

PERANCANGAN KIT PENGUKUR DEBIT AIR DAN LAJU ALIR AIR BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN MEMANFAATKAN SENSOR ULTRASONIK HC-SR04

Muhammad Sulhin, Abd. Kholiq, Dzulkifli

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

Email: muhammadsulhin@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dan membandingkan besarnya debit dan laju aliran air pada masing-masing diameter pipa yang berbeda dengan menggunakan kit berbasis mikrokontroler. Teknik pengumpulan data pada penelitian ini yaitu dengan observasi. Langkah penelitiannya yaitu dengan menekan tombol *start* pada *box* mikrokontroler dan membuka dengan manual penutup pada pipa PVC secara bersamaan. Ketika air mengalir, sensor ultrasonik HC-SR04 akan merekam data berupa ketinggian air tiap satuan waktu, yang kemudian data ketinggian tersebut akan diolah menjadi *volume* sehingga didapatkan besarnya debit air. Besarnya laju aliran air didapatkan dari hasil perhitungan analisis pada persamaan grafik. Pada percobaan pertama, didapatkan debit rata-rata air yang mengalir pada pipa PVC berbentuk venturimeter dengan ukuran diameter 32 mm dan 22 mm yaitu sebesar 0,49 liter/s dengan kelajuan aliran air sebesar 1,3 m/s. Sedangkan pada percobaan kedua, didapatkan debit rata-rata air yang mengalir pada pipa PVC dengan diameter 32 mm yaitu sebesar 1,02 liter/s dengan kelajuan aliran air sebesar 1,3 m/s.

Kata kunci: Sensor Ultrasonik HC-SR04, Debit Air, Laju Alir Air

Abstract

This research aims to determine and compare the magnitude of the discharge and the flow rate of water on each different pipe diameters using microcontroller-based kits. Data collection technique in this research phase is by pressing the start button on microcontroller box and open the cover on the PVC pipes simultaneously. When the water flows, Ultrasonic sensors HC-SR04 will record the data in the form of water height per unit of time, then the data of water height will be processed into volume so that it brings about the magnitude of the discharge water. The magnitude of the flow rate of water calculation results is obtained from the analysis of the equation on the chart. On the first experiment, it was obtained that the average water discharge flowing on venturimeter-shaped PVC pipe with the diameter size of 32 mm and 22 mm is 0.49 liters/s with water flow rate of 1.3 m/s. Whereas, on the second experiment, it was obtained that the average discharge of water flowing on the PVC pipe with diameter size of 32 mm is of 1.02 liters/s with water flow rate of 1.3 m/s.

Keywords: HC-SR04 Ultrasonic Sensor, Water Discharge, Water Flow Rate

PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu cabang ilmu yang mempelajari fenomena alam secara fisis sehingga dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari. Dalam mempelajari ilmu fisika, dapat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu pendekatan analitis dan pendekatan eksperimen. Pendekatan analitis adalah pendekatan yang dilakukan untuk mempelajari materi fisika secara matematis, sedangkan pendekatan eksperimen dilakukan untuk mempertajam pemahaman konsep yang didapatkan melalui pendekatan analitis.

Dalam dunia pendidikan, eksperimen merupakan suatu media untuk menunjang proses pembelajaran. Dengan bereksperimen, siswa atau mahasiswa tidak hanya memahami ilmu fisika secara teori saja tetapi juga mengetahui dan mengamati fenomena fisis yang terjadi serta aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Sehingga

sudah seyogyanya di setiap lembaga pendidikan harus memiliki kit percobaan sebagai sarana untuk menunjang pemahaman siswa atau mahasiswa dalam belajar fisika.

