

JURNAL TEKNIK SIPIL
MACCA

Kajian Koefisien Kekasaran Manning (n) Pasangan Batu dan Beton Berdasarkan Kuantifikasi Kekasaran Hidrolis (Studi Kasus Daerah Irigasi Wawotobi Kab. Konawe Sultra)

Muh. Tahir¹, Ratna Musa²

¹Pascasarjana Magister Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo KM 05 Makassar, Sulawesi Selatan
Email: tahir_kdi11@yahoo.com

²Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo KM 05 Makassar, Sulawesi Selatan
Email: ratmus_tsipil@ymail.com

ABSTRAK

Jaringan Irigasi Wawotobi adalah irigasi teknik yang mengambil air dari daerah aliran sungai Konawehea. Kondisi jaringan irigasi Wawotobi mulai menurun fungsinya dan kapasitas aliran sehingga air tidak dapat terdistribusi secara merata sampai ke bagian hilir. Persamaan Manning merupakan rumus yang banyak digunakan untuk menghitung kapasitas aliran saluran terbuka dengan mengukur kecepatan aliran dan menghitung koefisien kekasaran Manning. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh kecepatan aliran, menghitung nilai koefisien kekasaran Manning (n) saluran pasangan batu dan beton pada saluran Induk dan sekunder. Variabel yang diamati dan diukur yaitu lebar saluran, lebar puncak/atas saluran, lebar dasar saluran, kedalaman air saluran, bentuk profil melintang saluran, kecepatan aliran, kemiringan saluran, dan deskripsi saluran. Metode yang digunakan adalah metode survei dan penentuan titik pengukuran dan pengamatan dengan purposive sampling yang dianalisis dengan persamaan Manning. Nilai koefisien kekasaran saluran Induk dan Sekunder Wawotobi pada bagian penampang saluran pasangan batu adalah 0,021 dan penampang saluran pasangan beton adalah 0,019.

Kata Kunci: Kekasaran saluran, Persamaan Manning, Saluran Wawotobi

ABSTRACT

The Wawotobi Irrigation Network is an irrigation technique that takes water from the Konawehea watershed. The condition of the Wawotobi irrigation network begins to decline in function and flow capacity so that water cannot be distributed evenly downstream. Manning's equation is a formula that is widely used to calculate open channel flow capacity by measuring flow velocity and calculating the Manning roughness coefficient. The purpose of this study was to determine the effect of flow velocity, calculate the value of the roughness coefficient of Manning (n) channel masonry and concrete in the main and secondary channels. Variables observed and measured were channel width, channel peak / top width, channel base width, channel water depth, channel cross profile profile, flow velocity, channel slope, and channel description. The method used is the survey method and the determination of measurement and observation points by purposive sampling which is analyzed by the Manning equation. The roughness coefficient of the Main and Secondary channels of Wawotobi in the cross section of the stone pair channel is 0.021 and the cross section of the concrete pair channel is 0.019.

Keywords: Channel Roughness, Manning equation, Wawotobi channels

1. Pendahuluan

Latar belakang

Kecepatan aliran air yang mengalir melalui saluran primer, sekunder dipengaruhi oleh kekasaran, kemiringan dan ukuran saluran yang dibuat. Pengaruh kekasaran saluran ini dinyatakan dalam satuan nilai yang disebut koefisien kekasaran atau konstanta kekasaran. Koefisien kekasaran atau konstanta kekasaran bergantung kepada faktor-faktor, ketidakrataan permukaan saluran, trase, vegetasi (tetumbuhan) dan sedimen.

Faktor penghambat (koefisien kekasaran), sangat mempengaruhi kecepatan rata-rata aliran air dalam saluran dan juga secara langsung mempengaruhi debit air di dalam saluran. Semakin kasar permukaan suatu saluran maka akan semakin kecil kecepatan di saluran, untuk itu perlu diketahui nilai koefisien kekasaran, kecepatan maupun faktor penghambat saluran, sehingga dapat diatur debit air yang mengalir sesuai kebutuhan air oleh tanaman.

Penentuan koefisien kekasaran merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan pendistribusian debit aliran yang telah direncanakan pada saluran terbuka, karena kekasaran memberi efek hambatan terhadap laju aliran air, hal itu juga akan berpengaruh terhadap debit dan efisiensi penyaluran airnya. Cara untuk menentukan koefisien kekasaran saluran telah diperkenalkan oleh Manning dan Chezy melalui nilai kekasaran Manning dan konstanta Chezy (Bazak, 1999).

Untuk meningkatkan fungsi kinerja Jaringan irigasi Wawotobi dan pemanfaatan sumber daya air secara optimal, salah satu faktor penting adalah menentukan koefisien kekasaran saluran berdasarkan kuantifikasi kekasaran hidrolis, dalam mengevaluasi kembali dimensi penampang saluran existing Induk dan saluran existing Sekunder, sehingga kebutuhan dimana besarnya debit yang mengalir dalam saluran disesuaikan luas areal rencana dengan

jumlah kebutuhan tanaman. Hal inilah yang harus diperhatikan dalam pengelolaan sumber daya air sehingga tidak terjadi kelebihan dan kekurangan jumlah air dan seluruh masyarakat pengguna air dapat memanfaatkan air dalam kondisi apapun.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh kecepatan pada saluran pasangan batu, dan beton berdasarkan kuantifikasi kekasaran hidrolis.
2. Berapa besar koefisien kekasaran Manning pada kondisi saluran pasangan batu dan beton pada jaringan irigasi Wawotobi Kabupaten Konawe Provinsi Sulawesi Tenggara.

