

PENGEMBANGAN PROTOTIPE COUNTER CURRENT METER DENGAN PERHITUNGAN DEBIT SECARA SEMI OTOMATIS

DEVELOP A PROTOTYPE OF COUNTER OF CURRENT METER WITH AUTOMATIC DISCHARGE CALCULATION

Isn'an Fauzan Akrom¹⁾, Adang S. Soewaeli²⁾

^{1,2)} Peneliti Puslitbang Sumber Daya Air
Kementerian Pekerjaan Umum
E-mail: isnanbanget@yahoo.co.id

Diterima: 27 Februari 2015; Disetujui: 29 Mei 2015

ABSTRAK

Salah satu alat yang digunakan dalam pengukuran debit di suatu saluran air atau sungai adalah dengan menggunakan Current Meter. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, debit aliran air dihitung menggunakan metode yang sudah ada. Mengingat muka air sungai dapat berubah sangat cepat terutama saat banjir, maka kepraktisan dan kecepatan pengukuran, serta penghitungan debit sangat diperlukan. Untuk menjawab tantangan tersebut diperlukan alat ukur Current Meter yang lebih praktis dan cepat dalam pengukuran dan perhitungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe Counter Current Meter berbasis mikrokontroler yang dapat menyimpan data kecepatan air, menghitung data debit secara semi otomatis, dan dapat mengunduh data yang disimpan ke komputer. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa fungsi penghitung debit otomatis pada Counter hasil pengembangan dan perangkat lunak Counter pada komputer telah bekerja sesuai dengan perancangan. Perbedaan hasil perhitungan debit yang sangat kecil antara perhitungan manual dengan perhitungan otomatis diduga disebabkan oleh perbedaan proses pembulatan yang mempengaruhi akurasi pada perhitungan.

Kata kunci: counter, current meter, pengukuran debit, otomatis

ABSTRACT

One of equipment that can be used to measure discharge in a channel or river is Current Meter. Based on the measurement data, Discharge value is computed using existing methods. Since the river water level can change very quickly especially during flood, the practicality and quickness of the discharge measurement and calculation is needed. To answer the challenge, the Current Meter which has more practice and faster in measurement and calculation is needed. This research aims to develop a microcontroller based prototype of Counter of Current Meter that can store discharge measurement data, calculate the discharge automatically, and upload stored data to a computer. The result of this research shows that the automatic discharge calculation function in the Counter and the software of Counter in the computer has worked in accordance with the design. The little difference in the discharge value between manual and automatic calculations may be related to differences in rounding process that affects the accuracy of the calculation.

Keyword: Counter, current meter, discharge measurement, automatic

PENDAHULUAN

Counter Current Meter yang digunakan di Indonesia kebanyakan masih manual. Maksudnya, data pada saat pengukuran debit ditulis di kertas pengukuran, kemudian kecepatan dan debit aliran air dihitung menggunakan kalkulator setelah pengukuran selesai dilakukan. Beberapa Produsen Counter di Indonesia sudah dapat membuat Counter digital, tetapi tetap masih manual dalam hal perhitungan data debit. Di luar negeri sudah ada produsen yang memproduksi Counter dengan

fungsi penghitung debit secara otomatis. Karena membeli produk luar negeri relatif mahal dan pentingnya kepraktisan serta kecepatan dalam pengukuran debit, maka sangat penting untuk dilakukan pengembangan prototipe Counter Current Meter dengan fungsi penghitung debit otomatis. Sejalan dengan program pemerintah dalam penggunaan produk dalam negeri dan kemandirian dari ketergantungan produk luar negeri, Pusat Litbang Sumber Daya Air telah merancang dan membuat prototipe Counter

Current Meter berbasis mikrokontroller sampai pada tahap otomatisasi perhitungan kecepatan titik aliran (Akrom, I. F, Adiyani, L., Windatiningsih, D., dan Ginanjar, M. R., 2012).

Current Meter sebagai alat ukur kecepatan aliran air, juga dapat digunakan untuk mengukur debit aliran sungai atau saluran. Salah satu *Current Meter* yang banyak digunakan adalah *Current Meter* mekanik yang mengukur kecepatan aliran air dengan mencacah jumlah putaran propeler dalam rentang waktu tertentu. Untuk mencacah jumlah putaran propeler tersebut diperlukan *Counter*. Dengan menggunakan metode pengukuran debit yang ada, data pengukuran kecepatan titik aliran air tersebut, selanjutnya dicatat dan dihitung untuk mendapatkan nilai debit aliran air. Mengingat muka air sungai dapat berubah sangat cepat terutama saat banjir, sesuai dengan rumus debit aliran terhadap penampang basah (Triatmodjo, Bambang, 1995), maka kepraktisan dan kecepatan pengukuran dan perhitungan debit sangat diperlukan. Oleh karena itu, apabila *Counter* yang digunakan untuk pengukuran debit memiliki kemampuan menyimpan data pengukuran seperti jumlah putaran propeler, kecepatan titik aliran, lebar tiap *rai*, kedalaman tiap *rai*, dan kemampuan menghitung debit secara otomatis, serta data-data tersebut dapat diunduh ke komputer, maka akan menambah kepraktisan proses pengukuran debit.

Maksud penelitian ini adalah untuk mengembangkan prototipe *Counter Current Meter* berbasis mikrokontroller yang dapat menyimpan data pengukuran debit, menghitung debit secara semi otomatis, dan dapat mengunduh data yang disimpan ke komputer.

Tujuannya adalah dapat meningkatkan kecepatan kerja pengukuran dan lebih praktis dalam menghitung debit di lapangan.

KAJIAN PUSTAKA

1 Pengukuran debit dengan *Current Meter*

Raharja Bayu, 2011 telah memaparkan pengukuran debit dapat dilakukan secara langsung dan secara tidak langsung. Pengukuran debit secara langsung adalah pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan peralatan, salah satunya berupa *Current Meter*. Pada prinsipnya *Current Meter* adalah alat ukur kecepatan aliran air. Dengan melakukan pengukuran kecepatan aliran air menggunakan *Current Meter* di berbagai titik pada suatu penampang, maka dapat diketahui distribusi kecepatan alirannya, sehingga debit total aliran dapat dihitung dengan menggunakan metode yang ada.