Dalam penelitian ini, akan dirancang suatu kit pengukur debit air dan laju aliran air berbasis mikrokontroler. Pembuatan kit ini bertujuan memfasilitasi siswa atau mahasiswa untuk bereksperimen supaya lebih mudah memahami dan mengetahui konsep fisis yang terjadi pada materi fluida dinamis. Secara aplikatif, kit ini bisa dikembangkan menjadi suatu teknologi berupa *control switch* berbasis mikrokontroler yang sangat bermanfaat bagi masyarakat umum sebagai pengganti pelampung yang biasa digunakan untuk mengendalikan ketinggian air dalam tandon secara otomatis. Hal ini disebabkan karena pelampung memiliki kelemahan yaitu apabila jarak peletakkan antara pelampung bawah dengan pelampung atas terlalu dekat,

Perancangan Kit Pengukur Debit Air dan Laju Alir Air Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04

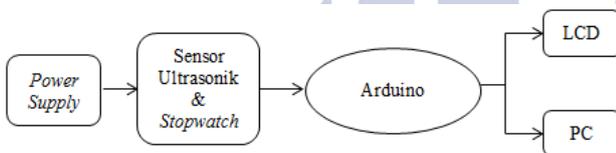
maka dapat merusak pada sistem *control* otomatis karena akan cepat menyala dan mematikan pompa.

Mengacu pada penelitian Al Ayubi (2015) yakni merancang aparatus berupa pipa venturimeter dan *water flow sensor*, dengan menggunakan pipa venturimeter Al Ayubi mendapatkan data manual untuk mengukur debit dan laju air sedangkan dengan *water flow sensor* didapatkan data digital. Pada tugas akhir ini, peneliti membuat sebuah kit percobaan untuk mengukur debit dan laju air berbasis mikrokontroler dengan memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04.

METODE

A. Rancangan Penelitian

Penelitian skripsi ini merupakan penelitian eksperimen dalam skala laboratorium untuk menentukan debit dan laju aliran air dengan kit yang dirancang berbasis mikrokontroler.



Gambar 1. Diagram blok kit pengukur debit dan laju aliran air

1. *Power supply* sebagai sumber tegangan bagi Arduino, sensor ultrasonik HC-SR04 dan LCD agar dapat dioperasikan sesuai dengan fungsinya.
2. Sensor ultrasonik HC-SR04 dan *stopwatch* digunakan sebagai input data pada penelitian. Sensor ultrasonik HC-SR04 berfungsi sebagai pengukur *volume* berdasarkan ketinggian sedangkan *stopwatch* berfungsi sebagai alat untuk menghitung waktu yang dibutuhkan selama proses percobaan berlangsung. Kedua inputan tersebut bekerja dengan kondisi logika yang tersimpan pada program Arduino.
3. Bagian kontrol yang merupakan bagian inti yaitu sebuah sistem Arduino yang berfungsi sebagai mikrokontroler untuk memproses *input* dan hasil *output*.
4. LCD merupakan bagian *output* untuk menampilkan hasil pengukuran *volume* tiap satuan waktu.
5. PC digunakan sebagai *monitoring* dan tempat pengolahan data.

B. Variabel Penelitian

Terdapat tiga variabel dalam penelitian skripsi ini, yaitu variabel manipulasi, kontrol, dan respon. Variabel manipulasi dalam penelitian ini yaitu waktu dan pipa PVC berbentuk venturimeter dengan diameter 32 mm dan 22 mm serta pipa PVC diameter 32 mm. Variabel

kontrolnya yaitu massa jenis fluida dan luas permukaan wadah. fluida yang digunakan yaitu air. Sedangkan variabel responnya yaitu *volume* air yang berubah tiap satuan waktu.

C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini meliputi dua tahap:

1. Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 merupakan *input* utama dari sistem kit persamaan kontinuitas ini, karena data hasil pembacaan jarak yang nantinya akan diolah menjadi *volume* digunakan sebagai data untuk menentukan debit air. Sehingga kesalahan pembacaan pada sensor ultrasonik akan berdampak pada pengambilan keputusan. Oleh karena itu, pengujian sensor ultrasonik sangatlah penting supaya data yang didapatkan bisa akurat.