Tujuan Penelitian

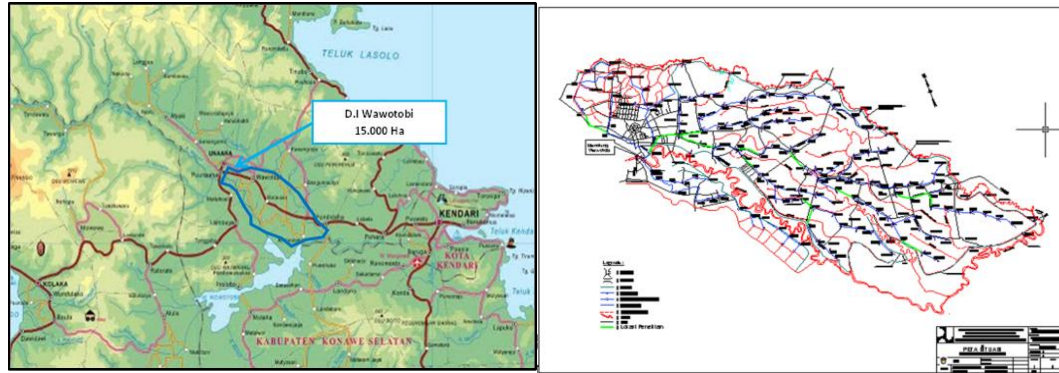
1. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan aliran pada saluran pasangan batu dan beton berdasarkan analisa kekasaran hidrolis.
2. Untuk mengetahui besarnya nilai koefisien kekasaran Manning (n) pada kondisi saluran pasangan batu dan beton berdasarkan data hasil pengukuran kecepatan aliran pada saluran Induk dan saluran Sekunder jaringan irigasi D.I Wawotobi.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dapat ditempuh selama 1,5 jam perjalanan dari Kendari kearah barat sejauh ± 70 km sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.1. Wilayah areal studi tersebar pada tujuh (7) kecamatan yaitu Kecamatan Unaaha, Kecamatan Wawotobi, Kecamatan Wonggeduku, Kecamatan Pondidaha, Kecamatan Tongauna, Kecamatan Uepai dan Kecamatan Lambuya.

Penelitian ini peneliti mengambil lokasi penelitian pada Saluran Induk dan Saluran Sekunder daerah Irigasi D.I Wawotobi pada konstruksi pasangan batu dan beton yang sumber airnya berasal dari Bendug Wawotobi.



Gambar 1. Peta Lokasi penelitian dan Peta Situasi D.I Wawotobi

2.2 Jenis Dan Sumber Data

Bahan-bahan yang digunakan adalah deskripsi jaringan irigasi diperoleh dari dinas PSDA (Pengelolaan Sumber Daya Air), Data sekunder adalah data yang diperoleh melalui studi pustaka juga melalui perpustakaan, peta Situasi dan skema jaringan irigasi, gambar long-cross section dimensi saluran Induk dan Sekunder D.I Wawotobi serta data dokumen laporan pelaksanaan jaringan irigasi D.I Wawotobi. Data primer dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dengan observasi langsung ke lapangan. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut :

- Flow meter/Current meter, alat ukur arus tipe baling-baling dengan Rotor berporos Horizontal, Digunakan untuk menghitung kecepatan aliran saluran.
- Stopwatch, Untuk menghitung waktu pada saat memulai dan mengahiri pengukuran yang berlangsung.
- Meteran, Digunakan untuk mengukur Lebar saluran, Panjang pias, dan panjang segmen, dan bak ukur survey untuk pengukuran kedalaman air disaluran.
- Tali, Digunakan untuk menentukan titik pengukuran persegmen, juga digunakan untuk batas memulai dan akhir pengukuran dengan pelampung.
- Kayu atau bahan lain yang terapung, Digunakan untuk mengukur kecepatan aliran permukaan.
- Camera, Digunakan untuk pengambilan gambar Dokumentasi.
- Formulir survey, Digunakan untuk pencatatan hasil perhitungan kecepatan aliran. Formulir yang digunakan dibuat sesuai kebutuhan.

- Alat Tulis, Untuk Mencatat Setiap Kegiatan Survey/Penelitian yang berlangsung.

2.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode survei dan penentuan titik pengukuran dan pengamatan berdasarkan pertimbangan tertentu. Variabel yang diamati dan diukur pada setiap titik pengamatan dalam penelitian ini adalah lebar dasar saluran, lebar atas/muka air saluran, kedalaman air saluran, keliling basah, jari-jari hidrolis, kemiringan saluran, kecepatan aliran dan koefisien kekasaran Manning dengan kondisi saluran yang berbeda yaitu pada saluran pasangan batu dan saluran pasangan beton. Selain itu diamati juga secara visual bahan penyusun saluran. Saluran yang diteliti merupakan saluran Induk dan Sekunder Wawotobi.

Ditetapkan lokasi pengukuran saluran irigasi pada bagian lurus saluran. Diukur lebar dan panjang saluran, dihitung luas penampang basah saluran, pengukuran kecepatan aliran dengan menggunakan alat Current meter atau metode pengukuran dengan pelampung yang biasa digunakan pada saat banjir dimana pengukuran dengan cara konvensional tidak mungkin dilaksanakan karena faktor peralatan dan keselamatan tim pengukur. Dihitung kecepatan rata-rata dan kecepatan maximum aliran pada saluran. Besarnya nilai kecepatan aliran kritis akan menentukan terjadi atau tidaknya pengendapan atau penggerusan pada saluran.