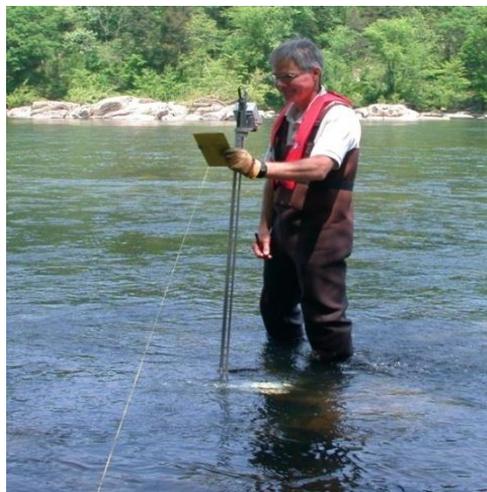
Berdasarkan prinsip kerjanya *Current Meter* saat ini terdiri dari tipe mekanik, akustik, dan elektromagnetik. *Current Meter* yang masih banyak digunakan di Indonesia adalah tipe mekanik. Salah

satu *Current Meter* mekanik adalah *Current Meter OTT C31* yang ditunjukkan pada Gambar 1. Komponen utama dari *Current meter* mekanik adalah bodi dan baling-baling/propeler. Di dalam bodi terdapat sensor pendeteksi putaran propeler. Sensor pendeteksi putaran propeler yang banyak dijumpai yaitu tipe magnetik dengan komponen elektronik utamanya yaitu *reed switch*. Pencacahan jumlah putaran propeler digunakan alat bantu yaitu *Counter*.



Gambar 1 *Current Meter OTT C31*

Pengukuran debit dengan menggunakan *Current Meter* dapat dilakukan dengan cara merawas, dari jembatan, dengan perahu, dengan *winch cable way*, serta dengan *cable car*. Contoh pengukuran debit dengan cara merawas ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Pengukuran debit menggunakan *Current Meter* dengan cara merawas

2 Menghitung Debit

Pada dasarnya debit aliran air merupakan hasil perkalian dari kecepatan aliran dengan luas penampang melintang. Pengukuran menggunakan *Current Meter* mekanik hanya didapatkan data kecepatan titik aliran air. Untuk menghitung debit aliran air menggunakan data kecepatan titik aliran

air dapat digunakan metode *mid section* dan *mean section*. Kedua metode tersebut pada dasarnya adalah membagi aliran air menjadi beberapa *rai*. Untuk tiap *rai* dihitung luas penampang (*cross*) *rai* dan kecepatan rata-ratanya. Skema untuk perhitungan kedua metode tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.

Khan, M. A. Mahmood, K. dan Skogerboe, G. V., 1997, telah menjelaskan tentang rumus dasar dalam menghitung debit total untuk kedua metode adalah sebagai berikut

$$Q = \sum_{i=1}^n q$$

$$Q = \sum_{i=1}^n (a \cdot v) \dots \dots \dots (1)$$

keterangan:

- q = debit tiap *rai* (m^3/s)
- a = luas penampang tiap *rai* (m)
- v = kecepatan tiap *rai* (m)
- Q = debit total (m^3/s)

Pada metode *mid section*, debit tiap *rai*-nya dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$q_n = v_n \left(\frac{b_n - b_{(n-1)}}{2} + \frac{b_{(n+1)} - b_{(n)}}{2} \right) d_n$$

$$q_n = v_n \left(\frac{b_{(x+1)} - b_{(n-1)}}{2} \right) d_n \dots \dots \dots (2)$$

keterangan:

- q_n = debit tiap *rai* n (m^3/s)
- b_n = jarak titik awal ke vertikal n (m)
- $b_{(n+1)}$ = jarak titik awal ke vertikal selanjutnya (m)
- $b_{(n-1)}$ = jarak titik awal ke vertikal sebelumnya (m)
- v_n = kecepatan rata rata vertikal n (m/s)
- d_n = kedalaman pada vertikal n (m)

Pada metode *mean section*, debit tiap *rai*-nya dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$q_x = a_x \times v_x$$

$$a_x = \frac{(b_n - b_{(n-1)}) \cdot (d_n + d_{(n+1)})}{2}$$

$$v_x = \frac{(v_n + v_{(n-1)})}{2} \dots \dots \dots (3)$$

keterangan:

- q_x = debit tiap *rai* x (m^3/s)
- a_n = luas cross *rai* x (m^2)
- v_x = kecepatan rata rata *rai* x (m/s)
- x = *rai* diantara vertikal n-1 ke vertikal n (m)

khusus untuk $x = 1$ dan $x =$ titik terakhir, maka kecepatan rata rata dihitung menggunakan rumus sebagai berikut

untuk *rai* $x = 1$

$$v_x = \frac{v_1}{3} \dots \dots \dots (4)$$

untuk *rai* $x =$ titik terakhir

$$v_x = \frac{v_n}{3} \dots \dots \dots (5)$$

dimana $n =$ vertikal terakhir

Metode untuk mendapatkan rata-rata kecepatan aliran air vertikal (v_n) dari permukaan ke dasar dapat dilakukan dengan mengukur kecepatan titik aliran air posisi-posisi tertentu dalam garis vertikal tersebut. Jumlah pengambilan kecepatan titik aliran air sebanyak satu, dua, tiga, atau lebih. Pengambilan data kecepatan titik air ditunjukkan pada Gambar 4. Perhitungan rata-rata kecepatan aliran air pada suatu garis vertikal dari permukaan ke dasar untuk satu, dua, dan tiga kecepatan titik aliran sebagai berikut

$$v = v_{0,6} \dots \dots \dots (6)$$

$$v = \frac{v_{0,2} + v_{0,8}}{2}$$

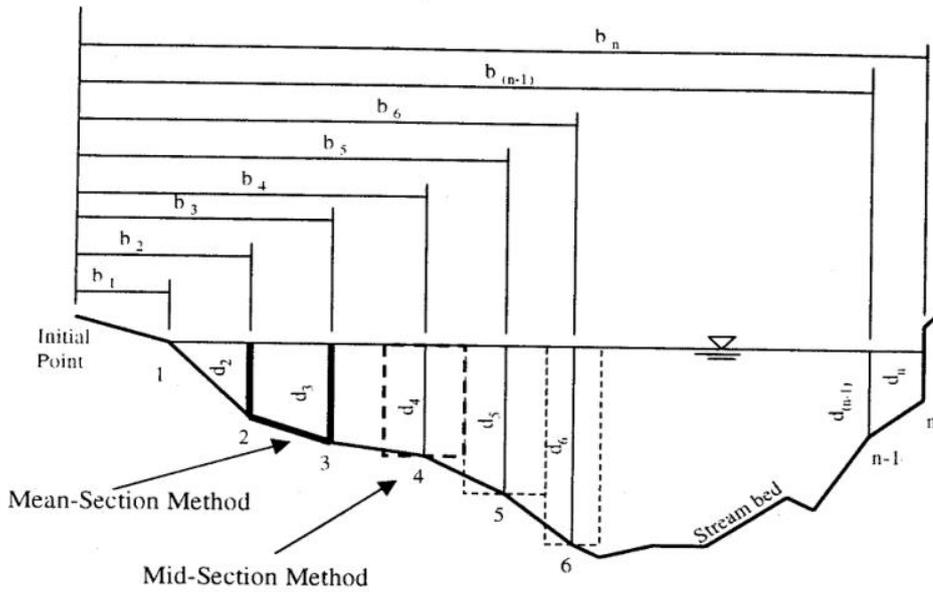
$$v = \frac{v_{0,2} + v_{0,8}}{2} \dots \dots \dots (7)$$

