

PERANCANGAN DAN PENERAPAN APARATUS PENGUKURAN DEBIT AIR DENGAN MENGGUNAKAN VENTURIMETER DAN WATER FLOW SENSOR

Muchammad Sholachuddin Al Ayubi, Dzulkiflih, Endah Rahmawati

Jurusan Fisika, FMIPA, UNESA, email : shalayubi@gmail.com

Abstrak

Penelitian laboratorium ini bertujuan untuk mempelajari aliran air melalui pengukuran kecepatan dan debit air yang mengalir dalam pipa rancangan yang berfungsi sebagai venturimeter dan sensor aliran air. Aparatus yang dirancang mengadopsi konsep dan cara kerja pipa venturimeter dengan sensor khusus untuk mengukur debit air. Dalam percobaan pipa venturimeter menghasilkan data manual sedangkan *water flow sensor* menghasilkan data digital. Perhitungan dilakukan setelah air melewati venturimeter dengan membaca ketinggian yang menunjukkan tekanan. Pada masing-masing penampang dengan mengetahui data manual serta *water flow sensor* dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler. *Parallax data acquisition (plx-DAQ)* yaitu akuisisi data mikrokontroler untuk microsoft excel. Hasil pengujian alat ukur digital yang telah dikalibrasi yaitu *water flow sensor*. Aparatus tersebut digunakan untuk membandingkan hasil pengukuran dengan venturimeter. Aliran air diperoleh hubungan sudut knop untuk mendapatkan laju air pada *Water Pump*. Debit air berbanding lurus dengan selisih ketinggian yang menunjukkan tekanan pada masing-masing penampang, serta debit berbanding terbalik dengan luas penampang. Pengukuran debit dapat diketahui dengan hasil pengukuran yang dilakukan pada venturimeter dan *water flow sensor* terdapat kesalahan terbesar yaitu 1.75 %. Perbedaan nilai didapatkan dari hasil acuan pengukuran debit pada Venturimeter yang memiliki akurasi atau kesesuaian dengan teori dan *water flow sensor* yang telah dikalibrasi di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) menghasilkan alat yang dapat mengukur dengan presisi.

Kata kunci : debit air, pipa venturimeter, *water flow sensor*.

Abstract

This research aims to measure flow of water in form of speed and flow rate by designed and produced venturimeter and water flow sensor. The apparatus is being compared to evaluate the result of measurement, venturimeter with manual data and water flow sensor with digital data. The research is based on laboratory to study about dynamic fluid system in measuring flow rate of water. Calculation conducts after water passed by venturimeter with record the height that shows unit of pressure in each of area manually, then water flow sensor measures with microcontroller. *Parralax Data Acquisition (plx-DAQ)* is an acquisition microcontroller data for Microsoft Excel. Checking for calibration is done to water flow sensor. It uses to compare result of measurement with venturimeter. Venturimeter gives result of knop angle to get the flow rate of water pump. Flow rate is constantly proportional to the height difference that shows unit of pressure, flow rate is constantly reverse to the surface area. Measurement of flow rate by venturimeter and water flow sensor has error significance 1.75%. The difference gets from result of flow rate reference in venturimeter that has accuracy or appropriate with theory and Water Flow Sensor that has been calibrated in Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) that can measure precisely.

Keywords: Flow rate, water flow sensor, pipe venturimeter.

PENDAHULUAN

Fisika adalah salah satu cabang ilmu alam yang mempelajari fenomena fisis sehingga dapat dimanfaatkan untuk kehidupan manusia. Mempelajari ilmu fisika dapat dilakukan melalui dua pendekatan yaitu analitis dan pembuktian melalui eksperimen. Pendekatan secara analitis pada umumnya diberikan pada saat pembelajaran di kelas, kemudian untuk mempertajam pemahaman konsep dapat dilakukan eksperimen. Dengan eksperimen siswa atau mahasiswa tidak hanya memahami ilmu fisika secara teoritis namun juga mengetahui dan mengamati fenomena fisis yang terjadi serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Jurusan Fisika Unesa belum

memiliki alat dan aparatus untuk eksperimen yang berkaitan dengan pengukuran debit fluida.