2.4 Pengukuran Kecepatan Aliran

Pengukuran kecepatan aliran dapat menggunakan metode-metode di bawah ini :

a. Pengukuran Dengan Current Meter

Kecepatan aliran yang diukur dengan alat ukur arus merupakan kecepatan aliran rata-rata yang diperoleh dari hasil pengukuran

kecepatan aliran beberapa titik. Pelaksanaan pengukuran tergantung pada kedalaman aliran, lebar aliran dan sarana yang tersedia.

Tabel 1. Pengukuran dan Perhitungan Kecepatan Aliran dengan Current meter

Dalam saluran (m)	Dalam pengukuran	Perhitungan kecepatan rata-rata
0 – 0.6	0.6 d	$V = V_{0.6}$
0.6 - 3	0.2 d dan 0.8 d	$V = 0.5 (V_{0.2} + V_{0.8})$
3 – 6	0.2 d, 0.6 d dan 0.8 d	$V = 0.25 (V_{0.2} + V_{0.6} + V_{0.8})$

Sumber : Hidrologi Terapan, Triatmodjo

dimana: d = kedalaman pengukuran; V = kecepatan (m/detik)

Kecepatan aliran dengan alat Flow Meter dihitung berdasarkan jumlah putaran baling-baling per waktu putarannya, (N = putaran/dt).

Kecepatan aliran, $V = aN + b$(1)

dimana:

V = kecepatan aliran (m/det)

a,b = konstanta yang biasanya telah ditentukan dari pabriknya atau ditentukan dari kalibrasi setelah alat

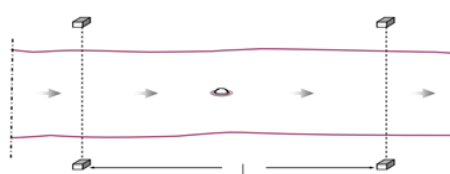
ukur arus digunakan sampai periode waktu tertentu.

N = jumlah putaran (n/detik),

n = jumlah putaran alat

b. Pengukuran Dengan Pelampung

Pengukuran debit menggunakan alat pelampung pada prinsipnya sama dengan metode konvensional, hanya saja kecepatan aliran diukur dengan menggunakan pelampung.



Gambar 2. Ilustrasi pelepasan pelampung di saluran irigasi

Menghitung kecepatan aliran air dengan menggunakan rumus:

$$V = L / t, \text{(2)}$$

dimana :

V = kecepatan aliran air saluran (m/detik)

L = jarak antara daerah penampang I dengan II (meter)

t = waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak (detik)

$$Q_1 = \bar{V}_i \left(\frac{A_{1i} + A_{2i}}{2} \right) \text{(3)}$$

$$V_i = k \cdot V_{pi} \text{(4)}$$

$$V_{pi} = \frac{L_i}{t_i} \text{(5)}$$

Dimana :

Q = Debit seluruh penampang (m³/detik)

V_i = Kecepatan rata-rata pada bagian luas penampang basah ke i (m/det)

V_{pi} = Kecepatan pelampung di lintasan ke i (m/detik)

L_i = Panjang lintasan pelampung di lintasan ke i

T_i = Lama lintasan pelampung ke i (detik)

A_{1i} = Luas bagian penampang basah ke i bagian hulu

A_{2i} = Luas bagian penampang basah ke i bagian hilir

Kecepatan rata - rata didekati dengan pengukuran kecepatan permukaan dengan suatu koefisien yang besarnya tergantung dari perbandingan antara lebar dan

kedalaman air. Pada pelampung tangkai koefisien kecepatan dapat dihitung dengan rumus Francis :

$$k = \frac{V_i}{V_{pi}} = 1 - 0,116(\sqrt{1 - \alpha} - 0,1) \dots\dots\dots(6)$$

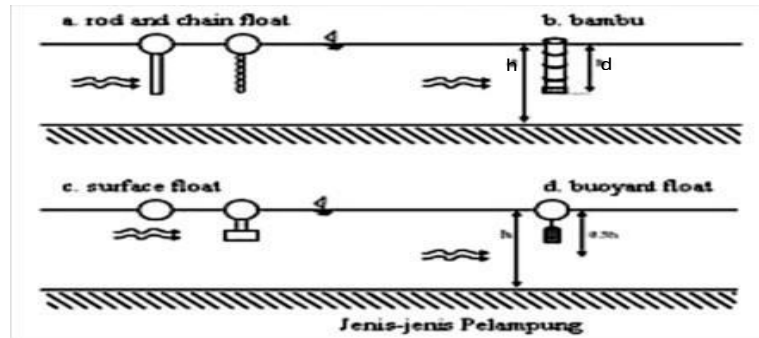
Dimana :

k = koefisien pelampung

V_i = kecepatan rata-rata

V_{pi} = kecepatan pelampung

α = kedalaman tangkai (d) per kedalaman air (h) yaitu kedalaman bagian pelampung yang tenggelam dibagi kedalaman air



Gambar 3. Pengukuran dengan Pelampung

2.5 Luas Penampang Aliran

Ada dua cara untuk menghitung luas penampang melintang yaitu:

a. Mean Section Method

Luas penampang basah segmen 1-2 :