2. Menentukan Debit Air

Debit adalah jumlah *volume* air yang mengalir setiap satuan waktu melalui suatu penampang. Aliran dikatakan ideal ketika air mengalir tanpa mengalami gesekan. Sehingga aliran air beraturan akibat pengaruh gravitasi bumi dan memiliki kelajuan tetap pada setiap titik (Sari, 2015).

Mekanisme pengambilan data dengan kit ini yaitu dengan menekan tombol *start* pada *box* mikrokontroler dan membuka penutup pada pipa PVC secara bersamaan. Ketika air mengalir, sensor ultrasonik HC-SR04 akan merekam data berupa ketinggian air tiap satuan waktu pada wadah 2 yang kemudian data ketinggian tersebut diolah menjadi *volume*. Data-data yang diperoleh akan disimpan pada *Microsoft Excel* dengan menggunakan *Parallax Data Acquisition Tool (plx-DAQ)*. Sehingga dari data tersebut, dapat ditemukan nilai debit dan laju alir air pada setiap pipa PVC.

Pada kit pengukur debit dan laju aliran air ini dilakukan dua jenis percobaan. Pertama dengan memakai pipa PVC venturimeter yang memiliki diameter masing-masing 32 mm dan 22 mm. Kedua dengan memakai pipa PVC yang diameternya sebesar 32 mm. Dari kedua percobaan tersebut, besarnya debit air dapat dibandingkan. Selain itu, pada masing-masing percobaan dapat dibuat grafik perbandingan antara *volume* dan waktu yang nantinya dapat dimunculkan persamaan garis. Dari persamaan garis tersebut dapat ditentukan besarnya laju aliran air pada masing-masing percobaan.

D. Teknik Pengolahan Data

Pada tahap pertama penelitian ini, didapatkan data berupa perubahan *volume* tiap satuan waktu yang

direkam oleh mikrokontroler yang akan disimpan pada *Ms. Excel*. Dengan menggunakan *Ms. Excel*, data-data tersebut akan diolah menjadi grafik perbandingan antara *volume* dan waktu serta menentukan besarnya debit air yang keluar dari masing-masing pipa tersebut.

Selain itu, besarnya laju aliran pada masing-masing pipa juga dapat ditentukan melalui persamaan garis dari grafik perbandingan yang telah dibuat pada *Ms. Excel*. Berikut merupakan gambaran persamaan garis pada grafik perbandingan:

$$y = m \cdot x \quad (1)$$

Dari persamaan $V = A \cdot t \cdot v$, dapat ditulis persamaan:

$$V = A \cdot v \cdot t \quad (2)$$

Keterangan:

$$V = \text{volume (m}^3\text{)}$$

$$A = \text{luas penampang pipa PVC (m}^2\text{)}$$

$$v = \text{laju aliran air dalam pipa PVC (m/s}^2\text{)}$$

$$t = \text{waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air (s)}$$

Kalau diperhatikan, persamaan (1) dengan (2) memiliki kesamaan. Nilai dari $y = V$, nilai dari $m = A \cdot v$ dan nilai dari $x = t$. Dari persamaan tersebut, dapat ditentukan nilai v yaitu besarnya laju aliran air pada masing-masing pipa PVC dengan cara sebagai berikut:

$$m = A \cdot v \quad (3)$$

$$v = m/A \quad (4)$$

Keterangan:

$$v = \text{laju aliran pada pipa PVC (m/s}^2\text{)}$$

$$m = \text{nilai gradien (tertera pada persamaan grafik)}$$

$$A = \text{luas penampang pipa PVC (m}^2\text{)}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Kit pengukur debit dan kelajuan aliran air berbasis mikrokontroler terdiri atas komponen utama yaitu: *Board Arduino*, LCD dan Sensor Ultrasonik. Selain itu juga, pada kit ini terdapat dua pipa PVC.



