2'	Fout'
1	3	0,73876	0,55849	0,83086	0,401632	0,507124	0,908756
2		0,80132	0,5703	0,80321	0,390448	0,507698	0,898146
3		0,73638	0,53152	0,76895	0,375717	0,476568	0,852285
4		0,63712	0,50569	0,76183	0,361731	0,463731	0,825461
5		0,6745	0,54595	0,78317	0,358414	0,49779	0,856205
6		0,77725	0,5582	0,79813	0,388851	0,499022	0,887873
7		0,78231	0,54969	0,80896	0,404233	0,492085	0,896318
8		0,72638	0,53344	0,76184	0,366418	0,478595	0,845013
9		0,70549	0,57017	0,78171	0,348441	0,515769	0,86421
10		0,82337	0,54638	0,79831	0,410308	0,483444	0,893752
11		0,74145	0,53036	0,77615	0,383165	0,47577	0,858935
12		0,73046	0,562	0,81168	0,382931	0,509049	0,89198
13		0,78778	0,52653	0,81055	0,42364	0,471048	0,894688
14		0,71299	0,53921	0,78931	0,378392	0,48823	0,866622
15		0,78229	0,55511	0,8074	0,399182	0,496738	0,895921
16		0,72571	0,53791	0,78757	0,3816	0,48548	0,86708
17		0,69988	0,55452	0,79796	0,369945	0,50425	0,874195
18		0,70961	0,52259	0,74751	0,359254	0,469209	0,828463
19		0,6705	0,522	0,7776	0,370592	0,476305	0,846897
20		0,71782	0,54644	0,79665	0,379811	0,49494	0,87475
21		0,73328	0,5265	0,78345	0,388967	0,474039	0,863007
22		0,67644	0,54149	0,77925	0,359342	0,493176	0,852518
23		0,7024	0,54147	0,76875	0,358962	0,489143	0,848105

24		0,6996	0,4992	0,73798	0,366499	0,448448	0,814946
25		0,70425	0,52764	0,80402	0,394966	0,480516	0,875483
26		0,73891	0,55082	0,77753	0,368669	0,494409	0,863078
27		0,79505	0,53588	0,80899	0,417768	0,478396	0,896164
28		0,74831	0,54775	0,79362	0,385124	0,492414	0,877538
29		0,72097	0,54321	0,79068	0,378703	0,491061	0,869764
30		0,73854	0,53898	0,7688	0,370814	0,482952	0,853766

Tabel E2

No	GPM	sebelum direkonsiliasi			sesudah direkonsiliasi		
		Fin1	Fin2	Fout	Fin1'	Fin2'	Fout'
1	4	0,84703	0,91487	0,74185	0,041591	0,81355	0,855143
2		0,63927	0,98423	0,6864	0,030067	0,69115	0,721218
3		0,68357	0,9811	0,73479	0,05067	0,78874	0,838068
4		0,58621	0,94173	0,69493	0,071541	0,65899	0,73053
5		0,60962	0,92916	0,68283	0,066244	0,84414	0,910386
6		0,58828	0,93505	0,65944	0,093854	0,84924	0,943097
7		0,5757	0,95844	0,69347	0,088099	0,87494	0,963038
8		0,59438	0,96034	0,70702	0,07497	0,87614	0,951111
9		0,56797	0,95732	0,68306	0,097061	0,87366	0,970725
10		0,63923	0,92518	0,66119	0,073959	0,83547	0,909425
11		0,63545	0,94078	0,68268	0,070103	0,85203	0,92213
12		0,61979	0,90189	0,66869	0,053737	0,81717	0,870902
13		0,58609	0,96572	0,69733	0,088614	0,88085	0,969461
14		0,6195	0,961558	0,66418	0,104473	0,87049	0,974961
15		0,55154	0,965951	0,68286	0,107491	0,88305	0,990541
16		0,65915	0,963213	0,67805	0,086486	0,86942	0,955904
17		0,58831	0,92885	0,67216	0,078908	0,84492	0,923827
18		0,58289	0,94662	0,67201	0,094198	0,86145	0,955646
19		0,58059	0,96153	0,67331	0,105429	0,87523	0,980663