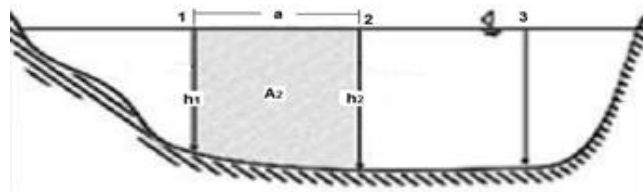
$$A_2 = \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) * a \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

h_1 = kedalaman saluran pada titik 1

h_2 = kedalaman saluran pada titik 2

a = lebar segmen antara titik 1 ke titik 2



Gambar 4. Menghitung luas penampang dengan Mean Section

b. Mid Section Method

Luas penampang basah segmen titik 2 :

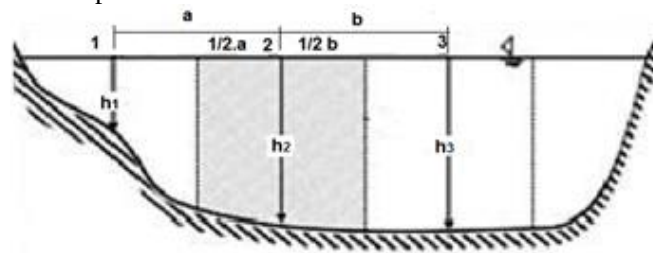
$$A_2 = \left(\frac{a + b}{2} \right) * h_2 \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

a = lebar segmen antara titik 1 ke titik 2

b = lebar segmen antara titik 2 ke titik 3

h_2 = kedalaman saluran pada titik 2



Gambar 5. Menghitung luas penampang dengan Mid Section

Setelah didapatkan Luas Penampang (A) untuk setiap Segmen (Rai) maka dapat dihitung Luas Penampang Total untuk penampang Saluran yang ditinjau dengan Rumus :

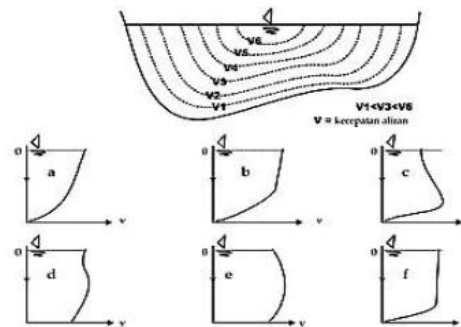
$$A_{\text{total}} = A_1 + A_2 + \dots + A_n,$$

atau berdasarkan penampang saluran yang ditinjau dibawah ini sehingga didapat persamaan Luas Penampang seperti berikut :

$$A = \frac{1}{2}(b_a + b_b) \times h_p \dots \dots \dots (9)$$

dimana:

- b_a = lebar atas saluran (m)
- b_b = lebar bawah saluran (m), dan
- h_p = tinggi permukaan air (m)
- h_s = tingi saluran (m)



Gambar 6. Distribusi Kecepatan Aliran

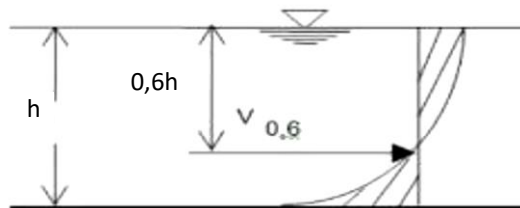
Keterangan :

- a = teoritis
- b = dasar saluran kasar dan banyak tumbuhan
- c = gangguan permukaan (sampah)
- d = aliran cepat, aliran turbulen pada dasar
- e = aliran lambat, dasar saluran halus
- f = dasar saluran kasar/berbatu

Kecepatan rerata disetiap vertikal dapat ditentukan dengan salah satu dari

metode pada tabel 1, yang tergantung pada ketersediaan waktu, ketelitian yang diharapkan, lebar dan kedalaman saluran lebih jelasnya dapat dilihat berikut :

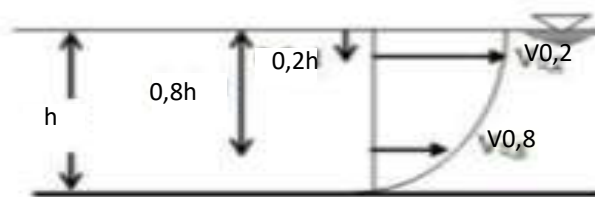
- a). Metode Satu titik, yang hanya dapat digunakan untuk air dangkal dimana metode dua titik atau lebih tidak bisa dilakukan pengukuran maka kecepatan yang di ukur pada 0.6 kedalaman air



Gambar 7. Metode satu titik 0.6

- b). Metode Dua titik, dimana kecepatan rerata merupakan dari kecepatan pada 0.2 dan 0.8 kedalaman (Gambar

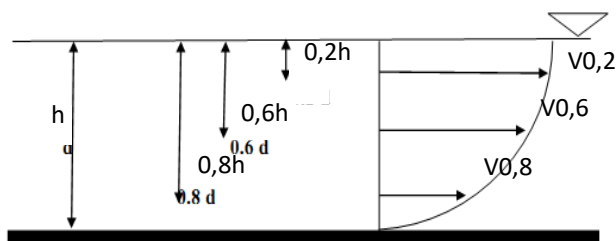
8) maka akan dihitung sebagai berikut



Gambar 8. Metode dua titik 0.2, 0.8

- c). Metode Tiga titik, kecepatan aliran (v) yang telah diukur, dihitung rata-ratanya pada bagian vertikal untuk masing-masing segmen dengan metode tiga titik Gambar 9).

Selanjutnya diplot grafik kecepatan aliran rata-rata (v) terhadap segmen pengukuran serta grafik kedalaman saluran (h) terhadap kecepatan aliran rata-rata (v).



