

**PERANCANGAN SISTEM PENGUKURAN KECEPATAN DAN  
POLA ALIRAN PADA CIRCULATING WATER CHANNEL  
(CWC)**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada  
Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin*



ANDY DWI SAPUTRA

D331 15 006

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2020**



**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Poros Malino km. 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan, Telp. (0411) 586015  
Fax(0411)586015 <http://eng.unhas.ac.id> Email : [teknik@unhas.ac.id](mailto:teknik@unhas.ac.id) Makassar 90245

**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul Skripsi :

**PERANCANGAN SISTEM PENGUKURAN KECEPATAN DAN POLA  
ALIRAN PADA CIRCULATING WATER CHANNEL (CWC)**

Oleh :

**ANDY DWI SAPUTRA**

**D331 15 006**

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing pada :

Tanggal : 23 Januari 2020

Di : Universitas Hasanuddin Makassar

Pembimbing I

Pembimbing II

  
**Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST.M.Eng**  
NIP. 198102112005011003

  
**Ir. Sverly Klara, MT.**  
NIP. 196405011990022001

Mengetahui,  
Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

  
**Andi Haris Muhammad. ST. MT, PhD.**  
NIP. 196904042000031002



**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Poros Malino km. 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan, Telp. (0411) 586015  
Fax(0411)586015 <http://eng.unhas.ac.id> Email : teknik@unhas.ac.id Makassar 90245

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PERANCANGAN SISTEM PENGUKURAN KECEPATAN DAN POLA  
ALIRAN PADA CIRCULATING WATER CHANNEL (CWC)**

Telah disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknik (ST)

Di

Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Universitas Hasanuddin Makassar

Oleh :

**ANDY DWI SAPUTRA**

**D331 15 006**

Tanggal Ujian 23 Januari 2020

Periode Wisuda III Maret 2020

Disetujui Oleh :

**Pembimbing I**

Dr. Eng Faisal M., S.T., M.Eng.

Nip : 198102112005011003

**Pembimbing II**

Ir. Sverly Klara, MT.

Nip : 196405011990022001

**Penguji I**

Haryanti Rivai, S.T., MT.

Nip : 197902252002122001

**Penguji II**

Andi Haris Muhammad, S.T., M.T., Ph.D.

Nip : 196904042000031002

Ketua Departemen  
Teknik Sistem Perkapalan

Andi Haris Muhammad, S.T., M.T., Ph.D

Nip : 196904042000031002

# **Perancangan Sistem Pengukuran Kecepatan Dan Pola Aliran Pada**

## ***Circulating Water Channel (CWC)***

Oleh : Andy Dwi Saputra

Pembimbing : 1. Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M. Inf. Tech., M. Eng.

2. Ir. Syerly Klara., MT.

### **ABSTRAK**

Arus laut di Indonesia yang disebabkan oleh angin dan pasang surut di daerah tertentu tentunya menghasilkan jenis-jenis pola aliran yang berbeda-beda serta kecepatan yang berbeda pula. Tujuan dari penelitian ini adalah bagaimana mendesain sistem pengukuran aliran fluida pada *Circulating Water Channel* serta menguji coba sistem pengukuran kecepatan aliran. Selain itu juga dapat mengetahui rancangan program monitoring hasil pengukuran kecepatan aliran. Dimana dalam penelitian ini dilakukan validasi alat berupa perbandingan pengukuran menggunakan alat *current meter* dengan *flow water sensor* yang sudah dibuat agar memberikan kepastian bahwa alat yang didesain dapat berfungsi dengan baik sesuai yang diinginkan. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa alat yang dibuat hampir mendekati alat validasi. Dimana hasil yang didapatkan pada pengukuran kecepatan rata-rata yang tertinggi adalah 0.25 m/s sedangkan untuk aliran pengukuran kecepatan rata-rata yang terendah adalah 0.16 m/s, adapun hasil validasi dari pengukuran menggunakan alat *current meter* adalah 0.3 m/s. Manfaat dari penelitian ini ialah dengan adanya alat pengukuran kecepatan aliran serta monitoring hasil pengukuran ini dapat mengetahui kecepatan aliran serta memberikan hasil pengukuran yang akurat. Selain itu juga berupa inovasi yang dapat memberikan kemudahan untuk memantau kecepatan aliran yang dihasilkan pada *Circulating Water Channel*.

Kata Kunci: **Kecepatan aliran, Pola aliran, *Circulating Water Channel (CWC)*, *Flow Water Sensor, Current Meter***

## KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan limpahan nikmat yang sangat luar biasa kepada penulis, dan tidak lupa juga sholawat serta salam kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita semua menuju peradaban manusia yang lebih baik. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata (S1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Meskipun dalam proses penyusunannya penulis melakuannya semaksimal mungkin dan dengan kesungguhan, namun penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam laporan skripsi ini. Oleh karena itu kritik serta masukan yang sifatnya membangun sangatlah di harapkan.

Semoga Allah SWT membalas segala jasa dan kebaikan semua pihak yang telah membantu penulisan skripsi ini.

Terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu disampaikan ucapan terima kasih kepada

1. Keluarga penulis: Kedua Orang Tua, Ayahanda Alimuddin dan Ibunda Tumini yang sampai hari ini masih membuat saya termotivasi, Kakak dan adik saya yang terus memberikan dukungan sehingga perkuliahan saya dapat terselesaikan.

2. Dr. Andi Haris Muhammad, S.T., M.T. selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan Tugas Akhir ini.
4. Ir. Hj. Syerly Klara, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan Tugas Akhir ini.
5. Para Dosen penguji skripsi yang telah memberikan masukan yang terbaik.
6. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas ilmu dan wawasan yang diberikan selama masa studi penulis.
7. Staf Tata Usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan serta dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan khususnya angkatan 2015 dan Rekan-rekan Laboratorium Sistem Bangunan Laut, yang telah memberikan pengalaman-pengalaman berharga selama penulis menjadi seorang mahasiswa. Tak lupa pula penulis sampaikan banyak terima kasih kepada kanda-kanda Senior dan dinda-dinda Junior atas motivasi dan dukungannya.

9. Saudari Arfiatul Hikmah. M beserta keluarga atas doa, dukungan serta semangat atas terselesaikannya skripsi ini.
10. Rekan Seperjuangan Alfian Arfah dan Alan Fhajoeng Ramadhan atas bantuan, motivasi dan dukungannya dalam penulisan skripsi ini.

Akhir kata, semoga hasil penelitian dan skripsi ini bermanfaat kepada mahasiswa perkapalan secara umum dan utamanya kepada penulis secara khusus dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan serta wawasan dalam ilmu Teknik Perkapalan.

Gowa, 23 Januari 2020

Andy Dwi Saputra.

## DAFTAR ISI

Abstrak .....	i
Kata Pengantar .....	ii
Daftar Isi.....	v
Daftar Tabel .....	viii
Daftar Gambar .....	ix
Daftar Simbol .....	xi

### **Bab I Pendahuluan**

I.1. Latar Belakang .....	1
I.2. Rumusan Masalah.....	2
I.3. Batasan Masalah .....	3
I.4. Tujuan Penelitian .....	3
I.5. Manfaat Penelitian .....	3
I.6. Sistematika Penulisan .....	4

### **Bab II Tinjauan Pustaka**

II.1. Tekanan Fluida.....	6
II.2. Distribusi Kecepatan.....	7
II.3. Tekanan Hidrostatik.....	8
II.4. Aliran Laminer dan Aliran Turbulen .....	9
II.5. Debit Aliran .....	11
II.6. Flowmeter/Sensor Aliran Fluida .....	11
II.7. Fungsi dan Kegunaan Flowmeter .....	14
II.8. Software Arduino .....	15



### **Bab III Metode Penelitian**

III.1. Lokasi dan Waktu Kegiatan Penelitian .....	16
III.2. Desain Alat Pengujian .....	16
III.2.1 Circulating Water Channel (CWC) .....	16
III.2.2 Desain Posisi Alat Pengukuran.....	18
III.3. Perancangan Alat .....	19
III.3.1 Bahan Dan Komponen.....	19
III.3.2 Rangkuman Coding .....	20
III.3.3 Alat Pengujian Yang Di Gunakan .....	22
III.4. Peralatan Penelitian .....	23
III.5. Tahapan Penelitian .....	28
III.6. Kerangka Berpikir .....	30

### **Bab IV Hasil Dan Pembahasan**

IV.1 Diagram Kabel (Wiring) .....	31
IV.2 Tampilan Interface Monitoring Kecepatan Aliran .....	32
IV.3 Hasil Pengujian Variasi Model Alat Pengukuran .....	35
IV.3.1 Kasus 1 .....	35
IV.3.2 Kasus 2 .....	37
IV.3.3 Kasus 3 .....	39
IV.3.4 Kasus 4 .....	40
IV.4 Analisa Perbandingan Rata-Rata Aliran Pada Setiap Menit .....	42
IV.4.1 Kasus 1 .....	42
IV.4.2 Kasus 2 .....	43

IV. 4.3 Kasus 3 .....	44
IV. 4.4 Kasus 4 .....	45
IV. 4.5 Validasi Tiap Letak Flow Water Sensor.....	46
IV.5 Analisa Pola Aliran Berdasarkan Setiap Kasus .....	47
IV.5.1 Penentuan Bilangan Reynold Number (Re).....	53
IV.5.2 Penentuan Karakteristik Aliran (Fr).....	54
<b>Bab V Penutup</b>	
V.1 Kesimpulan .....	56
V.2. Saran .....	57
<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>58</b>
<b>Lampiran .....</b>	<b>59</b>
Lampiran 1. Proses Pembuatan Kerangka Pengukuran Kecepatan .....	60
Lampiran 2. Pembuatan Sensor Pengukur Kecepatan .....	60
Lampiran 3. Posisi Peletakan Alat Pengujian .....	61
Lampiran 4. Proses Pengambilan data .....	61
Lampiran 5. Proses Validasi .....	62
Lampiran 6. Pengukuran Suhu air .....	62
Lampiran 7. Tabel Sifat-Sifat Fluida Air .....	63
Lampiran 8. Sifat Geometris Dari Bentuk Saluran Umum .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Dimensi Tangki CWC.....	16
Tabel 3.2	Daftar Alat, Bahan, Dan Komponen Penelitian.....	23
Tabel 4.1	Hasil pengukuran kasus 1 .....	36
Tabel 4.2	Hasil pengukuran kasus 2 .....	37
Tabel 4.3	Hasil pengukuran kasus 3.....	39
Tabel 4.4	Hasil pengukuran kasus 4 .....	41
Tabel 4.5	Kecepatan rata-rata aliran fluida kasus 1 .....	42
Tabel 4.6	Kecepatan rata-rata aliran fluida kasus 2 .....	43
Tabel 4.7	Kecepatan rata-rata aliran fluida kasus 3.....	44
Tabel 4.8	Kecepatan rata-rata aliran fluida kasus 4.....	45
Tabel 4.9	Validasi tiap titik pada kasus 1.....	46
Tabel 4.10	Analisa Pola Aliran .....	48
Tabel 4.11	Bilangan Reynold Number Pada Masing-Masing Kasus...	53
Tabel 4.12	Bilangan Froude Number Pada Masing-Masing Kasus.....	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Distribusi fluida pada saluran terbuka.....	7
Gambar 2.2	Aliran laminar dan Aliran Turbulen.....	9
Gambar 2.3.	Sensor Flowmeter 3/4.....	12
Gambar 3.1.	Desain Circulating Water Channel (CWC) .....	16
Gambar 3.2	Desain Penelitian pada CWC tampak samping .....	17
Gambar 3.3	Komponen penelitian pada CWC.....	17
Gambar 3.4	4 Flow Water Sensor.....	18
Gambar 3.5	6 Flow Water Sensor Horizontal.....	18
Gambar 3.6	6 Flow Water Sensor Vertikal.....	19
Gambar 3.7	8 Flow Water Sensor.....	19
Gambar 3.8	Alat pengujian yang di gunakan.....	22
Gambar 3.9	Alat microcontroller yang di gunakan.....	22
Gambar 4.1	Diagram Kabel (Wiring) .....	31
Gambar 4.2	Desain Tampilan Interface Monitoring.....	33
Gambar 4.3	Tampilan monitoring yang sudah terhubung.....	34
Gambar 4.4	Monitoring yang telah berjalan.....	34
Gambar 4.5	Hubungan antara kecepatan dan waktu kasus 1 .....	36
Gambar 4.6	Hubungan antara kecepatan dan waktu kasus 2.....	38
Gambar 4.7	Hubungan antara kecepatan dan waktu kasus 3.....	40
Gambar 4.8	Hubungan antara kecepatan dan waktu kasus 4.....	41
Gambar 4.9	Kecepatan rata-rata aliran fluida kasus 1 .....	42

Gambar 4.10	Kecepatan rata-rata aliran fluida kasus 2 .....	43
Gambar 4.11	Kecepatan rata-rata aliran fluida kasus 3.....	44
Gambar 4.12	Kecepatan rata-rata aliran fluida kasus 4.....	45
Gambar 4.13	Validasi tiap titik pada kasus 1 .....	47
Gambar 4.14	Analisa pola aliran .....	48
Gambar 4.15	Analisa Pola Aliran Kasus 1.....	49
Gambar 4.16	Analisa Pola Aliran Kasus 2.....	50
Gambar 4.17	Analisa Pola Aliran Kasus 3.....	50
Gambar 4.18	Analisa Pola Aliran Kasus 4.....	51
Gambar 4.19	Hydraulic Radius (R) .....	52

## DAFTAR SIMBOL

A	= Luas penampang bidang ( $m^2$ )
d	= Diameter pipa (m)
Q	= Debit fluida yang mengalir ( $m^3/s$ )
V	= Kecepatan aliran (m/s)
L	= Panjang lintasan (m)
t	= Waktu tempuh (detik)
$P_h$	= Tekanan Hidrostatik ( $N/m^2$ atau Pa)
$\rho$	= Kerapatan fluida ( $kg/m^3$ )
h	= Kedalaman fluida (m)
$\rho$	= Massa Jenis ( $kg/m^3$ )
g	= Gravitasi ( $m/s^2$ )
$\mu$	= Viskositas Dinamis ( $m^2/detik$ )
D	= Kedalaman Air (m)
R	= Radius Hydraulic (m)
Re	= Reynold Number
Fr	= Froude Number

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Pada sebagian besar perairan di Indonesia memiliki arus kecepatan aliran disertai pola aliran yang berbeda-beda tergantung dari faktor utama yang menimbulkan arus yang relatif kuat adalah angin dan pasang surut. Maka dari itu faktor utama tersebut dapat menyebabkan timbulnya kecepatan yang berbeda-beda tergantung dimana daerah yang memiliki potensi angin dan pasang surut yang berlebih sehingga dapat menghasilkan arus laut yang maksimal. Arus laut yang disebabkan oleh angin dan pasang surut di daerah tertentu tentunya menghasilkan jenis-jenis pola aliran yang berbeda-beda serta kecepatan yang berbeda pula nantinya. Arus yang disebabkan oleh angin pada umumnya bersifat musiman, dimana pada suatu musim arus mengalir ke suatu arah dengan tetap, dan pada musim berikutnya akan berubah arah sesuai dengan perubahan arah angin yang terjadi. Sedangkan arus yang diakibatkan oleh pasang surut (pasut) menimbulkan arus yang bersifat harian, pada saat air pasang, arus pasut akan mengalir dari lautan lepas ke arah pantai, dan akan mengalir kembali ke arah semula pada saat air surut (C. Rorres,2000).

Wilayah pantai merupakan suatu zona yang sangat dinamik karena merupakan zona persinggungan dan interaksi antara udara, daratan dan lautan. Fenomena yang terjadi di laut lepas akan mempengaruhi proses-proses yang sering terjadi di wilayah pesisir seperti sirkulasi massa air, sedimentasi, dan erosi Namun zona pantai senantiasa memiliki proses penyesuaian yang terus

menerus menuju ke suatu keseimbangan alami terhadap dampak dari pengaruh eksternal dan internal baik yang bersifat alami maupun campur tangan manusia (Ritz-Atro, 2010).

Penggunaan alat pengukuran flowmeter merupakan peralatan yang digunakan untuk mengukur besarnya flowrate fluida/aliran fluida ketika melewati suatu perpipaan atau medium.

Tetapi dari sisi lain penggunaan alat pengukuran fluida yang sudah ada hanya terletak di luar fluida yang akan di lewatinya dan meyebabkan hasil pengukuran fluida menjadi tidak akurat karena adanya kehilangan pada saat fluida tersebut melewati medan lain kemudian masuk ke alat pengukuran. Maka dari itu dengan adanya penelitian ini yaitu dengan merancang alat pengukuran kecepatan fluida dan pola aliran yang terletak di dalam fluida yang akan dilewati atau di ukurnya (alat ukur berada di dalam air) sehingga mampu memberikan hasil pengukuran yang akurat.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah yang dapat dikemukakan pada studi ini adalah:

1. Bagaimana mendesain sistem pengukuran aliran fluida pada *Circulating Water Channel (CWC)*?
2. Bagaimana menguji coba sistem pengukuran kecepatan aliran pada CWC?
3. Bagaimana merancang sebuah program untuk monitoring hasil pengukuran kecepatan aliran pada CWC?



