

ABSTRACT

One of the problems in the management of irrigation system is water irrigation distribution accuracy, which is actually measured by discharge measurement structure. The government usually underestimates discharge measurement structure, especially its maintenance and rehabilitation. This condition will cause inaccurate discharge measurement. It is very important to study the preservation of the structure function accuracy.

Structure function preservation is required through periodical calibration. Current meter is inadequate or even not provided in an irrigation system. Stick floats, which have been calibrated in Hydraulics Laboratory of Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, is used for measuring water velocity in Surodadi secondary irrigation canal. Results of discharge measurement using depth variations are used for discharge coefficient calibration base of Cipoletti weir as one of the discharge measurement structure.

Result of the study show that deviation of float is 0.80 %, which is significantly less than standard deviation of ISO/TR 7178-1983 (E). Calibration shows that discharge coefficient of Cipoletti weir is 2.32, in compare to initial value, which is 1.86. The discharge coefficient of 2.32 can not be applied in other Cipoletti weirs due to different physical condition. Discharge coefficient changes because staf gauge setting is not vertical and the sharp-crested weir of Cipoletti degrades due to corrosion.

PENDAHULUAN

Saluran irigasi merupakan bagian dari sistem jaringan irigasi. Sistem jaringan irigasi terdiri atas bangunan sadap, saluran, bangunan pokok dan bangunan pelengkap. Bangunan pokok yang ada di dalam sistem tersebut merupakan bangunan pengatur dan pengukur jumlah air irigasi yang diperlukan oleh daerah layanan. Bangunan ukur yang ada dalam sistem jaringan irigasi dapat berupa bangunan ukur tetap (Cipoletti dan ambang lebar) dan bangunan ukur yang dapat diatur (Romijn). Bangunan ukur tersebut pada umumnya karena terendam air (baja pada bangunan ukur Cipoletti dan Romijn yang dipakai mengalami korosi), maka lama kelamaan dapat mengalami degradasi berupa penurunan keakuratan dalam pembacaan debit.

Juru pintu sebagai petugas lapangan harus mampu membaca dan mengetahui jumlah air irigasi yang diberikan kepada daerah layanannya setiap saat dengan cepat dan akurat. *Current meter* sebagai alat ukur kecepatan sangat diperlukan untuk mendukung pekerjaan juru pintu apabila bangunan ukur debit mengalami degradasi. Alat tersebut pada umumnya hampir pasti tidak tersedia di lapangan. Alat tersebut selain alat buatan pabrik juga perlu dijaga dan dipelihara agar dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Tidak tersedianya alat ukur tersebut dapat mengganggu kinerja juru pintu dalam mengalokasikan air irigasi ke wilayah kerjanya secara tepat jumlah. Juru pintu sebagai ujung tombak dalam kegiatan

pengaturan dan pembagian air irigasi perlu dibekali dengan alat ukur yang sederhana, dapat dibuat sendiri dan harus memberikan tingkat keakuratan yang tinggi. Pekerjaan pengukuran debit dengan alat yang sederhana tetapi akurat dapat dilakukan dengan penggunaan alat ukur kecepatan pelampung batang. Pekerjaan pengukuran debit dengan alat tersebut memerlukan waktu yang cukup lama dan dilakukan pada berbagai kondisi kedalaman air. Pemberian informasi debit air irigasi yang cepat dan akurat sangat dibutuhkan manakala terjadi penggiliran pemberian air tetapi disisi lain terjadi ketidak akuratan pembacaan debit pada bangunan ukur debit. Penelitian yang terkait dengan kalibrasi bangunan ukur debit perlu dilakukan secara periodik pada bangunan ukur debit yang dipandang telah mengalami degradasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Bangunan ukur debit ambang tajam adalah bangunan ukur yang banyak dipasang di jaringan irigasi di Indonesia. Jenis bangunan ukur yang dipasang tersebut pada umumnya berupa bangunan ukur Cipoletti. Cipoletti adalah modifikasi dari bangunan ukur empat persegi panjang dengan ambang tajam dan berbentuk trapesium dengan sisi-sisi miringnya mempunyai kemiringan 1:4 (Bos, 1989). Ambang Cipoletti berupa ambang tajam dengan tebal tidak boleh lebih dari 2 mm.