Gambar 9. Metode tiga titik 0.2, 0.6, 0.8

2.7 Aliran Melalui Penampang

Aliran yang melalui suatu saluran harus direncanakan agar tidak terjadi erosi maupun tidak mengakibatkan endapan sedimen. Untuk itu desainer cukup menghitung ukuran-ukuran saluran dengan analisis hidraulika sehingga nantinya dapat memutuskan ukuran akhir berdasarkan efisiensi hidraulika dan mendapatkan ukuran penampang terbaik, praktis, dan ekonomis. Untuk itu berikut ini disampaikan rumus-rumus empiris yang banyak digunakan untuk merencanakan suatu saluran terbuka.

1) Rumus Chezy (1769)

$$V = C\sqrt{RS} \dots\dots\dots(10)$$

dimana:

- V = kecepatan rata-rata aliran (m/det)
- R = jari-jari hidraulik (m)
- S = kemiringan dasar saluran
- C = faktor tahanan aliran yang disebut koefisien Chezy (Chow, 1997)

2) Rumus Manning (1889)

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana:

- V = kecepatan rata-rata (m/detik)
- R = jari-jari hidrolis (m)
- S = kemiringan garis energi (%), untuk aliran seragam=Sf=Sw=S0
- n = faktor perlawanan/ kekasaran
- S0 = kemirigan dasar saluran (%)
- Sw =kemirigan permukaan air (%)

Sehingga angka kekasaran manning dapat dinyatakan seperti persamaan berikut :

$$n = \frac{1}{V} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(12)$$

dimana:

- R = jari-jari hidrolis = A/P (m)....(13)
 - A = luas basah = $bh + mh^2$ (m2)....(14)
 - $P = b + 2h\sqrt{(1 + m^2)}$ (m).....(15)
- Dimana n merupakan koefisien Manning yang merupakan fungsi dari bahan dinding saluran. Harga koefisien Manning adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Koefisien Manning Untuk Berbagai Bahan Dinding Saluran

No.	Bahan	Koefisien Manning (n)
1	Besi tuang dilapis	0.014
2	Kaca	0.010
3	Saluran beton	0.013
4	Bata dilapis Mortar	0.015
5	Pasangan batu disemen	0.025
6	Saluran tanah bersih	0.022
No.	Bahan	Koefisien Manning (n)
7	Saluran tanah	0.030
8	Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0.040
9	Saluran pada galian batu cadas	0.040

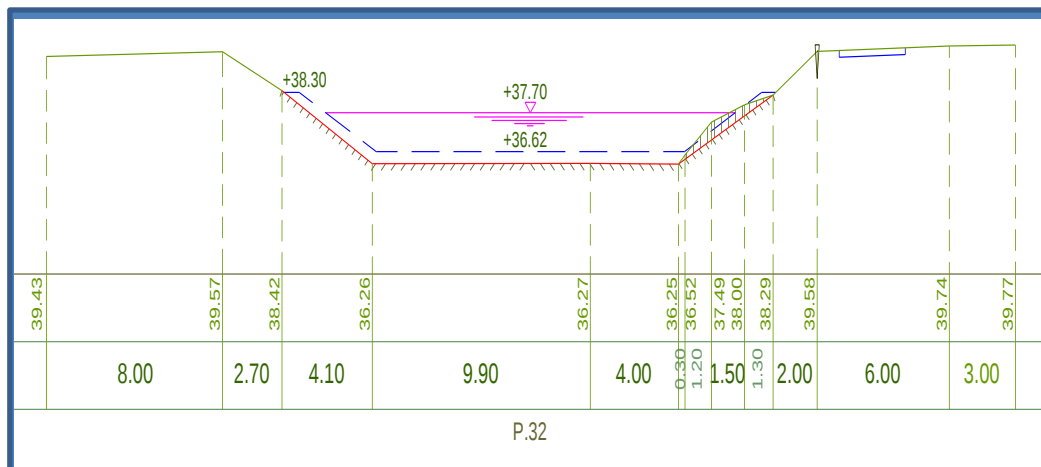
(Sumber : Triatmojo B., 1993)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengukuran dimensi Saluran

Profil saluran atau bentuk geometri saluran berpengaruh terhadap besarnya kecepatan aliran saluran, Variabel yang diukur pada setiap titik pengamatan dalam penelitian ini adalah lebar dasar saluran,

lebar atas/muka air saluran, kedalaman air saluran, kemiringan saluran. Data pengukuran potongan melintang dan memajang saluran pada studi terdahulu yakni (Gambar purnalaksana pekerjaan Rehabilitasi Jaringan Daerah Irigasi Wawotobi tahun 2015):



Gambar 10. Cross section – Saluran Induk

3.2 Pengukuran Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran rata-rata saluran Induk dan Sekunder diperlihatkan dalam arah horizontal yaitu berdasarkan pembagian segmen maupun arah vertikal yaitu

berdasarkan variasi kedalaman, pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan alat pengukur arus Current meter dan pelampung, serta pengukuran lebar dan tinggi air.