### **I.3 Batasan Masalah**

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian ini diperlukan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian pengujian dilakukan dengan melakukan simulasi menggunakan alat *Circulating Water Channel (CWC)*.
2. Komponen sistem alat ukur yang digunakan adalah *flow sensor* dan *Arduino uno*.
3. Melakukan validasi dari hasil yang di dapatkan dengan alat *current meter flow watch*.
4. Penelitian ini menggunakan metode studi eksperimen.

### **I.4 Tujuan penelitian**

Berdasarkan latar belakang diatas, tujuan penelitian yang dapat dikemukakan pada studi ini adalah:

1. Mengetahui cara mendesain dan merakit alat pengukuran aliran fluida pada CWC
2. Mengetahui cara menguji coba sistem pengukuran kecepatan aliran pada CWC.
3. Mengetahui rancangan sebuah program untuk monitoring pengukuran kecepatan aliran pada CWC.

### **I.5 Manfaat penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui desain pengukuran aliran fluida pada CWC.
2. Menambah pengetahuan rancangan sebuah monitoring pengukuran kecepatan aliran pada CWC.

3. Dapat memberikan hasil pengukuran yang akurat dari alat yang di buat.

## **I.6 Sistematika penulisan**

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisi konsep dasar penyusunan skripsi yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang berkaitan dengan pembahasan penelitian yang meliputi tekanan fluida, distribusi kecepatan, tekanan hidrostatik, aliran laminar dan aliran turbulen, debit aliran, sensor aliran fluida, fungsi kegunaan flowmeter, serta software arduino

### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam bab ini akan diuraikan waktu dan lokasi penelitian, desain alat n posisi alat pengukuran, perancangan alat, bahan dan komponen, peralatan penelitian, tahapan penelitian, serta kerangka berpikir.

### **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan membahas hasil penelitian yang diperoleh meliputi diagram kabel (wiring), tampilan interface monitoring kecepatan aliran, hasil pengujian variasi model alat pengukuran, analisa perbandingan rata-rata aliran, analisa pola aliran berdasarkan tiap kasus, serta penentuan bilangan reynold number dan karakteristik aliran.

## **BAB V : PENUTUP**

Bab ini membahas mengenai kesimpulan yang diperoleh serta saran bagi pihak yang berkepentingan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

### **Daftar Pustaka**

### **Lampiran**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pola aliran biasanya terjadi pada daerah-daerah yang memiliki sumber fluida (air) yang melimpah seperti halnya daerah sungai dan daerah lautan luas yang dikenal sebagai arus laut, arus laut adalah gerakan massa air dari suatu tempat (posisi) ke tempat yang lain. Angin merupakan salah satu gaya utama yang menyebabkan timbulnya arus laut selain gaya yang timbul akibat dari tidak samanya pemanasan dan pendinginan air laut. (M. Furqon Aziz,2006).

#### **II.1. Tekanan Fluida**

Dari ilmu termodinamika diketahui bahwa fluida dapat berubah fase dari cair menjadi gas yang dikenal sebagai proses penguapan. Penguapan terjadi karena molekul zat cair selalu bergerak sehingga beberapa molekul pada permukaan akan mempunyai energi untuk melepaskan diri dari tarikan molekul-molekul yang ada di sekitarnya dan berpindah ke ruang yang ada di atasnya. Laju penguapan tergantung pada perbedaan energi molekul antara zat cair dan gas yang ada di atasnya (Triadmodjo, 2014).

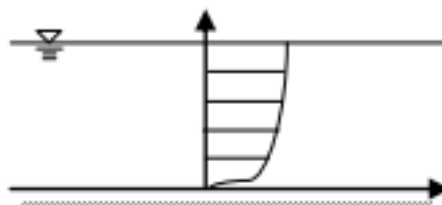
Alasan penting untuk meninjau tekanan uap adalah karena dari berbagai pengamatan di dalam fluida yang sedang mengalir kerap terbentuk gelembung uap di dalam massa fluida. Hal ini dapat terjadi ketika tekanan mutlak di dalam fluida mencapai tekanan uapnya. Misalnya fenomena ini mungkin terjadi pada aliran yang melalui saluran yang tidak menentu, mengecil (Nosel), pada sebuah katup atau pompa dimana tekanan yang terbentuk sangat rendah sampai mencapai tekanan uapnya. Apabila gelembung - gelembung tersebut terseret kedalam daerah

yang bertekanan lebih tinggi, gelembung – gelembung tersebut akan pecah dengan intensitas yang cukup tinggi dan dapat menyebabkan kerusakan struktur.

Pembentukan yang dilanjutkan dengan pecahnya gelembung uap di dalam fluida mengalir yang disebut kavitasi ini merupakan fenomena aliran fluida yang sangat penting dalam sistem fluida (Harinaldi, 2015).

## II.2. Distribusi kecepatan

Hasil pengamatan terhadap saluran yang lebar menunjukkan bahwa distribusi kecepatan pada daerah pusat dari penampang adalah persis sama dengan pada saluran persegi panjang yang lebarnya tak terhingga. Dengan kata lain, berdasarkan keadaan tersebut, tepi saluran praktis tidak mempengaruhi distribusi kecepatan di daerah pusat, dan aliran di daerah pusat penampang dapat dianggap bersifat dua dimensi dalam analisa hidroliknya. Dari penyelidikan selanjutnya diketahui bahwa daerah pusat pada saluran persegi panjang ini hanya terjadi bila lebarnya lebih dari 5 sampai 10 kali kedalaman aliran, tergantung pada keadaan kekasaran saluran. (O. Paish, 2009)



Gambar 2.1 Distribusi fluida pada saluran terbuka

Sebab itu, suatu saluran terbuka lebar (wide open channel), dapat dinyatakan sebagai saluran persegi panjang yang lebarnya lebih dari 10 kali kedalaman aliran. Untuk keperluan penelitaian maupun analisa, aliran pada daerah pusat dari saluran terbuka yang lebar dapat dianggap sama seperti aliran pada saluran persegi panjang dengan lebar tidak terhingga. Kecepatan maksimum

dalam saluran biasanya terjadi dibawah permukaan bebas sedalam 0,05 sampai 0,25 kali kedalamannya, makin dekat ketepi berarti makin dalam dan mencapai maksimum, (Chow, Ven Te, 1989).

Kecepatan aliran merupakan hasil bagi antara jarak lintasan dengan waktu tempuh atau dapat dituliskan dengan persamaan:

$$V = \frac{L}{t} \dots\dots\dots (2. 1)$$

Dimana : V = Kecepatan (m/detik)

L = Panjang lintasan (m)

t = Waktu tempuh (detik)

### II.3. Tekanan Hidrostatik

Tekanan hidrostatik dapat didefinisikan sebagai tekanan yang terjadi pada massa fluida statik (yang diam) akibat pengaruh gaya gravitasi. Dengan demikian tekanan hidrostatik dapat dianggap terjadi akibat bekerjanya gaya berat suatu kolom fluida. Tekanan hidrostatik fluida bergantung pada kedalaman (ketinggian) kolom fluida dari permukaan, kerapatan dan percepatan gravitasi yang dirumuskan dengan persamaan (Harinaldi, 2015):

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (2. 2)$$

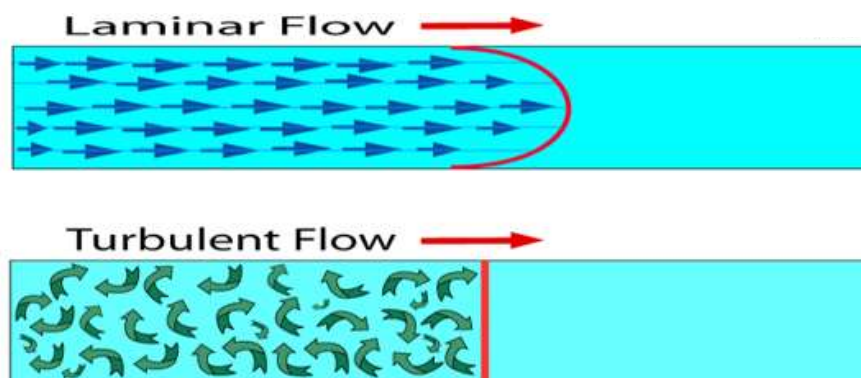
Dimana :

- $P_h$  = Tekanan hidrostatik (N/m<sup>2</sup> atau Pa)
- $\rho$  = Kerapatan fluida (kg/m<sup>3</sup>)
- $g$  = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- $h$  = Kedalaman fluida (m)

#### II.4. Aliran Laminer dan Aliran Turbulen

Aliran fluida dapat dibedakan menjadi aliran laminar dan aliran turbulen, tergantung pada jenis garis alir yang dihasilkan oleh partikel-partikel fluida. Jika aliran dari seluruh partikel fluida bergerak sepanjang garis yang sejajar dengan arah aliran (atau sejajar dengan garis tengah pipa, jika fluida mengalir di dalam pipa), fluida yang seperti ini dikatakan laminar. Fluida laminar kadang-kadang disebut dengan fluida viskos atau fluida garis alir (streamline). (P.L Fraenkel, 1986)

Kata laminar berasal dari bahasa latin lamina, yang berarti lapisan atau plat tipis. Sehingga, aliran laminar berarti aliran yang berlapis-lapis. Jika gerakan partikel fluida tidak lagi sejajar, mulai saling bersilang satu sama lain sehingga terbentuk pusaran di dalam fluida, aliran yang seperti ini disebut dengan aliran turbulen, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Aliran Laminer dan Aliran Turbulen

Dimana urutan bilangan Reynold Number Open Channel sebagai berikut:

- Pada  $Re < 500$ , aliran bersifat laminar.
- Pada  $Re = 500 - 1000$  terdapat daerah transisi.
- Pada  $Re > 1000$ , aliran bersifat turbulen.

Persamaan Bilangan Reynold Open Channel dapat dirumuskan:

$$Re = \frac{\rho.R.V}{\mu}, R = \frac{b.y}{b+2y} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- Re = Reynold Number
- $\rho$  = Kerapatan Fluida ( $\text{kg/m}^3$ )
- R = Radius Hydraulic (m)
- V = Kecepatan Fluida (m/s)
- $\mu$  = Viskositas Dinamis ( $\text{m}^2/\text{s}$ )
- b = Lebar Tangki (m)
- y = Tinggi Air (m)

Aliran disebut kritis jika kecepatan aliran adalah sama dengan kecepatan gelombang gravitasi beramplitudo kecil. Sebuah gelombang gravitasi bisa dihasilkan dengan sebuah perubahan kedalaman aliran. Aliran disebut subkritis jika kecepatan aliran kurang dari kecepatan kritis, dan aliran disebut superkritis jika kecepatan aliran lebih besar dari kecepatan kritis.

Dimana urutan bilangan Reynold Number Open Channel sebagai berikut:

- Pada  $Fr < 1$ , aliran lambat / tenang (subcritical).
- Pada  $Fr = 1$ , aliran kritis (critical).
- Pada  $Re > 1$ , aliran cepat (supercritical).

Bilangan Froude, Fr adalah ratio antara gaya inersia dan gaya gravitasi dan untuk saluran segiempat didefinisikan sebagai berikut:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g.D}} \dots\dots\dots (2.4)$$



Dimana :

- $Fr$  = Froude Number
- $V$  = Kecepatan Fluida (m/s)
- $g$  = Gravitasi ( $m/s^2$ )
- $D$  = Kedalaman Air (m)

## II.5. Debit Aliran

Jumlah zat cair yang mengalir melalui tampang lintang aliran tiap satu satuan waktu disebut aliran dan diberi notasi  $Q$ . Debit aliran biasanya diukur dalam volume zat cair tiap satuan waktu, sehingga satuannya adalah meter kubik per detik ( $m^3/s$ ) (Triatmodjo, 2014). Di dalam zat cair ideal, dimana tidak terjadi gesekan, kecepatan aliran  $V$  adalah sama di setiap titik pada tampang lintang. Apabila tampang aliran tegak lurus dengan arah aliran, maka debit aliran dapat dirumuskan:

$$Q = A \cdot V \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

- $Q$  = Debit aliran ( $m^3/s$ )
- $A$  = Luas penampang bidang ( $m^2$ )
- $V$  = Kecepatan aliran (m/s)

## II.6. Flowmeter / Sensor Aliran Fluida

Pengukuran aliran sebuah zat sangat diperlukan untuk sejumlah industri laksana industri kimia (petrochemical), pembangkit listrik, kilang minyak (refinery), industri farmasi, industri makanan dan minuman. Dalam mengukur aliran atau fluida mesti memakai instrumenteksklusif yang dinamakan flow meter.

Pengertian dari flow meter sensor adalah alat yang bermanfaat untuk mengukur aliran sebuah zat (cair dan gas) pada luas suatu penampang tertentu. Pada pemakaian flow meter akan diperoleh nilai pengukuran yang dinamakan 'flow rate' atau debit yang satuannya l/h (liter/hours). Dari satuan ini dapat diturunkan lagi menjadi l/m (liter/minutes) atau l/s (liter/second) cocok dengan tingkat pengukuran yang dibutuhkan.

Alur kerja instrument flow meter ini memiliki jangkauan yang luas guna pada pemakaiannya laksana sensor flow meter untuk memungut data, menghitung data yang diterima dari sensor dengan interaksi fluida memakai komputer atau yang dinamakan komputasi, transducer dan memproses sinyal (transmitter), menganalisa situasi sekitar pengukuran.

Sensor *Flowmeter* terdiri dari bagian katup plastik (valve body), rotor air dan sebuah sensor half effect. Ketika air mengalir melalui rotor maka rotor akan berputar dan kecepatan dari rotor akan sesuai dengan aliran air yang masuk melewati rotor. Pulsa sinyal dari rotor akan diterima oleh sensor *hall effect* untuk selanjutnya diproses di *mikrokontroller*.



Gambar 2.3 Sensor Flowmeter 3/4"

(Menurut Frima Setyawan dkk, 2017). Dalam pengukuran fluida perlu ditentukan besaran dan vektor kecepatan aliran pada suatu titik dalam fluida dan bagaimana fluida tersebut berubah dari titik ke titik. Pengukuran atau penyensoran aliran fluida dapat digolongkan sebagai berikut.

1. Pengukuran metode kuantitas

Pengukuran ini memberikan petunjuk yang sebanding dengan kuantitas total yang telah mengalir dalam waktu tertentu. Fluida mengalir melewati elemen primer secara berturutan dalam kuantitas yang kurang lebih terisolasi dengan secara bergantian mengisi dan mengosongkan bejana pengukur yang diketahui kapasitasnya. Pengukuran kuantitas diklasifikasikan menurut :

- a. Pengukur gravimetri atau pengukuran berat
- b. Pengukur volumetri untuk cairan
- c. Pengukur volumetri untuk gas

2. Pengukuran metode laju aliran

Laju aliran  $Q$  merupakan fungsi luas pipa  $A$  dan kecepatan  $V$  dari cairan yang mengalir lewat pipa, yaitu:

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots (2. 6)$$

Tetapi dalam praktek, kecepatan tidak merata, lebih besar di pusat. Jadi kecepatan terukur rata-rata dari cairan atau gas dapat berbeda dari kecepatan rata-rata sebenarnya. Gejala ini dapat dikoreksi sebagai berikut:

$$Q = K \cdot A \cdot V \dots\dots\dots (2. 7)$$

Di mana  $K$  adalah konstanta untuk pipa tertentu dan menggambarkan hubungan antara kecepatan rata-rata sebenarnya dan kecepatan terukur. Nilai konstanta ini bisa didapatkan melalui eksperimen.

### 3. Pengukuran metode diferensial tekanan

Jenis pengukuran aliran yang paling luas digunakan adalah pengukuran tekanan diferensial. Pada prinsipnya beda luas penampang melintang dari aliran dikurangi dengan yang mengakibatkan naiknya kecepatan, sehingga menaikkan pula energi gerakan atau energi kinetis. Karena energi tidak bisa diciptakan atau dihilangkan (Hukum perpindahan energi), maka kenaikan energi kinetis ini diperoleh dari energi tekanan yang berubah. Kecepatan kritis dinamakan juga angka Reynold.

Batas kecepatan kritis untuk pipa biasanya berada diantara 2000 dan 2300. Pengukuran aliran metoda ini dapat dilakukan dengan banyak cara misalnya: menggunakan pipa venturi, pipa pitot, orifice plat (lubang sempit), turbine Flowmeter, rotameter, cara thermal, menggunakan bahan radio aktif, elektromagnetik, *ultrasonic dan flowmeter gyro*. Cara lain dapat dikembangkan sendiri sesuai dengan kebutuhan proses.