20	0,59636	0,96552	0,67325	0,105309	0,87726	0,982564
21	0,62999	0,9311	0,66191	0,080009	0,84179	0,921797
22	0,58056	0,95407	0,65726	0,112218	0,86692	0,979142
23	0,60228	0,93571	0,67322	0,080549	0,84982	0,930364
24	0,59124	0,93066	0,68384	0,070498	0,84742	0,917917
25	0,58876	0,93944	0,68626	0,076042	0,85581	0,931855
26	0,65492	0,94542	0,71252	0,046109	0,85724	0,903345
27	0,5856	0,93054	0,65851	0,091591	0,84535	0,936945
28	0,58021	0,91997	0,66522	0,07908	0,83704	0,916117
29	0,56226	0,95291	0,68405	0,093998	0,87036	0,964356
30	0,56497	0,95507	0,68053	0,097913	0,87168	0,969597

Tabel E3

No	GPM	sebelum direkonsiliasi			sesudah direkonsiliasi		
		Fin1	Fin2	Fout	Fin1'	Fin2'	Fout'
1	5	1	0,9883	0,82805	0,09088	0,98555	1,0764
2		0,92859	0,9818	0,79208	0,05033	0,97917	1,0295
3		0,87013	0,9785	0,78304	0,03326	0,97601	1,0093
4		0,86588	0,9842	0,75473	0,00563	0,98165	0,9873
5		0,84068	0,9856	0,74628	0,00753	0,9831	0,9906
6		0,91389	0,9834	0,77872	0,03539	0,98081	1,0162
7		0,8936	0,9796	0,7876	0,04107	0,977	1,0181
8		0,94346	0,9805	0,78174	0,04643	0,9778	1,0242
9		0,88642	0,9814	0,75766	0,01453	0,97883	0,9934
10		0,8675	0,9852	0,76857	0,01607	0,98267	0,9987
11		0,85299	0,9869	0,79167	0,0298	0,98441	1,0142
12		0,96125	0,9851	0,74351	0,01657	0,98232	0,9989
13		0,8272	0,9821	0,72342	0,02557	0,97953	1,0051
14		0,95136	0,9813	0,81973	0,07732	0,97869	1,056
15		0,89319	0,9808	0,77728	0,03189	0,97823	1,0101

16	0,89788	0,9857	0,76451	0,01902	0,98307	1,0021
17	0,84803	0,9832	0,75458	0,00246	0,98071	0,9832
18	0,89829	0,9845	0,76273	0,01865	0,98187	1,0005
19	0,80788	0,983	0,76724	0,00396	0,98061	0,9846
20	0,8655	0,9789	0,71695	0,0199	0,9762	0,9961
21	0,89594	0,9808	0,7744	0,03019	0,97826	1,0084
22	0,85534	0,983	0,77737	0,0221	0,98052	1,0026
23	0,84228	0,9859	0,7746	0,01489	0,98338	0,9983
24	0,83014	0,9837	0,76425	0,00588	0,98119	0,9871
25	0,93209	0,9813	0,77898	0,04122	0,97859	1,0198
26	0,87864	0,979	0,76897	0,02363	0,97648	1,0001
27	0,92393	0,9829	0,77029	0,03135	0,98023	1,0116
28	0,87519	0,9848	0,78337	0,02965	0,98229	1,0119
29	0,91349	0,9859	0,73386	0,00186	0,98316	0,985
30	0,95327	0,9817	0,79066	0,05459	0,97901	1,0336

Tabel E4

No	GPM	sebelum direkonsiliasi			sesudah direkonsiliasi		
		Fin1	Fin2	Fout	Fin1'	Fin2'	Fout'
1	6	1,59941	1,41953	1,25946	1,244214	1,16061	2,40482
2		1,59973	1,419	1,25673	1,244026	1,15971	2,40373
3		1,47478	1,4242	1,20406	1,132617	1,17478	2,3074
4		1,51023	1,42095	1,21703	1,164185	1,1687	2,33289
5		1,53034	1,41986	1,26141	1,189414	1,17134	2,36076
6		1,59769	1,42148	1,14764	1,219873	1,14607	2,36595
7		1,56981	1,49234	1,27048	1,208115	1,22868	2,4368
8		1,52719	1,4175	1,22435	1,179895	1,16434	2,34424
9		1,52559	1,4121	1,20871	1,176551	1,15767	2,33422
10		1,5079	1,42343	1,2879	1,176131	1,18159	2,35772
11		1,52797	1,45224	1,25748	1,180193	1,19873	2,37892