Gambar 11. Pengukuran kecepatan dengan Current meter sal. Sekunder



Gambar 12. Pengukuran di Saluran Induk, Current meter & Pelampung

Tabel 3. Penelitian/Pengukuran kecepatan aliran dengan Current meter

No	Ruas Saluran	Penampang Saluran			Jumlah Putaran Alat Pada Kedalaman Titik Pengamatan			Waktu Putaran	Jumlah Putaran per detik		Kecepatan Aliran (m/det.)				
		Lebar Dasar/Rai	Lebar Muka Air	Tinggi Air (h)	0,2h	0,6h	0,8h		n = N/det.	V = 0,2502 * n + 0,0130					
(m)	(m)	(m)	(N1)	(N2)	(N3)	n1; n2; n3	V0,2	V0,6	V0,8	V rata2					
A	Sal. Induk Wawotobi	14	20,9	2,3											
1	BW.1A – BW.1 (Pasangan Beton)	0	0	0											
		2	2	1,33	130		122	40	3,250	3,050	0,826	0,776	0,801		
		5	3	2,3	132		123	40	3,300	3,075	0,839	0,782	0,811		
		8	3	2,3	143		135	40	3,575	3,375	0,907	0,857	0,882		
		11	3	2,3	148		137	40	3,700	3,425	0,939	0,870	0,904		
		14	3	2,3	140		132	40	3,500	3,300	0,889	0,839	0,864		
		17	3	2,3	131		125	40	3,275	3,125	0,832	0,795	0,814		
		19	2	1,27	131		124	40	3,275	3,100	0,832	0,789	0,811		
		20,9	1,9	0						Kecepatan Rata-rata = 0,841					
Pengukuran kecepatan aliran dengan Pelampung :															
No	Ruas Saluran	Tinggi Tungkai Float	Penampang Saluran			Panjang Pengukuran (m)			Waktu Tempuh Rata-trata			V rerata Pelampung	$\alpha = d/h$		$V_i = k * V_{pi}$
			Lebar Muka Air	Tinggi Air		0 - 30	30 - 60	60 - 90	t1	s/d	t3		$V_{pi}=Li/t_i$	$k= 1-0,116*(\sqrt{1-\alpha-0,1})$	
		d (m)	b (m)	h (m)	Waktu Tempuh Pelampung	t1 (det.)	t2 (det.)	t3 (det.)	(det.)	(m/det.)	α	k	(m/det.)		
A	Sal. Induk Wawotobi														
1	BW.1A – BW.1	0,30	20,90	2,30											
		- Kiri	1			42,40	42,52	42,24	42,39	42,61	0,70			0,632	
		2			42,80	42,96	42,76	42,84							
- Tengah	1			39,84	39,82	39,85	39,84	39,86	0,75	0,130	0,898	0,676			
	2			39,87	39,86	39,90	39,88								
- Kanan	1			41,76	41,84	42,00	41,87	41,96	0,72			0,642			
	2			42,10	41,97	42,07	42,05			$V_i \text{ rerata per segmen} =$		0,650			

3.3 Analisa Hasil Penelitian

- a. Kecepatan aliran dengan alat Current meter dihitung berdasarkan jumlah putaran baling-baling per waktu putarannya ($N = \text{putaran alat}/dt$).

Persamaan alat $V = 0,2502 * n + 0,0130$

Jumlah Putaran alat, $N1(0,2h) = 130$;

Waktu putaran selama, $t = 40$ detik

Putaran per detik, $n = N1/t = 130/40 = n = 3,25$

Kec. aliran, $V = (0,2502 * 3,25) + 0,0130 = 0,826$ m/det.

- b. Kecepatan aliran dengan alat Pelampung dihitung berdasarkan lamanya waktu yang ditempuh pelampung pada jarak yang ditentukan.

Persamaan (5) Kecepatan aliran,

$$V_{pi} = Li / t_i$$

Panjang lintasan pelampung,

$$Li = 30,00 \text{ m.}$$

Waktu tempuh pelampung,

$$t_{i1} = 42,40 \text{ det.}; t_{i1} = 42,80 \text{ det.}$$

$$t_{i2} = 42,52 \text{ det.}; t_{i2} = 42,96 \text{ det.}$$

$$t_{i3} = 42,24 \text{ det.}; t_{i3} = 42,76 \text{ det.}$$

$$\text{Rerata} = 42,39 \text{ det.}; = 42,84 \text{ det.}$$

Rerata waktu tempuh pelampung

$$= (42,39 + 42,84)/2 = 42,61 \text{ det.}$$

Kecepatan pelampung,

$$V_{pi} = 30,00/42,61 = 0,704 \text{ m/det.}$$

Pelampung tangkai koefisien kecepatan dapat dihitung dengan persamaan (6) :

$$k = \frac{V_i}{V_{pi}} = 1 - 0,116(\sqrt{1 - \alpha} - 0,1) = 0,898$$

Dimana : $\alpha = (d)/(h)$
 $= 0,30/2,30 = 0,130$

$$k = 1 - 0,116(\sqrt{1 - 0,130} - 0,1) = 0,632 \text{ m/det.}$$

Kecepatan rata-rata aliran,
 $V_i = k * V_{pi} ; \text{Persamaan (4)}$
 $= 0,898 * 0,704$
 $= 0,632 \text{ m/det.}$

Tabel 4. Perbandingan kecepatan aliran rata-rata Current meter dengan Pelampung.

