

A STUDY OF CHANNEL WATER CURRENT VELOCITY METER WITH HORIZONTAL AND VERTICAL AXIS PROPELLER TYPE

Rahmat Permana¹, Bambang Agus Kironoto², Istiarto²

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung Jl. Gegerkalong Hilir Ds.Ciwaruga Bandung 40012. Email: permana.rahmat@rocketmail.com

² Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas gadjah Mada Bulaksumur, Yogyakarta 55281

ABSTRAK

Current meter adalah salah satu alat ukur kecepatan air. Pada umumnya *current meter* yang ada di pasaran dibuat oleh pabrik-pabrik di luar negeri dan dalam negeri. Pada rancang bangun ini dibuat alat ukur kecepatan air di saluran dengan tipe propeller poros horisontal dan vertikal terbuat dari bahan resin yang diperkuat dengan bahan fiberglass, sensor putaran menggunakan read switch, pencatat putaran (counter) menggunakan panel meter dengan 7 segmen yang menampilkan 4 angka dan dilengkapi dengan pewaktu yaitu berupa timer switch dengan durasi maksimum 5 menit. Berdasarkan hasil yang didapat dengan penerapan berbagai bahan dan modul yang digunakan dalam rancang bangun ini dapat terintegrasi dengan baik. Current meter tipe propeller poros horisontal dapat beroperasi pada kisaran kecepatan 0,040 – 2,500 m/s dan tipe propeller poros vertikal dapat beroperasi pada kisaran kecepatan 0,100 – 1,250 m/s.

Kata kunci: *resin, fiberglass, read switch, panel meter, timer switch*

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Untuk mengetahui besarnya debit suatu saluran, salah satu cara yang sering dilakukan adalah dengan cara melakukan pengukuran langsung. Banyak peralatan yang dapat digunakan untuk mengukur debit aliran, yang diantaranya dengan menggunakan *current meter*. Debit aliran dapat diperoleh melalui pengukuran kecepatan dan luas tampang aliran. Pengukuran debit aliran pada suatu saluran sangat diperlukan untuk mengetahui potensi sumber daya air guna keperluan irigasi, rekayasa dan rekreasi.

Karakteristik saluran yang berbeda-beda menimbulkan permasalahan terhadap usaha pengukuran debit aliran. Hal ini diantaranya disebabkan alat ukur kecepatan aliran (*current meter*) tidak selalu tepat digunakan untuk tipe saluran tersebut. *Current meter* yang diproduksi pabrik memiliki keterbatasan kisaran kecepatan minimal yang harus dipenuhi. Selain itu minimnya keterampilan operator juga menjadi hambatan bagi keberhasilan pengukuran.

Salah satu alternatif solusi adalah rancang bangun *current meter* yang diusahakan sesuai kondisi saluran di Indonesia. Terdapat dua

macam *current meter* yang dirancang, dibuat dan selanjutnya dikaji yaitu tipe poros horisontal dan vertikal. Dua *current meter* ini diharapkan mampu mengukur kecepatan aliran secara efektif dalam jenis aliran dengan kisaran kecepatan tertentu.

I.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan menghasilkan sebuah prototipe alat ukur kecepatan air (*current meter*) yang dapat digunakan dalam survey pengukuran. Selanjutnya alat ukur yang dihasilkan dikalibrasi dan diuji validitasnya pada saluran Mataram.

I.3 Batasan Masalah

Agar penelitian tidak menyimpang dari tujuan pembatasan perlu dilakukan sebagai berikut ini.

1. *Current meter* yang dibuat direncanakan untuk kedalaman air 150 cm.
2. Daya listrik yang digunakan adalah arus DC 9 Volt.
3. *Propeller* yang dirancang dan dibuat berbentuk poros horisontal dan vertikal.
4. Panel meter (*counter*) atau pencatat putaran terdiri dari 7 segmen yang menampilkan 4 angka.
5. Diameter *propeller* untuk poros horisontal sebesar 12 cm dan vertikal 10 cm.