$$v = \frac{v_{0,2} + 2 \cdot v_{0,6} + v_{0,8}}{4}$$

$$v = \frac{v_{0,2} + 2 \cdot v_{0,6} + v_{0,8}}{4} \dots \dots \dots (8)$$

keterangan:

- v = kecepatan rata-rata aliran air vertikal (m/s)
- $v_{0,2}$ = kecepatan titik aliran air pada 0.2 kedalaman (m/s)
- $v_{0,6}$ = kecepatan titik aliran air pada 0.6 kedalaman (m/s)
- $v_{0,8}$ = kecepatan titik aliran air pada 0.8 kedalaman (m/s)

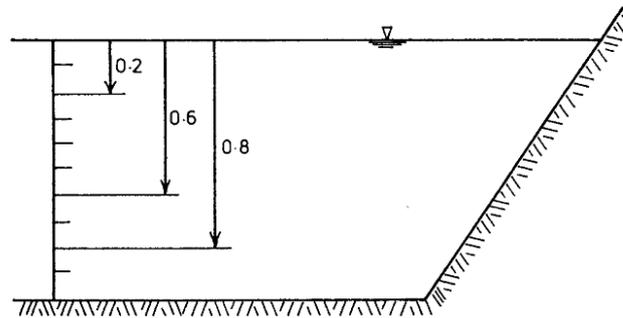


Keterangan:

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ = jarak tiap rai (m)

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = kedalaman vertikal pada batasan tiap rai (m)

Gambar 3 Skema perhitungan debit metode *mid section* dan *mean section*



Gambar 4 Pengambilan data kecepatan titik air

3 Counter (Sistem Pencacah)

Current Meter dengan *Counter* (Sistem Pencacah) putaran menghitung kecepatan arus air dengan persamaan sebagai berikut (Tampubolon, Jimmy R. P, 2012):

$$V = k n + \Delta \dots \dots \dots (9)$$

dimana,

V = Kecepatan arus (m/s)

k = pitch hidraulic dari propeller (m)

n = revolusi propeller setiap detik (putaran/s)

Δ = Parameter/konstanta dari *Current Meter*

Jumlah putaran propeler *Current Meter* dihitung oleh *Counter* dengan mendeteksi jumlah terjadinya kontak arus listrik yang mengalir dari dan ke *Counter* melalui bodi *Current Meter*. Untuk *Current Meter* dengan konektor tipe magnetik,

kontak arus listrik terjadi ketika *reed switch* (sensor magnetik) pada bodi *Current Meter* diberi medan magnet yang cukup. Konstruksi didalam bodi *Current Meter* dan konektor bodi dengan propelernya dirancang sedemikian hingga setiap satu putaran propeler, *reed switch* mendapat medan magnet satu kali, sehingga kontak arus listrik terjadi sekali dalam satu putaran. Jumlah pulsa-pulsa listrik yang terjadi akibat putaran propeler diterjemahkan oleh *Counter* sebagai jumlah putaran. Dalam hal penampilan data hasil pencacahan, terdapat dua jenis *Counter* yaitu Analog dan Digital. Contoh *Counter* analog ditunjukkan pada Gambar 5. Tampilan data pencacahan pada *Counter* jenis ini menggunakan *roll* baris angka yang dapat berputar dengan mekanisme tertentu apabila terdapat penambahan data setiap ada kontak arus listrik

akibat putaran propeler. *Counter* jenis Digital (Gambar 6) memiliki prinsip kerja yang sama dengan *Counter* jenis Analog dalam hal input data pencacahan. Namun tampilan angka hasil pencacahan menggunakan media penampil Digital seperti *seven segment* atau LCD. Selain itu, *Counter* jenis Digital biasanya sudah menggunakan pemroses data Digital seperti mikrokontroler. Hal itu membuat beberapa *Counter* jenis ini memiliki fitur tambahan seperti *timer*, penghitung otomatis, penyimpanan data, dan lain-lain dikarenakan pemroses data digital memiliki kelebihan yaitu kemudahan dalam pengolahan dan manajemen data.



Gambar 5 Counter Jenis Analog



Gambar 6 Counter Jenis Digital

4. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah satu set sistem komputer lengkap yang terdiri dari prosesor, flash memory, RAM, ROM dan perangkat I/O dalam satu lembar silikon (Barnett, Richard H., Sarah Cox, dan Larry O’Cull, 2007). Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan, keluaran, dan kendali, serta bekerja sesuai dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara tertentu.

Dalam penelitian ini mikrokontroler digunakan untuk pencacahan jumlah putaran propeler, pembangkitan *timer*, perhitungan kecepatan arus air, penyimpanan data pengukuran,

dan perhitungan data debit pada *Counter*. Jenis dan merk Mikrokontroler sudah banyak terdapat di pasaran. Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini adalah *ATMega128* yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Mikrokontroler ATMega128

Mikrokontroler *ATmega128* merupakan salah satu varian dari mikrokontroler AVR™ buatan ATMEL. Beberapa fitur yang dimiliki adalah memori *flash* 128 KB (untuk pemrograman), memori EEPROM 4 KB, memori Internal SRAM 4 KB, 2 buah *Timer/Counter* 8 bit, 2 buah *expand Timer/Counter* 16 bit, RTC (*Real Time Clock*) dengan *oscillator* terpisah yang dapat mencapai 16 MHz, 2 buah chanel PWM 8 bit, 6 PWM dengan resolusi 2-16 bit, *Output Compare Modulator*, 8 buah *channel* ADC 10 bit, 2 buah TWI (*Two Wire Interface*), 2 buah serial USARTs, SPI (*Serial Peripheral Interface*), *Watchdog Timer*, 53 buah *programmable I/O* dan lain-lain. Program dalam mikrokontroler dapat diisi dan dihapus berulang kali sampai 10.000 kali untuk *flash* memori atau 100.000 kali untuk penyimpanan program/data di EEPROM).