### **II.7. Fungsi & kegunaan Flowmeter**

Kegunaan Flowmeter adalah alat yang digunakan untuk mengetahui adanya suatu aliran material (liquid, gas, powder) dalam suatu jalur aliran, dengan segala aspek aliran itu sendiri, yang meliputi kecepatan aliran atau flow rate dan total massa atau volume dari material yang mengalir dalam jangka waktu tertentu atau sering disebut dengan istilah totalizer. Pada kasus tertentu Flowmeter dapat

digunakan untuk mendapatkan efisiensi dari suatu proses dengan cara melakukan adjustment besar kecilnya suatu aliran fluida.

Dengan diketahuinya parameter dari aliran suatu material oleh alat ukur flowmeter yang dikirim berupa data angka dan dapat juga diteruskan guna menghasilkan aliran listrik atau sinyal yang bisa digunakan sebagai input pada control atau rangkaian electric lainnya. (Wiratama Mitra Abadi,2017).

## **II.8. Software Arduino.**

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328 ([datasheet](#)). Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya. (Hendry. 2016)

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### III.1. Lokasi dan Waktu Kegiatan Penelitian

Kegiatan utama dalam penelitian adalah pembuatan alat dan pengujian di laboratorium. Pengujian laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Energi Terbarukan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

#### III.2. Desain Alat Pengujian

##### III.2.1 *Circulating Water Channel (CWC)*

*Circulating Water Channel (CWC)* pada dasarnya adalah sebuah tangki pengujian aliran yang menggunakan fluida (air) sebagai medianya, yang didesain sedemikian rupa agar dapat dipakai untuk melakukan pengujian aliran yang dapat bersirkulasi dengan baik.

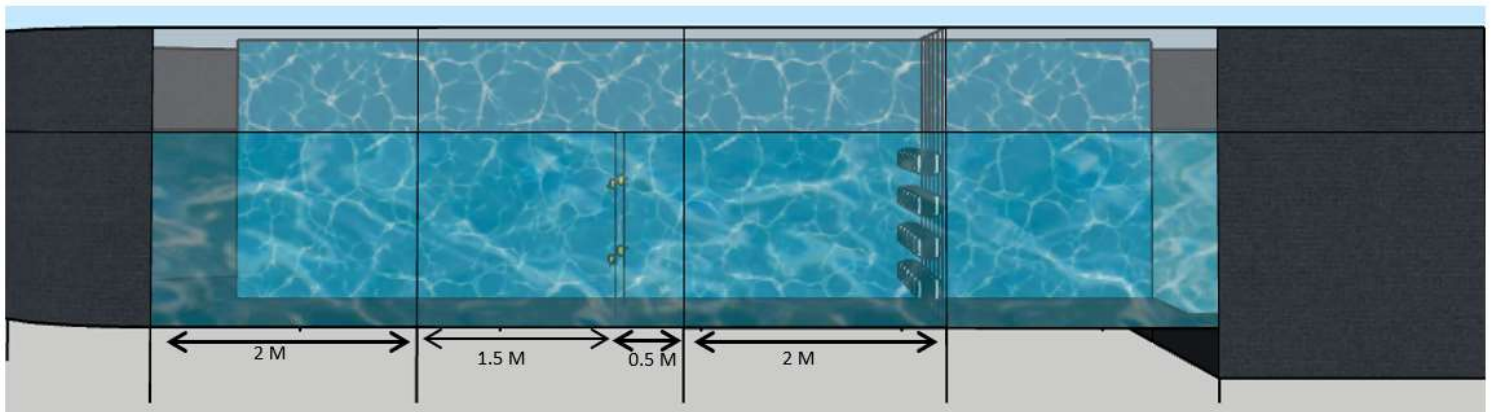


Gambar 3.1 Desain *Circulating Water Channel (CWC)*

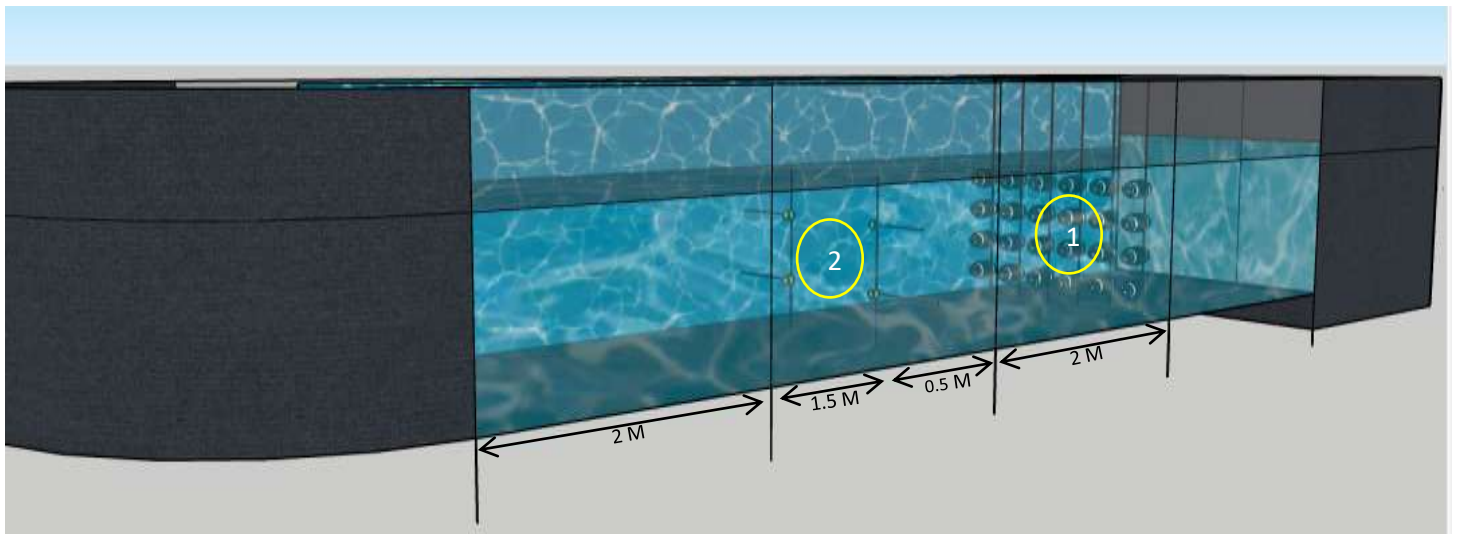
Adapun Dimensi dari tangki CWC adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Dimensi tangki CWC

Parameter	Panjang	Lebar	Tinggi	Kapasitas Air	Bahan
Nilai	9.6 m	2.4 m	1.5 m	25 ton	Besi + Acrylic



Gambar 3.2 Desain penelitian pada CWC tampak samping



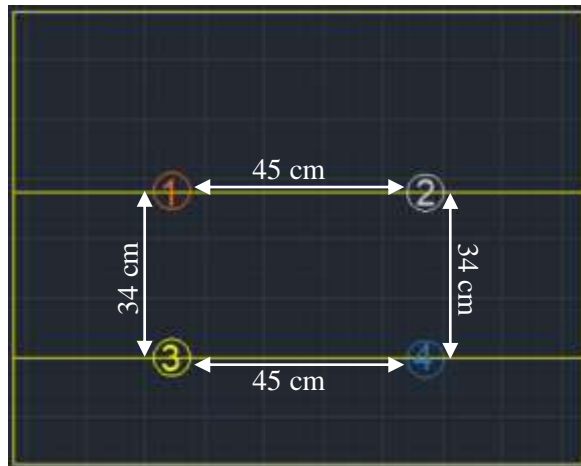
Gambar 3.3 Komponen penelitian pada CWC

Keterangan:

1. Turbin/kipas pembuat arus
2. Alat pengukur aliran (*Flow Water Sensor*)

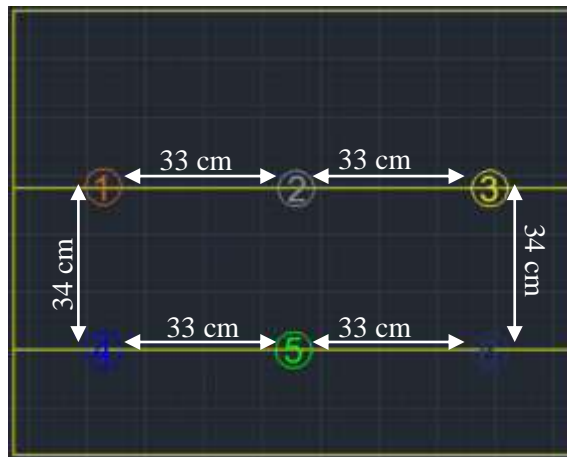
### III.2.2 Desain Posisi Alat Pengukuran

- Kasus 1, 4 *flow water sensor*



Gambar 3.4. 4 *flow water sensor*

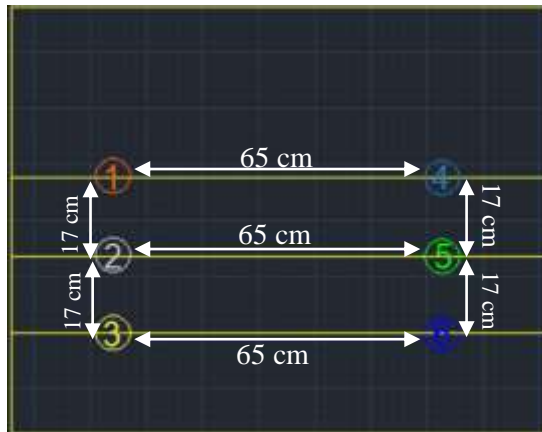
- Kasus 2, 6 *flow water sensor horizontal*



Gambar 3.5. 6 *flow water sensor horizontal*

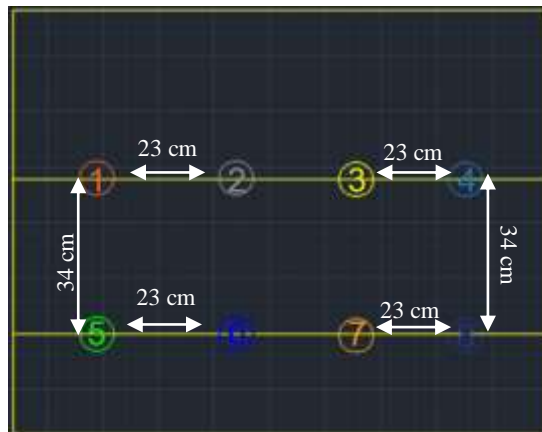


- Kasus 3, 6 *flow water sensor vertikal*



Gambar 3.6. 6 *flow water sensor vertikal*

- Kasus 4, 8 *flow water sensor*



Gambar 3.7. 8 *flow water sensor*

### III.3 Perancangan Alat

#### III.3.1 Bahan dan Komponen

Bahan dan komponen yang digunakan untuk membuat system pengukuran kecepatan ialah *Arduino Mega 2560*, *Real time clock (RTC Raspberry pi)*, *Micro SD Adapter*, *Flow water sensor*. Dimana komponen-komponen tersebut dirakit dan dihubungkan satu sama lain sehingga terbentuk sistem pengukuran kecepatan aliran.

### III.3.2 Rangkuman coding

```
#include "PinChangeInterrupt.h"

volatile int hitung[8];
double flow_rate[8];
unsigned long oldTime;

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  pinMode(2, INPUT);
  pinMode(3, INPUT);
  pinMode(18, INPUT);
  pinMode(19, INPUT);

  pinMode(63, INPUT);
  pinMode(65, INPUT);
  pinMode(67, INPUT);
  pinMode(69, INPUT);

  digitalWrite(2, HIGH);
  digitalWrite(3, HIGH);
  digitalWrite(18, HIGH);
  digitalWrite(19, HIGH);
  digitalWrite(63, HIGH);
  digitalWrite(65, HIGH);
  digitalWrite(67, HIGH);
  digitalWrite(69, HIGH);
}
```

- Pada tahapan ini, pembuatan perhitungan deretan angka sebagai data input yang terekam setiap detik pada saat pengujian. Jadi kita akan mengubah angka-angka tersebut disetiap data yang akan masuk. Kemudian kita membuat fungsi baru yang interupsinya akan dijalankan oleh setiap data yang masuk dengan kode:

```
void loop() {

  if(millis() - oldTime > 1000){

    detachAll();

    flow_rate[0] = rumusFlowRate(hitung[0]);
    flow_rate[1] = rumusFlowRate(hitung[1]);
    flow_rate[2] = rumusFlowRate(hitung[2]);
    flow_rate[3] = rumusFlowRate(hitung[3]);
    flow_rate[4] = rumusFlowRate(hitung[4]);
    flow_rate[5] = rumusFlowRate(hitung[5]);
    flow_rate[6] = rumusFlowRate(hitung[6]);
    flow_rate[7] = rumusFlowRate(hitung[7]);
    oldTime = millis();

    Serial.println(String(flow_rate[0]) + "~"+String(flow_rate[1]) + "~"+String(flow_rate[2]) + "~"+String(flow_rate[3]) +
      "~"+String(flow_rate[4]) + "~"+String(flow_rate[5]) + "~"+String(flow_rate[6]) + "~"+String(flow_rate[7]));

    resetCounter();

    attachAll();
  }
}
```

- Selanjutnya penentuan banyaknya sensor dan menentukan penempatan sensor tersebut ke *microcontroller* yang akan di gunakan untuk memudahkan *microcontroller* dalam pembacaan dari sensor nantinya. Adapun pada keterangan *millis* bertujuan untuk menyimpan data yang dimana penyimpanan data tersebut terhitung pada setiap detiknya.

```
double rumusFlowRate(int count){
    //Start the math
    double flowRate, area, velocity;

    flowRate = (count * 2 );           //Take counted pulses in the last second and multiply by 2mL or use 2.5mL
    flowRate = flowRate * 60;          //Convert seconds to minutes, giving you mL / Minute
    flowRate = flowRate / 1000;       //Convert mL to Liters, giving you Liters / Minutedcd

    flowRate = flowRate / 60; // L/min ke L/s
    area = 3.14 * pow(0.0075, 2); // area flowmeter
    velocity = flowRate / area;
    return velocity/1000; // m/s
}

void attachAll(){
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), sensor1, FALLING); //
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(3), sensor2, FALLING); //
    attachInterrupt(4, sensor3, FALLING); //
    attachInterrupt(5, sensor4, FALLING); //
    attachPinChangeInterrupt(digitalPinToPinChangeInterrupt(63), sensor5, FALLING); // interrupt connected to pin 24
    attachPinChangeInterrupt(digitalPinToPinChangeInterrupt(65), sensor6, FALLING); // interrupt connected to pin 26
    attachPinChangeInterrupt(digitalPinToPinChangeInterrupt(67), sensor7, FALLING); // interrupt connected to pin 28
    attachPinChangeInterrupt(digitalPinToPinChangeInterrupt(69), sensor8, FALLING); // interrupt connected to pin 30
}
```

- Kemudian pemasukan rumus yang akan dibaca oleh *microcontroller* nantinya. Dimana pada rumus tersebut dapat diketahui data yang akan dihasilkan dari pembacaan sensor yaitu dalam satuan kecepatan (m/s). Untuk source *void* itu sendiri menandakan bahwa hanya dalam satu kali pembacaan sensor jika sensor itu beroperasi.