Debit yang lewat bangunan ukur dihitung dengan Persamaan (1).

¹ Dr. Ir. Fatchan Nurrochmad, M.Agr., Dosen Jurusan Teknik Sipil FT UGM

$$Q = 2/3 \times Cd \times Cv \times (2g)^{0.5} \times b \times h^{1.5} \quad (1)$$

dengan Cd dan Cv merupakan koefisien debit dan kecepatan. Koefisien tersebut secara praktis susah ditentukan sehingga Persamaan 1 dapat disederhanakan menjadi Persamaan (2).

$$Q = 1,86 \times b \times h^{1.5} \quad (2)$$

Q adalah debit (m^3/det), g adalah gaya tarik bumi (m/det^2), b dan h berturut-turut adalah lebar (m) dan kedalaman air (m) di bangunan ukur debit Cipoletti. Gambar 1 menunjukkan bangunan ukur debit Cipoletti. Bangunan tersebut pada umumnya dipasang pada saluran sekunder yang mempunyai tinggi hilang cukup besar.

Pelampung dari bahan dasar apa saja pada prinsipnya dapat digunakan untuk mengukur kecepatan aliran. Smoot, 1978 (dalam Sri Harto, 2000) menyarankan bentuk pelampung seperti terlihat pada Gambar 2.

Besaran kecepatan yang diperoleh dengan menggunakan pelampung tersebut perlu dikoreksi dengan koefisien aliran α . Nilai α tergantung dari jenis pelampung yang digunakan. Horst, 1979 (dalam Sri Harto, 2000) mengusulkan nilai α untuk pelampung permukaan (A) berturut-turut sebesar 0,85 (kondisi normal), 0,60 (kedalaman kurang dari 0,5 m) dan

0,90 (kedalaman 3-4 m). Nilai α untuk pelampung dengan pemberat (B) dan pelampung batang (C) berturut-turut sebesar 1 dan berkisar antara 0,85 – 1,00. Pengukuran kecepatan dengan satu titik pada satu kedalaman menurut ISO/TR 7178-1983 (E) mempunyai deviasi standar kesalahan rata-rata adalah 8,2%.

PELAKSANAAN PENELITIAN

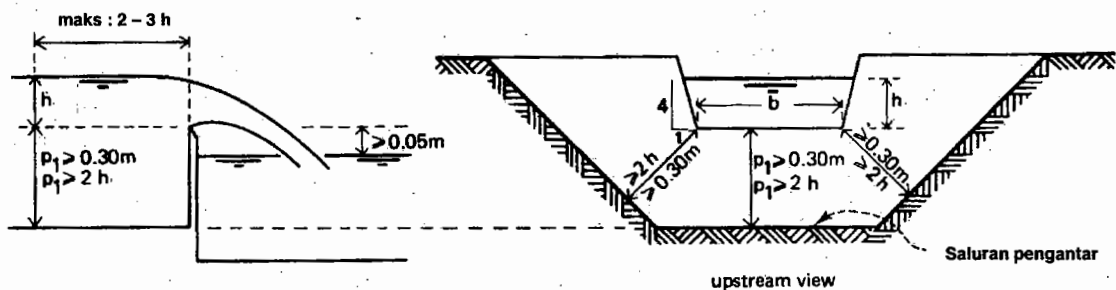
Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidraulika JTS FT UGM dan di lapangan yaitu di daerah irigasi Rambut, kabupaten Tegal, Jawa Tengah, tepatnya di saluran sekunder Surodadi di hilir BRt-4. Saluran tersebut telah dilengkapi dengan bangunan ukur debit Cipoletti.

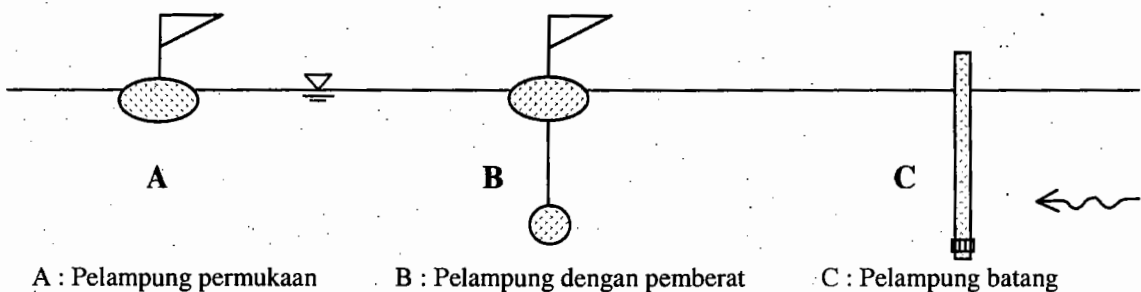
Alat Penelitian

Penelitian laboratorium dilakukan dengan alat-alat sebagai berikut ini.