Alasan penggunaan mikrokontroler tersebut dalam penelitian ini adalah memiliki spesifikasi minimum yang dibutuhkan seperti EEPROM dengan kapasitas 4 KB untuk menyimpan data pengukuran debit. USART untuk mengunduh data ke komputer, dan lain-lain. Selain itu, mikrokontroler ini mudah didapatkan dan harganya relatif terjangkau.

METODOLOGI

Metodologi dalam penelitian ini mencakup perancangan dan pengujian, sebagai berikut:

- 1 *Counter* yang dikembangkan berbasis Mikrokontroler *ATMega128*.
- 2 Perancangan program entri data pengukuran dan pengambilan data jumlah putaran

- propeler menggunakan pendekatan Diagram *State*.
- 3 Algoritma Perhitungan debit pada program digunakan metode *Mid section* dan *Mean section*
 - 4 Uji coba program perhitungan debit dilakukan dengan simulasi di Laboratorium dengan membandingkan antara hasil perhitungan debit otomatis dari *Counter*, hasil perhitungan debit otomatis dari perangkat lunak *Counter* pada komputer dan hasil perhitungan debit secara manual menggunakan kalkulator.

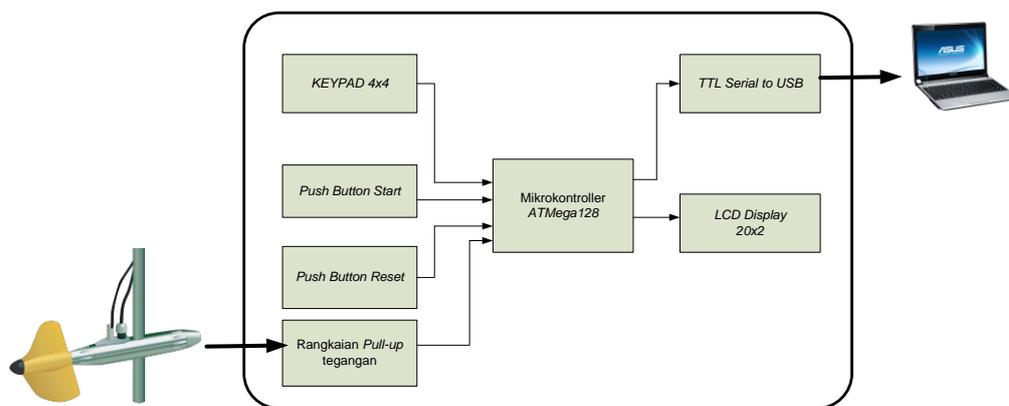
HASIL DAN PEMBAHASAN
1 HASIL PERAKITAN

Prototipe Counter yang dikembangkan berbasis mikrokontroller *Atmega128* dengan *crystal clock* 16 MHz. Penanaman program kedalam mikrokontroller menggunakan bahasa C dengan perangkat lunak *compiler CodeVisionAVR* versi 2.05. Skema Blok Diagram *prototipe Counter* disajikan pada Gambar 8. Pada Diagram Blok tersebut dapat dilihat 4 buah input utama ke mikrokontroller yaitu *keypad*, *Push Button Start* dan *Reset*, serta Rangkaian *Pull-up* tegangan, sedangkan outputnya dihubungkan ke dua buah perangkat yaitu *TTL Serial to USB* dan *LCD Display*. Fungsi tiap komponen utama pada *Counter* disajikan pada Tabel 1. Komponen-komponen tersebut dirakit kedalam box berbahan plastik yang disajikan pada Gambar 9. Perakitan *Counter* didesain sedemikian hingga mudah dioperasikan pada saat pengukuran debit di lapangan. *Counter* tersebut dilengkapi komponen-komponen pendukung seperti *switch/ saklar power* untuk menghidupkan dan mematikan daya Konektor *Current Meter* dengan ukuran yang sudah disesuaikan dengan standar, USB Port tipe B (Standar untuk *peripheral*), dan LED indikator untuk mempermudah operator dalam mengetahui

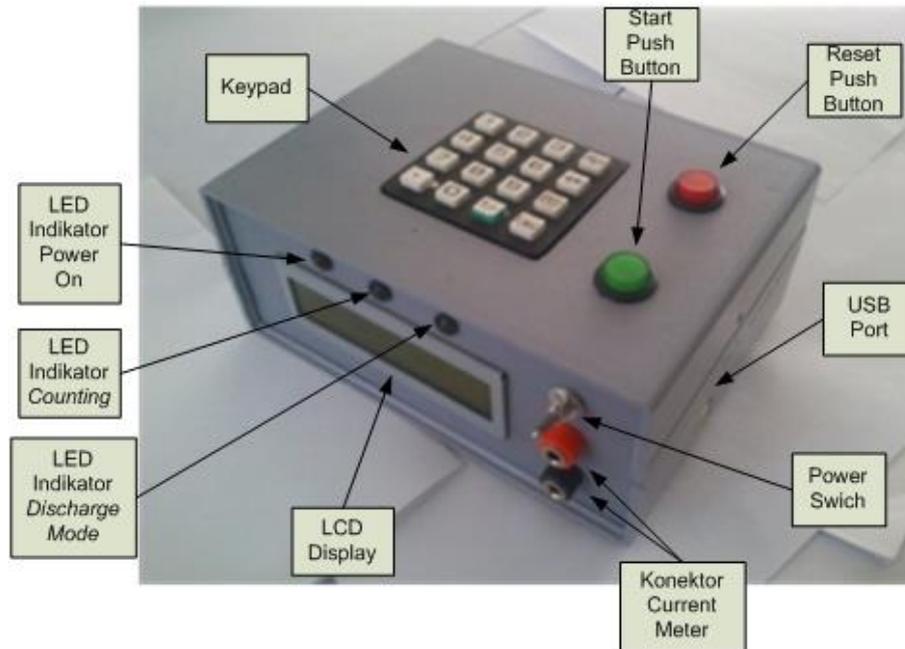
adanya putaran propeler tanpa melihat *LCD Display*, sekaligus menambah estetika *Counter*

Program untuk proses pengukuran debit menggunakan prototipe *Counter* yang dikembangkan diilustrasikan dengan Diagram *State* yang disajikan pada Gambar 10. Gambar tersebut merupakan model Diagram *State* dari program yang menangani entri dan penyimpanan data pengukuran debit. Pada saat masuk ke mode otomatis, sub mode ‘pengukuran debit baru’, tahap pertama *user* harus memasukkan data Waktu Pengukuran, Lebar Sungai, Tinggi Muka Air, dan lain-lain. Kemudian masuk ke pilihan konfirmasi penyimpanan data dan setelah data di atas disimpan, masuk ke tahap entri data *rai* pengukuran pertama dan *user* harus memasukkan data panjang, kedalaman, dan jumlah titik pengukuran kecepatan aliran pada *rai* pengukuran pertama.