II. Tinjauan Pustaka

Rancang bangun alat ukur kecepatan aliran merupakan usaha menciptakan suatu alat yang murah namun tetap memenuhi kaidah keteknikan. Sebuah *current meter* yang ideal harus memiliki respon yang cepat dan konsisten dengan setiap perubahan yang terjadi pada kecepatan air. Indikator lain kinerja *current meter* yang lain adalah tingkat ketahanan-lamaan dan kemudahan dalam pemeliharaan. Faktor biaya juga sangat penting mengingat *current meter* produksi pabrik yang dijual di pasar belum sepenuhnya sesuai dengan karakteristik saluran di Indonesia.

Peneliti telah memulai merancang *current meter* ekonomis yang digunakan untuk mengukur kecepatan aliran di lokasi penelitian. Berikut rancang bangun yang telah dilakukan peneliti sebelumnya:

Rancangan Bangun *Current Meter*

Prajitno S (1994) merancang bangun digital *current meter* untuk mengukur kecepatan aliran air untuk sungai (saluran terbuka). Alat ini terdiri atas sensor kecepatan yang berupa baling-baling (*propeller*), sensor *optic*, pengolah data, rangkaian multiplek digit peraga, dan peraga 4 digit. Uji coba alat menunjukkan bahwa *digital current meter* yang dibuat bekerja untuk kecepatan aliran dari 0,073 m/s sampai 18,05 m/s. Kelebihan alat ini juga menyediakan skala dalam km/jam sebagai alternatif waktu pencatatan. Kesalahan maksimum pengukuran kecepatan aliran air alat ini hanya sebesar 17,7 %.

Alat Ukur Kecepatan Aliran Air

Current meter merupakan sebuah alat yang ditenggelamkan ke dalam air bergerak yang dilengkapi dengan rotor (komponen yang berputar) untuk mengetahui kecepatan aliran. Alat ini secara aktual mengukur kecepatan titik pengukuran arus air pada tampang saluran yang terdiri dari:

1. Rotor yaitu bagian yang berputar. Bagian ini diletakkan dimasukkan ke dalam aliran air.
2. Alat kalibrasi yang dapat menunjukkan validitas atau keandalan *current meter* tersebut.

Alat ini dapat didesain atau dioperasikan:

1. Dengan saklar/*switch* listrik yang digerakkan oleh baling-baling dan

gelombang listrik pendek satu arah yang dapat dideteksi dengan alat khusus atau *counter* yang tidak berada di dalam air, disambungkan dengan alat ukur arus melalui sebuah kabel listrik,

2. Dengan menggunakan generator arus D.C dengan ketepatan tinggi yang menyediakan voltase/tegangan listrik sesuai dengan kecepatan rotasi baling-baling. Sistem yang paling sering digunakan adalah sistem dengan saklar listrik.

Prinsip-prinsip Pengukuran

Bagian yang berputar karena aliran air menggerakkan sebuah sistem penunjuk yang memungkinkan jumlah perputaran "N", yang dilakukan dalam waktu "T", dapat dihitung atau dicatat.

Kecepatan aliran dihitung dari jumlah putaran baling-baling per detik, dan rumus untuk alat ukur arus

$$n = N/T. \quad (1)$$

Rumus ini merupakan hubungan antara kecepatan aliran air dimana alat ukur arus ditenggelamkan dengan parameter-parameter yang terdeteksi, yaitu jumlah putaran baling-baling "N", pada waktu tertentu "T".

Persamaan yang menghubungkan kecepatan air, v , dengan kecepatan putaran baling-baling secara teori adalah linear, dalam bentuk $v = kn$ ($k = \text{pitch propeller}$) tanpa terjadi gesekan.