Gambar 2. Kit pengukur debit dan laju alir air berbasis mikrokontroler

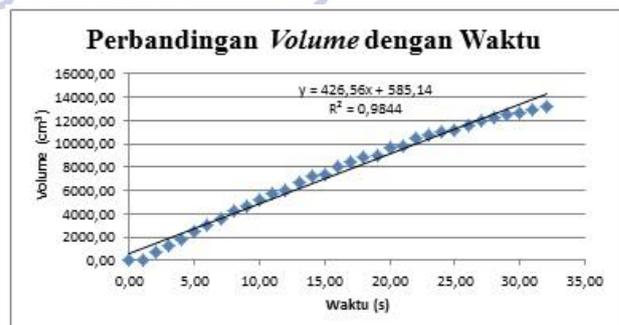
1. Pengukuran Debit Air dan Kelajuan Aliran Air Pada Pipa PVC Berbentuk Venturimeter

Berikut hasil pengukuran debit air pada pipa yang pertama berbentuk venturimeter dengan diameter 32 mm dan 22 mm:

Tabel 1. Data hasil pengukuran debit air pada pipa venturimeter

No.	Waktu (s)	Tinggi (cm)	Volume (cm ³)	Debit (cm ³ /s)
1	0,00	0,11	6,2 × 10	0
2	1,00	0,12	6,7 × 10	6,7 × 10
3	2,00	1,29	7,22 × 10 ²	3,61 × 10 ²
4	3,00	2,17	1,22 × 10 ³	4,07 × 10 ²
5	4,00	3,21	1,80 × 10 ³	4,50 × 10 ²
6	5,00	4,38	2,45 × 10 ³	4,90 × 10 ²
7	6,00	5,48	3,07 × 10 ³	5,12 × 10 ²
8	7,00	6,37	3,57 × 10 ³	5,10 × 10 ²
9	8,00	7,48	4,19 × 10 ³	5,24 × 10 ²
10	9,00	8,37	4,69 × 10 ³	5,21 × 10 ²
11	10,00	9,32	5,22 × 10 ³	5,22 × 10 ²
12	11,00	10,23	5,73 × 10 ³	5,21 × 10 ²
13	12,00	10,72	6,00 × 10 ³	5,00 × 10 ²
14	13,00	11,98	6,71 × 10 ³	5,16 × 10 ²
15	14,00	12,82	7,18 × 10 ³	5,13 × 10 ²
16	15,00	13,23	7,41 × 10 ³	4,94 × 10 ²
17	16,00	14,43	8,08 × 10 ³	5,05 × 10 ²
18	17,00	15,18	8,50 × 10 ³	5,00 × 10 ²
19	18,00	15,82	8,86 × 10 ³	4,92 × 10 ²
20	19,00	16,13	9,03 × 10 ³	4,75 × 10 ²
21	20,00	17,22	9,64 × 10 ³	4,82 × 10 ²
22	21,00	17,48	9,79 × 10 ³	4,66 × 10 ²
23	22,00	18,65	1,04 × 10 ⁴	4,73 × 10 ²
24	23,00	19,18	1,07 × 10 ⁴	4,65 × 10 ²
25	24,00	19,78	1,11 × 10 ⁴	4,62 × 10 ²
26	25,00	19,93	1,12 × 10 ⁴	4,48 × 10 ²
27	26,00	20,53	1,15 × 10 ⁴	4,42 × 10 ²
28	27,00	21,49	1,20 × 10 ⁴	4,44 × 10 ²
29	28,00	21,94	1,23 × 10 ⁴	4,39 × 10 ²
30	29,00	22,28	1,25 × 10 ⁴	4,31 × 10 ²
31	30,00	22,68	1,27 × 10 ⁴	4,23 × 10 ²
32	31,00	23,19	1,30 × 10 ⁴	4,19 × 10 ²
33	32,00	23,48	1,31 × 10 ⁴	4,10 × 10 ²

Dari tabel 1. diatas, pengukuran waktu dan ketinggian air bersifat kontinu sehingga dapat terlihat jelas hubungan antara waktu dengan ketinggian air yang direkam oleh sensor ultrasonik HC-SR04. Data ketinggian tersebut kemudian diolah menjadi *volume*, sehingga ditemukan debit air yang mengalir pada pipa tersebut. Berikut merupakan grafik hubungan antara *volume* dengan waktu