Setelah konfirmasi penyimpanan data *rai* pertama tersebut, selanjutnya masuk ke tahap pengukuran kecepatan aliran. Pada tahap ini seperti menggunakan *Counter* manual untuk mengukur kecepatan titik aliran. Pada tahap ini dapat terdiri dari satu, dua, atau tiga pengukuran kecepatan titik aliran dengan variasi rasio kedalaman sesuai persamaan (7) sampai (9), tergantung pilihan jumlah titik pengukuran kecepatan pada tahap entri data *rai*. Setelah dilakukan seluruh pengukuran kecepatan titik aliran pada *rai* pertama, selanjutnya masuk pada konfirmasi simpan data dan melanjutkan ke *rai* kedua sampai seterusnya atau selesai pengukuran dan data pengukuran seluruh *rai* sudah diperoleh. Perhitungan debit secara otomatis dilakukan setelah data pengukuran seluruh *rai* sudah didapatkan sesuai dengan persamaan (1) sampai (9). *Output* dari perhitungan debit secara otomatis berupa nilai debit metode *mid section*, nilai debit metode *mean section*, dan *wet area* (luas penampang basah).



Gambar 8 Skema Blok Diagram Prototipe Counter



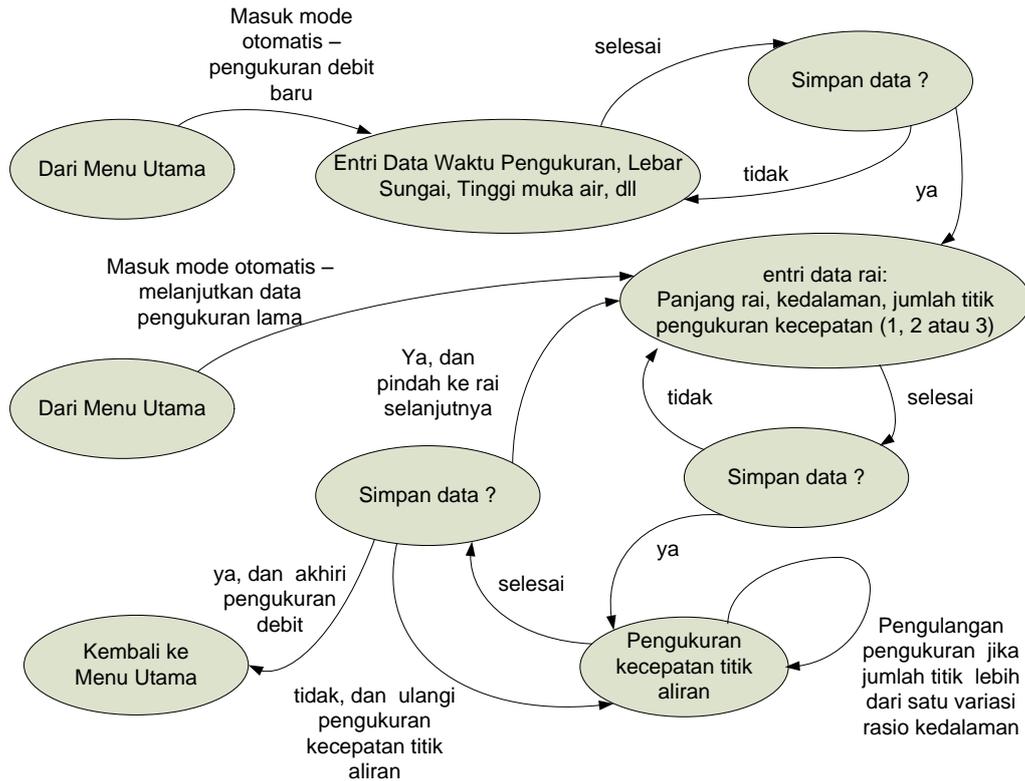
Gambar 9 Prototipe Counter Digital

Tabel 1 Fungsi tiap komponen utama pada *Counter*

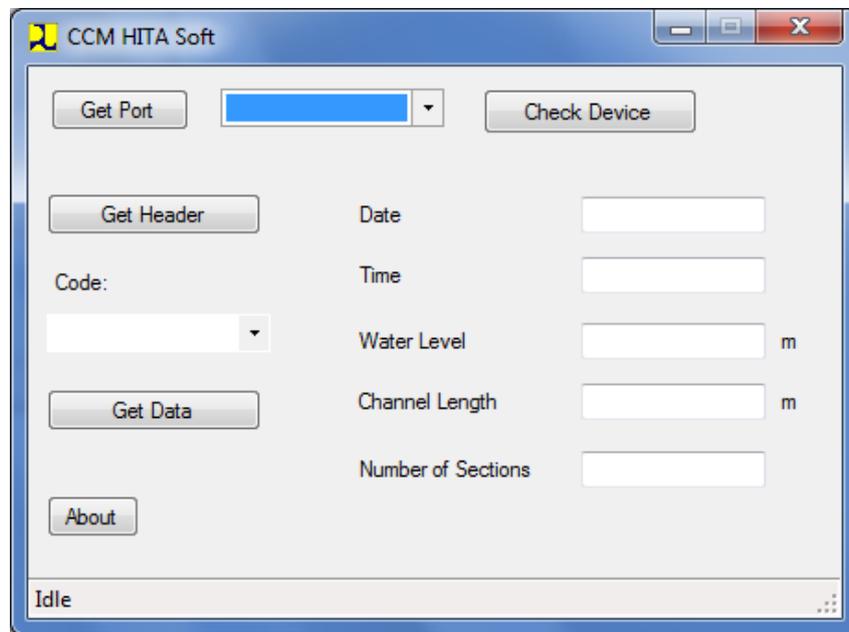
No.	Komponen	Fungsi
1.	Mikrokontroler ATmega128	Pusat kontrol berjalannya sistem pada <i>Counter</i>
2.	<i>Keypad 4x4</i>	- Pemilihan menu - Input nilai parameter-parameter yang dibutuhkan
3.	<i>Start Push Button</i>	Tombol untuk memulai hitungan <i>Counter</i>
4.	<i>Reset Push Button</i>	Tombol untuk <i>reset</i> hitungan <i>Counter</i>
5.	<i>LCD Display 20x2</i>	- Menampilkan nilai jumlah hitungan <i>Counter</i> dan kecepatan aliran - Menampilkan pemilihan menu dan parameter parameter yang akan dimasukkan
6.	<i>Serial TTL to USB Converter</i>	Mengunduh data ke komputer via USB.
7.	Rangkaian <i>Pull-up</i> tegangan	Pengkondisi sinyal untuk mencacah jumlah putaran <i>propeler Current Meter</i>

