



TUGAS AKHIR TF 145565

RANCANG BANGUN *FLOW MONITORING SYSTEM* PADA *MINI PLANT SEAWATER REVERSE OSMOSIS* BERBASIS ARDUINO DI WORKSHOP INSTRUMENTASI

Ria Nalurita
NRP 2412.031.051

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015



TUGAS AKHIR TF 145565

RANCANG BANGUN *FLOW MONITORING SYSTEM* PADA *MINI PLANT SEAWATER REVERSE OSMOSIS* BERBASIS ARDUINO DI WORKSHOP INSTRUMENTASI

Ria Nalurita
NRP 2412.031.051

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.
NIP: 19600901 198701 1 001

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015



FINAL PROJECT TF 145565

***BUILD AND DESIGN FLOW MONITORING
SYSTEM ON MINI PLANT SEAWATER
REVERSE OSMOSIS BASED ARDUINO IN
WORKSHOP INSTRUMENTATION***

Ria Nalurita
NRP 2412.031.051

Supervisor
Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.
NIP: 19600901 198701 1 001

***STUDY PROGRAM OF D3 METROLOGY AND INSTRUMENTATION
DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015***

**RANCANG BANGUN *FLOW MONITORING SYSTEM*
PADA *MINI PLANT SEAWATER REVERSE OSMOSIS*
BERBASIS ARDUINO DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

TUGAS AKHIR

Oleh :

**Ria Nalurita
NRP. 2412 031 051**

**Surabaya, 13 Juli 2015
Mengetahui / Menyetujui**

Dosen Pembimbing

**Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc
NIP. 19600901 198701 1 001**

**Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS**

**Ketua Program Studi
DIII Metrologi dan Instrumentasi**



**Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIP. 19650309 199002 1 001**



**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.
NIP. 19620822 198803 1 001**

**RANCANG BANGUN *FLOW MONITORING SYSTEM*
PADA *MINI PLANT SEAWATER REVERSE OSMOSIS*
BERBASIS ARDUINO DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada

Program Studi DIII Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Ria Nalurita
NRP. 2412 031 051

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc. (Dosen Pembimbing)
2. Dr. Dhany Arifianto, S.T., M.Eng. (Ketua Penguji)
3. Andi Rahmadiansah, S.T., M.T. (Penguji 1)
4. Arief Abdurrakhman, S.T., M.T. (Penguji 2)

SURABAYA
13 JULI 2015

**RANCANG BANGUN *FLOW MONITORING SYSTEM*
PADA *MINI PLANT SEAWATER REVERSE OSMOSIS*
BERBASIS ARDUINO DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

Nama Mahasiswa : Ria Nalurita
NRP : 2412 031 051
Jurusan : DIII Metrologi dan Instrumentasi,
Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Ali Musyafa', MSc

Abstrak

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan. Selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup, air juga dapat bermanfaat dalam bidang industri. Akan tetapi, semakin lama berbagai kegiatan yang dilakukan manusia menyebabkan polusi pada air laut. Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan *seawater reverse osmosis*. Alat ini menggunakan metode penyaringan berbagai molekul besar dan ion – ion dari suatu larutan dengan cara memberi tekanan pada larutan tersebut hingga melewati membran *semipermeabel*. *Monitoring flow* digunakan untuk mengetahui laju aliran yang akan memasuki membran *semipermeabel*. Laju aliran akan dipengaruhi oleh tekanan yang dihasilkan oleh *booster pump*, semakin besar tekanan maka semakin besar pula laju aliran yang dihasilkan. Berdasarkan data yang telah dan diolah dengan persamaan kalibrasi didapatkan nilai standart deviasi maksimum sebesar 0,05696 L/Jam, ketidakpastian *type A1* sebesar 0,2321 L/Jam, akurasi pembacaan sensor sebesar 2,21755 dan ketidakpastian diperluas atau *Uexp* sebesar 2,360 L/Jam.

Kata kunci : air, *seawater reverse osmosis*, ketidakpastian

***BUILD AND DESIGN FLOW MONITORING SYSTEM ON
MINI PLANT SEAWATER REVERSE OSMOSIS BASED
ARDUINO IN WORKSHOP INSTRUMENTATION***

Name : Ria Nalurita
NRP : 2412 031 051
Department : ***DIII Metrology and Instrumentation,
Engineering Physics, FTI-ITS***
Advisor Lecturer : ***Dr. Ir. Ali Musyafa', MSc***

Abstract

Water is a natural resource that very important for life. In addition used for fulfill the needs of live, water also can be a useful tool in the field of industry. However, the longer of various humans activities causing pollutants in seawater. Therefore, technology that required right for solve the problem is seawater reverse osmosis. This equipment is using the method of filtration of various big molecule and ion from a solution with pressure on solution. Until pass through a semipermeable membrane. Monitoring flow used to know flow rate that will enter into semipermeable membrane. Flow rate will be influenced by pressure that produced by booster pump, bigger pressure then bigger flow rate is produced. Based on data that have been processed with calibration equations obtained maximum standard deviation value 0,05696 L/H, uncertainty type A1 0,2321 L/H, sensor acuration is 2,21755 L/H, and uncertainty expand is 2,360 L/H.

Key word : Water, Seawater Reverse Osmosis, Uncertainty

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidaya-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun *Flow Monitoring System* pada *Sea Water Reverse Osmosis Mini Plant* Berbasis Arduino di Workshop Instrumentasi”** dengan tepat waktu. terselesaikannya laporan ini juga tidak luput dari dukungan dan peran serta dari orang tua dan keluarga besar serta berbagai pihak. Untuk itulah dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.
2. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku ketua program studi D3 Metrologi dan Instrumentasi FTI-ITS.
3. Bapak Dr. Ir. Ali Musyafa', MSc selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dengan baik dan sabar.
4. Bapak Totok Ruki Biyanto, ST, MT, Ph.D yang telah memberi arahan dan bimbingan.
5. Ibu Dyah Sawitri, ST, MT selaku Dosen Wali dan yang telah memberikan arahan selama menjalani masa perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Fitri Iskandarianto, ST, MT selaku Kepala Laboratorium Workshop Instrumentasi.
7. Seawater Reverse Osmosis Team yang telah berjuang bersama dalam pengerjaan Tugas Akhir.
8. Teman-teman Pejuang Tangguh Workshop Instrumentasi 2012 serta alumni yang telah membantu dan memotivasi selama proses pengerjaan tugas akhir.
9. Keluarga Besar D3 Metrologi dan Instrumentasi FTI-ITS tahun angkatan 2012 dan 2011.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih kurang dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis menerima segala masukan baik berupa saran, kritik, dan segala bentuk tegur sapa demi kesempurnaan laporan ini.

Demikian Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan dapat bermanfaat dalam akademik baik bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca.

Surabaya, 22 Juni 2015

Penulis.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
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 <i>Reverse Osmosis</i>	5
2.2 <i>Booster Pump</i>	7
2.3 <i>Water Flow Sensor</i>	8
2.4 Teori Ketidakpastian	9
2.5 Arduino	14
2.6 Visual Basic	15
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	
3.1 Perancangan Dan Pembuatan Alat	17
3.2 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	18
3.2.1 <i>Software Arduino</i>	18
3.2.2 <i>Software Visual Basic</i>	20
3.3 Prosedur Kalibrasi	24
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisa Data	27
4.1.1 <i>Pengujian G1/4" Water Flow Sensor</i>	27

4.1.2 Karakteristik Statik	28
4.1.3 Pengujian Sensor Pada Sistem	28
4.2 Pembahasan	30
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A PENGUJIAN SENSOR *WATER FLOW*

LAMPIRAN B PENGAMBILAN DATA FLOW PADA SISTEM

LAMPIRAN C PERHITUNGAN KETIDAKPASTIAN SISTEM

LAMPIRAN D HASIL KETIDAKPASTIAN SENSOR

LAMPIRAN E HASIL KETIDAKPASTIAN SISTEM

LAMPIRAN F SPESIFIKASI MEMBRAN

LAMPIRAN G DATASHEET ARDUINO MEGA 2560

LAMPIRAN H SPESIFIKASI *BOOSTER PUMP*

LAMPIRAN I DATASHEET G1/4" WATER FLOW SENSOR

LAMPIRAN J LISTING PROGRAM PADA ARDUINO

LAMPIRAN K LISTING PROGRAM VISUAL STUDIO

2013

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran Partikel Terkecil yang disaring oleh membran	7
Tabel 3.1 Konfigurasi Sensor dengan Arduino Mega	19
Tabel 4.1 Ketidakpastian Pembacaan Sensor <i>Flow</i>	23
Tabel 4.2 Sistem Monitoring <i>Flow</i> Pada <i>Reverse Osmosis</i>	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Fenomena <i>Osmosis</i> dan <i>Reverse Osmosis</i>	5
Gambar 2.2	Pori-pori Membran <i>Reverse Osmosis</i>	7
Gambar 2.3	<i>Booster Pump</i>	8
Gambar 2.4	Fisik dan Skematik Instalasi G1/4” <i>Water Flow Sensor</i>	8
Gambar 2.5	Bagan sumber-sumber ketidakpastian	9
Gambar 2.6	Arduino Mega	15
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> pengerjaan tugas akhir	17
Gambar 3.2	Diagram Blok Perancangan Alat ukur <i>Flow</i>	18
Gambar 3.3	Pemasangan Sensor Ke <i>Tubing</i>	19
Gambar 3.4	<i>Feed Water Tank</i>	14
Gambar 3.5	<i>Filter</i>	20
Gambar 3.6	<i>Booster Pump</i>	21
Gambar 3.7	<i>Water Flow Sensor</i>	21
Gambar 3.8	Membran <i>Reverse Osmosis</i>	22
Gambar 3.9	<i>Make Up Water Tank</i>	22
Gambar 3.10	<i>Reject Water Tank</i>	23
Gambar 3.11	<i>Block Flow Diagram</i>	23
Gambar 3.12	<i>software</i> Arduino 1.0.6	24
Gambar 3.13	Tampilan Monitoring Pada VB	25

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan di bumi. Sumber air tersebut ada yang diperoleh dari air tanah, mata air sungai, danau dan air laut. Namun tidak semua daerah mempunyai sumber air yang baik. Wilayah pesisir pantai dan pulau-pulau kecil di tengah lautan lepas merupakan daerah-daerah yang susah akan sumber air bersih. Sering terdengar ketika musim kemarau mulai datang maka masyarakat yang tinggal di daerah tersebut mulai kekurangan air bersih. Sumber daya air yang terdapat di daerah tersebut umumnya berkualitas buruk, misalnya air tanahnya yang payau atau asin. Sumber air yang secara kuantitas tidak terbatas adalah air laut, walaupun kualitasnya sangat buruk karena banyak air laut yang mengandung kadar garam atau TDS (*Total Dissolved Solid*) yang tinggi. Untuk mengatasi masalah tersebut salah satu cara adalah dengan penerapan teknologi pengolahan air yang sesuai dengan kondisi sosial, budaya, ekonomi dan SDM. Proses pengolahan air payau menjadi air tawar tersebut menggunakan teknologi penyulingan, filtrasi dan ionisasi (pertukaran ion). Untuk memenuhi kebutuhan akan air tawar tersebut dapat mengembangkan sistem pengolahan air asin atau payau dengan teknologi semipermeabel. Membran atau selaput semipermeabel adalah suatu selaput penyaring skala molekul yang dapat ditembus oleh molekul air dengan mudah, akan tetapi tidak dapat atau sulit sekali dilalui oleh molekul lain yang lebih besar dari molekul air. Teknologi pengolahan air asin atau payau yang akan dibahas menggunakan teknologi filtrasi membran semipermeabel. Teknologi pengolahan air asin atau payau ini lebih dikenal dengan sistem osmosa balik (*Reverse Osmosis* atau disingkat dengan RO). Teknologi ini menerapkan sistem yang dibalik yaitu dengan memberikan tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosis air asin atau payau. Air asin tersebut ditekan supaya

melewati membran yang bersifat semipermeabel, molekul yang mempunyai diameter lebih besar dari air akan tersaring.^[1]

Masalah serius yang sering ditemui dalam proses ultrafiltrasi adalah kecenderungan terjadinya penurunan laju aliran atau fluks sepanjang waktu pengoperasian akibat pengendapan atau pelekatan material di permukaan membran yang dikenal dengan istilah *fouling* dan *scaling*. Terjadinya *fouling* diawali dengan adanya polarisasi konsentrasi yaitu peningkatan konsentrasi lokal dari suatu solut pada permukaan membran, sehingga material terlarut berkumpul membentuk lapisan gel yang semakin lama menebal. Pada polarisasi konsentrasi ini, laju aliran mengalami penurunan karena adanya peningkatan pada tahap hidrodinamik pada lapisan batas dan kenaikan tekanan osmotik lokal^[2]. Oleh karena itu perancangan sistem *monitoring flow* penting adanya guna mengetahui nilai debit aliran yang akan melewati membran Reverse Osmosis. Selain itu dapat mengamati nilai laju aliran melalui display dengan menggunakan controller arduino data nilai laju aliran dapat dimonitoring dan disimpan setiap saat sesuai dengan ketentuan pada *visual studio 2013*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah mengenai perancangan dan membangun sistem *flow monitoring* pada *sea water reverse osmosis mini plant* berbasis arduino dan bagaimana cara merancang sistem monitoring *flow* menggunakan sistem komunikasi *visual studio 2013*.