Akan tetapi, karena terjadi gesekan mekanis dan kehilangan hidraulik, persamaan merupakan garis lengkung yang hampir-hampir menggambarkan garis lurus. Pengalaman menunjukkan bahwa garis lengkung dapat diperkirakan dengan satu atau lebih garis lurus, sehingga rumus kalibrasi secara efektif linear pada kisaran kecepatan tertentu dan dapat dinyatakan oleh satu atau lebih garis lurus yang ditulis dalam bentuk persamaan: $v = an + b$

dimana:

v = kecepatan aliran (m/s)

n = jumlah putaran *propeller* per detik

a = *pitch propeller* (m)

b = kecepatan "start/awal"

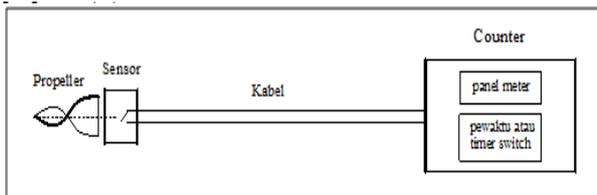
Koefisien-koefisien a dan b ditentukan melalui percobaan selama melakukan kalibrasi alat ukur (*current meter*).

III. Metode Penelitian

Proses rancang bangun dilakukan di *Workshop* Bandung, sebagai tempat pengujian per bagian dari rangkaian sistem sampai pekerjaan kalibrasi.

Rancangan *Current Meter*

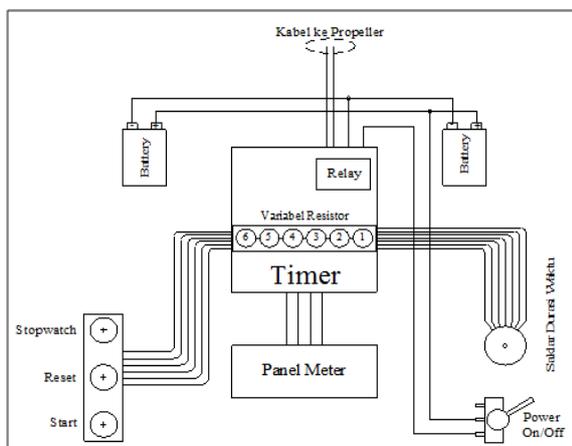
Desain rancang bangun alat ukur kecepatan aliran air (*current meter*) secara keseluruhan meliputi tiga bagian utama. *Propeller* merupakan bagian paling ujung dari desain alat yang berfungsi sebagai pendeteksi besarnya kecepatan aliran air. Komponen kedua berupa sensor yang berguna mendeteksi kecepatan putaran yang dihasilkan oleh *propeller*. Bagian selanjutnya berupa perekam putaran (*counter*), untuk menunjukkan secara visual banyaknya digit/angka putaran yang dihubungkan oleh suatu kabel ke bagian sensor. Seperti ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain rancang bangun *current meter*

Perancangan Pengabelan (*wiring*)

Pengabelan merupakan penghubung dari bagian-bagian komponen elektronik seperti sensor *propeller*, modul *timer switch*, panel meter/*counter*, *battery*, saklar-saklar dan sebagainya menjadi suatu rangkaian elektronik yang bersinergi sesuai dengan fungsi yang direncanakan, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram block pada *counter/ wiring counter*

IV. Hasil dan Pembahasan

Pengujian Hasil Rancangan

Current meter yang dirancang dan dibuat membutuhkan pengujian. Pengujian dilakukan agar unjuk kerja alat dapat diketahui. Jenis pengujian yang dilakukan sebagai berikut ini.

1. Kalibrasi alat *current meter*.

Pengujian kalibrasi bertujuan untuk menyesuaikan keluaran pengukuran terhadap besaran standar yang berlaku yang dilakukan setelah masing-masing komponen alat dirakit.

2. Pengujian pengukuran kecepatan di lapangan.

Pengujian pengukuran kecepatan bertujuan untuk melihat unjuk kerja alat *current meter* pada saluran nyata/lapangan (Saluran Mataram) dengan cara membandingkan hasil pengukuran kedua macam *propeller* satu terhadap lainnya.