1. Saluran kaca komplit dengan pompa air
2. Current meter merk Armfield tipe 403 dengan nomor seri 2211 buatan Inggris tahun 2003 yang mampu mengukur aliran sampai 3 m/det.
3. Pelampung batang.
4. Pencatat waktu



Gambar 1. Dimensi Bangunan Ukur Debit Cipoletti



Gambar 2. Jenis-jenis Pelampung.

Jalan Penelitian

Beberapa pelampung batang dengan berbagai macam dimensi dikalibrasi di laboratorium. Pelampung batang yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dari kayu Sengon dengan ujung diberi pemberat mur dan dikalibrasi di saluran kaca. Saluran kaca yang dipakai di dalam penelitian ini mempunyai panjang 10 m, lebar 20 cm dan tinggi 50 cm dengan tampang segi empat (lihat Gambar 3). Saluran kaca dialiri air dengan pompa sampai mencapai kedalaman air 40 cm. Pompa dihidupkan beberapa menit sehingga terjadi aliran konstan di dalam saluran kaca. Pelampung batang dialirkan ke dalam saluran kaca dan dilakukan pengukuran kecepatan dengan mencatat waktu tempuh dari titik A ke titik B yang berjarak 4 m. Pada waktu bersamaan pada kedalaman sesuai kedalaman ujung pelampung, aliran air juga diukur dengan *current meter*.

Penggunaan mur sebagai pemberat pelampung batang dimaksudkan agar supaya pelampung tersebut dapat mengapung secara tegak lurus arah aliran dan masih ada bagian batang yang terlihat di permukaan. Pelampung yang dicoba dalam penelitian ini dibuat dengan berbagai dimensi. Data pelampung batang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Pelampung Batang

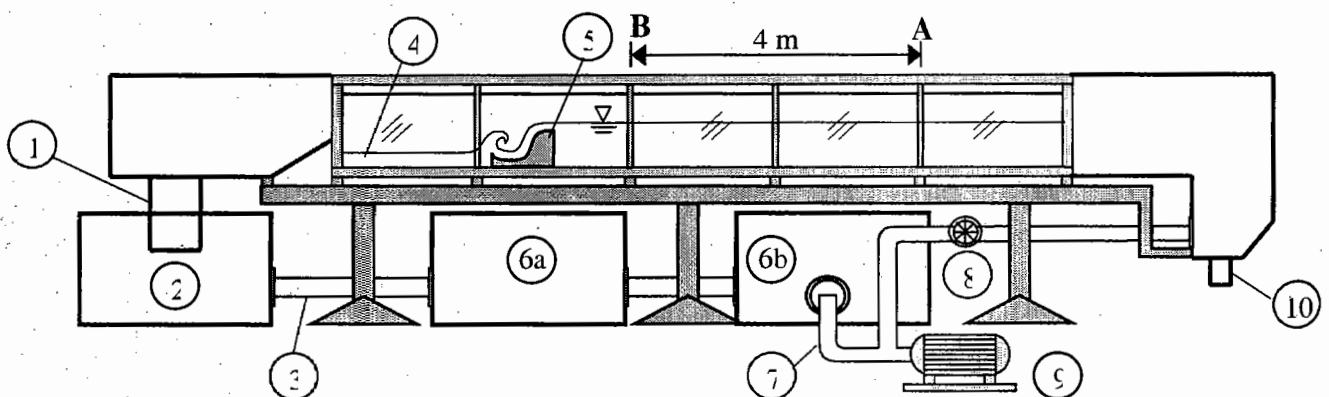
No.	Panjang pelampung (cm)	Pemberat (gram)	Panjang di atas permukaan (cm)
1	10	2,000	2,000
2	15	2,400	2,400
3	20	3,000	2,500
4	30	4,000	2,500