1.3 Tujuan

Sesuai dengan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari tugas akhir ini antara lain adalah untuk merancang dan membangun sistem *flow monitoring* pada *sea water reverse osmosis mini plant* berbasis arduino dan merancang sistem monitoring *flow* menggunakan sistem komunikasi *visual studio 2013*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari sistem yang dirancang agar pembahasan tidak menyimpang dari tujuan adalah sebagai berikut:

- a. Merancang sistem yang dibutuhkan dalam pembuatan *flow monitoring system* pada *sea water reverse osmosis mini plant*.
- b. Membuat desain komponen-komponen dari sistem yang ada.
- c. Pengujian sistem dari rancang bangun yang telah dibuat dengan menguji rangkaian dari perancangan alat untuk mengetahui performasi alat, baik keakuratan dan keoptimalan alat.
- d. Memonitor *flow* dengan cara menyimpan data menggunakan *data base* di *visual studio*.
- e. Memonitor *flow* yang mengalir sebelum memasuki membran.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai sistem monitoring *flow* dengan menggunakan sistem kelembapan dengan menggunakan sistem komunikasi *visual studio 2013*.

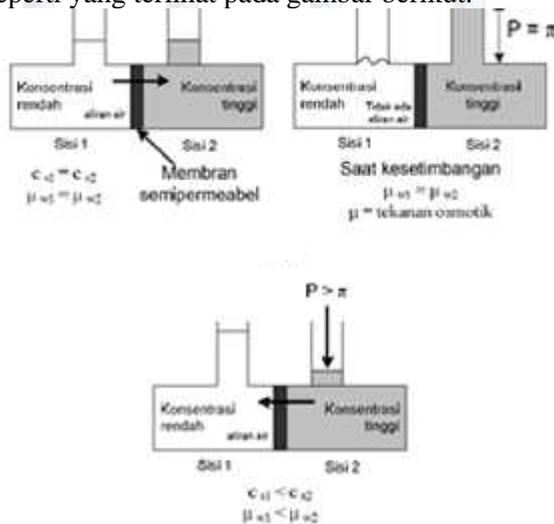


Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II DASAR TEORI

2.1 Reverse Osmosis

Reverse osmosis adalah kebalikan dari fenomena osmosis. Osmosis merupakan fenomena pencapaian kesetimbangan antara dua larutan yang memiliki perbedaan konsentrasi zat terlarut, dimana kedua larutan ini berada pada satu bejana dan dipisahkan oleh lapisan semipermeabel. Kesetimbangan terjadi akibat perpindahan pelarut dari larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut rendah ke larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut tinggi. Saat kesetimbangan konsentrasi dicapai maka terdapat perbedaan tinggi larutan yang dapat didefinisikan sebagai tekanan osmosis seperti yang terlihat pada gambar berikut.



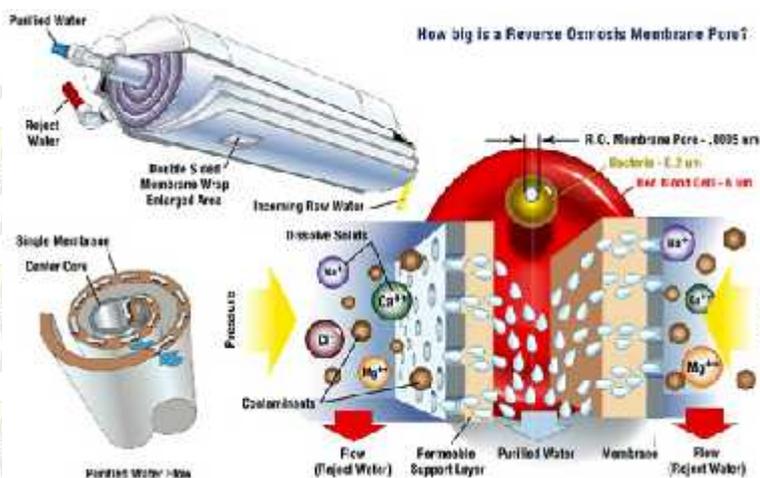
Gambar 2.1 Skema Fenomena *Osmosis* dan *Reverse Osmosis*^[3]

Prinsip dasar reverse osmosis adalah memberi tekanan hidrostatik yang melebihi tekanan osmosis larutan sehingga pelarut dalam hal ini air dapat berpindah dari larutan yang

memiliki konsentrasi zat terlarut tinggi ke larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut rendah seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 Prinsip reverse osmosis ini dapat memisahkan air dari komponen-komponen yang tidak diinginkan dan dengan demikian akan didapatkan air dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Peristiwa perpindahan dalam reverse osmosis dapat didekati dengan teori solution diffusion, model membran berpori (preferential sorption capillary model), atau fenomena termodinamik irreversibel. Diantara tiga teori ini, yang banyak digunakan untuk menjelaskan bagaimana proses reverse osmosis dapat memisahkan antara garam dan air adalah teori solution diffusion yang mengasumsikan bahwa baik zat terlarut (garam) maupun pelarut (air) terlarut secara homogen pada permukaan membran dan masing-masing akan berdifusi melewati membran. Kecepatan difusi garam dan air melalui membran RO bergantung pada gradien potensial kimia yaitu perbedaan konsentrasi dan tekanan antara dua sisi membran. Dengan demikian perbedaan kelarutan dan diffusivitas garam dan air di fasa membran sangat menentukan laju perpindahan (fluks permeat) dan derajat pemisahan (selektivitas).^[3]

Sebuah sistem *Reverse Osmosis (RO)* umumnya terdiri dari empat subsistem utama yakni sistem pretreatment, pompa bertekanan tinggi, modul membran, dan sistem posttreatment. Dengan menggunakan pompa bertekanan tinggi, air umpan akan mengalir di permukaan membran. Tekanan operasi dari reverse osmosis berkisar antara 17 sampai 27 bar untuk air payau dan 55 sampai 82 bar untuk air laut.

Membran *Reverse Osmosis (RO)* adalah membran yang terbuat dari selaput semipermeabel yang berfungsi untuk menyaring atau memfilter air dari kandungan-kandungan logam. Bahan polymer dari membran membentuk lapisan sehingga air harus mengikuti jalur dari membran yang berliku-liku supaya mencapai sisi penyerapan.^[4]



Gambar 2.2 Pori-pori Membran *Reverse Osmosis*^[5]

Reverse Osmosis (RO) bersama dengan beberapa metode filtrasi membran lainnya dapat digunakan untuk menyaring patogen dari air irigasi. Pilihan filter yang baik dapat dikategorikan berdasarkan ukuran partikel terkecil yang disaring yakni sebagai berikut.^[6]

Tabel 2.1 Ukuran Partikel Terkecil yang disaring oleh membran

Membrane Filtration Type	Particle Size Filtered (micron)
Microfiltration	1-0,1
Ultrafiltration	0,1-0,01
Nanofiltration	0,01-0,001
Reverse Osmosis	<0,001

2.2 *Booster Pump*

Pompa booster adalah jenis pompa yang berfungsi hanya untuk menambah tekanan air, dengan demikian pompa ini tidak dapat digunakan untuk menghisap air dengan posisi sumber air di bawah pompa. Penggunaan pompa jenis ini lebih menghemat listrik karena daya listrik yang dibutuhkan biasanya lebih kecil.

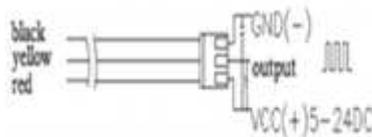
Selain itu sistem otomatis pompa ini tidak menggunakan pressure switch, tetapi menggunakan sejenis bola magnet yang berfungsi ketika ada aliran air. Penggunaan otomatis jenis ini juga memiliki keuntungan lain, karena bila tidak ada air, pompa tidak akan bekerja. Sehingga kita terhindar dari resiko kerusakan atau terbakarnya pompa bila kita sampai lupa mengisi penampungan air.^[7]



Gambar 2.3 *Booster Pump*^[7]

2.3 Water Flow Sensor

Water Flow sensor terdiri dari tubuh katup plastik, rotor air, dan sensor hall efek. Ketika air mengalir melalui, gulungan rotor-rotor. Kecepatan perubahan dengan tingkat yang berbeda aliran. Sesuai sensor hall efek output sinyal pulsa. Kelebihan sensor ini adalah hanya membutuhkan 1 sinyal (SIG) selain jalur 5VDC dan Ground.

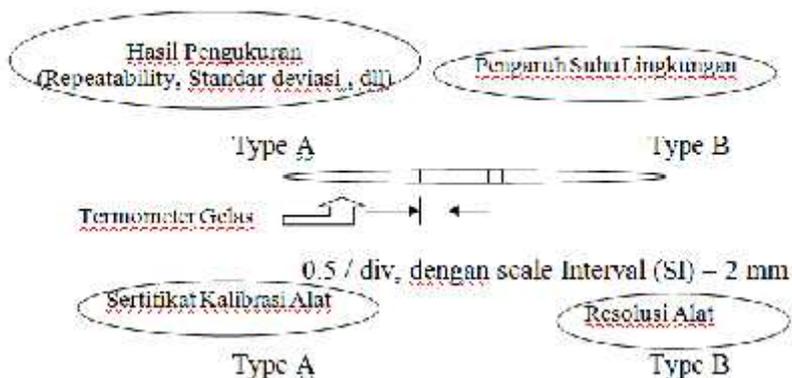


Gambar 2.4 Fisik dan Skematik Instalasi G1/4" *Water Flow Sensor*^[8]

Water flow sensor ini terdiri atas katup plastik, rotor air, dan sebuah sensor hall-effect. Prinsip kerja sensor ini adalah dengan memanfaatkan fenomena efek Hall. Efek Hall ini didasarkan pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan yang bergerak. Ketika ada arus listrik yang mengalir pada divais efek Hall yang ditempatkan dalam medan magnet yang arahnya tegak lurus arus listrik, pergerakan pembawa muatan akan berbelok ke salah satu sisi dan menghasilkan medan listrik. Medan listrik terus membesar hingga gaya *Lorentz* yang bekerja pada partikel menjadi nol. Perbedaan potensial antara kedua sisi divais tersebut disebut potensial Hall. Potensial Hall ini sebanding dengan medan magnet dan arus listrik yang melalui divais.^[8]

2.4 Teori Ketidakpastian

Sumber-sumber ketidakpastian yang turut memberikan kontribusi selain ada pada diri manusia sendiri sebagai pelakuk pengukuran/kalibrasi juga pada alat-alat bantu (kalibrator) yang digunakan, juga resolusi alatnya serta pengaruh suhu lingkungan.



Gambar 2.5 Bagan sumber-sumber ketidakpastian^[9]

Untuk mengevaluasi masing-masing sumber ketidakpastian tersebut, diperlukan analisa dengan menggunakan metoda statistik, yang disebut analisa *type A*, dan menggunakan selain

metode statistik yang disebut dengan Analisa *type B*. untuk lebih jelasnya dapat dilihat sebagai berikut:

a. Analisa *Type A* , (U_A)

Pada tipe ini biasanya ditandai dengan adanya data pengukuran, misalnya n kali pengukuran, maka selanjutnya dari data tersebut, akan ditemukan nilai rata-ratanya, standar deviasinya, dan atau *repeatability*-nya. Bentuk kurva dari tipe ini adalah sebaran Gauss. Rumus umum ketidakpastian untuk tipe A ini adalah:

$$U_{A1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

σ = standar deviasi

Contoh :

Untuk 10 kali pengambilan data ($n = 10$)

Rata – rata = 39,45 °C

Standar deviasi = 0,07071 °C

Ketidakpastian, $U_{A1} = \frac{\sigma}{n}$

Ketidakpastian, $U_{A1} = \frac{0,0}{1}$

Ketidakpastian, $U_{A1} = 0,0224$

Derajat kebebasan, $V = n-1 \dots\dots\dots (2.2)$

Derajat kebebasan, $V = 10-1$

Derajat kebebasan, $V = 9$

b. Analisa *type B*, (U_B)

Pada analisa tipe ini akan digunakan selain metode statistik, sehingga dari contoh diatas :

3.1. Sertifikat kalibrasi dari termometer gelas: misalnya 0,1°C,

Nilai ini sudah merupakan hasil dari ketidakpastian diperluas U_{95} , karenanya harus dicari terlebih dahulu ketidakpastian kombinasinya U_C , (sebagai ketidakpastian individual) yaitu dengan membagi ketidakpastian tersebut

dengan faktor cakupan (k). jika tidak ada pernyataan apapun maka dalam setiap laporan kalibrasi dianggap $k = 2$, untuk tingkat kepercayaan 95%.

Namun jika kita menginginkan nilai k yang lebih optimis maka harus dicari terlebih dahulu nilai derajat kebebasannya, v , yang selanjutnya akan ditemukan nilai k . dalam pencarian nilai v , terlebih dahulu harus ditemukan nilai *reliability*-nya (R) dari laboratorium pemberi sertifikat termometer gelas tersebut, misalnya kita perkirakan dengan nilai $R = 10\%$. Maka didapat:

$$V = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R} \right)^2 \dots\dots\dots (2.3)$$

$$V = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{0,1} \right)^2$$

$$V = 50$$

pada tabel T-distribution didapat $k = 2,01$, maka nilai yang tepat untuk ketidakpastian kombinasi tersebut adalah :

$$U_{B1} = \frac{U_e}{k} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$U_{B1} = \frac{0,1}{2,0}$$

$$U_{B1} = 0,0498 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2. Untuk resolusi alat dibedakan atas Alat digital dan Analog.