12		1,52374	1,42176	1,22469	1,17635	1,16853	2,34488
13		1,55455	1,41956	1,24965	1,206423	1,16579	2,37222
14		1,52332	1,42042	1,30038	1,191566	1,17859	2,37015
15		1,47588	1,41832	1,15985	1,125757	1,1631	2,28885
16		1,56153	1,41476	1,29001	1,221111	1,16661	2,38772
17		1,52576	1,42868	1,28383	1,188504	1,18284	2,37134
18		1,55799	1,41987	1,35025	1,229415	1,18036	2,40977
19		1,52121	1,48824	1,14861	1,145552	1,21441	2,35996
20		1,54157	1,4224	1,26518	1,198626	1,17241	2,37104
21		1,51931	1,43528	1,28656	1,182575	1,18982	2,37239
22		1,52567	1,49843	1,25955	1,16945	1,23877	2,40822
23		1,59494	1,48706	1,29855	1,234905	1,22461	2,45952
24		1,53727	1,48533	1,27608	1,18469	1,22832	2,41301
25		1,5458	1,41071	1,3401	1,219486	1,17285	2,39233
26		1,53904	1,42382	1,28667	1,200658	1,17716	2,37782
27		1,5505	1,43131	1,32236	1,215497	1,18711	2,40261
28		1,55514	1,44762	1,34514	1,220507	1,20369	2,4242
29		1,55543	1,42254	1,37592	1,232015	1,18679	2,4188
30		1,53703	1,42172	1,29639	1,201439	1,1771	2,37853

Tabel E5

No	GPM	sebelum direkonsiliasi			sesudah direkonsiliasi		
		Fin1	Fin2	Fout	Fin1'	Fin2'	Fout'
1	7	2,07516	1,68413	1,84462	1,50269	1,402914	2,905601
2		1,83709	1,62118	1,5442	1,2648	1,340052	2,604849
3		1,80944	1,66788	1,51234	1,22192	1,379275	2,601199
4		1,87316	1,62491	1,59122	1,30302	1,344843	2,647868
5		1,8561	1,6875	1,5229	1,25192	1,390711	2,642636
6		1,77116	1,63682	1,55681	1,21767	1,364931	2,582604
7		1,79818	1,64004	1,55334	1,23461	1,363202	2,597815

8	1,92825	1,64244	1,50143	1,30956	1,338519	2,648074
9	1,8413	1,64301	1,5157	1,2527	1,353874	2,606572
10	1,91335	1,6545	1,66689	1,34498	1,375298	2,720274
11	1,93238	1,6223	1,72813	1,38625	1,354027	2,740281
12	1,82283	1,6116	1,59468	1,27276	1,341388	2,614145
13	1,89425	1,4155	1,63884	1,39466	1,170086	2,564746
14	1,95316	1,65819	1,71017	1,38472	1,378956	2,763676
15	1,90512	1,61717	1,71626	1,36513	1,351911	2,71704
16	1,80193	1,60995	1,58333	1,25521	1,341383	2,596589
17	1,90126	1,61373	1,57549	1,32136	1,328867	2,65023
18	1,84819	1,61533	1,66895	1,31163	1,351754	2,66338
19	1,79022	1,63336	1,72246	1,2816	1,383509	2,665106
20	1,87874	1,64001	1,62915	1,31376	1,362476	2,676239
21	1,90007	1,64468	1,73221	1,35813	1,378465	2,736597
22	1,93378	1,62361	1,61645	1,35345	1,338536	2,691988
23	2,01773	1,68583	1,68739	1,41491	1,389707	2,804615
24	1,92871	1,62618	1,65536	1,36076	1,347188	2,707951
25	1,90783	1,63286	1,79735	1,38658	1,376808	2,763392
26	1,82675	1,63963	1,584	1,26393	1,363159	2,627089
27	1,86395	1,62273	1,70717	1,33189	1,361366	2,693254
28	1,88018	1,60586	1,73457	1,3565	1,348614	2,705117
29	1,88649	1,6266	1,73138	1,35377	1,364913	2,718684
30	1,87931	1,64391	1,68904	1,3309	1,374516	2,705419