Ada beberapa metode pengukuran debit fluida baik dengan cara analog maupun digital. Pengukuran debit secara analog dapat dilakukan dengan menggunakan sistem venturimeter seperti yang dilakukan Saputri (2009) dalam penelitiannya. Venturimeter terdiri atas pipa yang memiliki luas penampang berbeda, masing-masing memiliki tabung di bagian atas pipa untuk mengetahui tekanan pipa. Pada percobaan tabung venturimeter, tekanan tinggi dialami oleh diameter yang besar sedangkan tekanan rendah berada pada diameter yang kecil. Laju aliran dan debit didapatkan melalui venturimeter yang diperoleh dari selisih ketinggian yang

menunjukkan tekanan yang dialami pada masing-masing pipa.

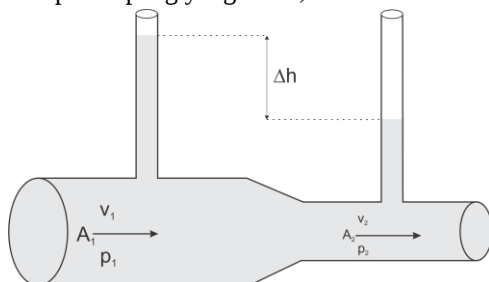
Pengukuran debit fluida juga dapat dilakukan secara digital dengan bantuan piranti elektronik. Finawan (2011) dalam penelitiannya menentukan debit dengan menggunakan *phototransistor*. *Phototransistor* merupakan alat semikonduktor dengan sumber cahaya inframerah yang dipasang pada sebuah baling-baling dan berguna untuk mengukur debit. Inframerah merupakan cahaya memancar yang tidak dapat dilihat oleh mata. *Phototransistor* menggunakan pendeteksi baling-baling dalam mengukur debit. Hasil pengukuran menggunakan satu sensor yaitu *phototransistor* untuk mengukur debit.

Sambudi (2013) melakukan penelitian merancang alat pemantau debit menggunakan sensor aliran dengan memanfaatkan fenomena efek *Hall* yang didasarkan pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan. Laju aliran didapatkan dari nilai pulsa yang dikalkulasikan menjadi debit dengan kesalahan pengukuran berkisar 4%. Pada penelitian ini *water flow sensor* telah dilakukan kalibrasi dengan alat *test bench meter* di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) kota Surabaya.

Berdasarkan latar belakang bahwa Jurusan Fisika Unesa belum memiliki alat dari aparatus untuk mengukur debit fluida serta motivasi peneliti untuk mengembangkan dan menerapkan sistem pengukuran debit fluida, maka penelitian ini mengambil topik mengenai perancangan aparatus percobaan untuk pengukuran debit fluida secara analog dan digital. Hasil dari penelitian berupa sebuah aparatus untuk mengukur debit fluida dengan dua metode, yaitu analog dan digital. Metode analog yang digunakan adalah sistem venturimeter sedangkan metode digital yang dikembangkan memanfaatkan *water flow sensor* berbasis mikrokontroler. Dalam penelitian ini, hukum fisika yang berkaitan dengan prinsip kerja venturimeter dan *water flow sensor* adalah hukum kekekalan energi, Hukum Bernoulli serta kontinuitas.

TEORI DASAR

Venturimeter merupakan sebuah pipa yang mengalami penyempitan, aliran air akan semakin cepat jika melewati luas penampang yang kecil di bandingkan dengan luas penampang yang besar,



Gambar 1. Skema venturimeter
(Sumber : Dokumen pribadi)

tekanan lebih besar saat melewati luas penampang yang lebih besar dan tekanan lebih kecil jika melewati luas penampang yang lebih kecil (Gambar 2.6) Pada pipa mendatar, $h_1 = h_2 = h$, maka jika sistem ini diaplikasikan pada persamaan Bernoulli,