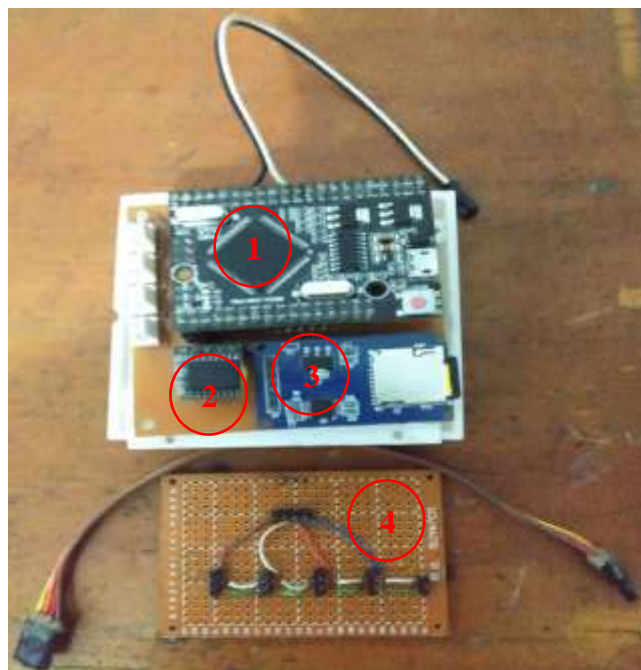
### III.3.3 Alat Pengujian Yang Digunakan



Gambar 3.8. Alat pengujian yang di gunakan

Keterangan :

1. Rangka *Flow Water Sensor*
2. *Flow Water Sensor*




Gambar 3.9. Alat *microcontroller* yang digunakan

Keterangan :



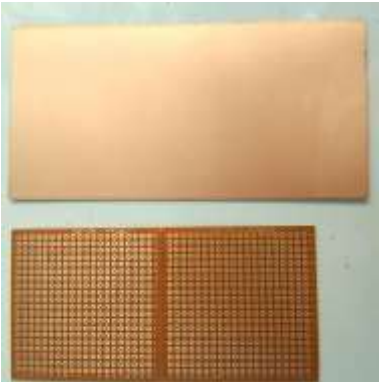
1. *Microcontroller Arduino mega 2560 pro*
2. *Raspberry pi (RTC)*
3. *Micro SD Adapter*
4. *PCB (Tempat sensor lainnya)*



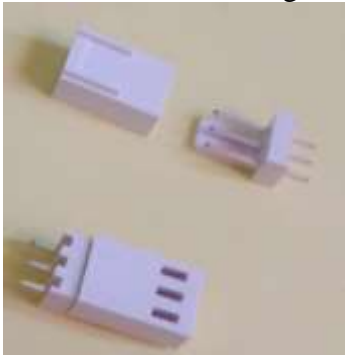
### III.4 Peralatan Penelitian

Tabel 3.2 Daftar alat, bahan, komponen penelitian



No	Spesifikasi	Fungsi
1.	<p>Circulating Water Channel</p> 	<p><i>Circulating Water Channel (CWC)</i> pada dasarnya adalah sebuah tangki pengujian aliran yang menggunakan fluida (air) sebagai medianya, yang didesain sedemikian rupa agar dapat dipakai untuk melakukan pengujian aliran yang dapat bersirkulasi dengan baik.</p>




<p>2.</p>	<p>Current Meter Flow watch</p> 	<p><i>Current Meter</i> adalah alat yang digunakan untuk mengukur aliran fluida (air). Pada penelitian ini current meter digunakan untuk memvalidasi hasil dari pengukuran eksperimen.</p> <p>Spesifikasi :</p> <p>Merk : Flowatch</p> <p>Tipe : F1-30</p>
<p>3.</p>	<p>Flow Meter Sensor</p> 	<p><i>Flow meter sensor</i> adalah alat yang digunakan untuk mengetahui pengukuran kecepatan dan pola aliran pada CWC.</p> <p>Spesifikasi:</p> <p>Merk : N/A</p> <p>Model : FS300A G3/4"</p> <p>Bahan : PVC</p> <p>Tekanan air : 1.20Mpa</p> <p>Tegangan : DC 5V – 24 V</p> <p>Rentang Aliran : 1-60L/min</p>

4.	<p style="text-align: center;">Arduino Mega 2560</p> 	<p><i>Arduino mega 2560</i> ini berfungsi sebagai microcontroller pembaca aliran fluida pada CWC.</p> <p>Spesifikasi :</p> <p>Tegangan masuk : 7-12V</p> <p>Tegangan operasi : 5V</p> <p>Input pin analog : 16</p> <p>Penyimpanan Memori : 256 KB</p>
5.	<p style="text-align: center;">Kabel USB Converter</p> 	<p><i>Kabel USB converter</i> pada arduino berfungsi sebagai kabel untuk menghidupkan atau menjalankan arduino dan juga berfungsi sebagai media transfer untuk mengupload barisan coding yang dibuat pada software arduino.</p>
6.	<p style="text-align: center;">Printer Circuit Board (PCB)</p> 	<p><i>Breadboard</i> merupakan dasar konstruksi sebuah sirkuit elektronik dari suatu rangkaian elektronik. Pcb digunakan untuk merangkai komponen.</p>

7.	<p>Module RTC Raspberry</p> 	<p><i>Module RTC Raspberry</i> merupakan sensor untuk merekam waktu dan tanggal pengujian yang akan tersimpan pada format excel.</p> <p>Spesifikasi :</p> <p>Kecepatan:400 kHz</p> <p>Tegangan operasi : 3.3V</p>
8.	<p>Module SD card</p> 	<p><i>Module SD Card</i> merupakan sensor tempat SD card tersimpan untuk sebagai tempat penyimpanan data.</p> <p>Spesifikasi:</p> <p>Tegangan operasi : 3.3V-5V</p>
9.	<p>Connector Honsing</p> 	<p><i>Connector Honsing</i> merupakan sejenis socket untuk sebagai penghubung colokan dari Arduino ke flow water sensor.</p>



10.	<p style="text-align: center;">Kabel Pelangi</p> 	<p><i>Kabel Pelangi</i> merupakan penyambung alat dari flow meter ke Arduino.</p>
11.	<p style="text-align: center;">Selotip Kabel</p> 	<p><i>Selotip Kabel</i> merupakan alat perekat untuk merekatkan sambungan kabel.</p>
12.	<p style="text-align: center;">Solder Listrik</p> 	<p><i>Solder Listrik</i> merupakan alat untuk menyambungkan sambungan kabel.</p>
13.	<p style="text-align: center;">Laptop / Komputer</p> 	<p><i>Laptop</i> berfungsi sebagai data logger untuk pengukuran kecepatan dan pola aliran fluida pada CWC.</p>

14.	<p style="text-align: center;">Aplikasi Arduino Uno</p> 	<p><i>Aplikasi Arduino uno</i> digunakan sebagai pengontrol dan merekam kecepatan aliran pada CWC.</p>
15.	<p style="text-align: center;">Aplikasi Visual Basic</p> 	<p><i>Aplikasi Visual Basic</i> berfungsi sebagai interface untuk memonitoring aliran yang dihasilkan oleh flow sensor.</p>
16.	<p style="text-align: center;">Meteran</p> 	<p><i>Meteran</i> berfungsi Untuk mengukur jarak penempatan posisi flow meter.</p>

### III.4 Tahapan Penelitian

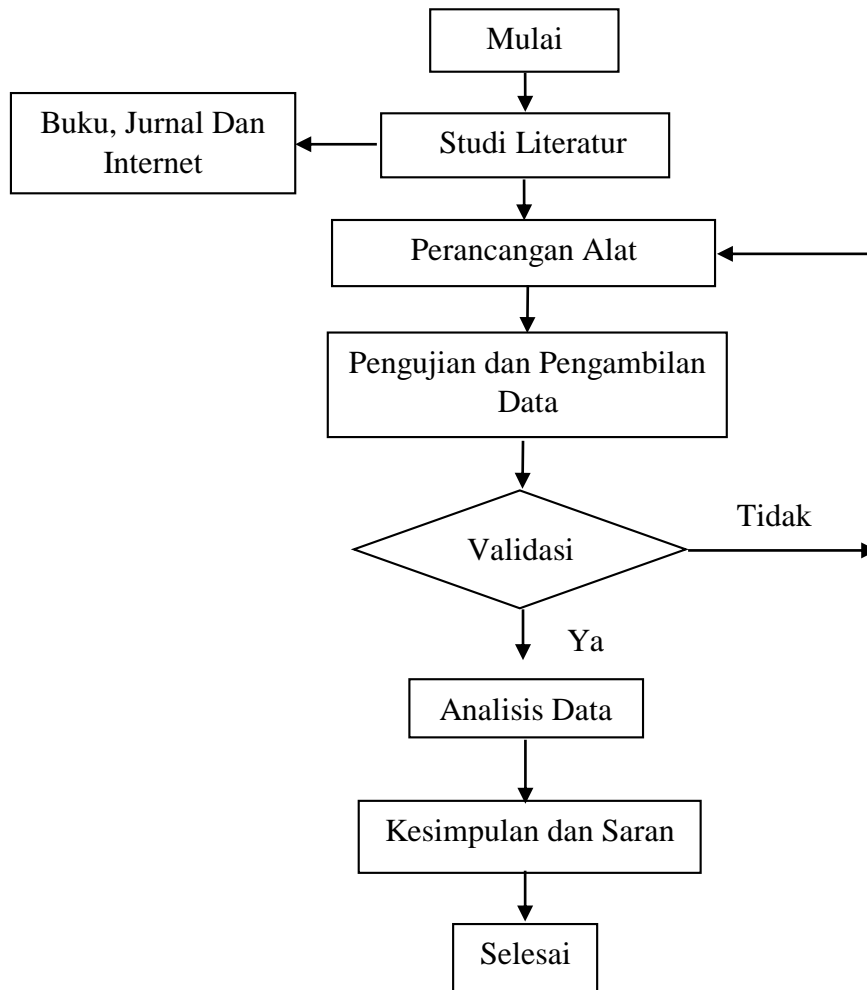
Beberapa tahapan penelitian yang akan dilakukan antara lain:

- Studi Literatur

Dalam studi literatur dilakukan pencarian informasi atau bahan materi baik dari buku, jurnal, maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini. Studi literatur ini sangat bermanfaat dalam menambahkan referensi tentang perancangan sistem pengukuran kecepatan dan pola aliran.

- Perancangan model/alat  
Sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu dilakukan perakitan alat eksperimen menggunakan alat flowmeter dan mikrokontroler Arduino dan software Arduino untuk memonitoring pengukuran kecepatan dan pola aliran pada CWC.
- Pengujian dan Pengambilan Data  
Pengujian dan pengambilan data dilakukan menggunakan software yang telah dirancang dan pengukuran manual.
- Analisa Hasil Pengujian dan Pengambilan Data  
Pada tahap ini dilakukan analisis data dengan mengetahui hasil pengukuran dari pengujian.
- Validasi Hasil  
Untuk menjamin keakuratan data, hasil pengambilan data dari pengukuran manual dan data dari pengukuran menggunakan software akan dibandingkan dengan alat current meter flowatch.
- Kesimpulan  
Pada tahap ini akan diberikan kesimpulan mengenai hasil yang diperoleh dari penelitian mengenai kecepatan aliran.

### III.5 Kerangka Berpikir

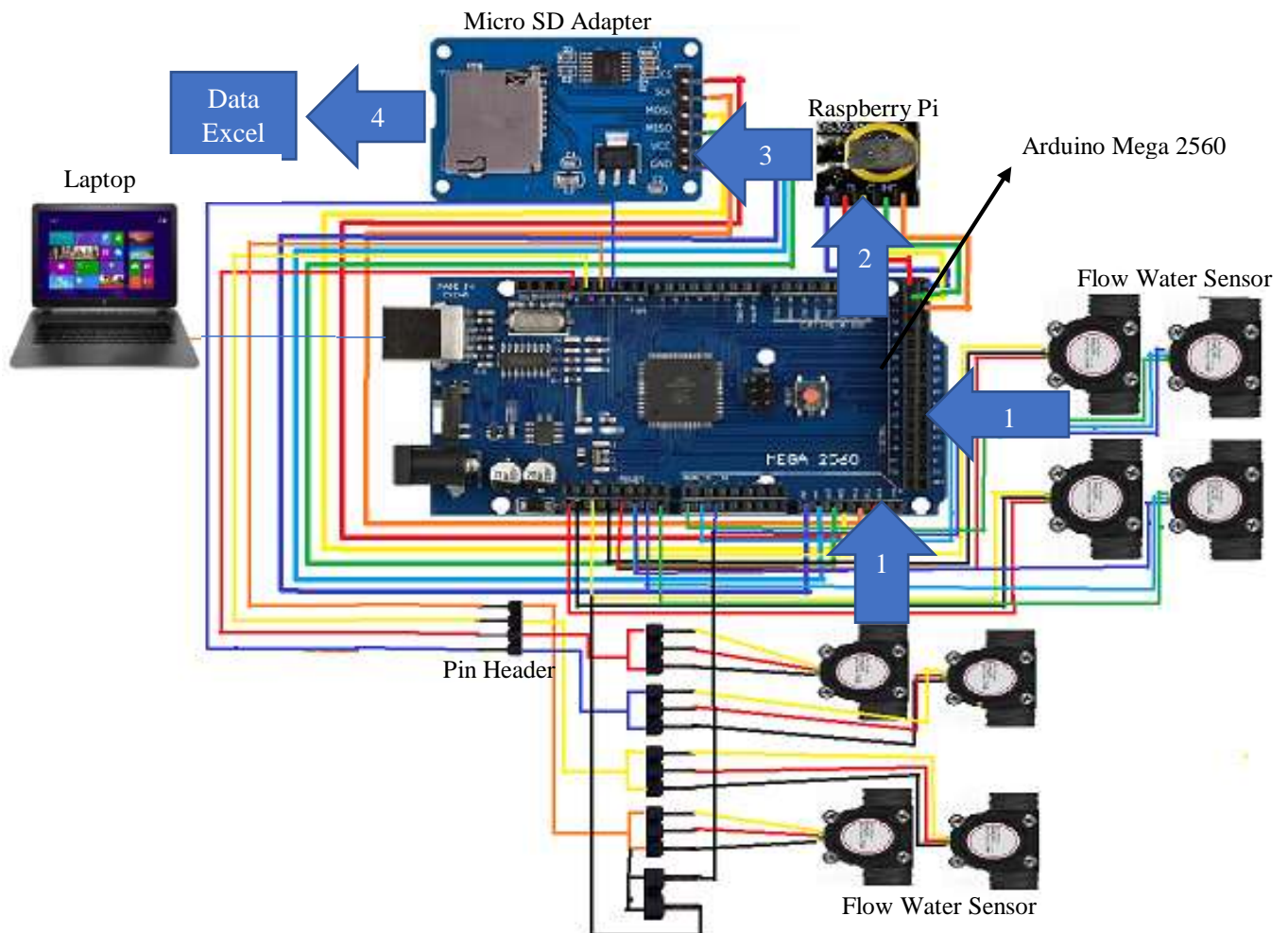


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam Penelitian ini, dilakukan eksperimen yang menggunakan *Circulating Water Channel (CWC)* yang dimana akan di lakukan sebuah perancangan sistem pengukuran kecepatan dengan berbagai macam pola pengukuran yang nantinya akan diuji sehingga dapat diketahui hasil pengukuran kecepatan aliran yang terdapat pada *CWC*.

#### IV.1 Diagram Kabel (*Wiring*)



Gambar 4.1 Diagram kabel (*wiring*) pada sistem sensor pengukuran aliran.

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa setiap komponen satu sama lain saling terhubung. Dimana dari masing-masing *flow water sensor* terhubung ke tiap-tiap pin yang ada pada *microcontroller Arduino mega 2560* yang kemudian data yang terbaca oleh *flow water sensor* akan diolah oleh *Arduino mega 2560*. Setelah itu dari pembacaan *Arduino* akan di hubungkan ke kedua komponen lainnya yaitu *real time clock(rtc)* dan *micro SD Adapter*. Dimana pada *rtc* sebagai penghitung waktu pengambilan data yang dimulai dari detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan hingga tahun dengan akurat. Dan *micro SD adapter* sebagai penyimpanan data pengukuran dari *Arduino*.

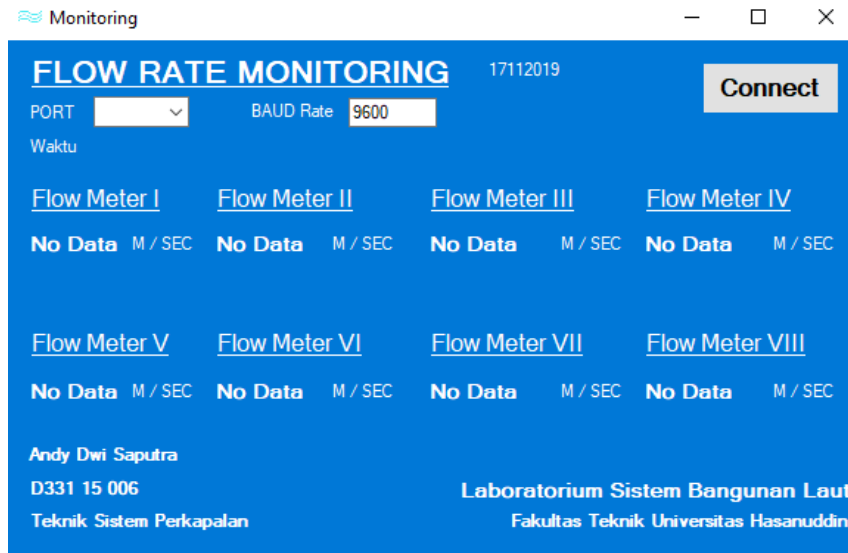
#### **IV.2 Tampilan Interface Monitoring Kecepatan Aliran**

Pada tahapan ini akan digunakan program computer *Visual Basic 2010* untuk dapat dikomunikasikan dengan program *Arduino*, sehingga data yang telah direkam oleh flow sensor dapat ditampilkan pada *monitoring Visual Basic*.

- Pembuatan Project baru menggunakan *Interface Visual Basic*

Dalam tahapan ini untuk memulai membuat sistem monitoring, terlebih dahulu membuat nama dari project yang akan dibuat.