Tabel E6

No	GPM	sebelum direkonsiliasi			sesudah direkonsiliasi		
		Fin1	Fin2	Fout	Fin1'	Fin2'	Fout'
1	8	1,95604	1,6446	1,88156	1,51527	1,60042	3,11568
2		2,08739	1,6268	1,81866	1,60137	1,57811	3,17948
3		1,9804	1,6219	1,86517	1,53499	1,57728	3,11227

4	2,07181	1,653	2,01628	1,63373	1,60913	3,24286
5	1,91699	1,6835	1,81007	1,45793	1,63748	3,0954
6	2,00432	1,6905	1,95625	1,55854	1,64585	3,20439
7	2,05088	1,6556	2,08405	1,63488	1,61394	3,24882
8	1,98461	1,6918	2,0712	1,57303	1,65056	3,22359
9	2,02265	1,6683	1,90631	1,56506	1,62245	3,18751
10	1,9838	1,639	1,78574	1,51276	1,59185	3,10461
11	2,05472	1,6627	1,88544	1,58499	1,61567	3,20065
12	1,96025	1,6339	1,96049	1,54136	1,59197	3,13333
13	2,0361	1,6585	1,85446	1,56428	1,61125	3,17552
14	2,03237	1,6681	1,96934	1,58851	1,62361	3,21212
15	1,94011	1,6474	1,99356	1,53141	1,60646	3,13787
16	2,10649	1,6624	2,10449	1,67973	1,61964	3,29937
17	2,03885	1,678	2,04793	1,61093	1,63514	3,24607
18	2,10379	1,6744	1,93434	1,63101	1,62708	3,25809
19	2,06494	1,6462	1,99425	1,62472	1,60209	3,22682
20	2,2115	1,7095	2,22786	1,77737	1,666	3,44338
21	2,17671	1,6737	2,13679	1,73733	1,62968	3,36701
22	2,06459	1,6851	2,17493	1,66082	1,64461	3,30544
23	2,00285	1,6873	1,92746	1,5509	1,64198	3,19288
24	1,94188	1,6182	1,80406	1,49163	1,57311	3,06473
25	2,00379	1,6473	1,98459	1,57649	1,60452	3,181
26	1,91719	1,6702	1,80179	1,45935	1,62437	3,08371
27	2,04985	1,6417	1,98775	1,61298	1,59797	3,21095
28	2,0382	1,6662	1,93037	1,58332	1,62066	3,20399
29	1,9781	1,6644	1,85486	1,51974	1,6185	3,13823
30	1,99617	1,6582	2,03195	1,58017	1,61656	3,19672