Salah satu fitur *Counter* hasil pengembangan adalah kemampuan untuk mengunduh data ke komputer. Perangkat lunak pada komputer merupakan program aplikasi untuk mengunduh data-data hasil pengukuran debit dan menampilkan datanya menggunakan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel yang sudah

dilengkapi dengan tabel proses perhitungan debit dengan metode *Mid section* dan *Mean section* dan grafik luas penampang basah. Program dibuat menggunakan Visual Studio 2008 dengan bahasa pemrograman Visual C#. Contoh tampilan program ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 10 Diagram State program entri data pengukuran dan pengukuran titik kecepatan aliran



Gambar 11 Tampilan program aplikasi Counter di komputer

2 PENGUJIAN DI LABORATORIUM

Pada dasarnya pengujian Counter hasil pengembangan bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh menu, mode, dan fungsi pada Counter bekerja sesuai dengan perancangan.

Namun yang terpenting dalam kasus ini adalah pengujian fungsi penghitung debit secara otomatis. Pengujian fungsi penghitung debit bertujuan untuk mengetahui apakah program fungsi penghitung debit secara otomatis pada Counter dan pada perangkat lunak Counter di komputer sudah benar.

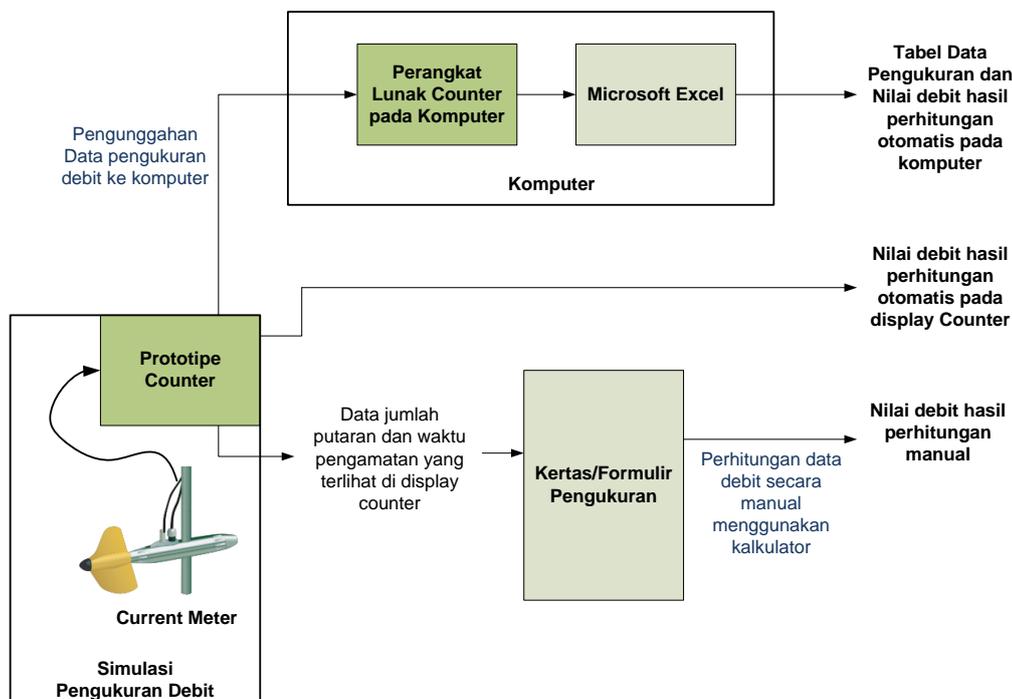
Pengujian fungsi penghitung debit dilakukan di Laboratorium dengan cara membandingkan hasil perhitungan debit secara otomatis yang ditampilkan di display *Counter*, perhitungan debit secara otomatis pada Perangkat Lunak *Counter* di Komputer dengan perhitungan debit secara manual yang dilakukan menggunakan kalkulator. Putaran propeler disimulasikan dengan menghubungkan *Counter* ke sebuah *Current Meter* dan putaran propeler pada *Current Meter* diputar menggunakan tangan. Skema Pengujian ditunjukkan pada Gambar 12. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali dengan variasi rumus kecepatan, jumlah *rai*, dan lebar sungai. Hasil pengujian fungsi penghitung debit ditunjukkan pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa secara garis besar perhitungan debit secara otomatis baik pada *Counter* maupun pada perangkat lunak *Counter* di Komputer hampir sama dengan perhitungan debit secara manual. Hal ini mengisyaratkan bahwa fungsi penghitung debit otomatis pada *Counter* dan perangkat lunak *Counter* pada Komputer telah bekerja sesuai dengan perancangan. Perbedaan hasil perhitungan debit yang sangat kecil diantara ketiganya diduga disebabkan oleh perbedaan proses pembulatan yang mempengaruhi akurasi pada perhitungan.

Perhitungan debit secara manual menggunakan kalkulator dilakukan secara bertahap dan tiap tahapan dilakukan pembulatan 4 angka dibelakang koma. Misalkan untuk

mendapatkan nilai debit metode *mid section* tahapannya adalah menghitung rata-rata kecepatan aliran air pada garis vertikal di tiap *rai*, selanjutnya menghitung luas penampang untuk tiap *rai*, selanjutnya nilai luas penampang untuk tiap *rai* dikalikan dengan kecepatan rata-rata vertikal di tiap *rai* untuk mendapatkan debit tiap *rai*, selanjutnya debit total adalah penjumlahan debit di tiap *rai*.