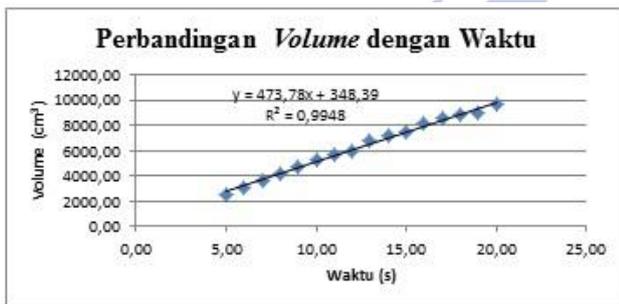


Gambar 3. Grafik perbandingan *volume* dengan waktu pada pipa venturimeter

*Perancangan Kit Pengukur Debit Air dan Laju Alir Air Berbasis Mikrokontroler
Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04*

Dari data di atas, terlihat jelas bahwa pada saat pertama kali air mengalir, data yang terekam kurang stabil. Begitu juga dengan data yang terakhir pada saat air pada wadah akan habis. Pada saat penutup pada pipa dibuka, air mengalir dengan sangat kencang dan sebaliknya ketika air dalam wadah akan habis, air akan mengalir dengan pelan. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan besar kelajuan pada aliran tersebut. Aliran yang memiliki kelajuan konstan, maka akan menghasilkan besar debit air yang konstan pula. Sehingga data yang akan diambil yaitu data tengah yang terekam oleh sensor ultrasonik HC-SR04 pada detik ke-5 sampai detik ke-20.

Berikut grafik data yang terekam pada saat detik ke-5 sampai detik ke-20:



Gambar 4. Grafik perbandingan *volume* dengan waktu pada detik ke-5 sampai detik ke-20

Dari data pada grafik di atas, maka didapatkan debit rata-rata air yang mengalir pada pipa PVC venturimeter dengan ukuran diameter 32 mm dan 22 mm yaitu sebesar 0,49 liter/s. Adapun kelajuan aliran air pipa PVC tersebut berdasarkan persamaan grafik yaitu sebesar 1,3 m/s. Nilai kelajuan aliran air ini didapatkan dari persamaan 4.

2. Pengukuran Debit Air dan Kelajuan Aliran Air Pada Pipa PVC Diameter 32 mm

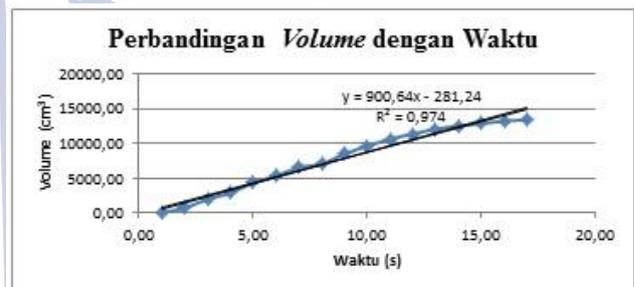
Berikut hasil pengukuran debit air pada pipa PVC yang kedua:

Tabel 2. Data hasil pengukuran debit air pada pipa PVC diameter 32 mm

No.	Waktu (s)	Tinggi (cm)	Volume (cm ³)	Debit (cm ³ /s)
1	0,00	0,04	$0,2 \times 10^2$	0
2	1,00	1,27	$7,11 \times 10^2$	$7,11 \times 10^2$
3	2,00	3,55	$1,99 \times 10^3$	$9,95 \times 10^2$
4	3,00	5,15	$2,88 \times 10^3$	$9,60 \times 10^2$
5	4,00	7,79	$4,36 \times 10^3$	$1,09 \times 10^3$
6	5,00	9,51	$5,32 \times 10^3$	$1,06 \times 10^3$
7	6,00	11,67	$6,54 \times 10^3$	$1,09 \times 10^3$
8	7,00	12,56	$7,03 \times 10^3$	$1,00 \times 10^3$
9	8,00	15,17	$8,50 \times 10^3$	$1,06 \times 10^3$
10	9,00	17,23	$9,65 \times 10^3$	$1,07 \times 10^3$
11	10,00	18,98	$1,06 \times 10^4$	$1,06 \times 10^3$