Tabel E7

No	GPM	sebelum direkonsiliasi			sesudah direkonsiliasi		
		Fin1	Fin2	Fout	Fin1'	Fin2'	Fout'
1	9	2,12426	1,90939	2,00035	1,904822	1,345823	3,250644
2		2,15389	1,90501	1,91602	1,922626	1,311071	3,233696
3		2,13279	1,92041	1,86974	1,897146	1,315223	3,212369
4		2,14049	1,91568	2,13316	1,932954	1,382682	3,315636
5		2,17362	1,90792	1,99228	1,948142	1,328842	3,276985
6		2,16781	1,92242	2,02005	1,944392	1,348631	3,293022
7		2,18307	2,092503	2,04323	1,942151	1,473767	3,415918
8		2,24785	2,091797	2,155	2,012078	1,486281	3,498359
9		2,20367	2,0234	2,09985	1,974096	1,433801	3,407897
10		2,17168	2,093063	2,13539	1,941875	1,502873	3,444748
11		2,20769	2,091238	2,29457	1,991375	1,535693	3,527068
12		2,19607	2,089594	1,97144	1,946314	1,448163	3,394477
13		2,19278	2,0919	2,07668	1,954488	1,479911	3,434399
14		2,21884	2,091929	2,33276	2,005369	1,543687	3,549056
15		2,1808	2,093725	2,14004	1,950442	1,502112	3,452554
16		2,09513	2,092413	2,09476	1,869272	1,512359	3,381631
17		2,24694	2,092248	2,16923	2,012753	1,490803	3,503557
18		2,18085	2,091387	1,9998	1,935604	1,461538	3,397142
19		2,12925	2,091272	2,12891	1,903519	1,511543	3,415061
20		2,19204	2,091437	2,0092	1,946595	1,461078	3,407673
21		2,15225	2,090242	2,22162	1,934153	1,530119	3,464272
22		2,03665	2,089659	2,06186	1,81385	1,517458	3,331308
23		2,16052	2,092151	2,15375	1,934	1,510396	3,444395
24		2,22269	2,090841	2,08815	1,982522	1,474035	3,456557
25		2,20088	2,089593	1,96613	1,950032	1,445358	3,395389
26		2,2377	2,089456	2,13934	2,001586	1,483062	3,484648
27		2,19084	2,093288	2,27007	1,973478	1,535054	3,508532

28	2,21551	2,091321	1,99422	1,965928	1,450337	3,416265
29	2,17282	2,089279	2,06839	1,93607	1,481251	3,417321
30	2,176875	2,052226	2,087793	1,94578	1,458723	3,404503

Tabel E8

No	GPM	sebelum direkonsiliasi			sesudah direkonsiliasi		
		Fin1	Fin2	Fout	Fin1'	Fin2'	Fout'
1	10	2,59511	2,35117	2,32774	2,408075	2,333411	4,741486
2		2,52261	2,33808	2,11551	2,32653	2,319462	4,645992
3		2,55316	2,33569	2,66833	2,394555	2,32063	4,715185
4		2,54961	2,35675	2,09439	2,348759	2,337679	4,686438
5		2,55553	2,35712	2,30418	2,369214	2,339429	4,708644
6		2,56697	2,33892	2,22833	2,375719	2,320761	4,69648
7		2,52716	2,35926	2,2072	2,335791	2,341089	4,67688
8		2,54936	2,35217	2,14146	2,352216	2,333451	4,685667
9		2,53115	2,31616	2,13318	2,337287	2,297753	4,63504
10		2,48159	2,34808	2,1115	2,287439	2,329645	4,617084
11		2,63479	2,32584	2,40926	2,452553	2,308536	4,761089
12		2,51529	2,35489	1,96281	2,307625	2,335172	4,642797
13		2,526	2,34277	2,39859	2,349562	2,326017	4,675579
14		2,45746	2,33015	2,14154	2,268459	2,312204	4,580663
15		2,50017	2,35622	2,35748	2,32168	2,339272	4,660952
16		2,49807	2,3482	2,17847	2,307517	2,330107	4,637623
17		2,48548	2,33815	2,11992	2,292362	2,319813	4,612175
18		2,53026	2,35444	2,1015	2,331464	2,335564	4,667028
19		2,44759	2,32551	2,18788	2,262935	2,307977	4,570912
20		2,55339	2,36109	2,13387	2,354779	2,342232	4,697011
21		2,57373	2,34587	2,27129	2,384569	2,327909	4,712478
22		2,52418	2,33655	1,9938	2,319403	2,317106	4,63651
23		2,54232	2,35533	2,01414	2,336359	2,335774	4,672133

24		2,52519	2,3193	2,15805	2,333305	2,30108	4,634386
25		2,50894	2,34557	2,12991	2,31433	2,327092	4,641421
26		2,58075	2,36215	2,04185	2,373536	2,342475	4,716011
27		2,52936	2,3405	2,24002	2,341518	2,322664	4,664182
28		2,51829	2,35853	2,49219	2,347963	2,342357	4,69032
29		2,59137	2,36722	2,32487	2,403251	2,349358	4,752609
30		2,61885	2,35297	2,26413	2,425447	2,334606	4,760054