Kalibrasi

Alat kalibrasi yang digunakan berupa saluran kalibrasi yang dilengkapi dengan kereta kalibrasi. Pengukuran kecepatan kereta (v) yang bergerak menunjukkan kecepatan relatif antara air dan *current meter*, dan pengukuran kecepatan putaran *propeller* pun dapat menyimpulkan persamaan untuk alat *current meter* dalam bentuk $n = N/T$. Kalibrasi *current meter* membutuhkan beberapa data hubungan antara kecepatan air dengan kecepatan putaran *propeller* dimana alat ukur ditenggelamkan. Adapun data yang diambil selama melakukan kalibrasi merupakan waktu tempuh (T) untuk mencapai banyaknya putaran tertentu (N), dengan kecepatan kereta yang tertentu pula (v).

Uji Pengukuran Lapangan

Uji pengukuran lapangan merupakan langkah terakhir kajian rancang bangun *current meter*. Masing-masing *propeller* mengukur lima kali secara bergantian dengan durasi waktu yang bervariasi 30; 40; 50; 60; 90; 120; 180; 240 dan 300 detik pada satu titik pengukuran di tengah saluran pada kedalaman 60% di Saluran Mataram. Kedalaman air di tengah-tengah saluran 65 cm. Uji ini bertujuan untuk melihat unjuk kerja masing-masing *current meter* terutama berkaitan dengan sensitifitas dan kestabilan pembacaan kecepatan. Dalam tahap ini juga dilakukan perbandingan hasil pengukuran dua macam *propeller* yang dibuat.

Hasil Kalibrasi *Current Meter* Poros Horizontal

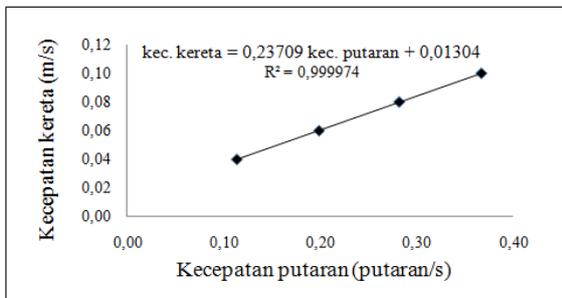
Data kalibrasi poros horizontal dan vertikal disajikan secara berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Data kalibrasi *propeller* poros horizontal

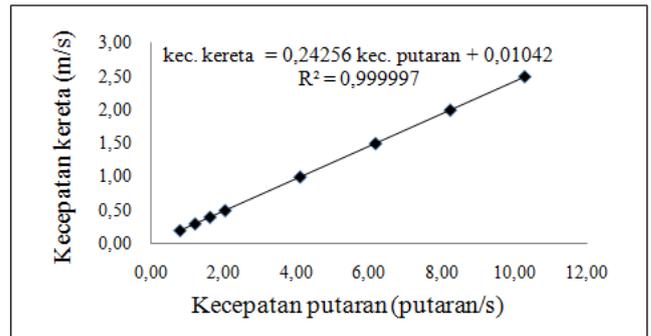
No	Kecepatan kereta (m/s)	Putaran (N)	Waktu (T) N putaran (detik)	Kecepatan putaran (n = N/T)	Kecepatan rerata kereta pada jarak 10 m (m/s)	Waktu tempuh 10 m (detik)
1	0,040	10	88,114	0,1135		
2	0,060	10	50,320	0,1997		
3	0,080	10	35,488	0,2828		
4	0,100	10	27,250	0,3766		
5	0,200	20	25,660	0,7794		
6	0,300	20	16,775	1,1923		
7	0,400	20	12,472	1,6046		
8	0,500	20	9,899	2,0204		
9	1,001	30	7,350	4,0825	1,001	9,991
10	1,501	30	4,873	6,1564	1,501	6,663
11	2,002	30	3,652	8,2157	2,002	4,995
12	2,502	30	2,923	10,2634	2,502	3,997

Pada tabel 1 terlihat kecepatan kereta dimulai pada kecepatan 0,040 m/s. Hal ini dikarenakan saat melakukan kalibrasi pada kecepatan kurang dari 0,040 m/s, *propeller* poros horizontal belum merespon (belum berputar). Fakta ini menunjukkan bahwa batas minimal kemampuan *propeller* mengukur arus adalah pada kecepatan 0,040 m/s.