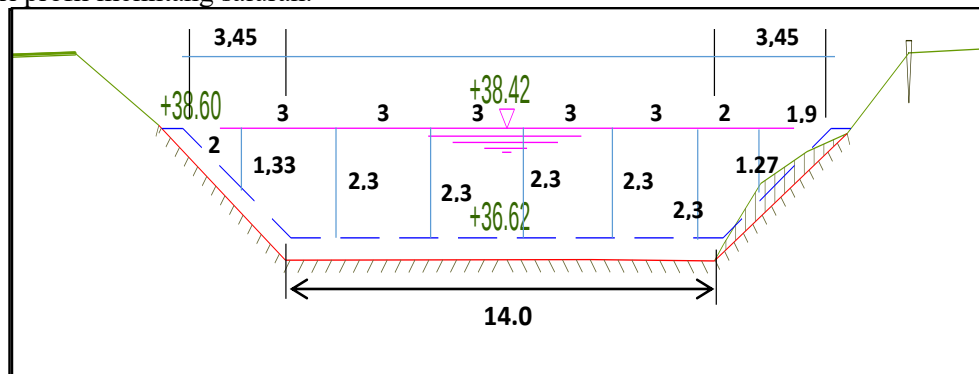
No.	Saluran	Panjang (m)	Kecepatan Rerata Aliran		Keterangan
			Current Meter (m/det.)	Pelampung (m/det.)	
1	Saluran Induk Wawotobi				
	- BW.1A – BW.1	2.827,53	0,841	0,650	Kecepatan aliran aktual yang didapat dari hasil analisa pengukuran pada setiap ruas saluran pada lokasi penelitian, ternyata pengukuran dengan pelampung atau kecepatan aliran permukaan jauh lebih kecil dari rencana, dibandingkan dengan pengukuran kecepatan dengan current meter.
2	Saluran Sekunder Bungguosu				
	- BW.1 – BBg.1	1.275,51	0,822	0,690	
	- BBg.3 – BBg.4	1.727,75	0,809	0,460	
	- BBg.6 – BBg.7	1.696,12	0,755	0,462	
3	Saluran Sekunder Panomeda				
	- BW.1 – Bpa.1	1.766,79	0,672	0,597	

Tabel 5. Perbandingan kecepatan aliran rerata pada Pasangan Beton dan Batu

Kecepatan Penampang Pasangan Beton (m/det.)							
Kedalaman	Segmen 1	Segmen 2	Segmen 3	Segmen 4	Segmen 5	Segmen 6	Rerata
0,2 * h	0,815	0,859	0,890	0,893	0,840	0,798	0,849
0,6 * h	0,749	0,814	0,839	0,837	0,797	0,743	0,797
0,8 * h	0,716	0,792	0,814	0,809	0,776	0,716	0,771
Rerata	0,760	0,822	0,848	0,847	0,804	0,752	0,805
Perbandingan kecepatan rerata dengan kecepatan kritis : 0,805/0,849 =							0,949
Kecepatan Penampang Pasangan Batu (m/det.)							
0,2 * h	0,726	0,751	0,754	0,735	0,729		0,739
0,6 * h	0,653	0,666	0,696	0,687	0,669		0,674
0,8 * h	0,617	0,664	0,667	0,664	0,639		0,650
Rerata	0,665	0,693	0,706	0,695	0,679		0,688
Perbandingan kecepatan rerata dengan kecepatan kritis : 0,688/0,739 =							0,930

3.4 Luas Penampang Aliran

Perhitungan luas penampang aliran saluran berdasar data hasil penelitian/pengukuran langsung pada lokasi penelitian, luas aliran merupakan jumlah luas tiap bagian (segmen) dari profil melintang saluran.



Gambar 13. Pengukuran Profil Melintang Saluran

Mengukur dimensi saluran seperti tinggi dinding saluran, mengukur lebar, luas penampang horizontal (L) setelah itu bagi menjadi beberapa bagian, selanjutnya ukur kedalaman (h) di setiap bagian (Gambar 13) setelah itu dapat dihitung per bagian dengan persamaan (7 atau 8)

$$\begin{aligned} A1 &= 2 \times 1,33 \times 0,50 = 1,33 \text{ m}^2 \\ A2 &= \frac{1}{2} (1,33 + 2,30) \times 1,45 = 2,63 \text{ m}^2 \\ A3 &= 1,55 \times 2,30 = 3,57 \text{ m}^2 \\ A4 &= (3,00 \times 2,30) \times 4 = 27,60 \text{ m}^2 \\ A5 &= 0,45 \times 2,30 = 1,04 \text{ m}^2 \\ A6 &= \frac{1}{2} (1,27 + 2,30) \times 1,55 = 2,76 \text{ m}^2 \\ A7 &= 1,90 \times 1,27 \times 0,50 = 1,21 \text{ m}^2 \\ \text{Total Luas Penampang} &= 40,14 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Hitung keliling penampang basah berdasarkan persamaan (15) :

$$\begin{aligned} P &= b + 2h \sqrt{(1 + m^2)} \\ &= 14,0 + 2 \times 2,30 \times \sqrt{(1 + 1,5^2)} \\ &= 14,0 + 4,60 \times (1 + 2,25)^{0,5} \\ &= 14,0 + 4,60 \times 1,80 \\ P &= 14,0 + 8,29 = 22,29 \text{ m.} \end{aligned}$$

Hitung jari-jari hidrolis berdasarkan

persamaan (13) :

$$\begin{aligned} R &= A/P \\ &= \frac{40,14}{22,29} = 1,80 \text{ m.} \end{aligned}$$

Hitung nilai koefisien kekasaran manning didapat berdasarkan persamaan (12) berikut :

$$n = \frac{1}{V} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Dimana :

n = koefisien kekasaran manning
 V = 0,841 m/det. (hasil perhitungan sesuai tabel 3)

R = 1,80 m.