Jika Alat digital : Ketidakpastian (U)

$$: U = \frac{\frac{1}{2} R}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots (2.5)$$

untuk Alat analog : Ketidakpastian (U)

$$: U = \frac{R}{2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Jika pada ilustrasi tersebut alat yang digunakan adalah termometer digital dengan resolusi $0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$, maka:

$$U_{BI} = \frac{\frac{1}{2}(0,1)}{\sqrt{3}}$$

$$U_{BI} = 0,0298 \text{ } ^\circ\text{C}$$

c. Ketidakpastian Kombinasi, U_C

Selanjutnya dari semua sumber ketidakpastian tersebut harus dikombinasikan atau digabungkan untuk memberikan gambaran menyeluruh ketidakpastian dari hasil kalibrasi tersebut. Rumus umum ketidakpastian kombinasi adalah:

$$U_C = \sqrt{\sum (U_a)^2 + \sum (U_B)^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Atau secara umum :

$$U_C^2 = \sum (C_i \cdot U_i)^2 \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan C_i = koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-i

Pada contoh diatas, karena pengukuran suhu hanya merupakan hasil pembacaan dari suhu yang terlihat dari termometer gelas kemudian hasilnya dikoreksi dengan nilai yang tercantum dalam sertivikat kalibrasinya, maka nilai ketidakpastian kombinasi sebesar :

$$U_C = [\sum (C_i \cdot U_i)]^{1/2}$$

$$U_C = [(1.(0,0224))^2 + (1.(0,0498))^2 + (1.(0,0289))^2 + (1.(0,058))^2]^{1/2} \\ = 0,085 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dengan koefisien sensitifitas masing-masing sebesar 1

d. Ketidakpastian diperluas

Dalam pelaporan ketidakpastian hasil pengukuran/kalibrasi yang dilaporkan adalah ketidakpastian yang sudah dalam perluasan (*expanded*), sehingga hasil tersebut sangat logis dalam kenyataan, selain itu dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95 %, seperti lazimnya dipakai dalam pelaporan-pelaporan saat ini, lain halnya jika ada pengecualian dengan mengambil tingkat

kepercayaan tertentu. Rumus ketidakpastian diperluas (*expanded uncertainty*) adalah:

$$U_{95} = k U_c \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan:

U_{95} : ketidakpastian diperluas (*expanded uncertainty*)

K : faktor cakupan (*coverage factor*)

U_c : ketidakpastian kombinasi (*combined uncertainty*)

e. Derajat Kebebasan, V

Derajat kebebasan efektif dicari dengan dua cara, yaitu:

1. Jika data diperoleh dari pengukuran berulang sebanyak n kali, maka derajat kebebasan adalah:

$$V = n-1 \dots\dots\dots (2.2)$$

Pada contoh diatas didapat 10 kali pengulangan pengukuran.

Maka :

$$V = n-1$$

$$V = 10-1$$

$$V = 9$$

2. Jika data merupakan hasil perkiraan atau estimasi dengan *reliability* (R), maka:

$$V = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R} \right)^2 \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

R dalam satuan persen (%)

f. Derajat kebebasan efektif, V_{eff}

Nilai faktor cakupan, k untuk perkalian ketidakpastian diperluas diatas didapat dari derajat kebebasan efektif, V_{eff} , dengan rumus:

$$V_{\text{eff}} = \frac{(C_i \cdot U_c)^4}{\sum (C_i \cdot U_i)^4} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan :

C_i : koefisien Sensitifitas pada Ketidakpastian Ke-i

U_c : ketidakpastian kombinasi / gabungan

U_i : ketidakpastian individual ke-i

V_i : derajat kebebasan pada ketidakpastian individual ke-i

g. Tingkat kepercayaan, U_{95}

Tingkat kepercayaan merupakan tingkatan keyakinan akan keberadaan nilai sebenarnya pada suatu tindak pengukuran dengan menggunakan alat tertentu.

h. Faktor cakupan , k

Faktor cakupan meruakan faktor pengali pada ketidakpastian, sehingga membentuk cakupan logis pada penggunaan keseharian. Faktor cakupan dicari menggunakan tabel *T-Student Distribution*.^[9]

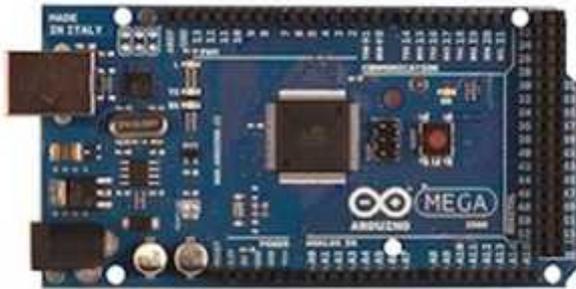
2.5 Arduino

Arduino dapat dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata “platform” di sini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment (IDE)* yang canggih. *IDE* adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller*.

Komponen utama di dalam papan Arduino adalah sebuah microcontroller 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan

ATmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan ATmega2560.

Tanpa melakukan konfigurasi apapun, begitu sebuah papan Arduino dikeluarkan dari kotak pembungkusnya dapat langsung disambungkan ke sebuah komputer melalui kabel USB. Selain berfungsi sebagai penghubung untuk pertukaran data, kabel USB ini juga akan mengalirkan arus DC 5 Volt kepada papan Arduino sehingga praktis tidak diperlukan sumber daya dari luar. Saat mendapat suplai daya, lampu LED indikator daya pada papan Arduino akan menyala menandakan bahwa ia siap bekerja.^[10]



Gambar 2.6 Arduino Mega ^[10]

2.6 Visual Basic

Bahasa Basic pada dasarnya adalah bahasa yang mudah dimengerti sehingga pemrograman di dalam bahasa Basic dapat dengan mudah dilakukan meskipun oleh orang yang baru belajar membuat program. Hal ini lebih mudah lagi setelah hadirnya Microsoft Visual Basic, yang dibangun dari ide untuk membuat bahasa yang sederhana dan mudah dalam pembuatan scriptnya (*simple scripting language*) untuk *graphic user interface* yang dikembangkan dalam sistem operasi Microsoft Windows.

Visual Basic merupakan bahasa pemrograman yang sangat mudah dipelajari, dengan teknik pemrograman visual yang memungkinkan penggunaanya untuk berkreasi lebih baik dalam menghasilkan suatu program aplikasi. Ini terlihat dari dasar

pembuatan dalam visual basic adalah FORM, dimana pengguna dapat mengatur tampilan form kemudian dijalankan dalam script yang sangat mudah.

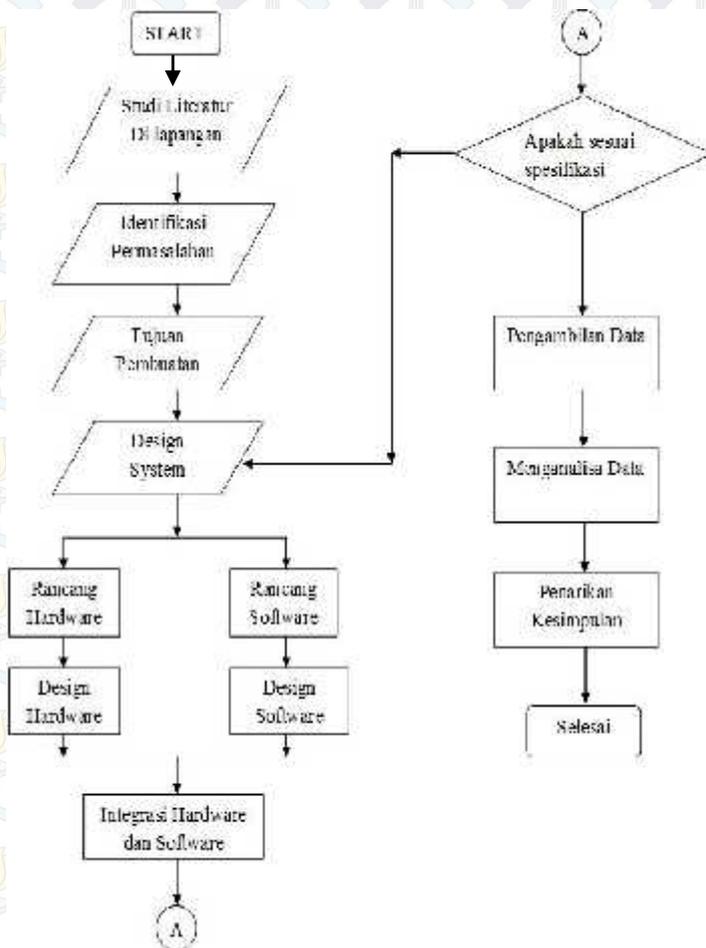
Ledakan pemakaian Visual Basic ditandai dengan kemampuan Visual Basic untuk dapat berinteraksi dengan aplikasi lain di dalam sistem operasi Windows dengan komponen ActiveX Control. Dengan komponen ini memungkinkan pengguna untuk memanggil dan menggunakan semua model data yang ada di dalam sistem operasi windows. Hal ini juga ditunjang dengan teknik pemrograman di dalam Visual Basic yang mengadopsi dua macam jenis pemrograman yaitu Pemrograman Visual dan *Object Oriented Programming* (OOP).

Visual Basic 6.0 sebetulnya perkembangan dari versi sebelumnya dengan beberapa penambahan komponen yang sedang tren saat ini, seperti kemampuan pemrograman internet dengan DHTML (*Dynamic HyperText Mark Language*), dan beberapa penambahan fitur *database* dan multimedia yang semakin baik. Sampai saat buku ini ditulis bisa dikatakan bahwa Visual Basic masih merupakan pilih pertama di dalam membuat program aplikasi yang ada di pasar perangkat lunak nasional. Hal ini disebabkan oleh kemudahan dalam melakukan proses development dari aplikasi yang dibuat^[11].

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 *Flowchart* Pembuatan Alat

Langkah-langkah dalam perancangan alat ini digambarkan dalam *flowchart* penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 *Flowchart* pengerjaan tugas akhir

3.2 Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat Eksperimen

Perancangan sistem monitoring *flow* pada *mini plant seawater reverse osmosis* terbagi menjadi tiga pengerjaan yakni meliputi pembuatan elektrik, pembuatan mekanik alat, dan pembuatan perangkat lunak (*software*).

3.2.1 Pembuatan Rangkaian Elektrik.

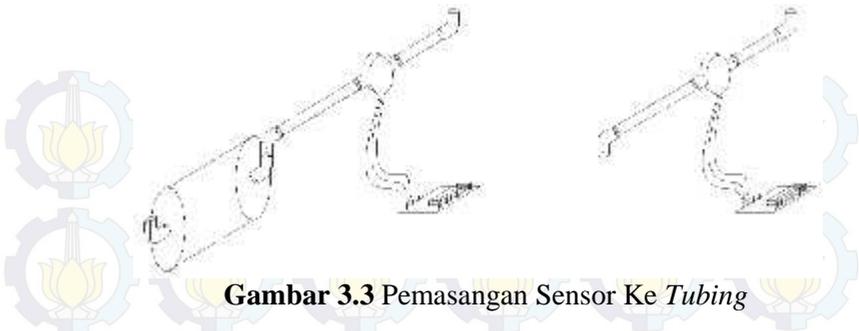
Pada pembuatan rangkaian elektrik ini berisi integrasi antara sensor *water flow G1/4"* dengan arduino mega yang berfungsi sebagai kontrol hingga dapat menampilkan pembacaan sensor pada LCD. Seperti yang terlihat pada diagram blok berikut.



Gambar 3.2 Diagram Blok Perancangan Alat ukur *Flow*

Pada gambar 3.2 dapat dilihat bahwa input dari sensor ini berupa *flow* sehingga setelah sensor mendeteksi adanya aliran air maka turbin yang terdapat didalam sensor akan berputar sehingga menyebabkan medan magnet karena adanya *hall effect* dan output dari sensor ini merupakan sinyal pulsa. Setelah itu keluaran dari sensor *flow* ini akan masuk ke pemrosesan sinyal dimana yang berfungsi sebagai pemroses sinyal adalah Arduino Mega. Pada arduino ini dibuat program agar data pengukuran *flow* dapat ditampilkan.

Pada gambar 3.3 dapat dilihat cara pemasangan alat ukur atau sensor *G1/4 hall effect water flow*.