Persamaan kecepatan *current meter* untuk $n \leq 0,47$ didapat dengan cara meregresi hubungan kecepatan putaran dengan kecepatan kereta yang dimulai dari nomor 1 sampai nomor 4, seperti yang ditampilkan pada Tabel 1 bagian yang diarsir dan untuk $n > 0,47$ didapat dengan cara meregresi mulai dari nomor 5 sampai nomor 12 pada Tabel 1 bagian yang tidak diarsir. Hasil regresi masing-masing dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Kurva regresi hubungan kecepatan putaran dengan kecepatan kereta *propeller* poros horizontal untuk $n \leq 0,47$.



Gambar 4. Kurva regresi hubungan kecepatan putaran dengan kecepatan kereta *propeller* poros horizontal untuk $n > 0,47$.

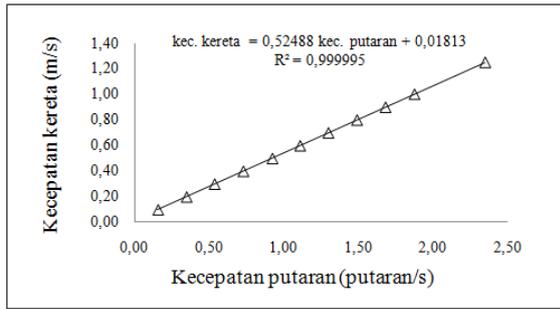
Hasil Kalibrasi *Current Meter* Poros Vertikal

Rumus persamaan kecepatan *current meter* poros vertikal didapat dengan cara meregresi hubungan kecepatan putaran dengan kecepatan kereta mulai dari nomor 1 sampai nomor 11 pada Tabel 2. Hasil regresinya ditampilkan pada Gambar 5. Pada Tabel 2 terlihat bahwa kecepatan kereta dimulai pada kecepatan 0,100 m/s.

Hal ini dikarenakan saat melakukan kalibrasi pada kecepatan kurang dari 0,100 m/s, *propeller* poros vertikal belum merespon (belum berputar). Fakta ini menunjukkan bahwa batas minimal kemampuan *propeller* vertikal dalam mengukur arus adalah pada kecepatan 0,100 m/s.

Tabel 2. Data kalibrasi *propeller* poros vertikal

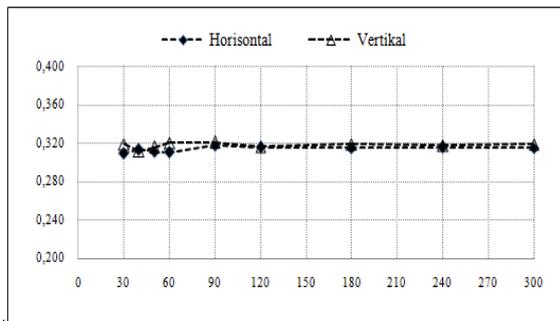
No	Kecepatan kereta (m/s)	Putaran (N)	Waktu (T) N putaran (detik)	Kecepatan putaran (n = N/T)	Kecepatan rerata kereta pada jarak 10 m (m/s)	Waktu tempuh 10 m (detik)
1	0,100	10	64,103	0,1560		
2	0,200	10	28,807	0,3471		
3	0,300	10	18,706	0,5346		
4	0,400	20	27,497	0,7274		
5	0,500	20	21,694	0,9219		
6	0,600	20	18,050	1,1080		
7	0,700	20	15,411	1,2978		
8	0,800	30	20,140	1,4896		
9	0,900	30	17,856	1,6801		
10	1,002	30	16,004	1,8745	1,002	9,979
11	1,251	30	12,772	2,3489	1,251	7,993