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \quad (1)$$

Selisih p_1 & p_2 merupakan sama dengan tekanan hidrostatik zat cair setinggi h Dengan demikian diperoleh,

$$p_1 - p_2 = \rho gh \quad (2)$$

Persamaan pada tekanan hidrostatik dan pada Hukum Bernoulli yang memiliki ketinggian yang sama sehingga,

$$\rho gh = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \quad (3)$$

Berdasarkan persamaan kontinuitas, $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$, diperoleh $v_2 = \frac{A_1 \cdot v_1}{A_2}$ kemudian disubstitusikan,

$$v_1 = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}} \quad (4)$$

Laju aliran fluida pada titik kesatu dapat diperoleh dengan persamaan tersebut dengan g adalah besarnya percepatan gravitasi, h adalah perbedaan ketinggian pada pipa vertikal, A_1 adalah luas penampang pipa besar, dan A_2 adalah luas penampang pipa kecil. Persamaan untuk laju aliran fluida pada titik kedua didapatkan,

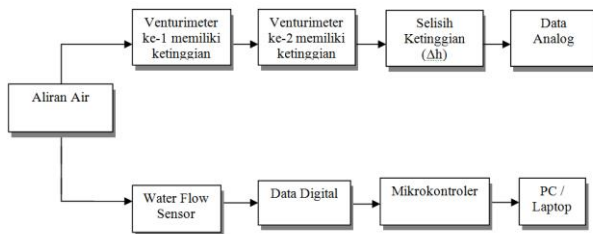
$$v_2 = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \quad (5)$$

METODE

A. Rancangan Penelitian

Penelitian skripsi ini merupakan penelitian yang berbasis laboratorium untuk membandingkan aparatus fluida dengan menggunakan sistem fluida dinamis dalam menentukan laju dan debit air. Sistematis yang dirancang adalah menggunakan Venturimeter dengan luas penampang berbeda yang bertujuan mengetahui tekanan pada masing-masing luas penampang yang memiliki perbedaan ketinggian, dan *Water Flow Sensor* yang dimonitoring. Mekanisme sistem yang meliputi adalah aliran fluida dinamis, perekaman atau pengukuran, dan perhitungan. Aliran air yang ditimbulkan adalah langkah awal pengambilan data, selisih ketinggian diamati serta *Water Flow Sensor* direkam dengan menggunakan PC. Teknik perhitungan dilakukan setelah air melewati Venturimeter dan *Water Flow Sensor*.

Perancangan dan Penerapan Aparatus Pengukuran Debit Air dengan Menggunakan Venturimeter dan Water Flow Sensor



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Sistem instrumentasi pada penelitian ini meliputi aliran fluida dinamis yang inkompresible. Pada Gambar 3.1 digambarkan alur yang menjelaskan jalannya penelitian dengan hasil akhir berupa laju dan debit air. Selisih ketinggian air dapat diamati dengan jelas, apabila hanya menggunakan sistem manual akan menghasilkan data yang diperoleh lebih efektif. Oleh karena itu dibutuhkan pembandingan pada suatu pengukuran manual Venturimeter dan *Water Flow Sensor*. Untuk memperoleh data yang maksimal dibutuhkan aliran laminar merupakan aliran fluida yang tidak terjadi olakan serta sifatnya mendekati linier.

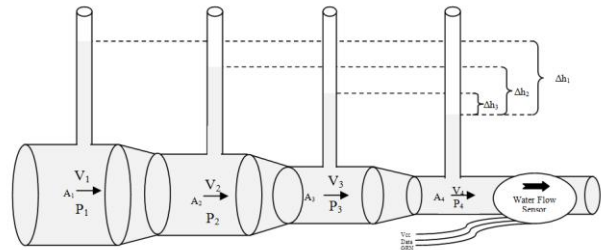
B. Variabel Operasional Penelitian

Definisi operasional merupakan definisi yang digunakan dalam penelitian. Terdapat tiga variabel operasional penelitian, yaitu variabel kontrol, variabel manipulasi, dan variabel respon. Variabel kontrol adalah sesuatu yang tidak berubah dalam penelitian ini sesuatu yang tidak dapat diubah adalah air, Venturimeter dan *Water Flow Sensor*. Variabel manipulasi (faktor yang mempengaruhi) pada penelitian skripsi ini adalah aliran air dan luas penampang. Variabel respons dalam penelitian ini berupa bentuk ketinggian yang menunjukkan tekanan dan akan diperoleh nilai tekanan yang dibuat untuk perhitungan nilai laju dan debit air.