Hasil pengukuran kecepatan aliran dengan pelampung batang dan *current meter* di saluran kaca dapat dilihat pada Tabel 2. Deviasi dalam Tabel 2 tersebut adalah selisih antara pembacaan kecepatan pelampung batang dengan *current meter* dibagi dengan pembacaan kecepatan dengan *current meter*.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran dengan Pelampung batang dan *Current meter* di Saluran Kaca

No.	Panjang Pelampung (cm)	Pelampung batang (m/det)	<i>Current Meter</i> (m/det)	Deviasi (%)
1	10	0,246	0,243	1,234
2	10	0,252	0,249	1,204
3	10	0,250	0,245	2,040
4	15	0,248	0,250	0,800
5	15	0,244	0,240	1,666
6	15	0,245	0,251	2,390
7	20	0,252	0,242	4,132
8	20	0,247	0,244	1,229
9	20	0,253	0,245	3,265
10	30	0,248	0,238	4,201
11	30	0,246	0,236	4,237
12	30	0,247	0,239	3,347

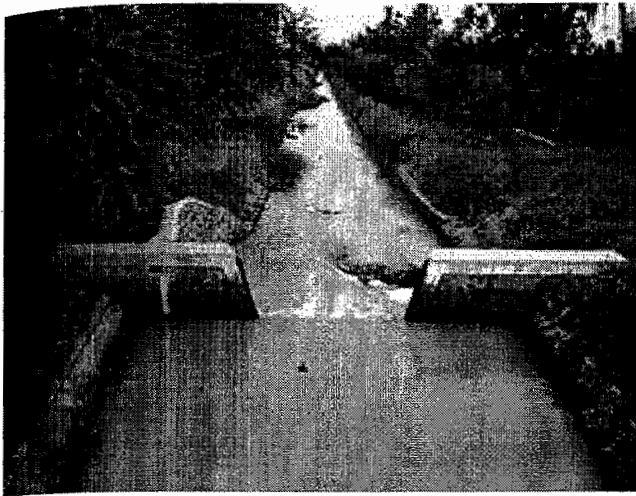
Pelampung batang yang dipakai di lapangan dipilih dari pelampung batang nomor 4, 5 dan 6 dengan deviasi yang paling kecil yaitu nomor 4. Pelampung nomor 4 tersebut dipakai sebagai alat ukur kecepatan aliran di hilir bangunan ukur Cipoletti (lihat Gambar 4).



Keterangan :

1. Pipa pembuangan (diameter \pm 22 cm)
2. Bak penampung (1,4 m x 1 x 1 m)
3. Saluran pipa (diameter 30 cm)
4. Saluran persegi (0,40 x 0,31 x 10 m)
5. Pelimpas
- 6a, 6b. Bak penampung (0,7x0,6x1,7 m)
7. Saluran pipa (diameter \pm 10 cm)
8. Kran pengatur aliran
9. Pompa
10. Pipa pembuang (diameter \pm 6 cm)

Gambar 3. Saluran Kaca Untuk Kalibrasi Pelampung Batang



Gambar 4. Bangunan Ukur Debit Cipoletti di Saluran Sekunder Surodadi.

Pengukuran kecepatan aliran dengan pelampung batang dilakukan pada satu tampang saluran di tiga titik (kiri, tengah dan kanan). Pengukuran di tiga titik tersebut dilakukan berulang-ulang untuk kedalaman air yang berbeda. Pengukuran tersebut dilakukan pada tgl. 19 s.d. 22 Nopember 2003 (Nurrochmad, 2003) sehingga diperoleh variasi debit sebagai fungsi kedalaman air di bangunan ukur debit Cipoletti. Data terukur selanjutnya dianalisis sehingga memenuhi persamaan yang sesuai dengan rumus bangunan ukur debit Cipoletti yaitu berupa *power equation*. Bangunan ukur debit Cipoletti yang terpasang di saluran sekunder Surodadi merupakan alat pengukur debit yang perlu dikalibrasi berkenaan dengan kondisi saluran dan bangunan yang telah mengalami degradasi karena umur.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