Tabel E9

No	GPM	sebelum direkonsiliasi			sesudah direkonsiliasi		
		Fin1	Fin2	Fout	Fin1'	Fin2'	Fout'
1	11	2,5293	2,49988	1,77637	2,505643	2,487877	4,99352
2		2,5544	2,48647	1,60107	2,529475	2,473777	5,003252
3		2,5686	2,4085	1,69275	2,544714	2,396381	4,941095
4		2,5241	2,40159	1,67781	2,500528	2,389605	4,890133
5		2,4522	2,4186	1,67847	2,429071	2,40682	4,835891
6		2,5488	2,40502	1,58566	2,524316	2,392591	4,916907
7		2,5165	2,4973	1,77187	2,492971	2,485337	4,978308
8		2,4993	2,40352	1,61942	2,47551	2,391404	4,866914
9		2,5624	2,48616	1,68097	2,53793	2,473733	5,011663
10		2,5578	2,40156	1,58224	2,5333	2,389098	4,922398
11		2,5365	2,47088	1,57092	2,51152	2,458199	4,969719
12		2,5965	2,47661	1,44556	2,570153	2,463224	5,033377
13		2,5775	2,40773	2,68329	2,560803	2,399236	4,960039
14		2,5279	2,40171	2,56172	2,510675	2,392972	4,903648
15		2,5833	2,48089	2,36592	2,563737	2,470933	5,03467
16		2,5913	2,40215	2,78175	2,575248	2,393989	4,969237
17		2,6143	2,43836	2,74899	2,597531	2,429859	5,027391
18		2,5363	2,42529	2,57085	2,518899	2,416468	4,935368
19		2,5448	2,43776	2,62997	2,527706	2,429079	4,956785

20	2,4765	2,4483	2,65244	2,460018	2,439915	4,899933
21	2,5482	2,44877	2,5551	2,530458	2,439759	4,970217
22	2,5663	2,42616	2,56009	2,548597	2,417185	4,965782
23	2,4826	2,43063	2,56213	2,465557	2,421954	4,887511
24	2,6264	2,44529	2,62094	2,608584	2,436247	5,04483
25	2,4555	2,45598	2,55881	2,438405	2,447299	4,885704
26	2,5918	2,42583	2,93086	2,576605	2,41813	4,994735
27	2,5279	2,45183	2,28076	2,508282	2,441871	4,950153
28	2,4947	2,42465	2,69115	2,478489	2,416428	4,894917
29	2,5496	2,43072	2,74351	2,533336	2,422466	4,955802
30	2,5493	2,42912	2,71826	2,532936	2,42078	4,953716

Tabel E10

No	GPM	sebelum direkonsiliasi			sesudah direkonsiliasi		
		Fin1	Fin2	Fout	Fin1'	Fin2'	Fout'
1	12	3,40759	2,43846	2,03136	2,505643	2,487877	4,99352
2		3,39484	2,44124	2,59116	2,529475	2,473777	5,003252
3		3,34875	2,43856	2,72545	2,544714	2,396381	4,941095
4		3,36979	2,43014	2,5946	2,500528	2,389605	4,890133
5		3,37346	2,43367	2,64252	2,429071	2,40682	4,835891
6		3,38205	2,43681	2,77733	2,524316	2,392591	4,916907
7		3,33271	2,44091	2,299	2,492971	2,485337	4,978308
8		3,37772	2,44077	2,27035	2,47551	2,391404	4,866914
9		3,36384	2,43851	2,33305	2,53793	2,473733	5,011663
10		3,473	2,4404	2,89552	2,5333	2,389098	4,922398
11		3,37016	2,4387	2,60371	2,51152	2,458199	4,969719
12		3,37167	2,4297	2,72794	2,570153	2,463224	5,033377
13		3,43009	2,44159	2,57132	2,560803	2,399236	4,960039
14		3,41314	2,43711	2,47591	2,510675	2,392972	4,903648
15		3,37983	2,43096	2,2771	2,563737	2,470933	5,03467