C. Aparatus dan Instrumen Penelitian

Pada penelitian penentuan aliran air ini, aparatus yang digunakan membahas tentang pengukuran laju dan debit air dalam suatu wadah horizontal yang ada di dalam pipa PVC dalam skala laboratorium dalam suatu aliran yang mengalir melewati Venturimeter dilanjutkan ke *Water Flow Sensor*. Venturimeter merupakan sebuah pipa alir yang mengalami penyempitan, aliran air akan mengalami perubahan laju aliran dan tekanan pada luas penampang yang lebih kecil dilanjutkan dengan pengukuran digital menggunakan *Water Flow Sensor*.

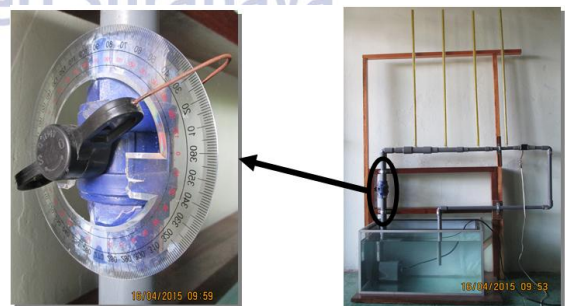
Instrumen penelitian ini terdiri dari dua tahap, yang pertama yaitu sistem mekanik yang merupakan *hardware* dan akuisisi data yang diperoleh dari *software* yang menampilkan variabel manipulasi dalam bentuk data. Sistem mekanik Venturimeter dan *Water Flow Sensor* dalam Pengolahan data dilakukan pada *software* yang dapat menampilkan hasil data *Water Flow Sensor* karena luaran rangkaian berupa sinyal analog dan digital menggunakan PC.



Gambar 3. Rancangan Percobaan Venturimeter dan *Water Flow Sensor*

Aliran air dapat ditentukan oleh perubahan tekanan yang ditunjukkan pada perbedaan ketinggian (Δh) pada masing-masing penampang Venturimeter. Perbedaan ketinggian pertama (Δh_1) adalah pengukuran pada luas ke-empat (A_4) terhadap luas pertama (A_1), Perbedaan ketinggian kedua (Δh_2) adalah pengukuran pada luas penampang ke-empat (A_4) terhadap luas ke-dua (A_2), Perbedaan ketinggian ketiga (Δh_3) adalah pengukuran pada luas penampang ke-empat (A_4) terhadap luas pertama (A_1). Laju air dan debit dapat dihitung dengan mengukur ketinggian pada masing masing luas penampang secara manual. Pada *Water Flow Sensor* nilai pengukuran debit air dapat dimonitoring dengan menggunakan PC secara langsung. Oleh karena itu didapatkan hasil nilai pada masing masing pengukuran antara venturimeter dan *Water Flow Sensor*.

Pengukuran aliran air untuk memanipulasi laju aliran air menggunakan *Water Pump* menggunakan sudut knop berfungsi sebagai mengatur aliran air dengan sudut dalam skala, Sudut knop ini terdiri dari *stop kran* dan busur. Untuk mengatur laju aliran air sudut knop yang digunakan dalam pengukuran ini yaitu 21 – 29 derajat, bila menggunakan sudut knop kurang dari 21 derajat ketinggian yang menunjukkan skala yang terukur pada Venturimeter tidak dapat terbaca, sedangkan bila sudut knop lebih dari 29 derajat ketinggiannya akan melebihi pengukuran pada Venturimeter. Rentang sudut antara 21 - 29 derajat termasuk dalam skala yang dimiliki oleh *Water Flow Sensor*, sudut knop pada aparatus dapat diamati pada Gambar 3.3.



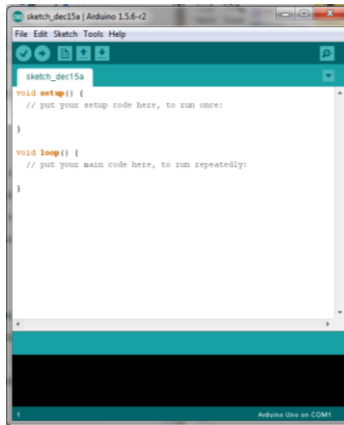
Gambar 4. Sudut Knop

D. Metode Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data pada penelitian ini terdapat beberapa tahap. Tahap pertama merupakan tahap perancangan alat untuk menyesuaikan aliran yang akan

diukur serta kalibrasi alat *Water Flow Sensor* yang akan digunakan. Setelah melakukan kalibrasi dilakukan proses kalibrasi pada mikrokontroler agar pada hasil pembacaan data yang akan diperoleh sensor tersebut sesuai dengan alat pembanding yang akan digunakan.