Gambar 3.3 Pemasangan Sensor Ke Tubing

Pada gambar 3.3 diatas merupakan proses pemasangan sensor ke tubing agar aliran dapat berjalan melewati sensor. Dari gambar diatas sensor *water flow* dipasang sesuai arah aliran air agar dapat membaca *flow rate*. Kabel yang ada pada sensor *water flow* dihubungkan ke mikrokontroler arduino dan hasil dari pengukuran sensor *flow* ditampilkan oleh LCD serta ditampilkan pada *personal computer* untuk disimpan kedalam *database*. Untuk konfigurasi antara sensor dengan arduino dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Konfigurasi Sensor dengan Arduino Mega

Komponen	Konfigurasi	Pin pada Arduino
Sensor	VCC	+5 V
	Output	Pin Digital 2, 3, dan 21
	GND	GND
LCD	VCC	+5V
	GND	GND
	RS	Pin Digital 22, 23, dan 34
	EN	Pin Digital 24, 25, dan 36
	D1	Pin Digital 26, 27, dan 38
	D2	Pin Digital 28, 29, dan 40
	D3	Pin Digital 30, 31, dan 42
	D4	Pin Digital 32, 33, dan 44

Setelah sensor dapat menampilkan hasil pembacaannya, selanjutnya masuk ke dalam sistem monitoring dengan

menggunakan sistem komunikasi *Visual Studio*. Melalui media komunikasi tersebut hasil pengukuran *flow* dapat ditampilkan, dimana *flow* dinyatakan dalam besaran Liter per Jam (LPH).

3.2.2 Perancangan Sistem Seawater Reverse Osmosis

Dalam tugas akhir ini membuat sistem *monitoring flow* pada *mini plant seawater reverse osmosis* dengan menggunakan komunikasi *visual studio*. Adapun beberapa bagian penting dalam sistem *seawater reverse osmosis* yakni sebagai berikut:

a. Tangki Air Baku

Tangki ini merupakan tempat air baku atau air laut yang terdapat pada bagian awal proses.



Gambar 3.4 *Feed Water Tank*

b. Penyaring (*Filter*)

Air yang terdapat pada tangki air baku akan melewati *filter* yang terdiri atas 3 bagian yakni *spun fiber cadridge*, *coconut carbon granule filter cartridge*, dan *carbon block filter cartridge*. *Filter* tersebut berfungsi untuk menyaring kotoran yang terbawa oleh air.



Gambar 3.5 *Filter*

c. *Booster Pump*

Setelah air melewati *filter* maka air akan mengalir ke *booster pump* yang berfungsi untuk menambah tekanan air agar air dapat menembus membran *reverse osmosis*. *Booster pump* ini memiliki tekanan sebesar 80 psi.



Gambar 3.6 *Booster Pump*

d. *Water Flow Sensor G1/4"*

Setelah air diberi tekanan oleh *booster pump* air akan melewati *water flow sensor* yang berfungsi untuk mengetahui berapa laju aliran yang akan melewati membran *reverse osmosis*. Pembacaan dari sensor *water flow* inilah yang akan ditampilkan pada LCD dan PC.



Gambar 3.7 *Water flow Sensor*

e. *Membran Reverse Osmosis*

Air yang telah melewati sensor akan masuk ke membran *reverse osmosis*. Membran *reverse osmosis* ini merupakan

membran semipermeabel yang memiliki pori-pori sangat kecil (μm) berfungsi untuk menyaring partikel-partikel kecil yang ada pada air sehingga dapat menghasilkan air yang bersih.



Gambar 3.8 Membran *Reverse Osmosis*

f. Tangki Air Hasil

Setelah dari membran air akan dibagi menjadi dua yakni air bersih dan air reject. Air bersih yang telah menembus membran reverse osmosis akan ditampung pada tangki hasil.



Gambar 3.9 *Make Up Water*

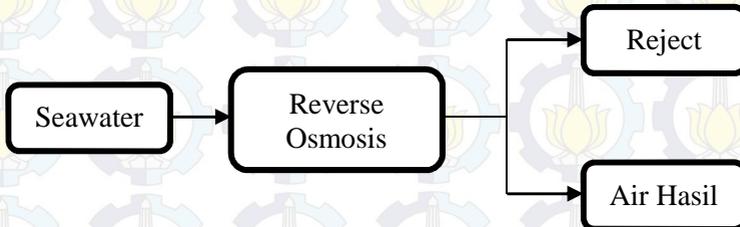
g. Tangki Air Pembuangan

Sedangkan air yang tidak dapat menembus membran atau air yang masih mengandung partikel yang tidak dapat tersaring oleh membran *reverse osmosis* akan ditampung pada tangki pembuangan. Air yang ditampung pada tangki ini adalah air yang keruh.



Gambar 3.10 *Reject Water Tank*

Sedangkan secara umum desain alat yang dibuat adalah sebagai berikut:



Gambar 3.11 *Blok Flow Diagram*

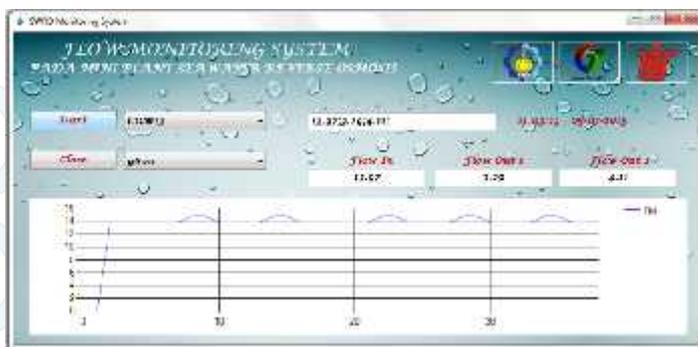
Input *feed water* berupa air laut yang melewati membran reverse osmosis akan dirubah menjadi *make up water* atau air hasil yang siap dipakai yang ditampung di tangki *make up water* dan *reject water* yaitu air hasil dari penyaringan yang tidak dapat menembus membran akan dibuang ke tangki *reject*.

3.2.3 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada perancangan alat ini terdapat dua *software* yang digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran dari sensor *flow*, yaitu *software* Arduino dan *Visual Basic*.

a. *Software* Arduino

Software arduino ini berfungsi untuk mengintegrasikan data hasil pengukuran sensor pada Arduino Mega dengan LCD 16x2 agar dapat ditampilkan. Pada *software* ini berisi *listing* program



Gambar 3.13 Tampilan *Monitoring* Pada VB

3.3 Prosedur Kalibrasi

a. Peralatan

Adapun peralatan yang dibutuhkan dalam melakukan kalibrasi *water flow sensor* yakni sebagai berikut:

1. Gelas ukur sebagai standard acuan volume
2. *G1/4 Hall Effect Water Flow Sensor*
3. Peralatan tulis

b. Prosedur Kalibrasi

Setelah *water flow sensor* telah dipasang di plant, maka langkah selanjutnya yakni melakukan kalibrasi dengan alat ukur standard, berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan kalibrasi:

1. Dipersiapkan peralatan yang diperlukan.
2. *Range* pengukuran terhadap waktu ditentukan.
3. Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap waktu.
4. Hasil dari pembacaan gelas ukur dan sensor dicatat dalam waktu yang bersamaan.
5. Koreksi dari pengukuran dihitung dengan cara pembacaan standard dikurangi pembacaan alat.
6. *Standard Deviasi* dihitung.
7. Ketidakpastian U_{a1} dihitung dengan persamaan:

$$U_{a1} = \frac{t}{\sqrt{n}}$$

8. Ketidakpastian U_{a2} dihitung dengan persamaan:

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}}$$

9. Ketidakpastian U_{b1} dihitung dengan persamaan:

$$U_{b1} = \frac{\frac{1}{2}R}{\sqrt{3}}$$

10. Ketidakpastian U_{b2} dihitung dengan persamaan:

$$U_{b2} = \frac{a}{k}$$

Dimana: k = faktor cakupan

11. Ketidakpastian kombinasi dihitung dengan persamaan:

$$U_c = \sqrt{\sum (U_a)^2 + \sum (U_b)^2}$$

12. Ketidakpastian diperluas dihitung dengan persamaan:

$$U_{exp} = k \cdot U_c$$

Untuk memperoleh hasil perhitungan diatas, maka dihitung faktor lainnya yaitu:

- a. Derajat kebebasan (v), dengan rumus sebagai berikut:

$$V = n - 1$$

Dimana n = banyaknya pengukuran yang dilakukan.

- b. Faktor cakupan, k diperoleh dari tabel *T-student*

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Data

Pada tugas akhir *Flow Monitoring System* pada *Mini Plant Seawater Reverse Osmosis* telah dilakukan pengambilan data sebagai berikut :

4.1.1 Pengujian G1/4" Water Flow Sensor

Pengujian sensor *flow* membandingkan *volume* yang dibaca oleh sensor *flow* dengan *volume* pada gelas ukur. Dimana setiap titik diukur sebanyak 5 kali data pembacaan naik dan 5 kali data pembacaan turun. Data hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran. Hasil perhitungan ketidakpastian sensor *flow* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Ketidakpastian Pembacaan Sensor *Flow*

Koreksi	$y_i - y'$	$(y_i - y')^2$	$t_i \cdot y_i$	t_i^2	y reg	Residu	R ²
-0,13	-0,18	0,0325	-0,955	52,82	0,24	-0,37	0,14
-0,89	-0,94	0,8757	-5,994	45,69	-0,01	-0,88	0,77
-0,40	-0,45	0,2046	-2,723	45,57	-0,014	-0,39	0,15
0,25	0,20	0,0397	1,681	45,86	-0,004	0,25	0,06
0,44	0,40	0,1563	2,789	39,40	-0,248	0,69	0,48
-0,38	-0,43	0,1877	-2,412	39,41	-0,248	-0,14	0,02
0,40	0,36	0,1261	2,910	51,87	0,208	0,20	0,04
0,50	0,45	0,2015	3,596	52,18	0,218	0,28	0,08
0,69	0,64	0,4117	5,076	54,03	0,281	0,41	0,17
0,01	-0,04	0,0015	0,072	47,86	0,068	-0,06	0,00 3

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui ketidakpastian pengukuran sensor, perhitungan menggunakan persamaan ketidakpastian yang dapat dilihat pada lampiran D, hasil ketidakpastian pengukuran adalah sebagai berikut :

- a. $\sigma m = 0,9497\text{L/Jam}$
- b. $U_1 = 0,3003 \text{ L/Jam}$
- c. $b = 0,492656 \text{ L/Jam}$
- d. $a = -3,34049\text{L/Jam}$
- e. $S = 1,91 \text{ L/Jam}$
- f. $U_2 = 0,4881329 \text{ L/Jam}$
- g. $U_1 = 0,002887 \text{ L/Jam}$
- h. $U_2 = -$
- i. $U = 0,57313449 \text{ L/Jam}$
- j. $V = 14,960732 \text{ L/Jam}$
- k. $K = 2,131$
- l. $U = 1,22134 \text{ L/Jam}$

4.1.2 Karakteristik Statik

Adapun perhitungan karakteristik statik dari sensor dapat dilihat pada lampiran D. Nilai karakteristik statik adalah sebagai berikut:

- a. Resolusi = 0,01
- b. Range = 0,5-5 L
- c. Rata-rata Error = -0,049 L/Jam
- d. Error (%) = 4,89 %
- e. Akurasi = 0,9210
- f. Presisi = 0,920

4.1.3 Pengujian Sensor Pada Sistem

Pada pengujian sensor *water flow* pada sistem *seawater reverse osmosis*, sensor *flow* diletakkan setelah *booster pump* dan sebelum memasuki membran *reverse osmosis*. Peletakan sensor disetelah *booster pump* ini bertujuan agar mengetahui nilai laju aliran yang akan memasuki membran *reverse osmosis*. Pengambilan data dalam pembacaan skala antara 12L sampai 60L dilakukan sebanyak 20 kali di setiap skala.

Tabel 4.2 Sistem *Monitoring Flow* Pada *Reverse Osmosis*

NO	Volume (L)	Rata-rata Waktu (s)	Rata-rata Pemb (L/h)
1	12	1734	14,216
2	24	3492	14,339
3	36	5250	14,503
4	48	7008	14,421
5	60	8772	14,585

Pengambilan data *monitoring* pada sistem *reverse osmosis* dapat ditunjukkan pada gambar 4.1. Dimana disetiap volume air pada tangki *input*, laju aliran tetap berada di sekitar angka 14 L/jam.