16	3,30545	2,63445	2,3595	2,575248	2,393989	4,969237
17	3,4362	2,64276	2,54117	2,597531	2,429859	5,027391
18	3,39758	2,63703	2,53259	2,518899	2,416468	4,935368
19	3,38447	2,63196	2,37079	2,527706	2,429079	4,956785
20	3,41856	2,63879	2,32909	2,460018	2,439915	4,899933
21	3,38958	2,63556	2,59395	2,530458	2,439759	4,970217
22	3,42858	2,62941	2,35269	2,548597	2,417185	4,965782
23	3,36747	2,63351	2,30841	2,465557	2,421954	4,887511
24	3,4279	2,64219	2,68071	2,608584	2,436247	5,04483
25	3,35109	2,63994	2,45737	2,438405	2,447299	4,885704
26	3,40747	2,64274	2,52376	2,576605	2,41813	4,994735
27	3,36148	2,63582	2,7115	2,508282	2,441871	4,950153
28	3,41283	2,64393	2,53825	2,478489	2,416428	4,894917
29	3,41784	2,63779	2,71725	2,533336	2,422466	4,955802
30	3,41938	2,62934	2,37231	2,532936	2,42078	4,953716

Tabel E11

No	GPM	sebelum direkonsiliasi			sesudah direkonsiliasi		
		Fin1	Fin2	Fout	Fin1'	Fin2'	Fout'
1	13	3,68919	2,88728	2,92284	3,636573	2,751303	6,387876
2		3,71817	2,88567	2,71494	3,662165	2,740937	6,403102
3		3,74944	2,88652	2,50188	3,689904	2,732662	6,422566
4		3,71811	2,88267	2,69257	3,661827	2,737218	6,399045
5		3,72865	2,88839	3,08319	3,677758	2,756871	6,434629
6		3,75602	2,88733	2,79773	3,700638	2,744208	6,444846
7		3,72026	2,8441	2,69019	3,664467	2,699915	6,364382
8		3,69796	2,8441	2,65756	3,642018	2,699531	6,341549
9		3,7162	2,862	2,68553	3,66014	2,717127	6,377267
10		3,77268	2,8539	2,94978	3,719729	2,717061	6,43679
11		3,70166	2,9041	2,87901	3,64799	2,765402	6,413392

12	3,72388	2,8771	2,93007	3,671014	2,74048	6,411494
13	3,69339	2,8652	2,41884	3,633772	2,711131	6,344903
14	3,72704	2,9719	2,50145	3,66659	2,815682	6,482273
15	3,76047	2,9493	2,64311	3,701905	2,797951	6,499856
16	3,7224	2,9312	2,64404	3,664657	2,781977	6,446633
17	3,72162	2,9309	2,99512	3,668949	2,794783	6,463731
18	3,72094	2,8709	2,75572	3,665695	2,728131	6,393826
19	3,71881	2,8857	2,70328	3,662627	2,740508	6,403135
20	3,71701	2,8195	2,7364	3,662283	2,678072	6,340355
21	3,71639	2,8862	2,48235	3,657053	2,732857	6,38991
22	3,7407	2,8622	3,1149	3,690468	2,732387	6,422856
23	3,70428	2,8865	2,82194	3,650004	2,746235	6,396239
24	3,72627	2,8653	2,68608	3,670026	2,71995	6,389975
25	3,75209	2,8788	2,52197	3,692916	2,725879	6,418795
26	3,71913	2,8223	2,69098	3,663678	2,678998	6,342676
27	3,72113	2,869	2,63815	3,664216	2,72192	6,386136
28	3,70073	2,8178	2,44092	3,642007	2,666044	6,308051
29	3,75116	2,9278	2,86011	3,696163	2,785674	6,481838
30	3,67233	2,8684	2,72568	3,617388	2,726416	6,343804