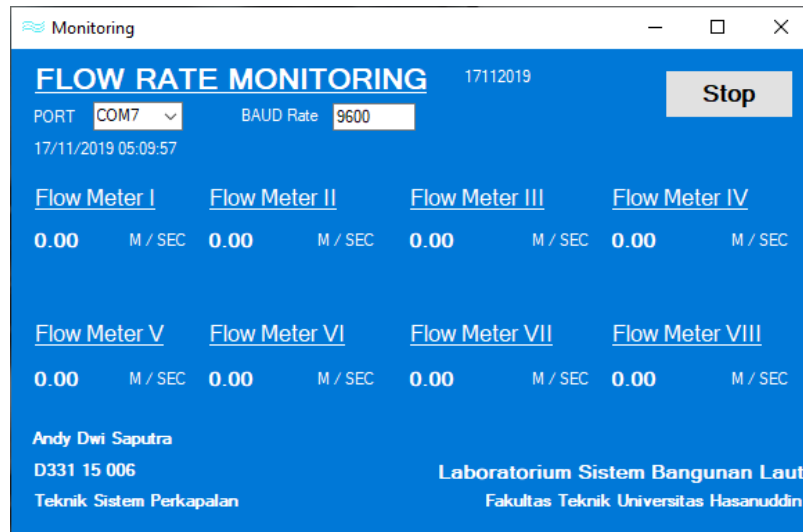
- Pada tahap ini kita akan memulai memberi nama project yang akan dibuat, dalam hal ini penulis akan memberi nama “FLOW RATE MONITORING”.
- Setelah mendesain profil program, selanjutnya memilih “*Toolbox*” yang didalamnya terdapat item-item yang dapat dipilih untuk mendesain tampilan program monitoring data pengukuran aliran air.



Gambar 4.2 Desain Tampilan Interface Monitoring

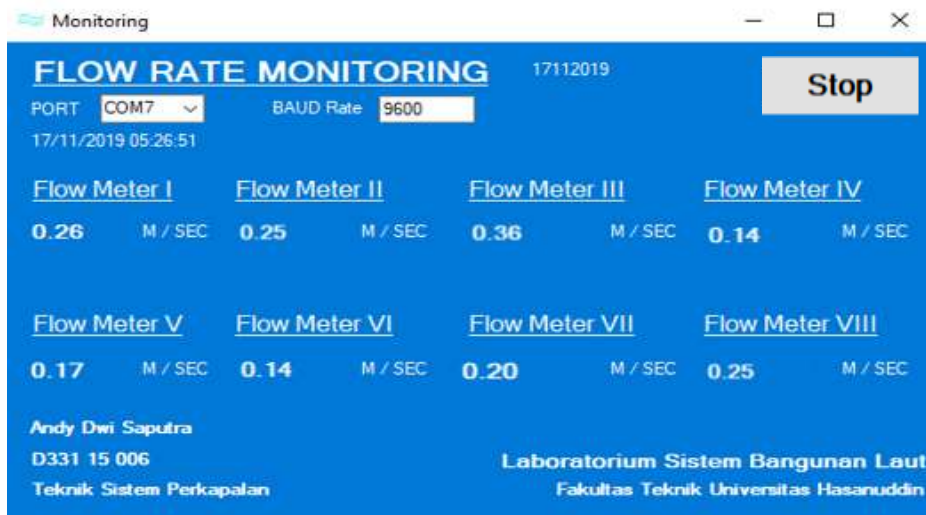
- Berdasarkan dari tampilan yang telah didesain, terdapat dua data input yaitu “*PORT*” dan “*BAUDRATE*”. Dimana “*PORT*” merupakan kode dari arduino agar dapat berkomunikasi dengan computer/laptop, sedangkan *BAUDRATE* adalah kode serial port yang ada pada aplikasi Visual Basic. *PORT* sebuah arduino dapat dilihat ketika *USB* dari arduino telah di pasang dikomputer/laptop kemudian membuka *DEVICE MANAGER* dan mengklik “*ports(COM&LPT)*”, sedangkan *BAUDRATE* dapat dilihat pada pilihan *properties serial port* di program Visual Basic.
- Pada *interface monitoring* terdapat tombol *connect*, dan kolom *port* yang kosong menandakan monitoring tersebut belum terhubung. Adapun jika monitoring tersebut sudah terhubung, tombol *connect* akan berubah jadi tulisan *stop* dan kolom *port* terisi sesuai *port* yang di sediakan oleh *device manager*. Adapun tampilan dapat dilihat pada gambar 4.3.
- Selanjutnya akan dimasukkan kode untuk masing-masing fungsi dari interface yang telah didesain agar dapat berfungsi sesuai dengan tampilan

yang telah dibuat desainnya. Adapun kode-kode yang diinput di jelaskan pada bab 3.



Gambar 4.3. Tampilan monitoring yang sudah terhubung

Gambar 4.3 menampilkan tampilan ketika *PORT* dan *BAUD RATE* yang telah terhubung.



Gambar 4.4. Monitoring yang telah berjalan

Gambar 4.4 menampilkan data yang telah di baca oleh sensor kemudian di tampilkan di monitoring dengan menampilkan data yang bervariasi sesuai jumlah aliran yang dihasilkan dalam satuan kecepatan (m/s).



### **IV. 3 Hasil Pengujian Variasi Model Alat Pengukuran**

Pada penelitian ini alat pengukuran yang di rancang akan divariasikan dengan berbagai macam bentuk pola aliran yang akan diukur setiap 3 menit yang nantinya akan menjadi beberapa kasus pengujian sebagai berikut :

1. Kasus 1, dengan posisi alat ukur 4 *flow water sensor* dipasang pada titik tengah penghasil aliran
2. Kasus 2, dengan posisi alat ukur 6 *flow water sensor* yang di pasang horizontal pada sisi atas dan bawah penghasil aliran.
3. Kasus 3, dengan posisi alat ukur 6 *flow water sensor* yang di pasang secara vertikal pada kedua sisi tengah kiri dan kanan sumber aliran
4. Kasus 4, dengan posisi alat ukur 8 *flow water sensor* yang di pasang pada masing-masing titik tengah sumber aliran.

#### **IV.3.1 Kasus 1**

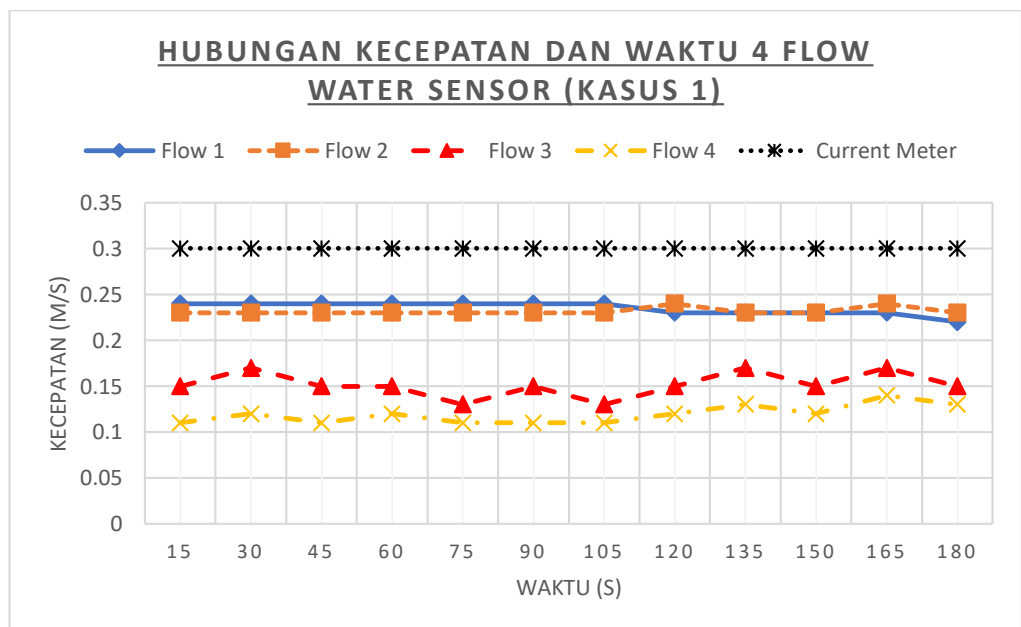
Dengan jumlah alat ukur 4 buah *flow water sensor* yang dengan posisi yang di pasang pada titik tengah penghasil aliran.

Adapun pengukuran yang telah dilakukan selama 3 kali percobaan dalam waktu selama 3 menit sehingga menghasilkan rata-rata aliran seperti pada tabel dibawah yang di ambil pada setiap 15 detik, dikarenakan pada rentang waktu tersebut sudah menghasilkan pola aliran yang laminar.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran hubungan antara kecepatan dan waktu dengan 4 buah *flow water sensor*

Waktu (s)	Kecepatan (m/s)				
	Flow 1	Flow 2	Flow 3	Flow 4	Current Meter
15	0.24	0.23	0.15	0.11	0.3
30	0.24	0.23	0.17	0.12	0.3
45	0.24	0.23	0.15	0.11	0.3
60	0.24	0.23	0.15	0.12	0.3
75	0.24	0.23	0.13	0.11	0.3
90	0.24	0.23	0.15	0.11	0.3
105	0.24	0.23	0.13	0.11	0.3
120	0.23	0.24	0.15	0.12	0.3
135	0.23	0.23	0.17	0.13	0.3
150	0.23	0.23	0.15	0.12	0.3
165	0.23	0.24	0.17	0.14	0.3
180	0.22	0.23	0.15	0.13	0.3

Adapun grafik dari hasil pengukuran sebagai berikut :



Gambar 4.5 Hubungan antara kecepatan dan waktu dengan 4 *flow water sensor*

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan yang di hasilkan dari 4 *flow water sensor* yang di letakkan pada titik tengah sumber aliran, yang menghasilkan kecepatan tertinggi pada masing-masing flow terletak pada detik ke

15 dengan kecepatan aliran mencapai 0.24 m/s hampir mendekati pengukuran aliran menggunakan *current meter*, dan kecepatan terendah pada detik ke 180. Adapun letak kecepatan aliran konstan yaitu pada detik ke 15 untuk flow 1 dan flow 2 dengan lama pengujian selama 3 menit.

#### IV.3.2 Kasus 2

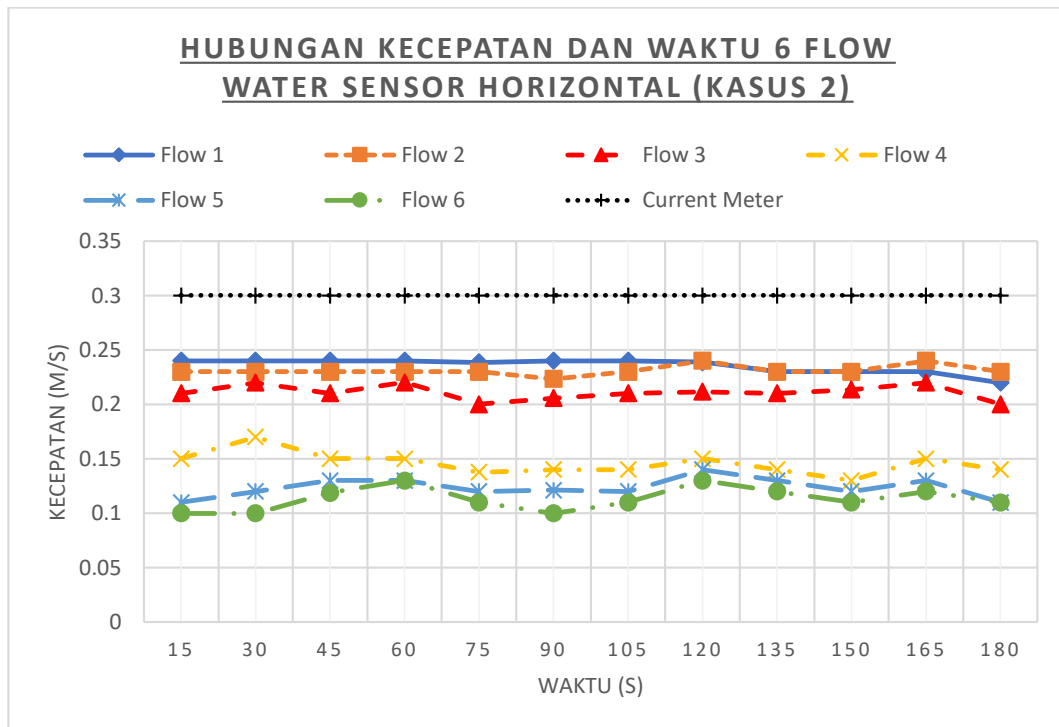
Dengan jumlah alat ukur 6 *flow water sensor* dengan posisi yang di pasang pada sisi atas dan bawah penghasil aliran dengan model secara horizontal.

Adapun pengukuran yang telah dilakukan selama 3 kali percobaan dalam waktu selama 3 menit sehingga menghasilkan rata-rata aliran seperti pada tabel dibawah yang di ambil pada setiap 15 detik, dikarenakan pada rentang waktu tersebut sudah menghasilkan pola aliran yang laminar.

Tabel 4.2 Hasil pengukuran hubungan antara kecepatan dan waktu dengan 6 buah *flow water sensor* yang di pasang secara horizontal.

Waktu (s)	Kecepatan (m/s)						
	Flow 1	Flow 2	Flow 3	Flow 4	Flow 5	Flow 6	Curent Meter
15	0.24	0.23	0.21	0.15	0.11	0.11	0.3
30	0.24	0.23	0.22	0.17	0.12	0.12	0.3
45	0.24	0.23	0.21	0.15	0.13	0.12	0.3
60	0.24	0.23	0.22	0.15	0.13	0.13	0.3
75	0.24	0.23	0.20	0.14	0.12	0.11	0.3
90	0.24	0.22	0.21	0.14	0.12	0.11	0.3
105	0.24	0.23	0.21	0.14	0.12	0.11	0.3
120	0.24	0.24	0.21	0.15	0.14	0.13	0.3
135	0.23	0.23	0.21	0.14	0.13	0.12	0.3
150	0.23	0.23	0.21	0.13	0.12	0.11	0.3
165	0.23	0.24	0.22	0.15	0.13	0.12	0.3
180	0.22	0.23	0.20	0.14	0.11	0.11	0.3

Adapun grafik dari hasil pengukuran sebagai berikut :



Gambar 4.6. Hubungan antara kecepatan dan waktu dengan 6 buah *flow water sensor horizontal*

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan yang di hasilkan dari 6 *flow water sensor* yang di letakkan secara horizontal pada masing-masing sisi sumber aliran menghasilkan 2 kecepatan yang berbeda sesuai dengan letak penempatan *flow water sensor* tersebut. Aliran yang di hasilkan pada *flow water sensor* 1,2, dan 3 memiliki kecepatan aliran yang sangat tinggi di bandingkan dengan *flow water sensor* 4,5, dan 6. Hal ini di akibatkan karena arus permukaan cenderung lebih bebas bergerak sehingga dapat menghasilkan kecepatan aliran yang tinggi di bandingkan aliran pada arus bawah atau arus kedalaman.

### IV.3.3 Kasus 3

Dengan jumlah alat ukur 6 *flow water sensor* dengan posisi yang di pasang pada kedua sisi tengah kiri dan kanan penghasil aliran dengan model secara vertikal.

Adapun pengukuran yang telah dilakukan selama 3 kali percobaan dalam waktu selama 3 menit sehingga menghasilkan rata-rata aliran seperti pada tabel dibawah yang di ambil pada setiap 15 detik, dikarenakan pada rentang waktu tersebut sudah menghasilkan pola aliran yang laminar.

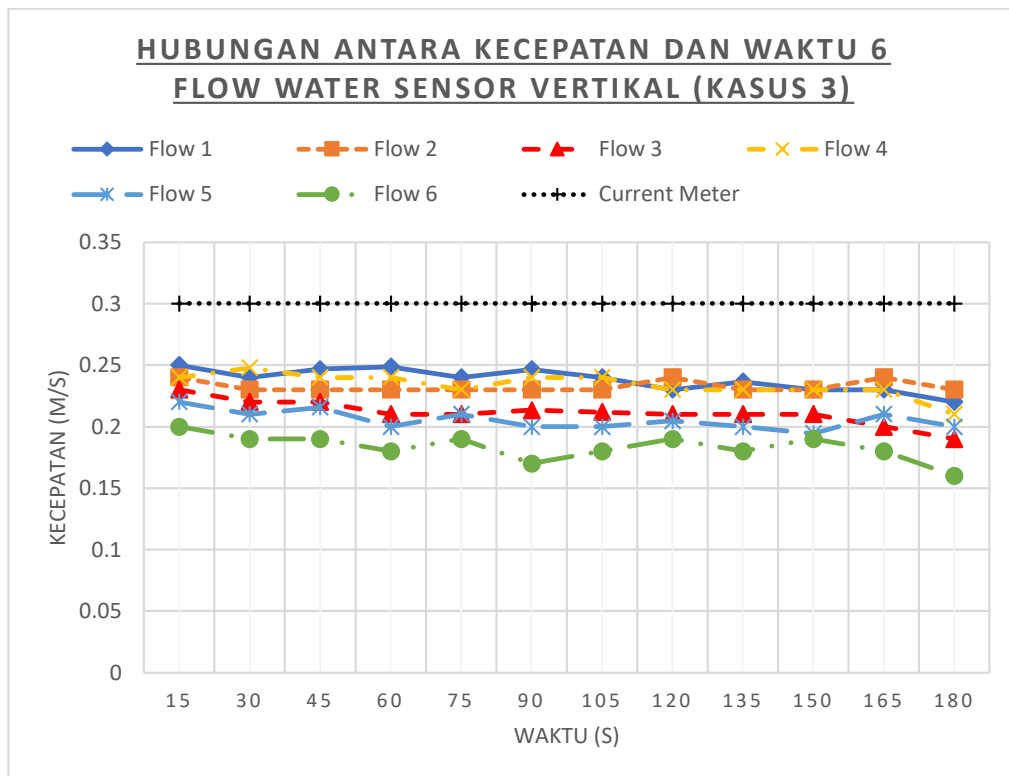
Tabel 4.3 Hasil pengukuran hubungan antara kecepatan dan waktu dengan 6 buah *flow water sensor* yang di pasang secara vertikal.