Pembulatan pada setiap tahapan perhitungan debit secara otomatis baik pada *Counter* maupun pada perangkat lunak *Counter* di Komputer tergantung pada operasi bilangan yang digunakan. Perhitungan angka desimal pada *Counter* (Mikrokontroler) menggunakan operasi bilangan *floating point 4 byte* (Barnett, Richard H, Sarah Cox dan Larry O’Cull, 2007) sedangkan perangkat lunak *Counter* di Komputer (*Microsoft Excel*) menggunakan operasi bilangan *double floating point 8 byte* (Pearson, C.H,2013). Perbedaan tingkat operasi bilangan mempengaruhi tingkat akurasi dalam proses pembulatan. Oleh sebab itu tetap terdapat sedikit perbedaan hasil perhitungan diantara keduanya. Perbedaan tersebut semakin terlihat dengan semakin kompleks dan banyaknya proses komputasi perhitungan. Pada pengujian ini terlihat perhitungan debit ke 2, dengan koefisien dan konstanta rumus kecepatan yang mencapai 4 angka dibelakang koma serta dengan jumlah vertikal sebanyak 15.



Gambar 12 Skema pengujian fungsi penghitung debit.

Tabel 2 Pengujian fungsi penghitung debit

Pengujian Perhitungan Debit ke-1			
Rumus Kecepatan	v = n + 0		
Jumlah Rai	5		
Lebar Sungai (m)	5.8		
	<i>Counter</i>	Komputer	Manual
<i>Mid section (m³/s)</i>	80.6062	80.6062	80.6062
<i>Mean section (m³/s)</i>	74.8932	74.8932	74.8932
<i>Wet Area (m²/s)</i>	6.1020	6.1020	6.1020
Pengujian Perhitungan Debit ke-2			
Rumus Kecepatan	v = 0.2548 n + 0.0023		
Jumlah Rai	15		
Lebar Sungai (m)	31.6		
	<i>Counter</i>	Komputer	Manual
<i>Mid section (m³/s)</i>	209.0485	209.0486	209.0484
<i>Mean section (m³/s)</i>	203.5792	203.5794	203.5814
<i>Wet Area (m²/s)</i>	57.6980	57.6980	57.6980
Pengujian Perhitungan Debit ke-3			
Rumus Kecepatan	v = 0.2548 n + 0.0023		
Jumlah Rai	7		
Lebar Sungai (m)	11.42		
	<i>Counter</i>	Komputer	Manual
<i>Mid section (m³/s)</i>	7.2050	7.2050	7.2051
<i>Mean section (m³/s)</i>	6.8205	6.8205	6.8207
<i>Wet Area (m²/s)</i>	9.7241	9.7241	9.7241

Uji coba ini mirip dengan uji coba yang dilakukan Prajitno, yaitu perbandingan perhitungan otomatis terhadap perhitungan manual pada *Program Komputer Untuk Menghitung Aktivitas Cuplikan Sistem Pencacah Kamar Pengion Merlin Gerin*. Pada pengujian tersebut terdapat selisih yang sangat kecil antara perhitungan otomatis dengan perhitungan manual yang disebabkan oleh perbedaan proses pembulatan (Prajitno, 2005).

3 Pengujian di Lapangan

Pengujian *Counter* hasil pengembangan juga dilakukan di lapangan dengan cara membandingkan dengan *Counter* manual (mekanik/analog), baik putaran dan hasil perhitungan debitnya. Pengujian lapangan dilakukan di Pos Hidrologi Cigulung-Maribaya dengan menggunakan *current meter* tipe *pigmi* dan tipe C 31, dapat diperiksa Gambar 13 dan 14. Sebelum dimulai pengukuran dilakukan input data pada *Counter* hasil pengembangan sebagai berikut:

- a. Tanggal pengukuran
- b. Waktu pengukuran

- c. Tinggi muka air sungai
- d. Lebar Sungai
- e. Rumus propeler

Kemudian dalam proses pengukuran untuk tiap *rai* dilakukan input data pada *Counter* hasil pengembangan sebagai berikut:

- a. Jarak *rai* dari pinggir sungai
- b. Kedalaman vertikal
- c. Jumlah pengukuran kecepatan titik aliran

Parameter di atas bersama dengan data hasil pengukuran kecepatan titik aliran tersimpan di memori *Counter* hasil pengembangan, yang selanjutnya digunakan dalam menghitung debit secara otomatis langsung pada *display Counter* atau pada komputer dengan mengunduh datanya terlebih dahulu.

Data pencacahan putaran propeler pada pengukuran dengan *current meter pigmi* yang dihasilkan oleh kedua *counter* dari Tabel 3 menunjukkan perbedaan yang tidak berarti, yaitu sekitar 1 putaran dalam waktu 40 detik, sehingga dapat dikatakan relatif sama. Perbedaan hasil perhitungan debit dari kedua *counter* juga tidak terlalu signifikan (empat angka dibelakang koma), yaitu 0,0156 m³/s untuk *counter* manual yang dihitung menggunakan kalkulator dan 0,0155 m³/s untuk *counter*

pengembangan yang dapat dibaca langsung debitnya pada *display* atau pada komputer.

Perbedaan hasil pencacahan putaran yang kecil juga terlihat pada hasil pengukuran tipe C 31. Tabel 4 menunjukkan perbedaan antara 2 sampai 3 putaran dalam waktu 40 detik, atau dapat dikatakan relatif sama. Demikian juga dengan hasil perhitungan debit dari pengukuran yang dihasilkan kedua *counter* relatif sama, yaitu 0,5051 m³/s untuk *counter* manual dan 0,5059 m³/s untuk *counter* hasil pengembangan.

Pengujian di lapangan ini dilakukan pengukuran debit menggunakan *current meter* dengan cara merawas. Kendala yang dihadapi dalam pengujian lapangan ini, khususnya untuk pengukuran dengan *current meter* tipe C 31, adalah distribusi aliran air di sungai yang tidak homogen dan kelurusan posisi *current meter* menghadap ke arah datangnya air. Kondisi tersebut mempengaruhi variasi hasil pencacahan putaran propeler yang dihasilkan oleh kedua buah *counter* diatas meskipun hanya dengan selisih waktu yang relatif kecil.



Gambar 13 Pengujian di Lapangan *Counter* hasil pengembangan dengan *Current Meter* tipe C31



Gambar 14 Pengujian di Lapangan *Counter* hasil pengembangan dengan *Current Meter* tipe *Pigmi*

Kelebihan *Counter* digital hasil pengembangan adalah dapat langsung membaca nilai debitnya, sedangkan *Counter* konvensional/manual perlu dihitung dengan kalkulator. Pengukuran debit menggunakan *Counter* manual pada kasus pengujian di lapangan ini membutuhkan waktu sekitar 5 menit untuk menghitung debit total dalam sekali pengukuran. Waktu yang lebih lama akan dibutuhkan untuk menghitung debit pada kasus lain dengan jumlah rai dan atau jumlah titik pengukuran per vertikal yang lebih banyak.