No.	Waktu (s)	Tinggi (cm)	Volume (cm ³)	Debit (cm ³ /s)
12	11,00	20,26	$1,13 \times 10^4$	$1,03 \times 10^3$
13	12,00	21,53	$1,21 \times 10^4$	$1,00 \times 10^3$
14	13,00	22,39	$1,25 \times 10^4$	$9,62 \times 10^2$
15	14,00	22,93	$1,28 \times 10^4$	$9,14 \times 10^2$
16	15,00	23,59	$1,32 \times 10^4$	$8,80 \times 10^2$
17	16,00	23,91	$1,34 \times 10^4$	$8,38 \times 10^2$

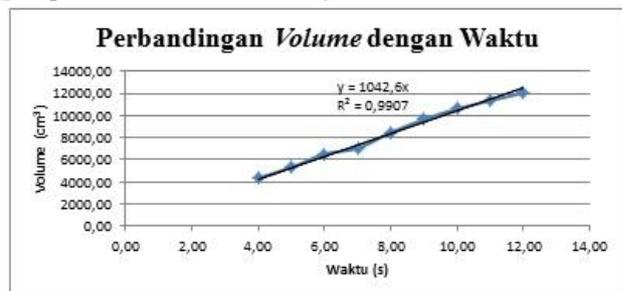
Dari tabel 2. diatas, hasil pengukuran waktu dan ketinggian air bersifat kontinu sama seperti percobaan yang pertama pada pipa PVC yang berbentuk venturimeter. Data ketinggian tersebut kemudian diolah menjadi *volume*, sehingga ditemukan debit air yang mengalir pada pipa tersebut. Berikut merupakan grafik hubungan antara *volume* dengan waktu:



Gambar 5. Grafik perbandingan *volume* dengan waktu pada pipa PVC diameter 32 mm

Dari data di atas, terlihat jelas bahwa pada saat pertama kali air mengalir, data yang terekam kurang stabil. Begitu juga dengan data yang terakhir pada saat air pada wadah akan habis. Pada saat penutup pada pipa dibuka, air mengalir dengan sangat kencang dan sebaliknya ketika air dalam wadah akan habis, air mengalir dengan pelan. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan besar kelajuan pada aliran tersebut. Aliran yang memiliki kelajuan konstan, maka akan menghasilkan besar debit air yang konstan pula. Sehingga data yang diambil yaitu data tengah yang terekam oleh sensor ultrasonik HC-SR04 pada detik ke-4 sampai detik ke-12.

Berikut grafik data yang terekam pada saat detik ke-4 sampai detik ke-12:



Gambar 6. Grafik perbandingan *volume* dengan waktu pada detik ke-4 sampai detik ke-12

Perancangan Kit Pengukur Debit Air dan Laju Alir Air Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04

Dari data pada grafik di atas, maka didapatkan debit rata-rata air yang mengalir pada pipa PVC ukuran diameter 32 mm yaitu sebesar 1,02 liter/s dengan kelajuan aliran air yang diperoleh dari persamaan grafik sebesar 1,3 m/s.

B. Pembahasan

Pada penelitian ini, telah dilakukan dua macam percobaan. Dari kedua percobaan tersebut, data yang diambil adalah data tengah yang merupakan data konstan. Data awal dan akhir yang didapatkan kurang stabil dikarenakan adanya perbedaan besar kelajuan pada air tersebut dalam wadah. Pada saat penutup pada pipa dibuka, air mengalir dengan sangat kencang dan sebaliknya ketika air dalam wadah akan habis, air akan mengalir dengan pelan.