Berdasarkan data yang diambil pada sistem *monitoring* selanjutnya dihitung ketidakpastian dari sistem. Tabel ketidakpastian dan persamaan yang digunakan dalam mencari ketidakpastian dari sistem terdapat pada lampiran E, nilai dari ketidakpastian sistem adalah sebagai berikut:

- a. $\sigma m = 0,5686 \text{ L/Jam}$
- b. $U_1 = 0,23212 \text{ L/Jam}$
- c. $b = -1,1789 \text{ L/Jam}$
- d. $a = -0,24858 \text{ L/Jam}$
- e. $S = 3,30 \text{ L/Jam}$
- f. $U_2 = 0,9080 \text{ L/Jam}$
- g. $U_1 = 0,002887 \text{ L/Jam}$
- h. $U_2 = 0,61 \text{ L/Jam}$
- i. $U = 1,11823 \text{ L/Jam}$
- j. $V = 11,262 \text{ L/Jam}$
- k. $K = 2,20$
- l. $U = 2,460 \text{ L/Jam}$

4.2. Pembahasan

Pada Pengambilan data *monitoring flow* didapat dari pembacaan sensor G1/4" *water flow*. Sensor diletakkan sebelum memasuki membran dan sesudah *booster pump*, hal ini digunakan untuk mengetahui berapa laju aliran yang keluar dari *booster pump* agar air bisa menembur membran *reverse osmosis*. Cara kerja dari alat ukur *flow* atau laju aliran ini yaitu *input* dari sensor yang berupa aliran air yang dapat menggerakkan turbin sehingga turbin yang ada di dalam sensor bergerak dan menyebabkan terjadinya medan magnet karena adanya *hall effect* dan *output* dari sensor berupa sinyal pulsa. *Output* dari sensor akan diolah oleh elemen pemrosesan sinyal yang berupa arduino mega. *Listing program* dalam arduino mega berfungsi untuk menampilkan data pengukuran dari sensor. Didalam *listing program* arduino berisi rumus yang dapat mengubah sinyal pulsa menjadi laju aliran dengan satuan liter per jam. Berdasarkan pengujian sensor yang telah dilakukan, pada tabel 4.1 merupakan tabel hasil perhitungan kalibrasi pembacaan sensor dengan standart. Berdasarkan tabel tersebut dilakukan perhitungan sesuai dengan persamaan yang telah tercantum pada tinjauan teori dapat diketahui standard deviasi terbesar dari kalibrasi sensor yakni sebesar 0,9497, ketidakpastian type A1 adalah sebesar 0,3003, ketidakpastian diperluas atau *Uexpand* sebesar 1,2213, nilai akurasi dari pembacaan sensor adalah 0,921015, nilai presisi sensor sebesar 0,920034, dan error sebesar 4,895%.

Pada pengambilan data pada sistem *reverse osmosis* dilakukan pembacaan berulang sebanyak 20 kali di setiap skala, range skala dari pembacaan standart ditetapkan mulai 12L sampai 60L. Data pembacaan sensor G1/4" *water flow* dapat dilihat pada lampiran terlihat bahwa pembacaan pada sistem fluktuatif hal ini disebabkan karena laju aliran dapat dipengaruhi oleh tekanan fluida yang melewati sensor, dimana laju aliran atau *flow* berbanding lurus dengan tekanan yang diberikan, semakin besar tekanan pada sistem maka semakin besar pula laju aliran atau *flow* yang dibaca oleh sensor *flow*. Tekanan pada sistem tidak

stabil hal ini dikarenakan pengaruh dari *booster pump* yang memiliki fungsi menambah tekanan fluida sehingga cara kerjanya seperti tembakan, oleh karena itu besar laju aliran juga tidak stabil. Pada pengambilan data sistem terlihat pada tabel 4.2 bahwa rata-rata pembacaan di setiap volume relatif sama yakni di sekitar 14 L/jam, hal ini dikarenakan oleh beberapa hal yakni letak sensor berada setelah *booster pump*, sehingga laju aliran tidak di pengaruhi oleh volume tangki input melainkan dipengaruhi oleh dorongan *booster pump*. Selain itu pembacaan relatif sama di setiap volume karena air harus melewati 3 filter terlebih dahulu sehingga tekanan dalam tangki input hanya digunakan untuk mengalirkan air dari tangki input ke 3 filter saja dan tidak berpengaruh pada pembacaan sensor *flow*. Dalam pengujian sistem digunakan acuan standart berupa volume dan dihitung berapa waktu yang digunakan untuk menghabiskan isi dari volume tangki input, sehingga dari variabel volume dan waktu dapat dihitung laju aliran yang standart (berdasarkan rumus). Perbedaan yang sangat jauh antara pembacaan standart dengan pembacaan pada monitor dikarenakan adanya pengaruh pompa pada *plant*, sedangkan untuk standart tidak dipengaruhi oleh pompa. Berdasarkan data yang telah diambil dapat diketahui nilai Standart deviasi maksimum sebesar 0,5686, nilai ketidakpastian UA1 sebesar 0,23213 dan ketidakpastian diperluas atau *Uexpand* sebesar 2,460, sert



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan rancang bangun *flow monitoring system* pada *mini plant seawater reverse osmosis* berbasis arduino dan analisa data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Berdasarkan uji alat ukur atau sensor *Water flow G1/4"* didapatkan spesifikasi standart deviasi maksimum sebesar 0,9497, ketidakpastian type A1 sebesar 0,9497, error alat ukur sebesar 4,895%, ketidakpastian diperluas atau *Uexpand* sebesar 1,2213, nilai akurasi pembacaan sensor sebesar 0,921015, dan nilai presisi dari sensor sebesar 0,920034.
- b. Hasil pengujian laju aliran pada *seawater reverse osmosis system* yang dilakukan dengan membandingkan Sensor *flow* yang ada pada sistem dengan acuan standart berupa volume, didapatkan spesifikasi nilai standart deviasi maksimum sebesar 0,5686, ketidakpastian type A1 sebesar 0,23213, akurasi dari pembacaan sensor pada sistem sebesar 2,21755 dan ketidakpastian diperluas atau *Uexpand* sebesar 2,460.
- c. Berdasarkan hasil pengukuran, pembacaan nilai laju aliran sebelum memasuki membran relatif tetap di setiap volume berkisar antara 13,97 dan 14,79L/jam.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yakni sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya ditambah dengan sistem kontrol untuk variabel-variabel lain sesuai dengan hasil kandungan yang diharapkan.
2. Sebaiknya proses pemurnian air dapat ditambah, tidak hanya dengan menggunakan tiga filter dan satu membran saja.



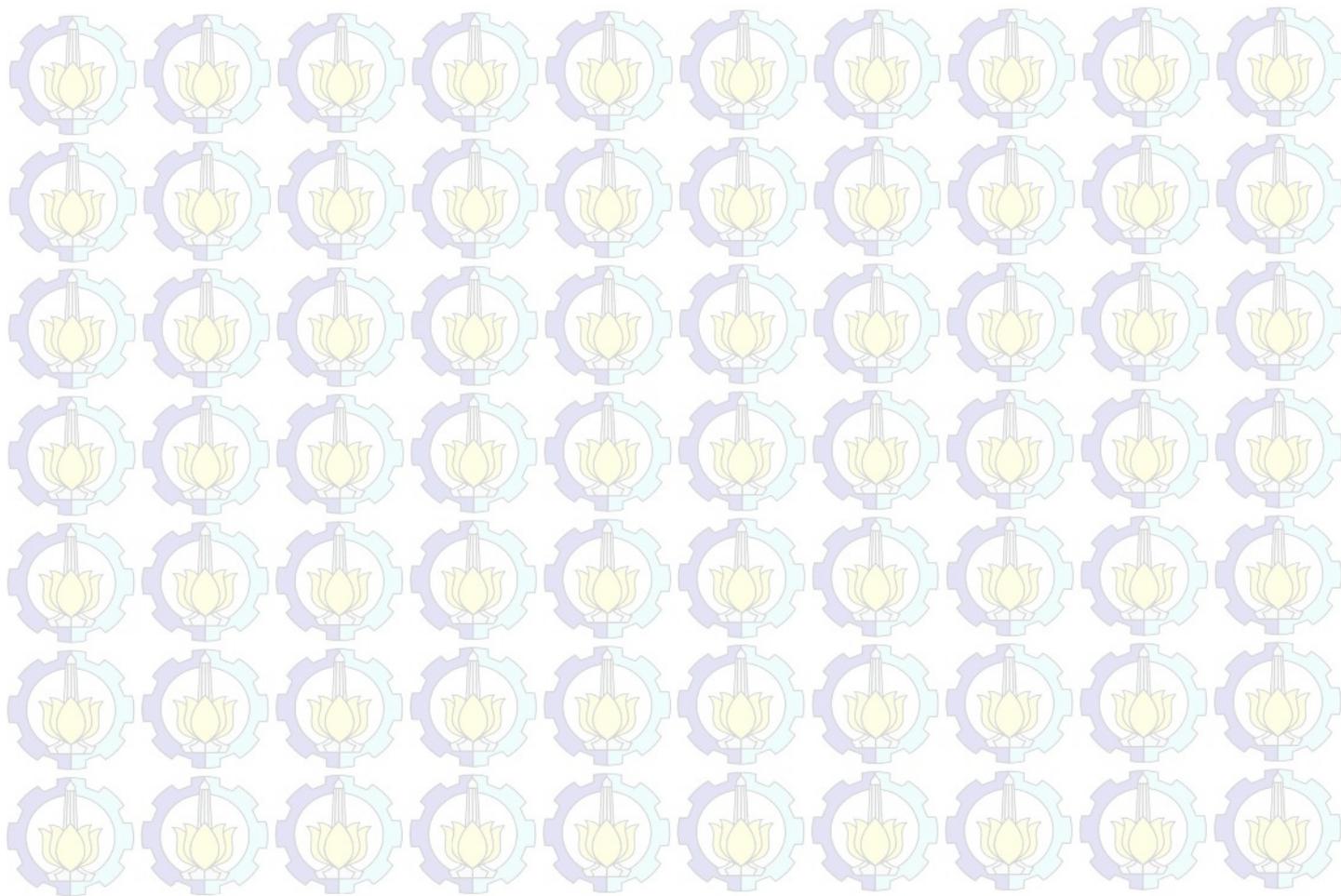
Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tanpa Nama. Tanpa Tahun. **Reverse Osmosis (RO)**,
<[URL:http://www.kelair.bppt.go.id/Sitpa/Artikel/Ro/ro.html](http://www.kelair.bppt.go.id/Sitpa/Artikel/Ro/ro.html)>.
- [2] Rautenbach R., Albert R. 1996. **Membran Process**. McGraw-Hill, Washington.
- [3] William, M.E., 2003, **A Brief Review of Reverse osmosis Membrane Technology.**, EET Corporation and Williams Engineering Services Company
- [4] Y. Li and K. Tian., 2009 . “**Application of vacuum membrane distillation in water treatment,**” *Journal of Sustainable Development*, vol. 2, no. 3, pp. 183–186.
- [5] Tanpa Nama. Tanpa Tahun. **System Reverse Osmosis (RO)**,
<http://www.biofircenter.com/et_pure_water_ro.html>.
- [6] Ang, W.S., Lee, S., and Elimelech, M. 2006. **Chemical and physical aspects of cleaning of organic-fouled reverse osmosis membranes.** *Journal of Membrane Science* 272: 198-210.
- [7] Tanpa Nama. Tanpa Tahun. **Pompa Booster Untuk penambah tekanan air,**
<<http://darikami.perkakasku.com/2008/07/09/pompa-booster-untuk-menambah-tekanan-air/>>.
- [8] Tanpa Nama. Tanpa Tahun. **Water Flow Sensor,**
<<http://malangelectronic.com/water-flow-sensor-6mm-g14-hall-effect-water-flow-sensor/>>.

LAMPIRAN A
PENGUJIAN SENSOR WATER FLOW

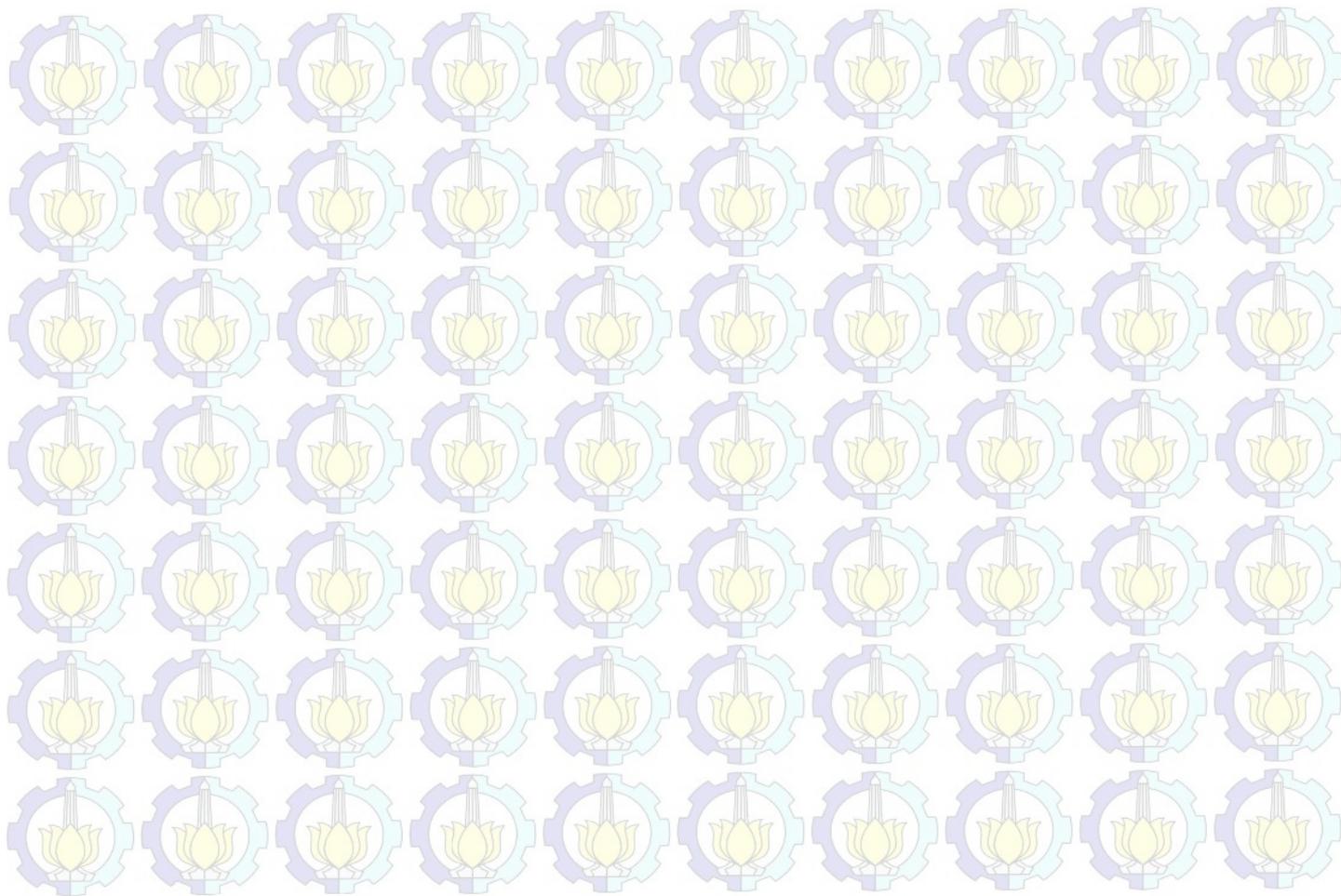
NO	STD (L)	Q (Naik)					Q(Turun)					Rata-rata STD
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	0,5	8,18	8,04	7,63	7,50	5,77	7,76	6,43	6,72	7,03	7,63	7,27
2	1	7,50	6,67	6,77	6,43	6,72	6,38	6,57	7,56	6,57	6,43	6,76
3	1,5	6,99	6,78	6,59	6,82	6,85	6,99	6,78	6,62	6,55	6,52	6,75
4	2	6,79	6,79	6,84	6,77	6,52	6,55	6,79	6,87	6,79	7,00	6,77
5	2,5	6,43	6,58	6,10	6,18	6,22	6,36	6,52	6,20	6,08	6,11	6,28
6	3	6,29	6,28	6,31	6,29	6,28	6,31	6,24	6,28	6,29	6,21	6,28
7	3,5	7,16	7,31	7,19	7,16	7,27	7,24	7,16	7,19	7,13	7,21	7,20
8	4	7,17	7,24	7,19	7,23	7,16	7,19	7,23	7,36	7,35	7,13	7,22
9	4,5	7,31	7,38	7,36	7,34	7,39	7,36	7,38	7,23	7,42	7,34	7,35
10	5	7,33	6,75	6,86	7,26	6,83	7,03	6,75	6,79	6,86	6,74	6,92