Waktu (s)	Kecepatan (m/s)						
	Flow 1	Flow 2	Flow 3	Flow 4	Flow 5	Flow 6	Curent Meter
15	0.25	0.24	0.23	0.24	0.22	0.21	0.3
30	0.24	0.23	0.22	0.25	0.21	0.19	0.3
45	0.25	0.23	0.22	0.24	0.22	0.19	0.3
60	0.25	0.23	0.21	0.24	0.20	0.18	0.3
75	0.24	0.23	0.21	0.23	0.20	0.19	0.3
90	0.25	0.23	0.21	0.24	0.20	0.17	0.3
105	0.24	0.23	0.21	0.24	0.20	0.18	0.3
120	0.23	0.24	0.21	0.23	0.20	0.19	0.3
135	0.24	0.23	0.21	0.23	0.20	0.18	0.3
150	0.23	0.23	0.21	0.23	0.19	0.19	0.3
165	0.23	0.24	0.20	0.23	0.21	0.18	0.3
180	0.22	0.23	0.19	0.21	0.20	0.16	0.3

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan yang dihasilkan dari 6 *flow water sensor* yang di letakkan secara vertikal pada sisi atas dan bawah sumber aliran menghasilkan kecepatan tertinggi pada detik ke 15, sedangkan untuk aliran terendah terletak detik ke 180. Adanya penurunan kecepatan aliran dikarenakan putaran dari sumber aliran berkurang dan penempatan *flow water*

*sensor* yang vertikal sehingga dapat menghasilkan kecepatan aliran laminar, berbeda dengan penempatan flow water secara horizontal. Grafik pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.7.

Adapun grafik dari hasil pengukuran sebagai berikut :



Gambar 4.7 Hubungan antara kecepatan dan waktu dengan 6 *flow water sensor* vertikal

#### IV.3.4 Kasus 4

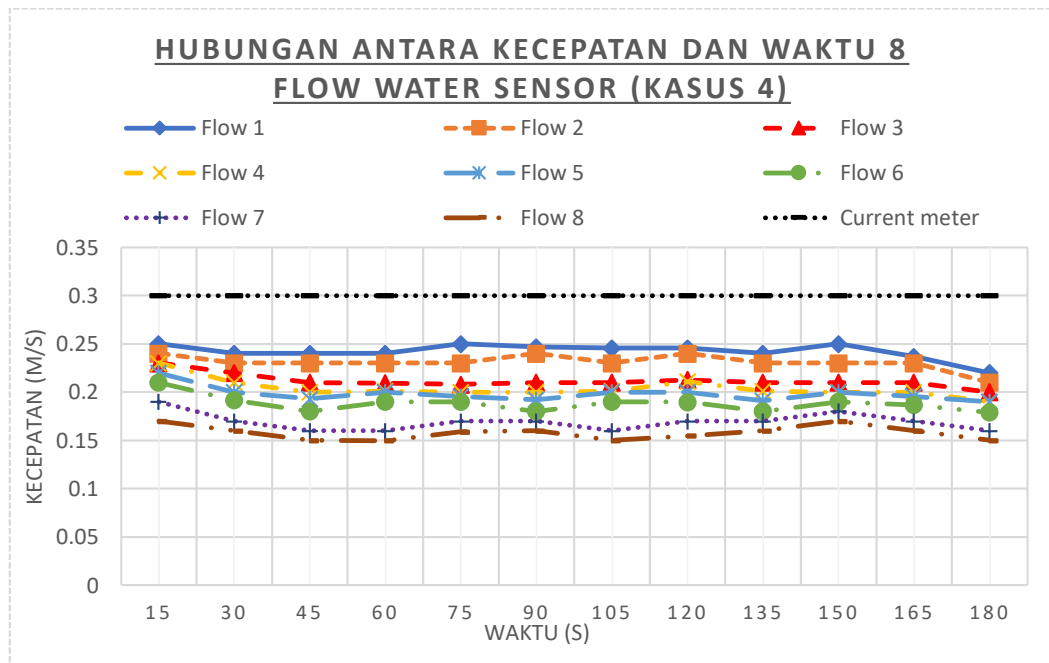
Dengan jumlah alat ukur 8 *flow water sensor* dengan posisi yang di pasang pada masing-masing sisi dan titik tengah penghasil aliran.

Adapun pengukuran yang telah dilakukan selama 3 kali percobaan dalam waktu selama 3 menit sehingga menghasilkan rata-rata aliran seperti pada tabel dibawah yang di ambil pada setiap 15 detik, dikarenakan pada rentang waktu tersebut sudah menghasilkan pola aliran yang laminar.

Tabel 4.4 Hasil pengukuran hubungan antara kecepatan dan waktu dengan 8 buah *flow water sensor*

Waktu (s)	Kecepatan (m/s)								Curent Meter
	Flow 1	Flow 2	Flow 3	Flow 4	Flow 5	Flow 6	Flow 7	Flow 8	
15	0.25	0.24	0.23	0.23	0.22	0.21	0.19	0.17	0.3
30	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.3
45	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.3
60	0.24	0.23	0.21	0.20	0.20	0.19	0.16	0.15	0.3
75	0.25	0.23	0.21	0.20	0.20	0.19	0.17	0.16	0.3
90	0.25	0.24	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.3
105	0.25	0.23	0.21	0.20	0.20	0.19	0.16	0.15	0.3
120	0.25	0.24	0.21	0.21	0.20	0.19	0.17	0.15	0.3
135	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.3
150	0.25	0.23	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.17	0.3
165	0.24	0.23	0.21	0.20	0.20	0.19	0.17	0.16	0.3
180	0.22	0.21	0.20	0.19	0.19	0.18	0.16	0.15	0.3

Adapun grafik dari hasil pengukuran sebagai berikut :



Gambar 4.8. Hubungan antara kecepatan dan waktu dengan 8 *flow water sensor*

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan yang di hasilkan dari 8 *flow water sensor* yang di letakkan pada masing-masing sisi dan titik tengah sumber aliran menghasilkan kecepatan aliran yang tertinggi pada masing-masing

flow pada detik ke 15, sedangkan untuk kecepatan aliran terendah terletak pada detik ke 180, sangat jauh dari hasil validasi pengukuran alat menggunakan *current meter*. Ini di akibatkan karena pada saat detik ke 180 putaran dari sumber aliran sudah mulai berkurang sehingga mengalami penurunan yang signifikan.

#### IV. 4 Analisa Perbandingan Rata-Rata Kecepatan Aliran Pada Setiap Menit

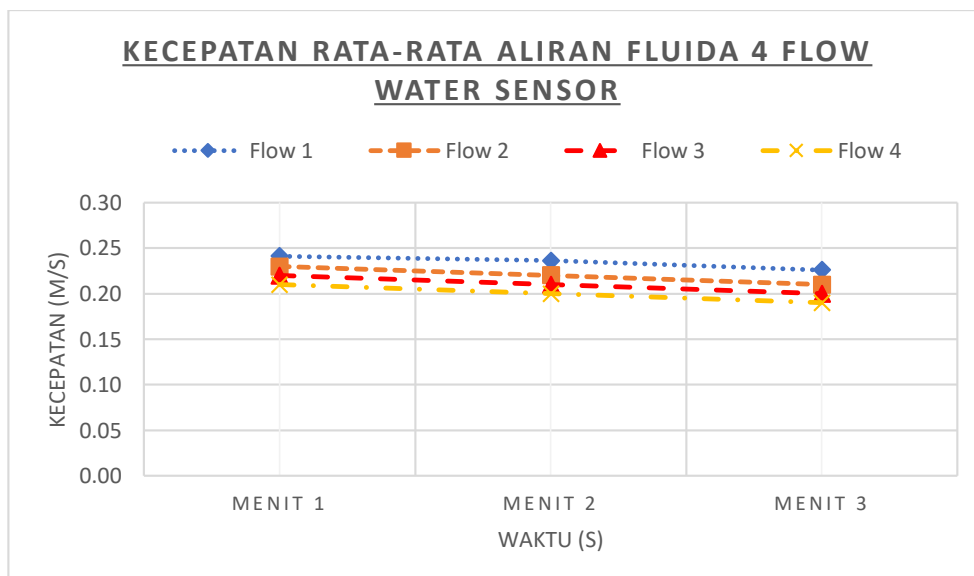
##### IV. 4.1 Kasus 1

- Dengan Posisi 4 *Flow water sensor*

Tabel 4.5 Kecepatan rata-rata aliran fluida setiap 60 detik dengan 4 *flow water sensor*

Waktu (s)	Kecepatan (m/s)			
	Flow 1	Flow 2	Flow 3	Flow 4
60	0.24	0.23	0.22	0.21
120	0.23	0.22	0.21	0.20
180	0.22	0.21	0.20	0.19

Adapun grafik dari hasil pengukuran sebagai berikut :



Gambar 4.9. Kecepatan rata-rata aliran fluida dengan 4 *flow water sensor*



Dari hasil pengujian dengan 4 buah *flow water sensor* menghasilkan rata-rata aliran yang tertinggi pada detik 60 sebesar 0.24 m/s, seiring berjalannya waktu kecepatan rata-rata aliran tersebut semakin menurun di karenakan putaran sumber aliran yang berkurang.

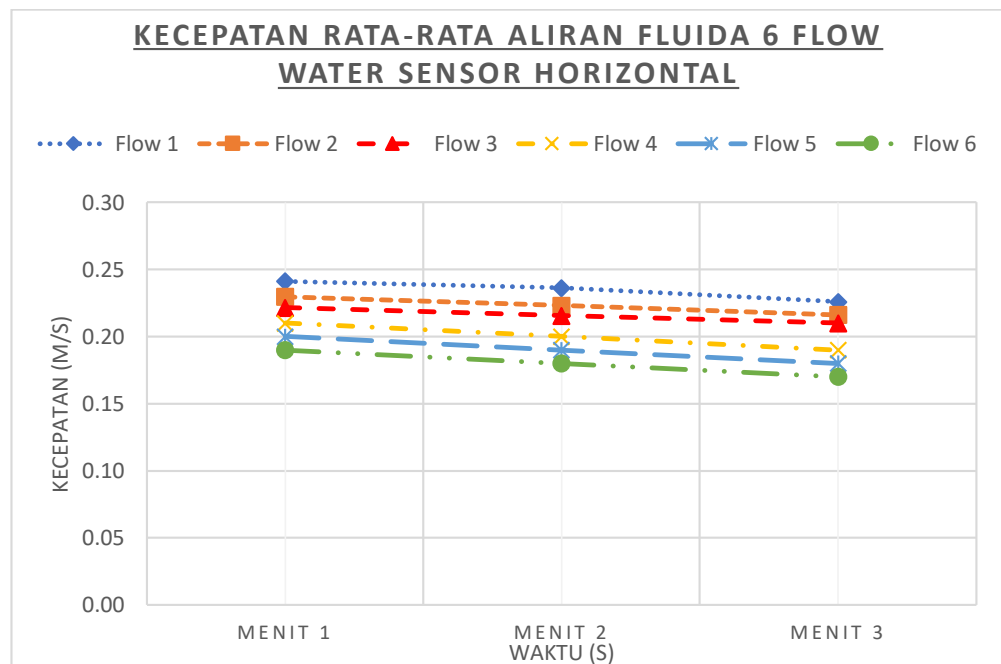
#### IV. 4.2 Kasus 2

- Dengan posisi 6 *Flow water sensor horizontal*

Tabel 4.6 Kecepatan rata-rata aliran fluida setiap 60 detik dengan 6 *flow water sensor horizontal*

Waktu (s)	Kecepatan (m/s)					
	Flow 1	Flow 2	Flow 3	Flow 4	Flow 5	Flow 6
60	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19
120	0.24	0.22	0.22	0.20	0.19	0.18
180	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17

Adapun grafik dari hasil pengukuran sebagai berikut :



Gambar 4.10. Kecepatan rata-rata aliran fluida dengan 6 *flow water sensor horizontal*

Dari hasil pengujian dengan 6 buah *flow water sensor* yang di pasang secara horizontal menghasilkan rata-rata aliran yang tertinggi pada detik 60 terletak pada *flow water sensor* 1 yaitu 0.24 m/s, sedangkan aliran terendah terletak pada detik ke 180 pada *flow water sensor* 6 yaitu 0.17 m/s. Terjadinya penurunan dikarenakan sumber aliran yang berkurang.

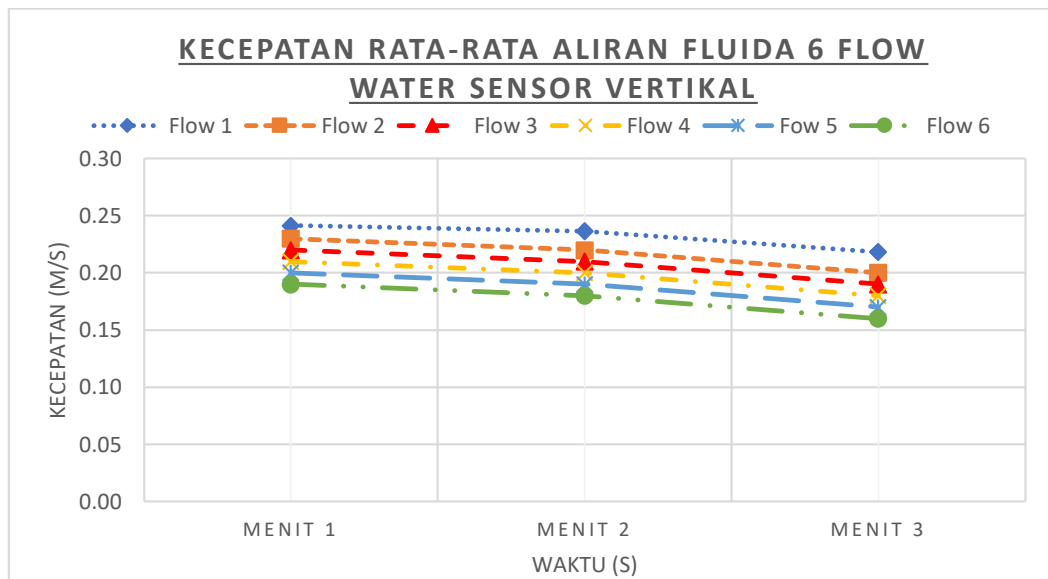
#### IV. 4.3 Kasus 3

- Dengan posisi 6 *Flow water sensor vertikal*

Tabel 4.7 Kecepatan rata-rata aliran fluida setiap 60 detik dengan 6 *flow water sensor vertikal*

Waktu (s)	Kecepatan (m/s)					
	Flow 1	Flow 2	Flow 3	Flow 4	Flow 5	Flow 6
60	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19
120	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18
180	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16

Adapun grafik dari hasil pengukuran sebagai berikut :



Gambar 4.11. Kecepatan rata-rata aliran fluida dengan 6 *flow water sensor vertikal*

Dari hasil pengujian dengan 6 buah *flow water sensor* yang di pasang secara *vertikal* menghasilkan rata-rata aliran pada yang tertinggi pada detik 60 sedangkan aliran terendah terletak pada detik ke 180.

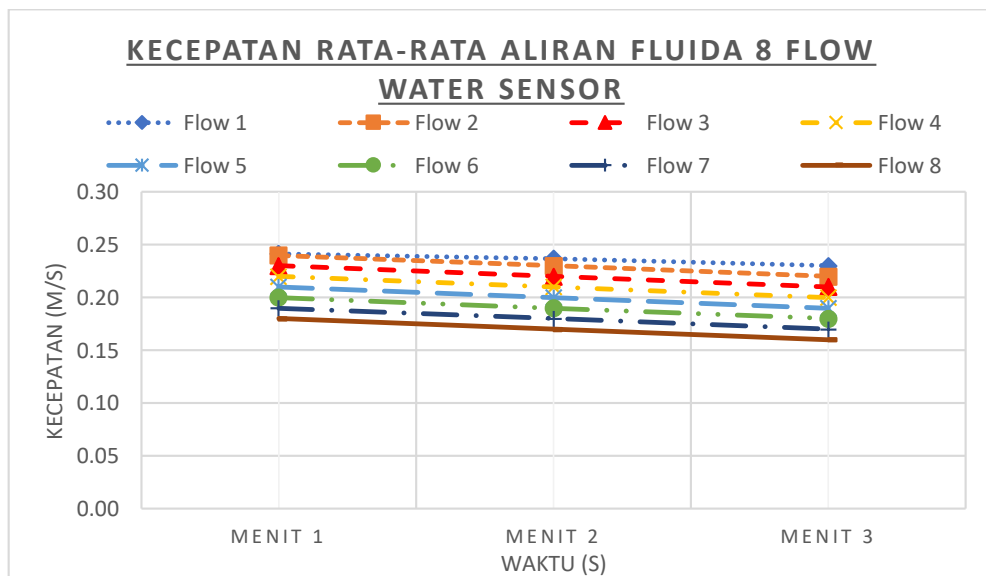
#### IV. 4.4 Kasus 4

- Dengan posisi 8 *Flow water sensor*

Tabel 4.8 Kecepatan rata-rata aliran fluida setiap 60 detik dengan 8 *flow water sensor*

Waktu (s)	Kecepatan (m/s)							
	Flow 1	Flow 2	Flow 3	Flow 4	Flow 5	Flow 6	Flow 7	Flow 8
60	0.24	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18
120	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17
180	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16

Adapun grafik dari hasil pengukuran sebagai berikut :



Gambar 4.12. Kecepatan rata-rata aliran fluida dengan 8 *flow water sensor*

Dari hasil pengujian dengan 8 buah *flow water sensor* menghasilkan rata-rata aliran yang tertinggi pada detik 60 yaitu 0.24 m/s, sedangkan aliran terendah terletak pada detik ke 180 yaitu 0.16 m/s. Terjadinya penurunan dikarenakan sumber aliran yang berkurang.