Pada percobaan pertama dengan menggunakan pipa PVC berbentuk venturimeter diameter 32 mm dan 22 mm didapatkan besarnya debit air rata-rata sebesar 0,49 liter/s dengan kelajuan aliran air 1,3 m/s. Pada percobaan kedua dengan menggunakan pipa PVC diameter 32 mm didapatkan besarnya debit air rata-rata yaitu 1,02 liter/s dengan kelajuan aliran air sebesar 1,30 m/s. Dari kedua percobaan tersebut, didapatkan nilai debit air yang berbeda. Nilai debit pada pipa PVC diameter 32 mm lebih besar daripada nilai debit pada pipa PVC diameter 32 mm dan 22 mm. Besarnya luas penampang pipa pada ujung tempat keluarnya air itu sangat berpengaruh terhadap besarnya nilai debit air, karena secara teori debit air berbanding lurus dengan luas penampang. Selain itu, adanya hambatan berupa lekukan dalam pipa juga mempengaruhi besarnya nilai debit air, karena terjadi benturan antara aliran air dengan lekukan pipa tersebut.

Pada penelitian ini, besarnya nilai kelajuan pada pipa PVC berbentuk venturimeter diameter 32 mm dan 22 mm yaitu 1,3 m/s dan besarnya nilai kelajuan pada pipa PVC diameter 32 mm yaitu 1,3 m/s. Kedua nilai kelajuan tersebut didapatkan dari analisis persamaan grafik sebagaimana dalam persamaan 3.4. Hasil kelajuan aliran air pada penelitian ini didapat nilai yang sama besar. Hal ini disebabkan karena tangki yang digunakan memiliki volume yang cukup besar dan ketinggian awal air pada tangki juga memiliki ketinggian yang sama. Selain itu berdasarkan teori Persamaan Bernoulli, peristiwa tersebut juga dipengaruhi oleh gravitasi bumi. Sehingga nilai kelajuan pada kedua percobaan didapatkan nilai yang hampir sama besar walaupun pipa alir yang digunakan memiliki diameter yang berbeda.

PENUTUP

A. Simpulan

Pada penelitian ini, bertujuan untuk menentukan dan membandingkan nilai debit dan laju alir air pada pipa

PVC dengan kit berbasis mikrokontroler menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Pada percobaan pertama menggunakan pipa PVC venturimeter, diameter 32 mm dan 22 mm didapatkan besarnya debit air rata-rata yaitu 0,49 liter/s dan kelajuannya sebesar 1,3 m/s. Pada percobaan kedua, menggunakan pipa PVC diameter 32 mm didapatkan besarnya debit air rata-rata yaitu 1,02 liter/s dengan kelajuan aliran sebesar 1,3 m/s.

Pipa PVC diameter 32 mm memiliki nilai debit lebih besar dari pada pipa PVC diameter 32 mm dan 22 mm. Hal ini disebabkan karena debit berbanding lurus dengan besarnya luas penampang pipa. Semakin besar luas penampang pipa, maka debit yang keluar semakin besar. Faktor yang menyebabkan kedua percobaan memiliki nilai kelajuan yang hampir sama besar walaupun dengan diameter berbeda adalah gravitasi bumi, volume tangki dan ketinggian mula-mula air dalam tangki.

B. Saran

Berdasarkan dari data hasil penelitian kit pengukur debit dan laju alir air dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, peneliti menyarankan kepada peneliti selanjutnya untuk memperbaiki desain mekanik dengan menggunakan tangki air yang memiliki luas penampang wadah dan *volume* yang sangat besar sehingga sangat sesuai dengan konsep persamaan Bernoulli. Selain itu, sensor jarak yang digunakan memiliki *blank area* sebesar 1-3 cm dan mendapatkan hasil pengukuran yang kurang stabil ketika terjadi sedikit gelombang pada permukaan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Ayubi, M. S., Dzulkifli, dan Rahmawati, Endah. 2015. "Perancangan Dan Penerapan Aparatus Pengukuran Debit Air Dengan Menggunakan Venturimeter Dan Water Flow Sensor". *Jurnal Mahasiswa Teknologi Pendidikan*, Vol. 4(2): hal 21-26.
- Arief, U. M.. 2011. "Penguji sensor ultrasonik ping untuk pengukuran level ketinggian dan volume air". *Jurnal Ilmiah "Elektrikal Enjiniring" UNHAS*. Vol. 9(2): hal 72-77.
- Atmel, T., Performance, H., Power, L., Avr, A. and Family, M. 2016. *8-bit Microcontrollers ATmega328/P DATASHEET COMPLETE*, (Online), http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf, diakses 20 Februari 2017).