Fungsi otomatisasi dalam menghitung debit juga dapat mengurangi *human error*, dibandingkan dengan menghitung debit secara manual menggunakan kalkulator. Selain itu, fungsi penyimpanan data pada *counter* hasil pengembangan dapat menggantikan kertas pengukuran yang biasa digunakan pada *counter* konvensional, sehingga dapat meningkatkan kemudahan bagi operator pengukuran debit di lapangan.

Tabel 3 Hasil Uji Coba *Counter* hasil pengembangan dengan *current meter* tipe *Pigmi*

Rai (m)	Lebar (m)	Dalam (m)	Kedalaman Kincir (m)	Waktu (detik)	Jumlah Putaran		Kecepatan (m/det)		Luas (m ²)	Debit (m ³ /det.)	
					Counter Pengembangan Digital	Counter Mekanik	Counter Pengembangan Digital	Counter Mekanik		Counter Pengembangan Digital	Counter Manual
0,2	0,2	0,15	0,6	40	73	74	0,29418	0,20684	0,03	0,0061254	0,0062052
0,4	0,2	0,15	0,6	40	34	35	0,10044	0,1031	0,03	0,0030132	0,003090
0,6	0,2	0,15	0,6	40	76	75	0,21216	0,2095	0,03	0,0063648	0,006285
Total debit										0,01550	0,01560

Rumus Propeller: $n < 1,95$ $V = 0,1064 n + 0,01$
 $1,95 \leq n \leq 19,4$ $V = 0,1023 n + 0,018$

Tabel 4 Hasil Uji Coba *Counter* hasil pengembangan dengan *current meter* tipe C31

Rai (m)	Lebar (m)	Dalam (m)	Kedalaman Kincir (m)	Waktu (detik)	Jumlah Putaran		Kecepatan (m/det)		Luas (m ²)	Debit (m ³ /det.)	
					Counter Pengembangan Digital	Counter Mekanik	Counter Pengembangan Digital	Counter Mekanik		Counter Pengembangan Digital	Counter Manual
0											
1	1	0,9	0,6	40	82	80	0,28591	0,28650	0,9	0,2573235	0,25785
2	1	0,8	0,6	40	47	45	0,17365	0,17424	0,8	0,138922	0,13939
3	1	0,4	0,6	40	43	40	0,16082	0,15820	0,4	0,064329	0,06328
4	1	0,3	0,6	40	40	37	0,15120	0,14857	0,3	0,04536	0,0445733
Total debit										0,50590	0,50510

Rumus Propeller: $n = 0,97$ $v = 0,1188 n + 0,0167$ (m/s)
 $n \geq 0,97$ $v = 0,1283 n + 0,0299$ (m/s)

KESIMPULAN

Sebuah pengembangan prototipe *Counter Current Meter* berbasis mikro-kontroller yang dapat menyimpan data pengukuran debit, menghitung debit secara semi otomatis, dan dapat mengunduh data-data yang disimpan ke komputer.

Fungsi penghitung debit semi otomatis pada *Counter* dan perangkat lunak *Counter* di komputer telah bekerja sesuai dengan perancangan. Perbedaan hasil perhitungan debit yang sangat kecil antara perhitungan manual dengan perhitungan otomatis, diduga disebabkan oleh perbedaan proses pembulatan yang mempengaruhi akurasi pada perhitungan.

Prototipe Counter hasil pengembangan dengan fungsi penghitung debit secara otomatis memiliki kelebihan yaitu, menggantikan kertas pengukuran yang biasa digunakan pada *Counter* konvensional, sehingga dapat meningkatkan kemudahan bagi operator pengukuran debit di lapangan. Selain itu juga dapat mengurangi *human error* serta meningkatkan kecepatan dalam menghitung debit total dibandingkan dengan menghitung debit secara manual menggunakan kalkulator.

Prototipe ini adalah peralatan hidrologi siap pakai, buatan Indonesia dengan harga relatif murah dibandingkan dengan buatan luar negeri. Prototipe ini masih dalam penyempurnaan untuk mendapatkan paten dan perlu sosialisasi kepada produsen yang berminat memproduksi peralatan hidrologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akrom, I. F, Adiyani, L., Windatiningsih, D., dan Ginanjar, M. R. 2012. Pengembangan *Current Meter* dan Otomatisasi *Counter* untuk menunjang kualitas Data Hidrologi Dalam Rangka Inovasi Teknologi, *Kolokium Hasil Litbang, Pusat Litbang Sumber Daya Air*.
- Barnett, Richard H., Sarah Cox, dan Larry O’Cull. 2007. *Embedded C Programming and The Atmel AVR 2nd Edition*, Thomson Delmar Learning, Canada.
- Khan, M. A. Mahmood, K. dan Skogerboe, G. V. 1997, *Current Meter discharge measurements for steady and unsteady flow conditions in irrigation channels*, International Water Management Institute, IWMI Books No H009233

Tampubolon, Jimmy R. P., , *Current Meter (Alat Ukur Arah dan Kecepatan Arus Laut)*

(<http://www.ilmukelautan.com/instrumentasi-dan-hidroakustik/instrumentasi-kelautan>, diakses Maret 2012)

Pearson, C. H., *Rounding Errors in Excel*, (<http://www.cpearson.com/excel/rounding.htm>, diakses 30 september 2013)

Raharja Bayu, 2011, *Pengukuran Debit dan Pengambilan Sampel*, Balai Hidrologi dan Tata Air, Puslibang SDA, (<http://raharjabayu.wordpress.com/2011/06/13/pengukuran-debit-dan-pengambilan-sampel/>)

Triatmodjo, Bambang., 1995. *Hidrolika II*, Yogyakarta : Beta Offset.

Prajitno, 2005, *Program Komputer Untuk Menghitung Aktivitas Cuplikan Sistem Pencacah Kamar Pengion Merlin Gerin*, Ganendra, Vol. VIII, No. 2, Juli 2005

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Tim Laboratorium Kalibrasi, Balai Hidrologi dan Tata Air, Puslitbang Sumber Daya Air atas bantuannya dalam perakitan, masukan dan saran, sehingga dapat terwujudnya tulisan ini.