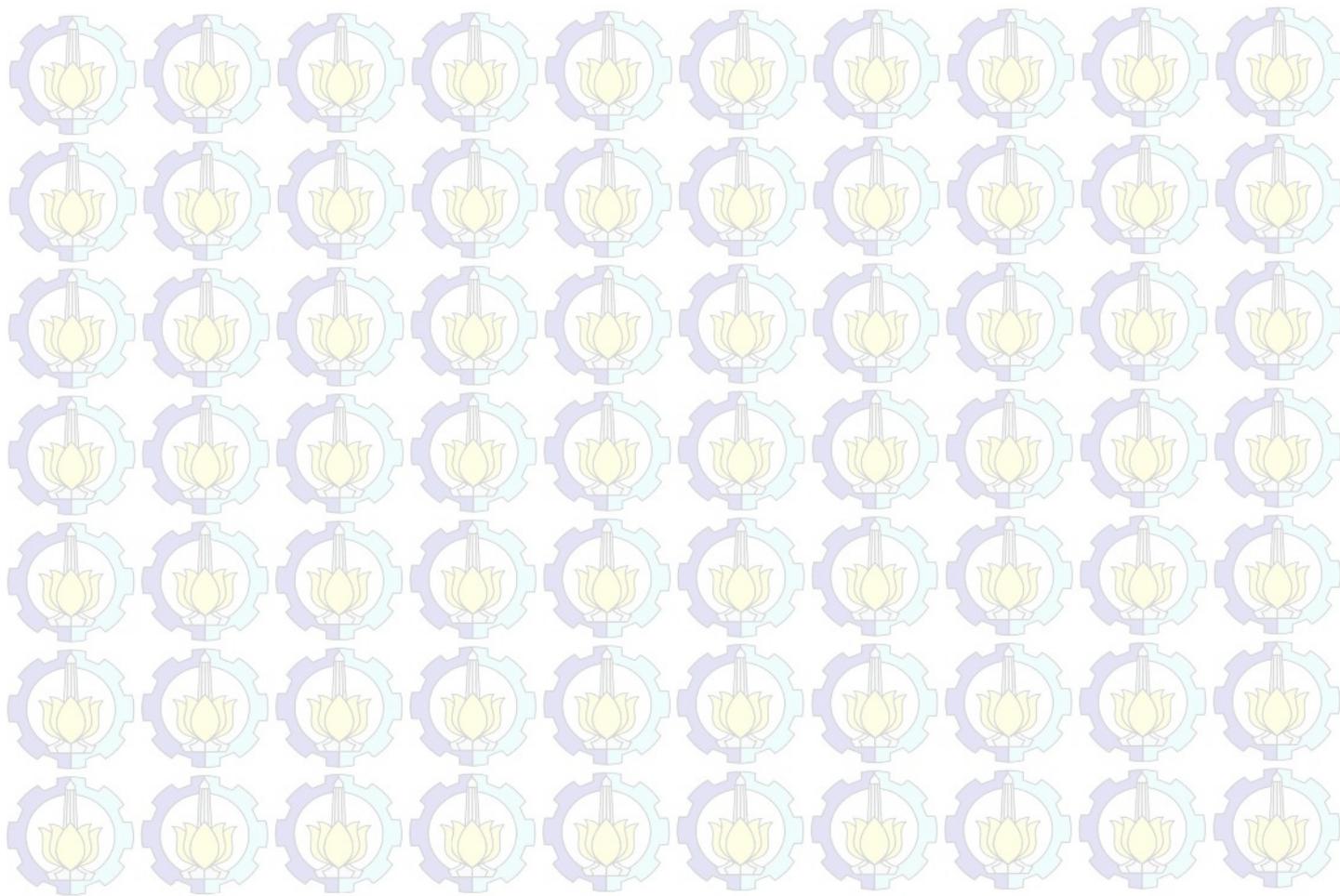


LAMPIRAN B
PENGAMBILAN DATA *FLOW* PADA SISTEM

No	Volume (L)	Q (L/h)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	12	13,97	13,97	14,79	13,97	13,97	13,97	14,79	14,79	13,97	13,97
2	24	13,97	13,97	13,97	13,97	14,79	14,79	13,97	13,97	14,79	14,79
3	36	14,79	13,97	14,79	14,79	13,97	14,79	13,97	13,97	13,97	14,79
4	48	13,97	13,97	13,97	14,79	14,79	14,79	14,79	14,79	14,79	14,79
5	60	14,79	14,79	14,79	14,79	14,79	14,79	13,97	13,97	13,97	14,79

No	Volume (L)	Q (L/h)									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	12	13,97	13,97	14,79	14,79	13,97	13,97	13,97	13,97	13,97	14,79
2	24	14,79	14,79	13,97	13,97	13,97	13,97	14,79	14,79	14,79	13,97
3	36	14,79	14,79	13,97	14,79	14,79	14,79	13,97	14,79	14,79	14,79
4	48	14,79	13,97	13,97	13,97	13,97	14,79	14,79	13,97	14,79	13,97
5	60	14,79	14,79	14,79	14,79	14,79	14,79	13,97	13,97	14,79	14,79





LAMPIRAN D HASIL KETIDAKPASTIAN SENSOR

a. Standard Deviasi

$$\sigma_{max} = \sqrt{\frac{\sum(xi - x')^2}{n - 1}}$$

$$\sigma_{max} = 0,9497 \text{ L/Jam}$$

b. Ketidakpastian tipe A (UA1)

$$Ua1 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$Ua1 = \frac{0,9497}{\sqrt{10}}$$

$$Ua1 = 0,3003 \text{ L/Jam}$$

c. b

$$b = \frac{n\sum xiyi - \sum xi\sum yi}{n(\sum xi^2) - (\sum xi)^2}$$

$$b = 0,492656$$

d. a

$$a = Y' - bx'$$

$$a = 0,05 - (0,492656x \text{ 6,88})$$

$$a = -3,34049 \text{ L/Jam}$$

e. Sum Square Residual (SSR)

$$SSR = \sum(Yi - Yreg)^2$$

$$SSR = 1,91 \text{ L/Jam}$$

f. Ketidakpastian tipe A (UA2)

$$Ua2 = \sqrt{\frac{SSR}{n}}$$

$$Ua2 = \sqrt{\frac{1,91}{10}}$$

$$Ua2 = 0,4881329 \text{ L/Jam}$$

g. Ketidakpastian tipe B (UB1)

$$Ub1 = \frac{0,5 \times \text{resolusi}}{\sqrt{3}}$$

$$Ub1 = \frac{0,5 \times 0,01}{\sqrt{3}}$$

$$Ub1 = 0,002887 \text{ L/Jam}$$

h. Ketidakpastian B (UB2)

Ub2= -

Ub2 tidak dapat dihitung karena alat tidak memiliki sertifikat kalibrasi.

i. Ketidakpastian Kombinasi (UC)

$$UC = \sqrt{Ua1^2 + Ua2^2 + Ub1^2 + Ub2^2}$$

$$= \sqrt{0,3003^2 + 0,4881329^2 + 0,002887^2 + 0^2}$$

$$UC = 0,57313449 \text{ L/Jam}$$

j. Veff

$$V_{eff} = \frac{UC^4}{\frac{Ua1^4}{v1} + \frac{Ua2^4}{v2} + \frac{Ub1^4}{v3} + \frac{Ub2^4}{v4}}$$

$$V_{eff} = \frac{0,57313449^4}{\frac{0,3003^4}{9} + \frac{0,4881329^4}{9} + \frac{0,002887^4}{9} + \frac{0^4}{60}}$$

$$V_{eff} = 14,960732 \text{ L/Jam}$$

k. Dengan tingkat kepercayaan 95% dan $V_{eff}=14,96073$

Maka K dapat dilihat di tabel *T Student*

$$k = 2,131$$

1. U_{expand}

$$U_{exp} = k \times U_c$$

$$U_{ekp} = 2,131 \times 0,573131449$$

$$U_{exp} = 1,22134 \text{ L/Jam}$$

Karakteristik Statik

a. Resolusi = 0,01

b. Range = 0,5 – 5 L

c. Error = Pembacaan Alat – Pembacaan Standart

Rata-rata Error = - 0,049

d. $Error (\%) = |Pembacaan Alat -$
 $Pembacaan Sensor| \times 100\%$

$$Error = |-0,049| \times 100 \%$$

$$Error = 4,89 \%$$

e. Akurasi

$$Akurasi = 1 - \left(rata - rata \frac{(pemb\ std - pemb\ alat)}{pembacaan\ std} \right)$$

$$Akurasi = 0,9210$$

f. Presisi

$$Presisi = 1 - \left(rata - rata \frac{(pemb\ alat - pemb\ std)}{pembacaan\ alat} \right)$$

$$Presisi = 0,920$$

LAMPIRAN E HASIL KETIDAKPASTIAN SISTEM

a. Standard Deviasi

$$\sigma_{max} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x}')^2}{n - 1}}$$

$$\sigma_{max} = 0,5686 \text{ L/Jam}$$

b. Ketidakpastian tipe A (UA1)

$$Ua1 = \frac{\sigma_{maks}}{\sqrt{n}}$$

$$Ua1 = \frac{0,5686}{\sqrt{6}}$$

$$Ua1 = 0,23213 \text{ L/Jam}$$

c. b

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n (\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}$$

$$b = -1,1789$$

d. a

$$a = Y' - bx'$$

$$a = -7,84 - (-1,1789 \times 6,44)$$

$$a = -0,24858 \text{ L/Jam}$$

e. Sum Square Residual (SSR)

$$SSR = \sum (Y_i - Y_{reg})^2$$

$$SSR = 3,30 \text{ L/Jam}$$

f. Ketidakpastian tipe A (UA2)

$$Ua2 = \sqrt{\frac{SSR}{n - 2}}$$

$$Ua2 = \sqrt{\frac{3,30}{4}}$$

$$Ua2 = 0,9080 \text{ L/Jam}$$

g. Ketidakpastian tipe B (UB1)

$$Ub1 = \frac{0,5 \times \text{resolusi}}{\sqrt{3}}$$

$$Ub1 = \frac{0,5 \times 0,01}{\sqrt{3}}$$

$$Ub1 = 0,002887 \text{ L/Jam}$$

h. Ketidakpastian B (UB2)

$$Ub2 = \frac{a}{k}$$

$$Ub2 = \frac{1,22}{2}$$

$$Ub2 = 0,61 \text{ L/Jam}$$

i. Ketidakpastian Kombinasi (UC)

$$UC = \sqrt{Ua1^2 + Ua2^2 + Ub1^2 + Ub2^2}$$

$$UC = \sqrt{0,23213^2 + 0,9080^2 + 0,002887^2 + 0,61^2}$$

$$UC = 1,11823 \text{ L/Jam}$$

j. Veff

$$Veff = \frac{Uc^4}{\frac{Ua1^4}{v1} + \frac{Ua2^4}{v2} + \frac{Ub1^4}{v3} + \frac{Ub2^4}{v4}}$$

$$Veff = \frac{1,11823^4}{\frac{0,23213^4}{5} + \frac{0,9080^4}{5} + \frac{0,002887^4}{\sim} + \frac{0,61^4}{60}}$$

$$Veff = 11,262 \text{ L/Jam}$$

k. Dengan tingkat kepercayaan 95% dan Veff=11,262

Maka K dapat dilihat di tabel T *Student*
 $k = 2,20$

1. *Uexpand*

$$U_{exp} = k \times U_c$$

$$U_{exp} = 2,20 \times 1,11823$$

$$U_{exp} = 2,460 \text{ L/Jam}$$



LAMPIRAN F SPESIFIKASI MEMBRAN

RESIDENTIAL

RO elements for residential use (1.8 inch diameter)

CSM

SPECIFICATIONS:

General Features

Model Name	Permeate Flow Rate GPD (L/day)	Salt Rejection %
RE1810-30	30 (114)	98.0%
RE1810-50	50 (189)	98.0%
RE1812-35	35 (132)	98.0%
RE1812-50	50 (189)	98.0%
RE1812-60	60 (227)	98.0%
RE1812-80	80 (303)	98.0%

1. The stated product performance is based on data taken after 30 minutes of operation at the following test conditions:

- 200 mg/L NaCl solution at 60 psig (0.41 MPa) applied pressure
- 15% recovery
- 77 °F (25 °C)
- pH 6.5-7.0

2. Dry type elements are vacuum leak tested using the San Diego Protocol.

3. Permeate flow rate for each element may vary but will be no more than 15%.

4. Dry elements are packaged in a polyethylene bag

- Wet elements are packaged in a polyethylene bag containing 50(g/L) + HCl(0.51g/L) solution.