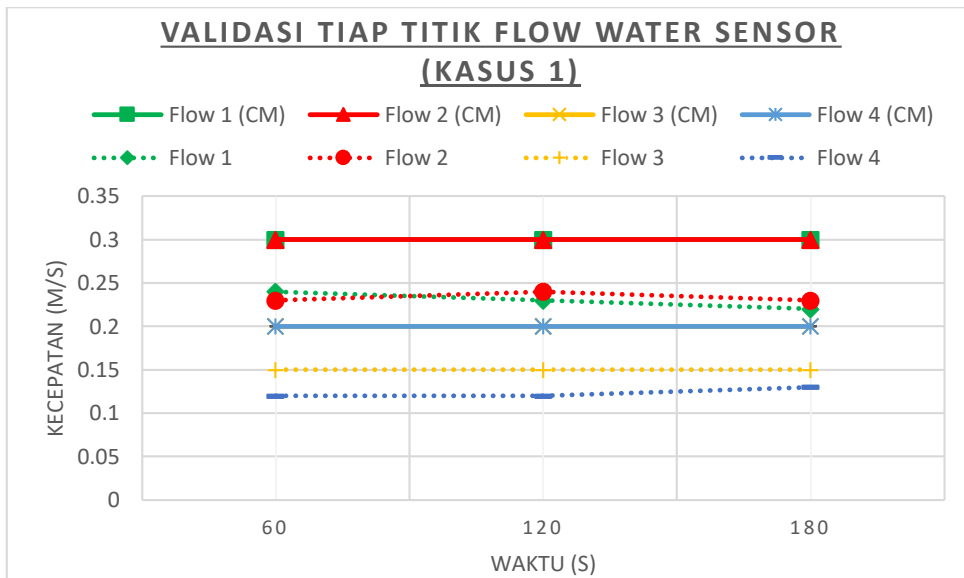
Dari data pengukuran kecepatan rata-rata diatas menunjukkan bahwa setiap pengambilan data menghasilkan kecepatan pada detik 60 memiliki nilai kecepatan tertinggi disebabkan karena pada detik tersebut nilai kecepatan arus yang dihasilkan oleh sumber aliran (*flow maker*) mengalami kecepatan aliran yang stabil, sedangkan pada detik 180 memiliki nilai kecepatan terendah disebabkan karena pada detik tersebut nilai kecepatan arus mengalami penurunan yang disebabkan pada proses pengambilan data sumber aliran dari flow maker berkurang. Perbedaan nilai kecepatan pada setiap flow meter di setiap kasus disebabkan karena adanya perbedaan bentuk posisi pada penempatan flow meter disetiap kasus yang membuktikan bahwa aliran pada permukaan tangki memiliki kerapatan partikel yang rendah, sedangkan pada aliran bagian bawah tangki memiliki kerapatan partikel yang besar. Sehingga menyebabkan aliran pada permukaan tangki lebih leluasa bergerak dan memiliki kecepatan yang tinggi dibandingkan dengan aliran pada bagian bawah tangki yang memiliki kerapatan partikel yang besar. Kondisi ini menyebabkan flow meter pada posisi bagian atas cenderung menghasilkan nilai kecepatan yang besar dibandingkan dengan flow meter yang berada pada posisi bagian bawah yang cenderung menghasilkan nilai kecepatan yang kecil.

#### IV. 4.5 Validasi Tiap Letak Flow Water Sensor

Tabel 4.9 Validasi tiap titik pada kasus 1

Waktu (s)	Kecepatan (m/s)			
	Flow 1	Flow 2	Flow 3	Flow 4
<b>60</b>	0.3	0.3	0.2	0.2
<b>120</b>	0.3	0.3	0.2	0.2
<b>180</b>	0.3	0.3	0.2	0.2

Adapun grafik dari hasil pengukuran validasi sebagai berikut :



Gambar 4.13 Validasi tiap titik pada kasus 1

Dari hasil pengujian validasi pada setiap titik letak *flow water sensor* dapat dilihat jika *flow meter* 1 dan 2 menghasilkan hasil validasi yang sama yaitu 0.3 m/s, sedangkan pada *flow meter* 3 dan 4 memiliki hasil validasi yang sama pula yaitu 0.2 m/s. Adanya perbedaan hasil validasi pada masing-masing sensor dikarenakan letak dari sensor 1 dan 2 berada pada daerah permukaan yang alirannya cenderung bergerak bebas sehingga memiliki kecepatan yang tinggi, sedangkan sensor 3 dan 4 terletak pada daerah bawah atau pedalaman yang dimana alirannya cenderung memiliki kerapatan yang besar dari pada arus permukaan.

#### IV.5 Analisa Pola Aliran Berdasarkan Setiap Kasus

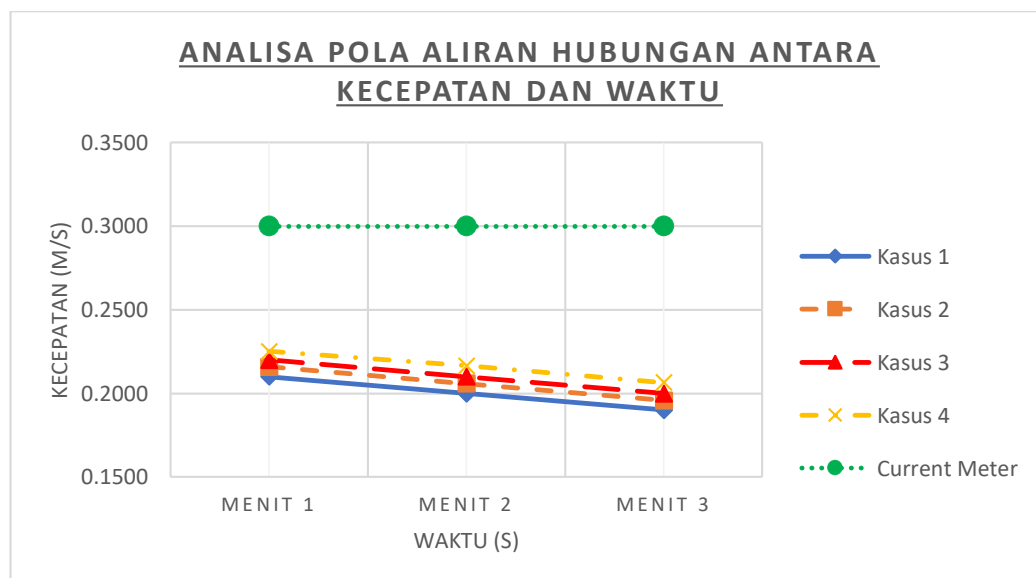
Pola aliran yang dihasilkan pada penelitian ini adalah pola aliran yang laminar, dimana pada aliran ini memiliki bilangan Reynold Number dibawah dari

500 yaitu 120. Aliran laminar terbentuk sebelum dan sesudah melewati *flow water sensor*.

Tabel 4.10 Analisa pola aliran hubungan antara kecepatan dan waktu setiap 60 detik

Waktu (s)	Kecepatan (m/s)				
	Kasus 1	Kasus 2	Kasus 3	Kasus 4	Current Meter
60	0.2100	0.2159	0.2200	0.2251	0.3
120	0.2000	0.2059	0.2100	0.2166	0.3
180	0.1900	0.1959	0.2000	0.2065	0.3

Adapun grafik dari hasil pengukuran sebagai berikut :



Gambar 4.14. Analisa pola aliran hubungan antara kecepatan dan waktu pada masing-masing kasus

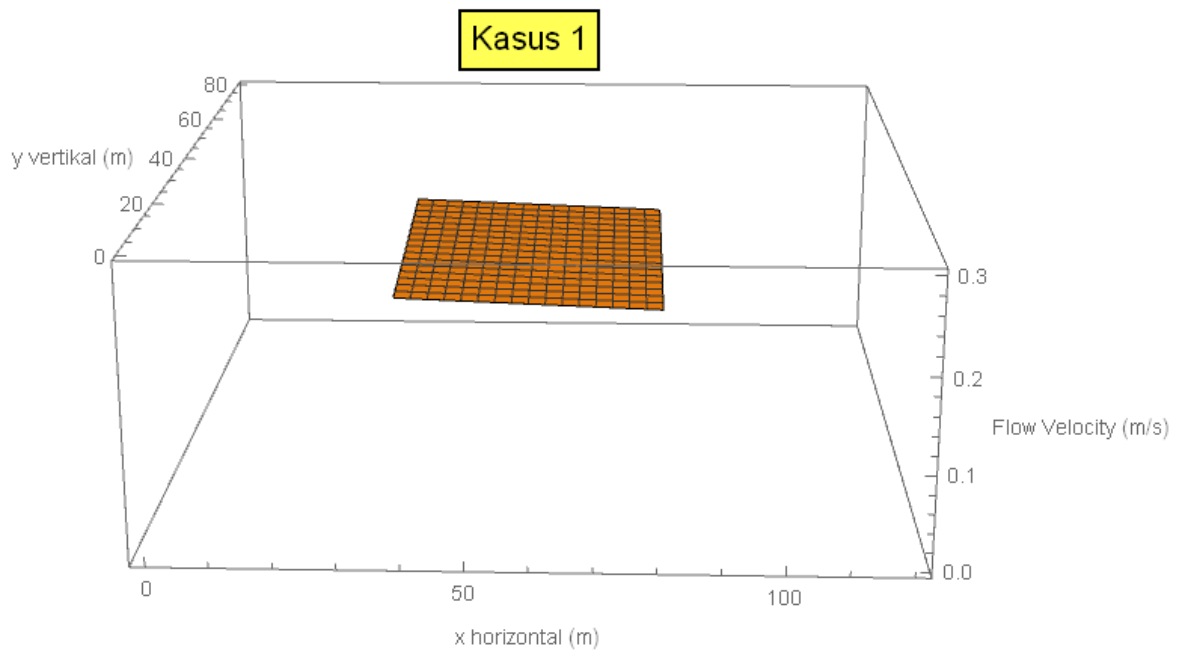
Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa pola aliran yang tertinggi terdapat pada kasus ke 4 sedangkan pola aliran yang terendah terletak pada kasus ke 1. Dimana pada pola aliran kasus 2 dan kasus 3 memiliki pola aliran yang tidak berbeda jauh. Perbedaan pola aliran tersebut di karenakan kecepatan fluida yang tidak konstan pada tiap-tiap kasusnya. Adapun pola aliran yang di hasilkan pada saat sebelum dan sesudah melewati *flow water sensor* yaitu memiliki pola aliran

yang laminar, dikarenakan aliran yang masuk pada penampang/diameter sensor sudah berkembang penuh melewati seluruh sisi diameter sensor.

Adapun analisa pola aliran pada setiap kasus dengan menggunakan *Software Wolfram Mathematica* sebagai berikut :

**a. Kasus 1**

- Dengan model 4 *flow water sensor*



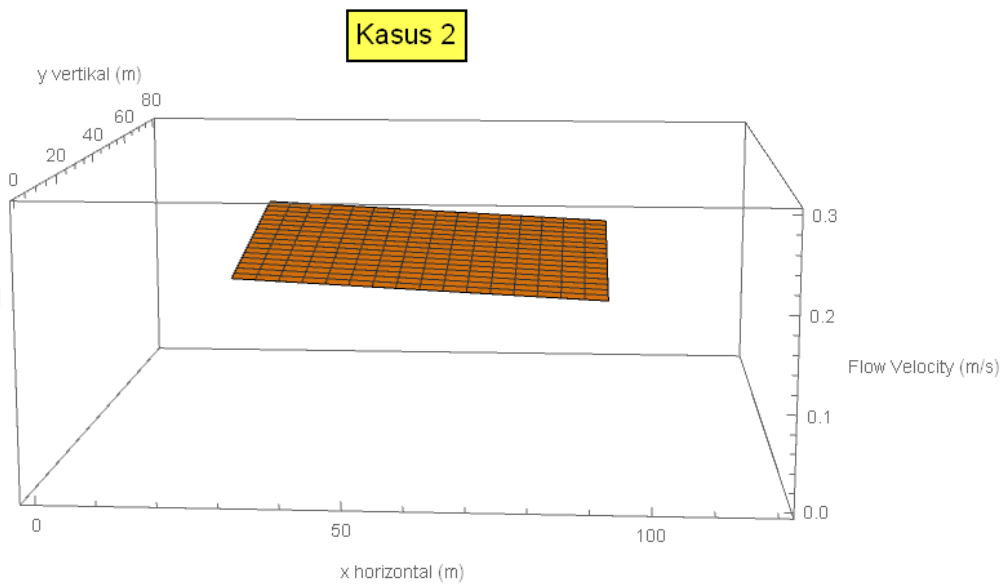
Gambar 4.15 Analisa Pola Aliran Kasus 1

Dari analisa pola aliran pada gambar 4.15 dapat dilihat bahwa bentuk pola aliran yang terjadi pada tangki *circulating water channel* memiliki pola aliran yang tidak sama pada masing-masing sisinya, dimana pada sisi kiri terlihat lebih tinggi dibandingkan sisi kanan. Tabel pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.5.

**b. Kasus 2**

- Dengan model 6 *flow water sensor horizontal*

Dari analisa pola aliran pada gambar 4.16 dapat dilihat bahwa bentuk pola aliran yang terjadi pada tangki *circulating water channel* memiliki pola aliran yang tidak sama pada masing-masing sisinya, dimana pada sisi kiri memiliki aliran yang lebih tinggi dengan kecepatan 0.24 m/s. Tabel pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.6.

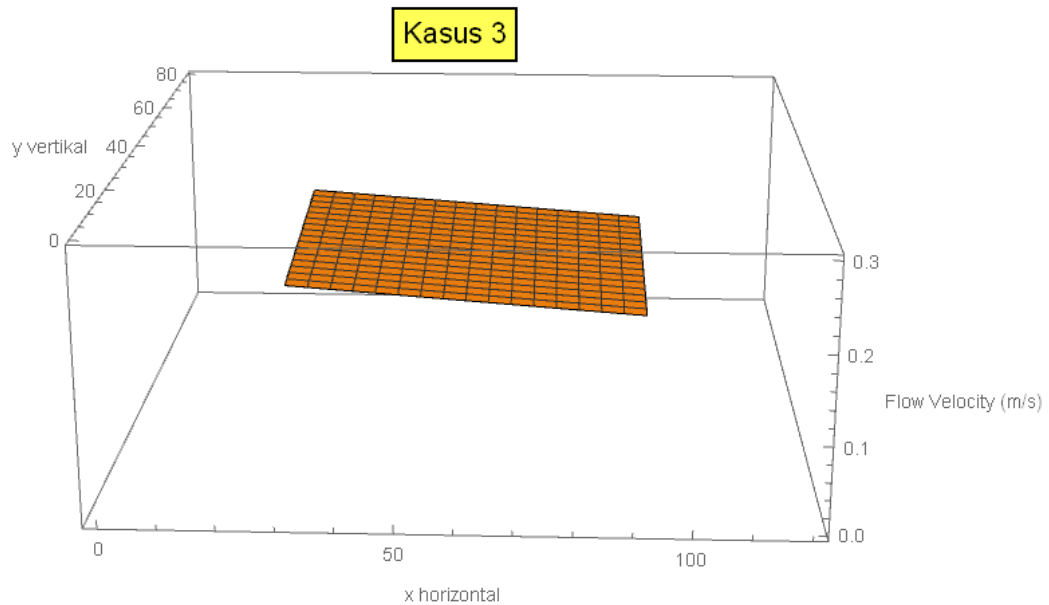


Gambar 4.16 Analisa Pola Aliran Kasus 2



**c. Kasus 3**

- Dengan model 6 *flow water sensor vertikal*

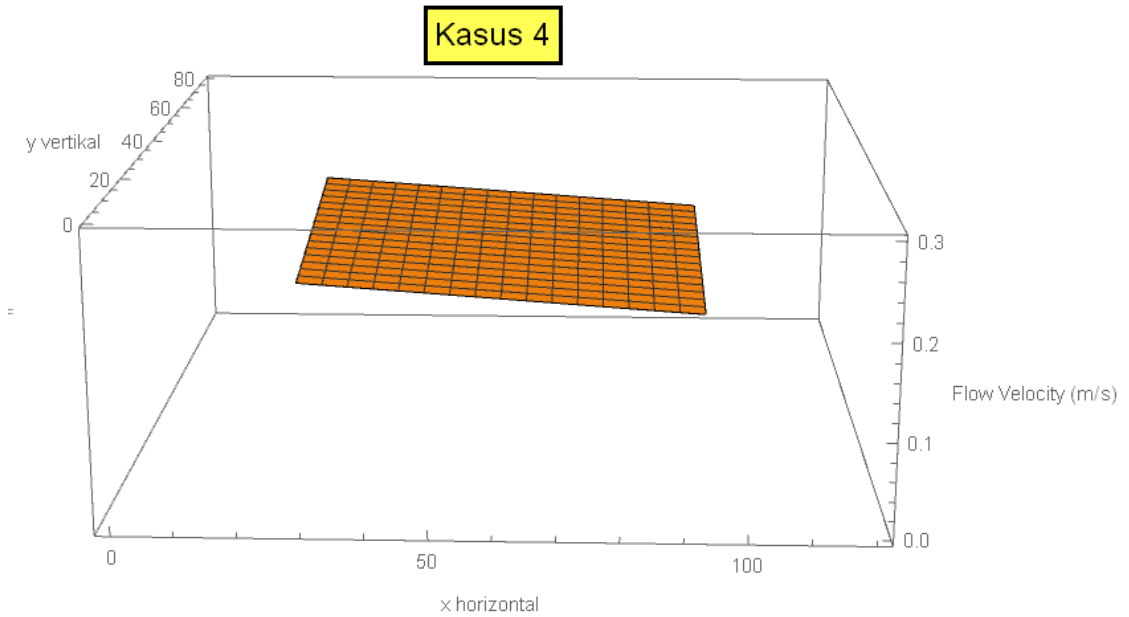


**Gambar 4.17 Analisa Pola Aliran Kasus 3**

Dari analisa pola aliran pada gambar 4.17 dapat dilihat bahwa bentuk pola aliran yang terjadi pada tangki *circulating water channel* memiliki pola aliran yang tidak sama pada masing-masing sisinya, dimana pada sisi kanan memiliki aliran yang lebih rendah dengan kecepatan 0.18 m/s. Tabel pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.7.