LAMPIRAN F
DATA KALIBRASI SENSOR PADA *ELBOW TAPS*

No	Rotameter (LPM)	Pembacaan STD (LPM)	Pembacaan STD (GPM)	Nilai rata-rata pengujian		Rata rata pembacaan alat	Koreksi (Yi)	xi ²
				Naik	Turun			
1	3	2,769	0,729	0,83086	0,72786	0,77936	-0,05036	0,531441
2	4	3,6	0,951	0,74185	0,83508	0,788465	0,162535	0,904401
3	5	4,5	0,188	0,82805	0,8214	0,824725	-0,636725	0,035344
4	6	5,71	1,508	1,25946	1,28737	1,273415	0,234585	2,274064
5	7	6,54	1,727	1,84462	1,98873	1,916675	-0,189675	2,982529
6	8	7,34	1,939	1,88156	1,89443	1,887995	0,051005	3,759721
7	9	8,57	2,263	2,11035	2,11324	2,111795	0,151205	5,121169
8	10	9,47	2,507	2,32774	2,61623	2,471985	0,035015	6,285049
9	11	10,58	2,794	2,4392	2,421	2,4301	0,3639	7,806436
10	12	11,356	2,99	2,692	2,362	2,527	0,463	8,9401
11	13	12,41	3,278	2,92284	2,9163	2,91957	0,35843	10,74528
	jumlah	82,845	20,874	19,8785	19,9836	19,931085	0,942915	49,38554
	rata"	7,5313636	1,89764	1,80714	1,81669	1,8119168	0,0857195	4,489594

yi-yi'	(yi-yi')^2	xi.yi	Yreg	Residu (yi-yreg)	SSR
- 5,7128077	32,636172	-0,0367124	0,58933441	-0,63969441	0,4092089
- 5,4999127	30,24904	0,1545708	0,75489909	-0,59236409	0,3508952
- 6,2991727	39,679577	-0,1197043	0,185863727	-0,822588727	0,6766522
- 5,4278627	29,461693	0,3537542	1,170302362	-0,935717362	0,875567
- 5,8521227	34,24734	-0,3275687	1,333629681	-1,523304681	2,3204572
- 5,6114427	31,488289	0,0988987	1,491736492	-1,440731492	2,0757072
- 5,5112427	30,373796	0,3421769	1,73337143	-1,58216643	2,5032506
- 5,6274327	31,667999	0,0877826	1,91534342	-1,88032842	3,535635
- 5,2985477	28,074608	1,0167366	2,129384245	-1,765484245	3,1169346
- 5,1994477	27,034256	1,38437	2,275558467	-1,812558467	3,2853682
- 5,3040177	28,132604	1,1749335	2,490345078	-2,131915078	4,5450619
-61,34401	343,04537	4,1292379	16,0697684	-15,1268534	23,694738
- 5,5767282	31,185943	0,3753853	1,460888037	-1,375168491	2,1540671

a	0,046759		UA1^2	3,1186	ua^4/9	9,45879
b	0,005173		UA2^2	2,6327	ua2^4/9	4,80438
std dev	5,857008		UB1^2	8E-08	ub1^4/9	4,8E-30
ua1	1,765954		UB2^2	0	ub2^4/9	0
ua2	1,622575		SUM	5,7513	sum	14,2632
ub1	0,000289		UC	2,3982	vreff	33,0779
ub2	0		uc^4	33,078	uexp	2,37421

BIOGRAFI PENULIS



Nama lengkap penulis Fery Agos Kurniawan yang dilahirkan di Sidoarjo pada tanggal 06 Desember 1995 dari ayah bernama Lamidi dan ibu bernama Mudrikah. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Saat ini penulis tinggal di Jalan Wonocolo GG. VIII/ No. 31 Surabaya. Pada tahun 2008, penulis berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat dasar di SDN WAGE I, Taman, Sidoarjo. Pada tahun 2011 penulis berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 13 Surabaya. Tahun 2014 berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah kejuruan di SMKN 3 Surabaya. Dan pada tahun 2017 ini, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII-Metrologi dan Instrumentasi, Departemen Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALAN FLOW DAN DATA RECONCILIATION PADA MIXING PIPING”**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini maka dapat menghubungi penulis melalui email ferykurniawan37@gmail.com.