Membrane type:

Thin-Film Composite

Membrane material:

Polyamide (PA)

Element configuration:

Spiral-Wound, Tape Wrapping

Dimensions

Model Name	A	B	C	D	E
RE1810-30	0.67 (17mm)	0.55 (14mm)	10.08 (256mm)	0.98 (25mm)	1.77 (45mm)
RE1812-35					
RE1812-50	0.67 (17mm)	0.87 (22mm)	11.73 (298mm)	0.98 (25mm)	1.77 (45mm)
RE1812-60					
RE1812-80					

*A) measurements are in inches



Wangjin Chemical Co., Ltd.

For more information on our products, company and regional contacts, please visit our website at www.csmfilter.com.

Product Specification Sheet / Model: RE 1810-30, RE 1810-50, RE 1812-35, RE 1812-50, RE 1812-60, RE 1812-80

Page 1 of 2



These model names are tested and certified under NSF/ANSI standard 58, material requirement only (excluding RE1810-30)

RESIDENTIAL

RO elements for residential use (1.8 inch diameter)

CSM[®]

APPLICATION DATA:

Operating Limits

• Max. Operating Pressure	125 psi (0.86 MPa)
• Max. Feed Flow Rate	2 gpm (0.45 m ³ /hr)
• Max. Operating Temperature	113 °F (45 °C)
• Operating pH Range	2.0 - 11.0
• Max Turbidity	1.0 NTU
• Max SDI (15 min)	5.0
• Max. Chlorine Concentration	< 0.1 mg/L

The information provided in this document is solely for informative purposes. It is the user's responsibility to ensure the appropriate usage of this product. Woongjin Chemical assumes no obligation, liability or damages incurred for the misuse of the product or for the information provided in this document. This document does not express or imply any warranty as to the merchantability or fitness of the products.

GENERAL HANDLING PROCEDURES

- Elements contained in the boxes must be kept dry at room temperature (7-32°C; 40-95°F) and should not be stored in direct sunlight. If the polyethylene bag is damaged, a new preservative solution (sodium bisulfite) must be added and air-tight sealed to prevent drying and biological growth.
- Permeate from the first hour of operation should be discarded to flush out the preservative solution.
- Elements should be immersed in a preservative solution during storage, shipping and system shutdowns to prevent biological growth and freezing. The standard storage solution contains 1% by weight sodium bisulfite or sodium metabisulfite (food grade). For short term storage (i.e. one week or less) 1% by weight sodium metabisulfite solution is adequate for preventing biological growth.
- Keep elements moist at all times after initial wetting.
- Only use chemicals compatible with the membrane elements and components. Use of such chemicals may void the element limited warranty.
- Permeate pressure must always be equal or less than the feed/concentrate pressure. Damage caused by permeate back pressure voids the element limited warranty.

Woongjin Chemical Co., Ltd.

For more information on our products, company and regional contacts, please visit our website at www.csmfilter.com.

Product Specification: Shell / Model No: 1810-30, RE-1810-30, RE-1812-30, RE-1812-30, RE-1812-30, RE-1812-30

Page 2 of 2

LAMPIRAN G

DATASHEET ARDUINO MEGA 2560

Arduino MEGA 2560



Product Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Index

Technical Specifications

Page 2

How to use Arduino
Programming Environment, Basic Tutorials

Page 6

Terms & Conditions

Page 7

Environmental Policies
half sqm of green via Impatto Zero®

Page 7



RADIOSPARES RADIONICS



Technical Specification

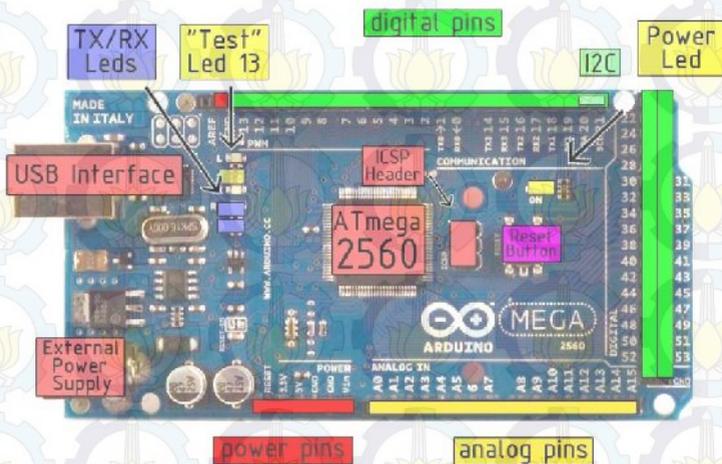


EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#), Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (Limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

the board

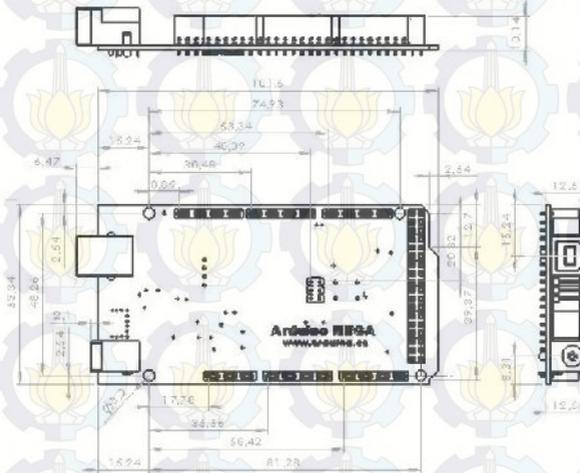
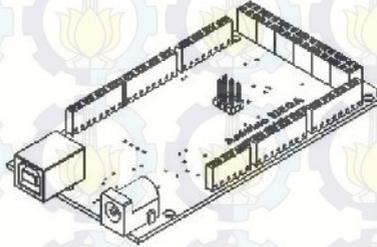


Radiospares

RADIONICS



Dimensioned Drawing

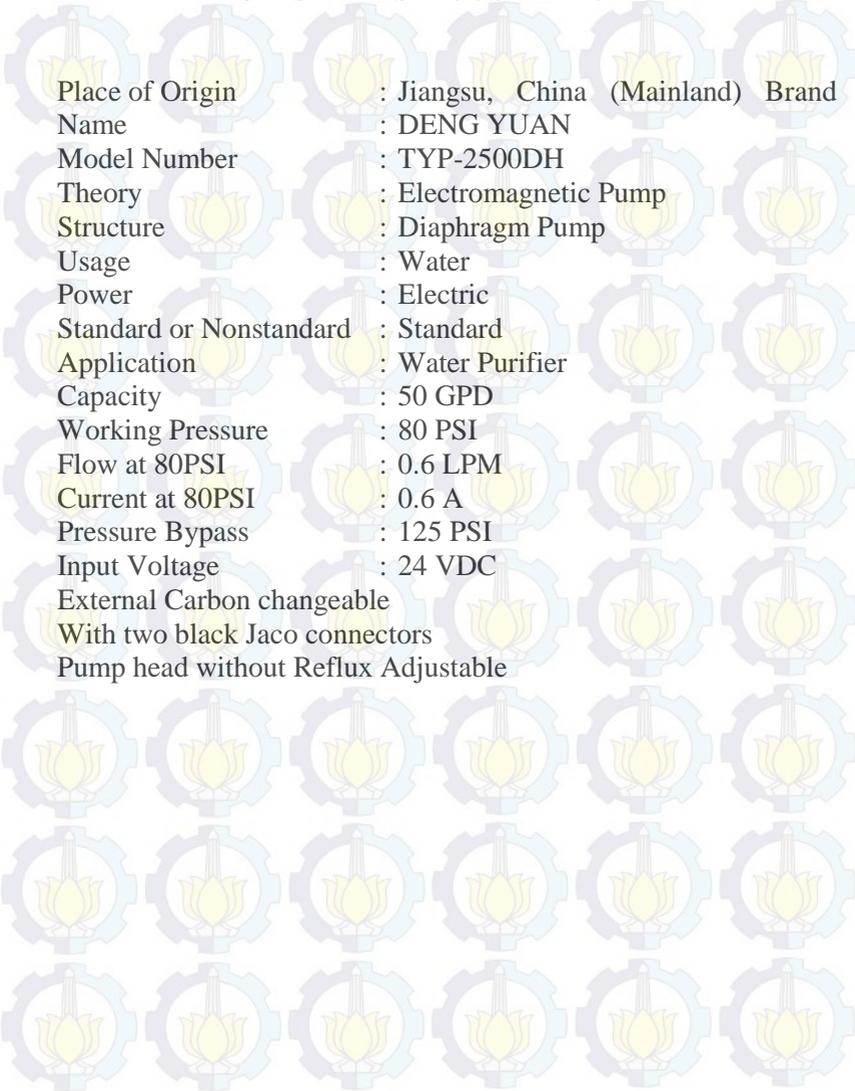


radiospares RADIONICS



LAMPIRAN H

SPEKIFIKASI BOOSTER PUMP



Place of Origin : Jiangsu, China (Mainland) Brand
Name : DENG YUAN
Model Number : TYP-2500DH
Theory : Electromagnetic Pump
Structure : Diaphragm Pump
Usage : Water
Power : Electric
Standard or Nonstandard : Standard
Application : Water Purifier
Capacity : 50 GPD
Working Pressure : 80 PSI
Flow at 80PSI : 0.6 LPM
Current at 80PSI : 0.6 A
Pressure Bypass : 125 PSI
Input Voltage : 24 VDC
External Carbon changeable
With two black Jaco connectors
Pump head without Reflux Adjustable

LAMPIRAN I

DATASHEET G1/4" WATER FLOW SENSOR

Specification

Mini. Working Voltage	DC 4.5V
Max. Working Current	15mA(DC 5V)
Working Voltage	5V~24V
Flow Rate Range	0.3~6L/min
Load Capacity	≤10mA(DC 5V)
Operating Temperature	≤80°C
Liquid Temperature	≤120°C
Operating Humidity	35%~90%RH
Water Pressure	≤2.0MPa
Storage Temperature	-25°C~+80°C
Storage Humidity	25%~95%RH

Mechanic Dimensions

Sensor Components

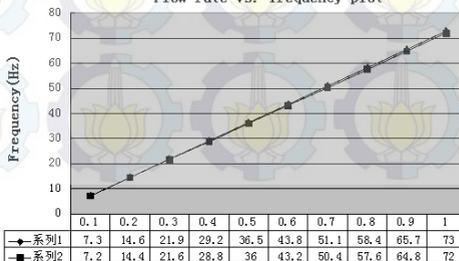
No.	Name	Quantity	Material	Note
1	Valve body	1	PA66+33%glass fiber	
2	Stainless steel bead	1	Stainless steel SUS304	
3	Axis	1	Stainless steel SUS304	
4	Impeller	1	POM	
5	Ring magnet	1	Ferrite	
6	Middle ring	1	PA66+33%glass fiber	
7	O-seal ring	1	Rubber	
8	Electronic seal ring	1	Rubber	
9	Cover	1	PA66+33%glass fiber	
10	Screw	4	Stainless steel SUS304	
11	Cable	1	1007 24AWG	

Output Table

Pulse frequency (Hz) in Horizontal Test= 73Q, Q is flow rate in L/min. (Results in +/- 3% range)

Output pulse high level	Signal voltage >4.5 V (input DC 5 V)
Output pulse low level	Signal voltage <0.5V (input DC 5V)
Precision	3% (Flow rate from 1L/min to 10L/min)
Output signal duty cycle	40%~60%

Flow rate vs. frequency plot



Flow rate(L/MIN)