Tahap berikutnya instrumen yang digunakan dalam penelitian ini peralatan yang menunjang untuk melakukan proses dalam pengukuran. Terdapat komponen-komponen elektronika yang praktis dan efisien, sehingga dapat digunakan sebagai perangkat pengambilan data yang dibutuhkan. Perintah dimasukkan untuk pembacaan kondisi aliran kedalam perangkat yang akan dibuat, maka digunakan sebuah perangkat lunak (*software*) yang bernama Arduino 1.5.6 (Gambar 3.4).



Gambar 5. Arduino 1.5.6

Software tersebut menghasilkan file hex dari baris code yang dinamakan *sketch*. *Software* memiliki berbagai macam fitur yang dapat memudahkan pengguna pemula tanpa harus memahami terlalu dalam dasar-dasar penggunaan dari bahasa C. Setelah selesai membuat program dengan menggunakan *software* tersebut, maka langkah selanjutnya adalah memasukkan *sketch* kedalam perangkat yang telah dibuat di dalam arduino software di *compile* dengan perintah *verify / Compile*, lalu program hasil kompilasi itu dijalankan oleh *bootload*. Data yang dikeluarkan oleh *Water Flow Sensor* menggunakan Parallax Data Acquisition tool (*plx-DAQ*) adalah akuisisi data mikrokontroler alat untuk Microsoft Excel.

E. Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan pada alat yang sudah dirancang dan dikalibrasi. Pada tahap ini akan dilakukan proses pengambilan data dari parameter yang akan diamati yaitu aliran air. Data manual menggunakan luas penampang yang berbeda akan didapatkan ketinggian pada masing-masing penampang yang menunjukkan perbedaan tekanan yang terjadi didalam kedua luas penampang tersebut. Pengukuran mendapatkan hasil hubungan selisih ketinggian, luas penampang, laju aliran air dan debit air. *Water Flow Sensor* akan diperoleh data yang berupa nilai putaran (*pulse*) menunjukkan debit air. Nilai hasil diperoleh membandingkan perbedaan

pengukuran berupa debit air menggunakan Venturimeter dan *Water Flow Sensor*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Percobaan ini dilakukan pada sistem tertutup di dalam pipa PVC pada dasarnya dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran pada sistem Venturimeter dan *Water Flow Sensor*. Selain itu, percobaan ini dilakukan untuk pengujian kelayakan aparatus yang digunakan sebagai alat praktikum materi fluida dinamis.

Pada penelitian ini air dialirkan pada Venturimeter terlebih dahulu dengan tujuan menghitung laju dan debit air pada diameter 17 mm (A_4). Air melewati penampang pertama diameter 39 mm (A_4) menuju diameter 27 mm (A_3) dilanjutkan diameter 21 mm (A_2) diteruskan 17 mm (A_1) dan ke *Water Flow Sensor*. Hasil pengukuran didapatkan laju aliran dan debit air pada luas penampang A_4 terhadap masing-masing luas penampang A_1 , luas penampang A_2 , dan luas penampang A_3 . Luas penampang A_4 didapatkan dari nilai kelajuan pada masing-masing pembanding penampang. Nilai debit pada Venturimeter didapatkan pada hasil pengukuran laju air rata-rata dengan menggunakan persamaan (5) dapat diamati pada Tabel 4.3.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Venturimeter dan Water Flow Sensor

No.	Sudut knop (derajat)	kelajuan Rata-rata (Meter/Detik)	Q (Liter/Menit)		% Kesalahan
			Venturimeter	Water Flow Sensor	
1	21	0.73	9.93	9.97	0.44
2	22	0.80	10.94	10.75	1.75
3	23	0.85	11.61	11.62	0.09
4	24	0.91	12.37	12.44	0.53
5	25	0.97	13.15	13.10	0.42
6	26	1.02	13.83	13.79	0.29
7	27	1.05	14.37	14.40	0.26
8	28	1.09	14.86	14.96	0.66
9	29	1.14	15.53	15.46	0.50