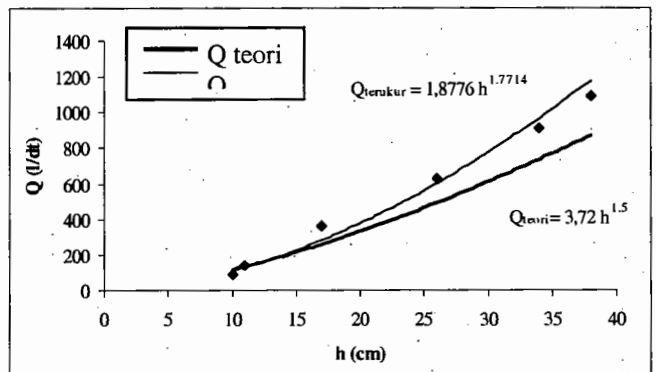
Pelampung batang yang telah diuji di laboratorium sebanyak 4 buah (panjang 10, 15, 20 dan 30 cm) seperti terlihat pada Tabel 2, dapat dikatakan mempunyai keakuratan yang tinggi. Hal ini dapat dilihat dari deviasi yang terjadi dengan alat ukur *current meter* masih di bawah 5%. Nilai ini masih lebih rendah dari standar deviasi yang telah ditetapkan dalam ISO/TR 7178-1983 (E). Pelampung batang terpilih telah dipakai di lapangan untuk mengukur debit di bagian hilir bangunan ukur Cipoletti yang akan dikalibrasi. Hasil pengukuran debit di saluran sekunder Surodadi di hilir bangunan ukur debit Cipoletti dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Pengukuran Debit di hilir Bangunan Ukur Cipoletti.

No	h (cm)	Qukur (l/dt)
1	10	72,841
2	11	109,457
3	17	292,907
4	26	502,179
5	34	726,410
6	38	877,735

Pembahasan

Hubungan antara debit (Q) dan h berdasarkan data pada Tabel 3 dapat diturunkan suatu persamaan seperti ditunjukkan pada Persamaan 3. Gambar 5 merupakan plotting data debit terukur dan debit teori.



Gambar 5. Hubungan Antara Debit Terukur dan Teori.

Debit terukur tersebut selanjutnya dipakai sebagai kalibrator untuk debit yang lewat bangunan ukur Cipoletti. Persamaan (3) merupakan *power equation* hasil pengukuran langsung di lapangan.

$$Q_{\text{terukur}} = 1,877 \times h^{1,7714} \quad (3)$$

Pangkat dari kedalaman (h) pada Persamaan (3) di atas perlu diubah sesuai dengan pangkat pada Persamaan 2. Persamaan (4) merupakan persamaan baru dari Persamaan (3), sehingga konstanta a perlu dihitung.

$$Q = a \times h^{1,5} \quad (4)$$

Kalibrasi yang dimaksud dalam analisis ini adalah penyesuaian konstanta 1,86 pada Persamaan (2) dengan konstanta a yang akan dicari. Kalibrasi dilakukan dengan meminimumkan jumlah kuadrat dari selisih antara Persamaan (2) dan (4). Proses ini dilakukan dengan mendefersialkan jumlah kuadrat

dari selisih tersebut ke a , sehingga selisih antara Persamaan (2) dan (4) adalah $Q - (a \times h^{1.5})$.

Jumlah kuadrat dari selisih tersebut selanjutnya dideferensialkan ke a seperti ditunjukkan pada Persamaan (5) dan harus bernilai minimum.

$$\frac{d}{da} \sum_{i=1}^k (Q_i - a \times h_i^{1.5})^2 \quad (5)$$

Persamaan (5) akan menghasilkan besaran nilai a minimum seperti ditunjukkan pada Persamaan (6).

$$a = \frac{\sum_{i=1}^k h_i^{1.5} Q_i}{\sum_{i=1}^k h_i^3} \quad (6)$$

Nilai a pada Persamaan (6) disubstitusikan ke Persamaan (3) dengan memasukkan nilai h sesuai dengan pengukuran. Besarnya a dapat dicari dengan bantuan "solver" yang ada pada paket program excel, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Q_{terukur} pada Tabel 4 di atas menghasilkan nilai a sebesar 4,65, sehingga Persamaan (4) dapat ditulis menjadi Persamaan (7).