LAMPIRAN J

LISTING PROGRAM PADA ARDUINO

```
#include <LiquidCrystal.h>
volatile float NbTopsFan; //measuring the rising edges of the
signal
volatile float NbTopsFan1; //measuring the rising edges of the
signal
volatile float NbTopsFan2; //measuring the rising edges of the
signal
float Calc;
float Calc1;
float Calc2;
int hallsensor = 2; //The pin location of the sensor
int hallsensor1 = 3; //The pin location of the sensor
int hallsensor2 = 21; //The pin location of the sensor
LiquidCrystal lcd1(23, 25, 27, 29, 31, 33);
LiquidCrystal lcd2(22, 24, 26, 28, 30, 32);
LiquidCrystal lcd3(34, 36, 38, 40, 42, 44);

void rpm () //This is the function that the interupt calls
{
    NbTopsFan++; //This function measures the rising and falling
edge of the hall effect sensors signal
}

void rpm1 () //This is the function that the interupt calls
{
    NbTopsFan1++; //This function measures the rising and falling
edge of the hall effect sensors signal
}

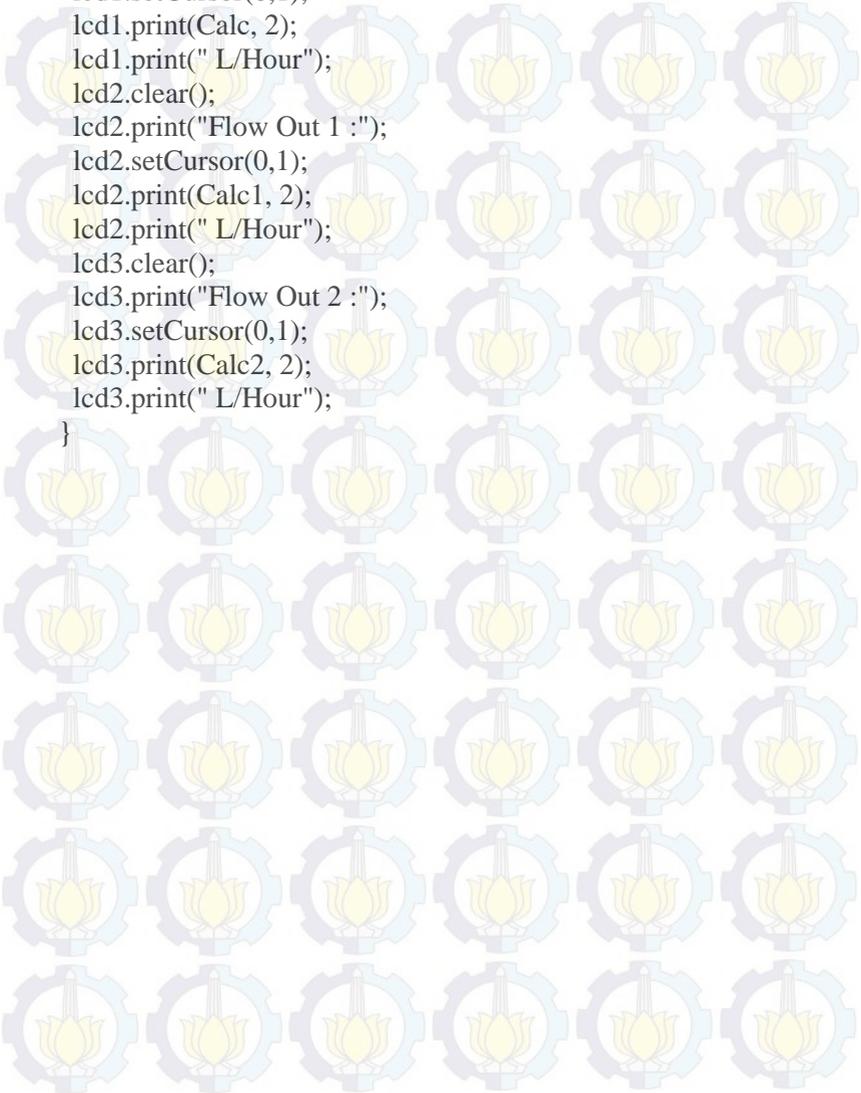
void rpm2 () //This is the function that the interupt calls
{
    NbTopsFan2++; //This function measures the rising and falling
edge of the hall effect sensors signal
}
```

```

}
// The setup() method runs once, when the sketch starts
void setup()
{
  Serial.begin(9600); //This is the setup function where the serial
  port is initialised,
  pinMode(hallsensor, INPUT); //initializes digital pin 2 as an
  input
  pinMode(hallsensor1, INPUT); //initializes digital pin 3 as an
  input
  pinMode(hallsensor2, INPUT); //initializes digital pin 21 as an
  input
  attachInterrupt(0, rpm, RISING); //and the interrupt is attached
  attachInterrupt(1, rpm1, RISING); //and the interrupt is attached
  attachInterrupt(2, rpm2, RISING); //and the interrupt is attached
  lcd1.begin(16, 2);
  lcd2.begin(16, 2);
  lcd3.begin(16, 2);
}
// the loop() method runs over and over again,
// as long as the Arduino has power
void loop ()
{
  NbTopsFan = 0; //Set NbTops to 0 ready for calculations
  NbTopsFan1 = 0; //Set NbTops to 0 ready for calculations
  NbTopsFan2 = 0; //Set NbTops to 0 ready for calculations
  sei(); //Enables interrupts
  delay (1000); //Wait 1 second
  cli(); //Disable interrupts
  Calc = ((NbTopsFan * 60) / 73); //(Pulse frequency x 60) / 73Q,
= flow rate in L/hour
  Calc1 = ((NbTopsFan1 * 60) / 73); //(Pulse frequency x 60) /
73Q, = flow rate in L/hour
  Calc2 = ((NbTopsFan2 * 60) / 73); //(Pulse frequency x 60) /
73Q, = flow rate in L/hour
  lcd1.clear();

```

```
lcd1.print("Flow In :");  
lcd1.setCursor(0,1);  
lcd1.print(Calc, 2);  
lcd1.print(" L/Hour");  
lcd2.clear();  
lcd2.print("Flow Out 1 :");  
lcd2.setCursor(0,1);  
lcd2.print(Calc1, 2);  
lcd2.print(" L/Hour");  
lcd3.clear();  
lcd3.print("Flow Out 2 :");  
lcd3.setCursor(0,1);  
lcd3.print(Calc2, 2);  
lcd3.print(" L/Hour");  
}
```



LAMPIRAN K

LISTING PROGRAM VISUAL STUDIO 2013

```
Imports System.Data
Imports System.Threading
Imports System.IO.Ports
Imports System.ComponentModel
Imports System.Data.OleDb
Imports MySql.Data.MySqlClient
Public Class Form1
    Dim Alldata As String
    Dim i As Integer
    Dim aryTextFile() As String
    Dim myport As Array
    Delegate Sub SetTextCallBack(ByVal [text] As String)
    Dim MysqlConn As MySqlConnection
    Dim COMMAND As MySqlCommand

    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs)
        Handles MyBase.Load
            myport = IO.Ports.SerialPort.GetPortNames
            ComboBox1.Items.AddRange(myport)
            ComboBox2.Items.AddRange(IO.Ports.SerialPort.GetPortNames)
    End Sub

    Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs)
        Handles Button2.Click
            Timer2.Start()
            SerialPort1.PortName = ComboBox1.Text
            SerialPort1.BaudRate = ComboBox2.Text
            SerialPort1.Open()

            Button2.Enabled = True
```

```

Button3.Enabled = True
MySqlConnection = New MySqlConnection
MySqlConnection.ConnectionString =
"server=localhost;userid=ade;password=swro;database=swro"

```

```
End Sub
```

```

Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Button3.Click
SerialPort1.Close()
Button2.Enabled = False
Button3.Enabled = False

```

```
End Sub
```

```

Private Sub SerialPort1_DataReceived(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs) Handles
SerialPort1.DataReceived
ReceivedText(SerialPort1.ReadLine())
End Sub

```

```

Private Sub ReceivedText(ByVal text As String)
If Me.RichTextBox2.InvokeRequired Then
Dim x As New SetTextCallBack(AddressOf
ReceivedText)
Me.Invoke(x, New Object() {(text)})
Else
Me.RichTextBox2.Text &= (text)
TextBox1.Text = RichTextBox2.Text

```

```

RichTextBox2.Clear()
Alldata = TextBox1.Text
aryTextFile = text.Split(";")

```

Try

```

    TextBox2.Text = aryTextFile(0)
    TextBox3.Text = aryTextFile(1)
    TextBox4.Text = aryTextFile(2)

    MySqlConnection.Open()
    Dim query As String
    query = "insert into swro
    (Time,Date,Flow_In,Flow_Out_1,Flow_Out_2) values ('" &
    Label3.Text & "', '" & Label4.Text & "', '" & TextBox2.Text & "',
    '" & TextBox3.Text & "', '" & TextBox4.Text & "')"

    COMMAND = New MySqlCommand(query,
    MySqlConnection)
    COMMAND.ExecuteNonQuery()
    MySqlConnection.Close()

    Catch ex As Exception
        MessageBox.Show(ex.Message)
    Finally
        MySqlConnection.Dispose()
    End Try

End If

End Sub

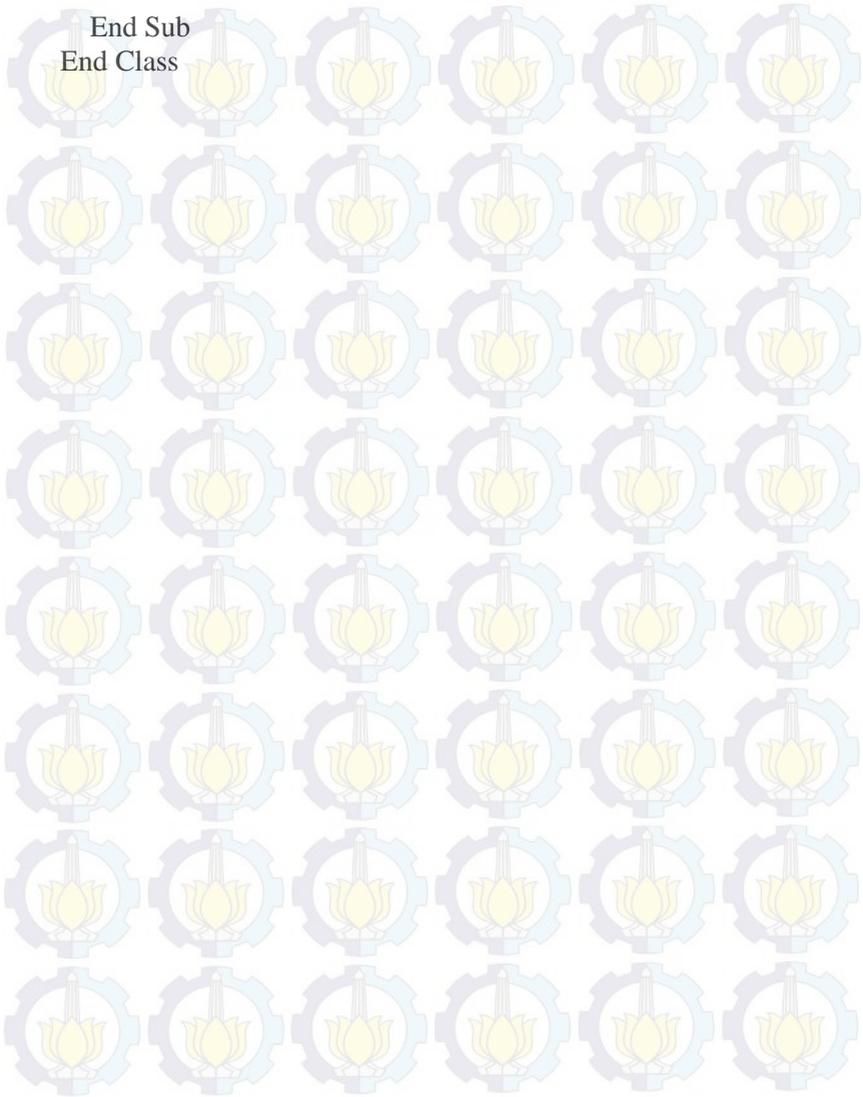
Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs)
    Handles Timer1.Tick
        Label3.Text = Format(Now, "HH:mm:ss")
        Label4.Text = Format(Now, "dd-MM-yyyy")
    End Sub

Private Sub Timer2_Tick(sender As Object, e As EventArgs)
    Handles Timer2.Tick

```

Me.Chart1.Series("FIN").Points.AddY(TextBox2.Text)

End Sub
End Class



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lamongan pada tanggal 13 April 1994. Pada saat ini bertempat tinggal di Jl. Bandarejo Sawah 1 No 29 RT:06, RW:V, Kelurahan Sememi, Kecamatan Benowo, Kota Surabaya. Pada tahun 2006, penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN Kandangan 1 No 121 Surabaya. Pada Tahun 2009 menyelesaikan pendidikan tingkat menengah di SMPN 14 Surabaya. Pada tahun 2012 menyelesaikan pendidikan tingkat menengah di SMAN 11 Surabaya. Pada tahun 2015 ini, penulis mampu menyelesaikan pendidikan Diploma di Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis dapat dihubungi melalui alamat email berikut: rianalurita@gmail.com.