*Perancangan Kit Pengukur Debit Air dan Laju Alir Air Berbasis Mikrokontroler
Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04*

- Firdaus, M. Z. 2015. *Pengukur Tinggi Tanaman Untuk Pengamatan Pertumbuhan Biji Kacang Hijau Berbasis Arduino Uno Dengan Tampilan Lcd Grafik*. Skripsi tidak diterbitkan. Jember: PPs Universitas Negeri Jember.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Physics Principles With Applications*. Fifth Edition. Jakarta: Erlangga.
- Guerrero, J. S. G., Gonzalez, A. F. C., Vega, J. I. H., and Tovar, L. A. N. 2015. "Instrumentation of an Array of Ultrasonic Sensors and Data Processing for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Teaching the Application of the Kalman Filter". *Procedia Computer Science*. Vol. 75: pp 375–380.
- Halliday, D. 1985. *Fundamentals of Physics*. Third Edition. Jakarta: Erlangga.
- Kadir, Abdul. 2015. *From Zero to A Pro Arduino*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Lahfaoui, B., Zouggar, S., Mohammed, B., and Elhafyani, M. L. 2017. "Real Time Study of P&O MPPT Control for Small Wind PMSG Turbine Systems Using Arduino Microcontroller". *Journal of Electrical Engineering IJEET*. Vol. 6: pp 1000–1009.
- Panda, K. G., Agrawal, D., Nshimiyimana, A., & Hossain, A.. 2016. "Effects of environment on accuracy of Perspectives in Science", *International Journal of Electronics and Communications*". Vol. 8: pp 574–576.
- Rismawan, T., Permana, A., & Triyanto, D.. 2015. "Rancang Bangun Sistem Monitoring Volume Dan Pengisian Air Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Avr Atmega8". *Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura*. Vol. 3(2): hal. 76-87.
- Sari, A. P. 2015. *Perancangan Alat Pengukuran Debit Air Menggunakan Water Flow Sensor G1/2 Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535*. Skripsi tidak diterbitkan. Medan: PPs Universitas Sumatera Utara.
- Serwey, Raymond A. dan Jewett, John W. 2014. *Physics for Scientist and Engineerers with Modern Physics*. Jakarta: Salemba Teknika
- Setiawan, A. 2013. *Sistem Monitoring Level Tangki Spbu Dan Detector Kadar Air Dalam Tangki Bahan Bakar Secara Telemetri*. Skripsi tidak diterbitkan. Jember: PPs Universitas Negeri Jember.
- Smith, A. G.. 2011. *Introduction to Arduino: A Piece Of Cake!*, (Online), (<http://www.introarduino.com/downloads/> & diunduh 5 Januari 2017)
- Tipler, P.A. dan Mosca, G. 1998. *Physics for Scientist and Engineers*. Third Edition. Jakarta: Erlangga.
- Msmahas93. 2013. *Interfacing 16x2 LCD With Msp430 Launchpad in 8 Bit Mode*, (Online), (<http://www.instructables.com/id/Interfacing-16x2-LCD-with-msp430-launchpad-in-8-bit/>, diakses 20 Februari 2017).
- Kok, Vincent. 2013. *HC-SR04 Ultrasonic Sensor*, (Online), (<http://vinduino.blogspot.com/2013/07/hc-sr04-ultrasonic-sensor.html>, diakses 20 Februari 2017).