$$Q_{\text{terukur}} = 4,65 h^{1.5} \quad (7)$$

Nilai a pada Q_{teori} sebesar 3,72 ($2 \times 1,86$) perlu dikalibrasi menjadi 4,65 ($2 \times 2,32$) seperti pada Persamaan (7). Lebar dasar bangunan ukur debit Cipoletti pada studi ini adalah 2 m, sehingga koefisien debit pada bangunan ukur tersebut dikalibrasi dari 1,86 menjadi 2,32. Penentuan secara tepat koefisien debit tersebut akan selalu tergantung pada kondisi saluran. Saluran Surodadi merupakan saluran yang berbentuk trapesium dengan dasar tanah asli dan tebing saluran diberi pasangan batu kali. Kondisi peilschaal yang tidak vertikal dan baja pada bangunan ukur debit Cipoletti telah mengalami korosi, maka besaran nilai koefisien debit pada bangunan tersebut

perlu diubah menjadi 2,32. Rumus debit secara umum sebagai fungsi kecepatan dan luas tampang saluran akan selalu tergantung pada bahan saluran yang sangat bervariasi.

Rumus kecepatan yang dikemukakan oleh Strickler, Manning dan Chezy selalu tergantung pada jenis bahan saluran, sehingga penggunaan pelampung batang yang sudah teruji atau dikalibrasi di laboratorium akan memberikan besaran koefisien debit yang berbeda. Kalibrasi yang telah dilaksanakan pada bangunan ukur debit Cipoletti pada studi ini dan telah menghasilkan koefisien debit sebesar 2,32 tidak dapat serta merta diterapkan pada bangunan ukur debit yang lain tanpa melakukan kalibrasi. Perubahan besaran koefisien debit pada studi ini ditengarai dengan adanya pemasangan peilschaal yang miring (lihat Gambar 4), dan ambang tajam pada baja siku yang dipasang telah mengalami degradasi (perubahan bentuk karena korosi).

KESIMPULAN

Hasil penelitian di atas dapat memberikan kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Pelampung batang dengan konstruksi dan bahan yang sederhana seperti ditunjukkan di atas dapat dipakai oleh juru pintu sebagai alat ukur kecepatan di saluran irigasi dengan cepat, akurat, murah dan dapat dibuat sendiri.
2. Pelampung batang yang dipakai dalam studi ini hanya diperuntukkan bagi saluran dengan kedalaman kurang dari 0,50 meter, sehingga untuk kedalaman di atas 0,50 meter perlu dibuat pelampung batang dengan dimensi yang berbeda dan perlu dikalibrasi terlebih dahulu.
3. Koefisien debit pada bangunan ukur debit Cipoletti di hilir bangunan bagi BRT-4 dikalibrasi dari 1,86 menjadi 2,32.

Tabel 4. Perhitungan Nilai a

No	h (cm)	Q terukur (L/dt)	$h^{1.5}$	h^3	$h^{1.5}Q$
1	10	91,051	31.623	1000	2879.285
2	11	136,822	36.483	1331	4991.654
3	17	366,134	70.093	4913	25663.356
4	26	627,723	132.575	17576	83220.067
5	34	908,013	198.252	39304	180015.724
6	38	1097,169	234.248	54872	257009.350
				118996	553779.400

$$a = \frac{553779,4}{118996} = 4,65$$

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Pemerintah Kabupaten Tegal yang telah memberikan ijin lokasi penelitian di daerah irigasi Ciperu, juga kepada saudari Santi ST, yang telah membantu memberikan fasilitas penelitian, saudara Pandu ST, Joko Samiyono ST, Ryan ST dan Dian ST yang telah membantu dalam proses pelaksanaan penelitian dan pengolahan data. Kepada Prof. Dr. Ir. Sri Harto, Br. Dip.H dan Dr.Ir. Djoko Legono, penulis ucapkan terimakasih atas komentar dan saran yang diberikan dalam penyusunan naskah publikasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bos, M.G., 1989, *Discharge Measurement Structures*, ILRI Publication 20.
- ISO Central Secretariat, 1983, *Measurement of Liquid Flow in Open Channels*, hal.498-499.
- Nurrochmad, F, 2003, Kalibrasi Alat Ukur Debit Kali Rambut dan Kali Cacaban Kabupaten Tegal, hal III-6.
- Sri Harto, Br, 2000, Hidrologi Teori Masalah dan Penyelesaian, Nafiri Offset.