Gambar 5. Kurva regresi hubungan kecepatan putaran dengan kecepatan kereta poros vertikal

Hasil Uji Pengukuran Lapangan

Hasil pengujian lapangan kedua alat *current meter* disajikan dalam bentuk Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Kecepatan air rerata untuk berbagai durasi waktu pengukuran poros horizontal dan vertikal

Gambar 6 memberikan pemahaman bahwa hasil pengujian lapangan kedua alat *current meter* menunjukkan bahwa *current meter* poros horizontal memberikan kestabilan yang lebih baik dibandingkan dengan poros vertikal.

V.Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Telah dibuat alat ukur kecepatan air di sungai (*current meter*) tipe *propeller* poros horisontal dan vertikal dengan karakteristik sebagai berikut ini.

1. Rumus persamaan kecepatan tipe *propeller* poros horisontal.
 $v = 0,2371 n + 0,0130$ ini berlaku jika nilai $n \leq 0,47$ dan
 $v = 0,2426 n + 0,0104$ ini berlaku jika nilai $n > 0,47$ dengan batas kisaran kecepatan antara 0,040 – 2,500 m/s.

2. Rumus persamaan kecepatan tipe *propeller* poros vertikal.
 $v = 0,5249 n + 0,0181$ dengan batas kisaran kecepatan 0,100 – 1,250 m/s.
3. Alat ukur kecepatan air (*current meter*) tipe *propeller* poros horisontal lebih stabil dibandingkan dengan tipe *propeller* poros vertikal dengan durasi T 90 detik sampai 300 detik.

V.2 Saran

1. Berkaitan dengan sensitifitas pada kecepatan rendah dapat diperbaiki (dibuat lebih sensitif) dengan mengembangkan pada poros *propeller* agar hambatan geseknya lebih kecil. Ini mungkin bisa ditempuh dengan cara pada bantalan poros *propeller* menggunakan *bearing* dengan syarat pembuatannya lebih presisi dengan memanfaatkan mesin bor/bubut *computer numerical control (CNC)*. Sedangkan pada rancang bangun ini menggunakan peralatan tangan dan pemborannya dilakukan dengan sekala mata.
2. Perlu dikembangkan *current meter* tipe *propeller* poros horisontal dengan beberapa variasi diameter, kemiringan *blade/pitch propeller*, banyaknya *blade* untuk melihat unjuk kerja/karakteristik *propeller* tersebut sehingga kisaran kecepatan yang dapat diukur menjadi lebih lebar.
3. Untuk pengembangan lebih lanjut mengenai rancang bangun *current meter* perlu adanya kajian tentang hidrodinamika air supaya supaya hasil rancangannya lebih sempurna.

Daftar Pustaka

Ahmad, J., (2007): *Elektronik Dasar* www.salonnet.info/ebooks-pdf-doc-elektronika+dasar+html.15.30

Istiarto, (2009): *Hand Out Hidrometri Sungai*, Program Studi Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Istiarto, (2003): *Dikat Kuliah Statistik*, Program Studi Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

- Kironoto. B.A.,(2004): *Diktat Kuliah Model Hidrolika*, Program Studi Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Kironoto.B.A.,(2004): *Hand Out Hidrolika*, Program Studi Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Prajitno, S., (1994): *Digital Current Meter*, Alat Pengukur Aliran Air Untuk Sungai, ISSN 0852-002 X, PPI-KIM 1994, Tangerang.
- Rochmadi, (2010):, *Teknologi Polimer*, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- Sri Harto, BR., (2000):, *Hidrologi*, ISBN 979-861-24-1, Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Skeeter, V.L and Wylie, E.B, (1991): *Mekanika Fluida*, Edisi Delapan Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Skeeter, V.L and Wylie, E.B, (1991): *Mekanika Fluida*, Edisi Delapan Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Srivastava, A.C., (2006): *Teknik Instrumentasi*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Triatmodjo, B., (2009): *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.