**d. Kasus 4**

- Dengan model 8 flow water sensor



Gambar 4.18 Analisa Pola Aliran Kasus 4

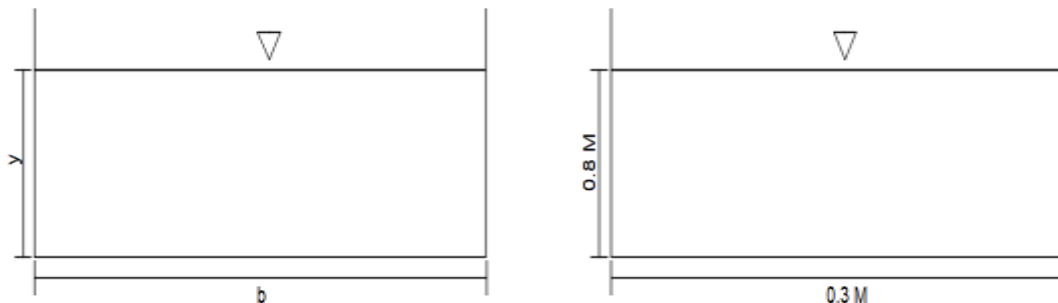
Dari analisa pola aliran pada gambar 4.18 dapat dilihat bahwa bentuk pola aliran yang terjadi pada tangki *circulating water channel* memiliki pola aliran yang tidak sama pada masing-masing sisinya, dimana pada sisi kiri lebih tinggi dengan kecepatan 0.24 m/s dibandingkan dengan sisi kanan dengan kecepatan 0.17 m/s. Adanya perbedaan tersebut dikarenakan pada saat fluida dalam tangki berputar maka fluida terlebih dahulu mengenai sisi kiri tangki dengan kecepatan yang tinggi dibandingkan pada sisi kanan. Tabel pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.8.

#### IV.5.1 Penentuan Bilangan Reynold Number (Re)

- Contoh perhitungan mencari Reynold Number :

Kasus 1 dengan Suhu Air 30 Derajat Celcius

- Untuk mendapatkan nilai dari R dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.19. Hydraulic Radius (R)

Dengan menggunakan persamaan 2.3 sebagai berikut :

$$Re = \frac{\rho.R.V}{\mu}, R = \frac{b.y}{b+2y} = 0.126 \text{ m}$$

$$Re = \frac{995.68 \text{ kg/m}^3 \times 0.126 \text{ m} \times 0.2000 \text{ m/s}}{0.00795 \text{ m}^2/\text{detik}}$$
$$= 315$$

Pada contoh perhitungan mencari bilangan Reynold Number dengan perhitungan yang sama pada masing-masing kasus seperti diatas maka dapat disimpulkan bahwa aliran yang dihasilkan pada penelitian ini adalah aliran laminar pada masing-masing kasusnya. Dimana urutan bilangan Reynold Number Open Channel sebgai berikut:

- a. Pada  $Re < 500$ , aliran bersifat laminar.
- b. Pada  $Re = 500 - 1000$  terdapat daerah transisi.
- c. Pada  $Re > 1000$ , aliran bersifat turbulen.

Kasus	Kecepatan Rata-Rata (m/s)	Re	Jenis Aliran
1	0.2000	315	Laminer
2	0.2059	324	Laminer
3	0.2100	331	Laminer
4	0.2161	341	Laminer

Tabel 4.11. Bilangan Reynold Number Pada Masing-Masing Kasus

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa bilangan Reynold Number yang terbesar terletak pada kasus 4, sedangkan Reynold Number yang terkecil terletak pada kasus 1. Perbedaan bilangan Reynold Number pada masing-masing kasus disebabkan karena nilai kecepatan rata-rata (m/s) berbanding lurus dengan besarnya nilai Reynold Number yang dihasilkan sesuai dengan persamaan rumus 2.3. Perbedaan nilai kecepatan rata-rata yang dihasilkan disebabkan karena jumlah flow meter pada setiap kasus yang berbeda. Hasil perhitungan bilangan Re ini menunjukkan bahwa pola aliran yang terjadi pada saat pengujian adalah laminer.

#### IV.5.2 Penentuan Karakteristik Aliran (Fr)

- Contoh perhitungan mencari Froude Number :

Kasus 1 dengan menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}}$$

$$Fr = \frac{0.2000 \text{ m/s}}{\sqrt{9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.8 \text{ m}}}$$

$$= 0.079$$

Pada contoh perhitungan mencari bilangan Froude Number dengan perhitungan yang sama pada masing-masing kasus seperti diatas maka dapat

disimpulkan bahwa aliran yang dihasilkan pada penelitian ini adalah aliran yang lambat atau tenang (subcritical) pada masing-masing kasusnya. Dimana urutan bilangan Froude Number Open Channel sebagai berikut:

- Pada  $Fr < 1$ , aliran lambat / tenang (subcritical).
- Pada  $Fr = 1$ , aliran kritis (critical).
- Pada  $Fr > 1$ , aliran cepat (supercritical).

Kasus	Kecepatan Rata-Rata (m/s)	Fr	Kategori Aliran
1	0.2000	0.079	Subcritical
2	0.2059	0.082	Subcritical
3	0.2100	0.083	Subcritical
4	0.2161	0.086	Subcritical

Tabel 4.12. Bilangan Froude Number Pada Masing-Masing Kasus

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa bilangan Froude Number yang terbesar terletak pada kasus 4, sedangkan bilangan Froude Number yang terkecil terletak pada kasus 1. Perbedaan bilangan Froude Number pada masing-masing kasus disebabkan karena nilai Froude Number berbanding lurus terhadap nilai kecepatan rata-rata aliran yang sesuai dengan menggunakan persamaan rumus 2.4. Hasil perhitungan Froude Number ini menunjukkan bahwa bentuk aliran yang terjadi pada saat pengujian adalah aliran subcritical (aliran lambat/tenang).

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **V.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini, desain dari sistem pengukuran aliran fluida pada *circulating water channel* menggunakan aplikasi *visual basic* sebagai *interface monitoring* yang dimana akan dihubungkan dengan alat *Arduino mega* sebagai *microcontroller* atau pembaca jumlah aliran yang dihasilkan dari *flow water sensor* yang kemudian akan disimpan ke data excel. Dimana pada *Arduino mega* telah memiliki komponen seperti *raspberry pi*, *micro sd adapter* dan *flow water sensor*.
2. Pengujian dari sistem pengukuran kecepatan yang dilakukan pada penelitian ini dihasilkan dengan variasi penempatan sensor dengan jumlah 8 *flow water sensor* memiliki hasil pengukuran yaitu mencapai 0.25 m/s. Dimana dengan jumlah 8 *flow water sensor* ini menghasilkan pengukuran kecepatan yang lebih tinggi.
3. Perancangan program monitoring pengukuran kecepatan dengan menggunakan aplikasi *visual basic*, dimana pada program monitoring tersebut akan menampilkan jumlah hasil pengukuran yang diperoleh pada masing-masing *flow water sensor* dalam satuan kecepatan yaitu m/s. Dimana data pengukuran tersebut akan tersimpan dalam bentuk excel.
4. Pola aliran yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu pola aliran yang laminer, dimana pada perhitungan penentuan pola aliran menghasilkan

bilangan Reynold Number yaitu 315 yang dimana ketentuan aliran laminar untuk open channel bernilai kurang dari 500. Sedangkan karakteristik aliran yang terjadi pada penelitian ini yaitu aliran subcritical (aliran lambat/tenang) dimana pada perhitungan penentuan karakteristik aliran menghasilkan bilangan Froude Number yaitu 0.079 yang dimana ketentuan untuk karakteristik aliran subcritical yaitu bernilai kurang dari 1.

## **V.2 Saran**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka peneliti merekomendasikan atau menyarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dalam pengambilan data pada penelitian ini sebaiknya menggunakan sensor yang lebih sensitif lagi agar mampu membaca berapa kecepatan aliran yang dihasilkan lebih akurat.
2. Dalam penelitian ini, sebaiknya menggunakan sumber aliran yang berkekuatan tinggi agar mampu menciptakan kecepatan aliran yang besar.
3. Pendesainan bentuk dan posisi alat pengukuran sebaiknya menggunakan software untuk mengetahui posisi yang paling optimal yang dapat menghasilkan kecepatan aliran yang akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- C. Rorres. (2000). *The Turn of the Screw: Optimal Design of An Archimedes Screw*. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 126.
- Chow, Ven Te. (1989). *Hidrolika Saluran Terbuka*. Edisi Kedua. Terjemahan Ir. E. V. Nensi Rosalina, M.Eng. Erlangga Jakarta.
- Frima Setyawan & Ahmadan Ainul Fikri. (2017). *Telemetri Flowmeter Menggunakan RF Modul 433mhz Berbasis Arduino*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya
- Harinaldi. Budiarmo, 2015. *Sistem Fluida*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Hendry. 2013. *Belajar Pemrograman*. From. (<http://belajar-dasar-pemrograman.blogspot.com/2013/03/arduino-uno.html>), Oktober 2018
- M. Furqon Aziz. (2006). *Gerak Air Dilaut*. Jurnal Oseana, Volume XXXI, Nomor 4, Tahun 2006:9-21.
- O. Paish. (2009). *Small Scale Hydro Feasibility Study*. Derwent Hydro, Derbyshire, UK.
- P. L. Fraenkel. (1986). *Water Lifting. Rome*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ritz-Atro Pumpwerksbau GmbH. (2010) *Hydrodynamic Screw*. Max-Brod, Nuremberg, Germany.
- Triatmodjo. Bambang, 2014. *Hidrolika*. Yogyakarta : Beta Offset
- Wiratama Mitra Abadi. (2017). *Fungsi Flowmeter Dan Jenis Flowmeter*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.



L

A

M

P

I

R

A

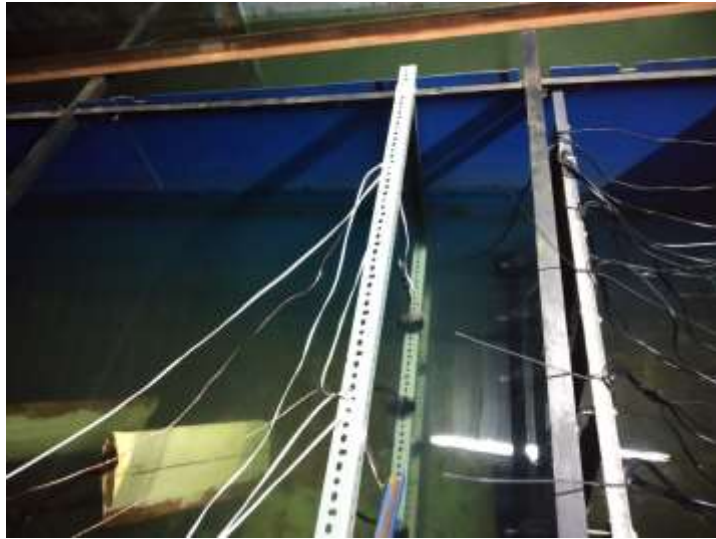
N



Lampiran 1. Proses pembuatan rangka pengukuran kecepatan



Lampiran 2. Pembuatan sensor pengukur kecepatan



Lampiran 3. Posisi peletakan alat pengujian



Lampiran 4. Proses pengambilan data



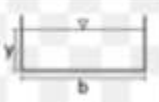
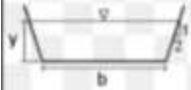



Lampiran 5. Proses Validasi



Lampiran 6. Pengukuran suhu air

Temp °C	Kerapatan $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Viscositas dinamis $\mu$ (m <sup>2</sup> /det)	Viscositas kinematis $\nu$ (m <sup>2</sup> /det)	Tegangan permukaan $\tau$ (N/m)	Tinggi tekanan uap $p_u/\gamma$ (m)	Modulus elastisitas K (N/m <sup>2</sup> )
18	998,62	1,052 x10 <sup>-3</sup>	1,052 x10 <sup>-6</sup>	0,0730		
20	998,23	1,000 x10 <sup>-3</sup>	1,002 x10 <sup>-6</sup>	0,0728	0.25	2,19x10 <sup>9</sup>
25	997,08	0,887 x10 <sup>-3</sup>	0,890 x10 <sup>-6</sup>	0,0720	0.33	
30	995,68	0,795 x10 <sup>-3</sup>	0,798 x10 <sup>-6</sup>	0,0712	0.44	2,25x10 <sup>9</sup>
35	994,06	0,715 x10 <sup>-3</sup>	0,719 x10 <sup>-6</sup>	0,0704	0.58	
40	992,25	0,648 x10 <sup>-3</sup>	0,653 x10 <sup>-6</sup>	0,0696	0.76	2,26x10 <sup>9</sup>
45	990,25	0,590 x10 <sup>-3</sup>	0,596 x10 <sup>-6</sup>	0,0689	0.98	
50	988,07	0,540 x10 <sup>-3</sup>	0,547 x10 <sup>-6</sup>	0,0680	1.26	2,26 x10 <sup>9</sup>
60	983,24	0,459 x10 <sup>-3</sup>	0,467 x10 <sup>-6</sup>	0,0661	2.03	2,25 x10 <sup>9</sup>
70	977,81	0,395 x10 <sup>-3</sup>	0,404 x10 <sup>-6</sup>	0,0643	3.20	2,22 x10 <sup>9</sup>
80	971,83	0,345 x10 <sup>-3</sup>	0,355 x10 <sup>-6</sup>	0,0626	4.86	2,17 x10 <sup>9</sup>
90	965,34	0,304 x10 <sup>-3</sup>	0,315 x10 <sup>-6</sup>	0,0607	7.18	
100	958,38	0,270 x10 <sup>-3</sup>	0,282 x10 <sup>-6</sup>	0,0589	10.33	

Lampiran 7. Tabel Sifat-Sifat Fluida Air

Channel type	Area A	Wetted perimter P	Hydraulic radius R	Top width T	Hydraulic depth D
	$by$	$\frac{by}{b+2y}$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$	$y$
	$b+2y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$	$\frac{(b+zy)y}{b+2zy}$
	$zy^2$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$	$\frac{1}{2}y$
	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8}{3}y^2$	$\frac{2T^2y}{3T^2+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$	$\frac{2}{3}y$
	$\frac{1}{8}(\theta - \sin\theta)$	$\frac{1}{2}\theta d_0$	$\frac{1}{4} \left[ 1 - \frac{\sin\theta}{\theta} \right] d_0$	$2\sqrt{y(d_0-y)}$	$\frac{1}{8} \left( \frac{\theta - \sin\theta}{\sin \frac{\theta}{2}} \right) d_0$

Lampiran 8. Sifat Geometris Dari Salu