Nilai pengukuran *Water Flow Sensor* dapat terukur secara langsung pada PC. Hasil pengukuran perbandingan debit Venturimeter dan *Water Flow Sensor* dapat diamati pada Tabel 4.3. Perbandingan pengukuran pada Venturimeter dan *Water Flow Sensor* kesalahan pada skala minimum yang memiliki sudut 21 derajat mendapatkan nilai 0.44 %, terjadi pada laju air 0.73 m/s didapatkan nilai Venturimeter adalah 9.93 liter/menit dengan nilai *Water Flow Sensor* yaitu 9.97 liter/menit. Sedangkan, kesalahan pada skala maksimum yang memiliki sudut 21 derajat didapatkan nilai sebesar 0.50 %, nilai laju air 1.14 m/s didapatkan hasil pengukuran pada Venturimeter dan *Water Flow Sensor* sebesar 15.53 liter/menit dan 15.46 liter/menit.

Analisis *t-gain* digunakan untuk menguji signifikansi hasil pengambilan data. Dalam penelitian ini diajukan

hipotesis $H_0 (\mu_1 < \mu_2)$ dan $H_1 (\mu_1 = \mu_2)$. Melalui perhitungan nilai t diperoleh 2.32 sedangkan nilai t_{tabel} dengan taraf kepercayaan 95% adalah 1.83. Karena t_{hitung} lebih besar daripada t_{tabel} maka H_1 diterima dan H_0 ditolak. Sehingga diperoleh kesimpulan bahwa hasil nilai percobaan venturimeter dan water flow sensor memiliki nilai yang sama atau tidak signifikan. Adapun perhitungan hasil percobaan yang uji t gain.

B. Pembahasan

Pada hasil pengukuran Venturimeter menggunakan penampang pada diameter 21 mm (A_3), diameter 27 mm (A_2), diameter 39 mm (A_1) untuk menentukan debit air pada diameter 17 mm (A_4) terdapat kesesuaian dengan teori dengan menggunakan persamaan (2.21). Meskipun nilai laju aliran air yang didapat dalam pengukuran memiliki selisih perbedaan pada masing-masing diameter penampang yang digunakan, karena ketinggian yang menunjukkan tekanan memiliki rentang pengukuran skala sebesar satu milimeter. Pengukuran ketinggian pada venturimeter dilakukan dengan manual serta aliran air mendekati sifat laminar.

Sudut knop yang digunakan memiliki rentang 21 derajat sampai 29 derajat untuk mendapatkan hasil pengukuran dari aparatus ini. Sudut knop menggunakan kurang dari 21 derajat maka ketinggian yang menunjukkan tekanan pada Venturimeter tidak dapat terbaca. Pada sudut diatas 29 derajat ketinggian yang menunjukkan tekanan pada Venturimeter akan melebihi batas ukur. Sudut yang digunakan tersebut sesuai dengan rentang pengukuran debit air pada datasheet Water Flow Sensor.

Hubungan laju aliran air dengan selisih ketinggian air berbanding lurus, semakin tinggi selisih ketinggian air yang ditunjukkan pada Venturimeter maka laju aliran air semakin tinggi sebaliknya jika selisih ketinggian air yang menunjukkan tekanan semakin kecil maka laju aliran air semakin kecil. Luas penampang mempengaruhi debit yang memiliki diameter lebih kecil maka debit akan semakin besar, serta laju aliran air akan semakin berkurang sesuai dengan teori dengan persamaan (2.6).

Hasil pengukuran venturimeter terhadap Water Flow Sensor memiliki hasil pengukuran kesalahan tertinggi sebesar 1.75 %, hal ini didapat nilai pengukuran yang lebih bagus dari penelitian sebelumnya. Rentang debit berkisar 1-30 liter/menit dan kesalahan rata-rata dari hasil pengukuran Water Flow Sensor berkisar $\pm 4\%$ (Sambudi, 2013). Hal ini didapatkan nilai yang sebenarnya sesuai dengan pembandingan pengukur debit menggunakan venturimeter, dikarenakan Water Flow Sensor telah dikalibrasi dengan kesalahan maksimum sebesar 0.85 %.

Pengukuran debit pada penelitian ini berkisar antara 9.93 liter/menit sampai 15.53 liter/menit, hal ini disebabkan Water Flow Sensor memiliki rentang

pengukuran debit sebesar 1 sampai 30 liter/menit. Serta dalam mengukur ketinggian yang menunjukkan tekanan pada Venturimeter memiliki ketinggian kurang dari satu meter. Oleh karena itu, untuk dapat mengamati pengukuran secara manual dengan ideal, serta dapat melakukan pengukuran nilai debit yang terukur.

PENUTUP

Simpulan

Pada penelitian ini membandingkan aparatus fluida dinamis dengan menggunakan percobaan pengujian pengukuran debit air oleh Water Flow Sensor dan venturimeter. Debit air berbanding lurus dengan selisih ketinggian yang menunjukkan tekanan pada masing-masing penampang. Serta debit berbanding lurus dengan luas penampang, hal ini dikarenakan fluida menempati seluruh ruang yang ada didalamnya.

Pengukuran debit didapatkan dengan sistem venturimeter dengan hasil pengukuran debit Water Flow Sensor yang memiliki perbedaan pengukuran kesalahan terbesar 1.75 %. Perbedaan nilai didapatkan dari hasil acuan pengukuran debit pada Venturimeter yang memiliki akurasi atau kesesuaian dengan teori dan Water Flow Sensor yang telah dikalibrasi menghasilkan alat yang dapat mengukur dengan presisi.

Saran

Berdasarkan hasil aparatus pengukuran debit air, maka penelitian ini pada venturimeter pada pengukuran ketinggian memiliki skala ukur kurang dari satu mm untuk mendapatkan nilai ketinggian yang lebih teliti. Water Flow Sensor yang dimiliki tingkat kesalahan 3 % sesuai dengan datasheet sehingga pengukuran yang akan dilakukan masih kurang maksimal dalam pengukuran

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2008, *ATmega 328 datasheet*, <http://site.gravitech.us/Arduino/NANO30/ATMEGA328datasheet.pdf>, diakses pada tanggal 10 November 2014.
- Djojodihardjo, Harijono. 1983. *Mekanika Fluida*. Institut Teknologi Bandung: Erlangga
- Giancoli. Douglas C. 2001. *Physics Principles With Applications, Fifth Edition*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, D. 1985. *Fundamentals of Physics Third Edition*. Jakarta: Erlangga.
- Ishaq, Muhamad. 2007. *Fisika Dasar*, Edisi 2. Yogyakarta: Graha Ilmu/
- Nevers. Noel de. 1932. *Fluid Mechanich For chemical Engineers, Third Edition*. United states.

Sambudi, 2013, *Purwapura Pemantau Debit Air PDAM Menggunakan Sensor Aliran Air G1/2 Berbasis Arduino Uno*, Skripsi Tidak diterbitkan. Universitas Sumatera Utara.

Saputri, Septriani Dwie. 2009. *Rancang Bangun Venturimeter Berbasis Mikrokontroler*. Skripsi Tidak diterbitkan. Universitas Indonesia.

Sarojo, Ganijanti Aby. 2002. *Mekanika*. Jakarta: Salemba Teknik.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 2547. 2008 :
Sepesifikasi Meter Air Minum. ISO 4064-1.

Streeter, Victor L. & Wylie, E. Benjamin. 1985. *Fluid Mechanics, Eighth Edition*. Jakarta: Erlangga.

Suharto, 1991. *Dinamika dan Mekanika*. Jakarta: Rineka Cipta.

Sutrisno. 1986. *Fisika Dasar : Mekanika. Jilid 2*. Bandung: Institute Teknologi Bandung.

Tipler, P.A. & Mosca, G. 1998. *Physics for Scientist and Engineers Third Edition*. Jakarta: Erlangga.

White, Frank M. 1986. *Mekanika Fluida*. Edisi kedua. Jakarta: Erlangga.