S = I = 0,000237 (kemiringan memanjang saluran lokasi penelitian hasil olah dari data Gambar purnalaksana Rehabilitasi Jaringan Daerah Irigasi Wawotobi, 2015).

$$\begin{aligned} n &= \frac{1}{0,841} \times (1,80)^{\frac{2}{3}} \times (0,000237)^{\frac{1}{2}} \\ &= 1,189 \times 1,4797 \times 0,0154 \\ n &= 0,027 \end{aligned}$$

Tabel 6. Nilai koefisien kekasaran Manning (n) hasil pengukuran dengan Current meter

No.	Ruas Saluran	Panjang (m)	Data hasil pengukuran dan analisa				Keterangan
			Kecapatan rerata	Jari-jari hidrolis	Kemiringan dasar saluran	Koefisien kekasaran Manning	
			V (m/det.)	R (m)	I	n	
1	Saluran Induk Wawotobi - BW.1A – BW.1	2.827,53	0,841	1,802	0,000237	0,027	Pas. Beton
2	Saluran Sekunder Bungguosu - BW.1 – Bg.1	1.275,51	0,822	1,252	0,000113	0,015	Pas. Beton
3	- BBg.1 – Bg.2	1.464,15	0,826	1,228	0,000430	0,029	Pas. Beton
4	Saluran Sekunder Lalohao - BLA.1 – BLA.2	1.125,00	0,687	0,481	0,000107	0,009	Pas. Beton
5	Saluran Sekunder Panomeda - BW.1 – BPa.1	1.766,79	0,672	0,693	0,000170	0,015	Pas. Beton
6	Saluran Sekunder Bungguosu - BBg.6 – Bg.7	1.696,12	0,755	1,090	0,000424	0,029	Pas. Batu
7	Saluran Sekunder Pudai - BBg.8 – BPu.1	561,40	0,427	0,325	0,000517	0,025	Pas. Batu
8	Saluran Sekunder Wawoone - BWa.3 – BWa.4	1.053,95	0,594	0,553	0,000266	0,019	Pas. Batu
9	Saluran Sekunder Unaaha - BU.1 – BU.2	2.328,61	0,845	0,528	0,000202	0,011	Pas. Batu tegak

3.5 Pembahasan Analisa Penelitian

1) Bahan Penyusun Permukaan Penampang basah Saluran.

Dari Pengamatan yang telah dilakukan bahan Penyusun Permukaan dan vegetasi dapat dilihat pada Tabel 7, berikut:

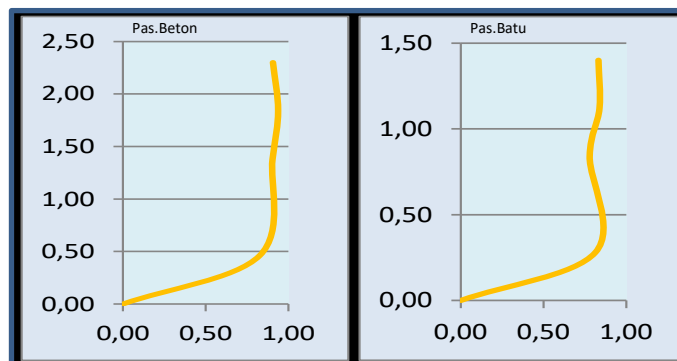
Tabel 7. Bahan Penyusun Permukaan Basah Saluran

Lokasi	Vegetasi	Bahan Penyusun Permukaan
Saluran Induk	Rumput	Beton, Tanah endapan
Saluran Sekunder	Rumput	Beton, Pasangan batu, Tanah endapan

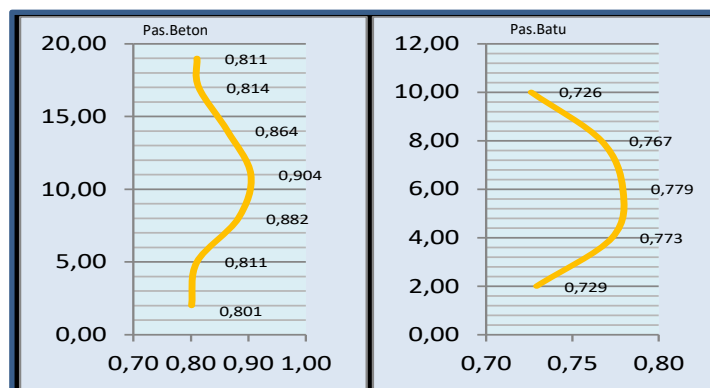
Dari Tabel 7, dapat ditunjukkan bahwa, selain pasangan beton atau pasangan batu terdapat material seperti endapan di dalam saluran yang dapat menimbulkan efek hambatan. Menurut (Chow 1997) apabila saluran dibersihkan dari endapan, maka akan mengurangi kekasaran sebesar 0,017 dan 0,005, dikarenakan nilai kekasaran sesuai tabel 2, untuk bahan pembentuk tanah endapan yaitu 0,030, untuk beton 0,013 dan pasangan batu 0,025, sehingga selisih dari kedua nilai hambatan itu merupakan efek dari hambatan endapan

tanah itu.

2) Profil Kecepatan Setiap Penampang Berdasarkan hasil pengukuran, dan perhitungan tabel 3 dan 5, di atas di dapatkan bentuk rata-rata kecepatan aliran Saluran D.I Wawotobi secara vertical dan transversal penampang Pasangan Beton dan Pasangan Batu, pada tahap ini dilakukan pemasukan data survey kecepatan aliran untuk mendapatkan gambaran grafik distribusi kecepatan. dibuat grafik aliran rata-rata sebagai berikut:



Gambar 14. Distribusi Kecepatan rata-rata perpenampang Pas. Beton dan Pas. Batu secara vertical.



Gambar 15. Distribusi Kecepatan rata-rata perpenampang Pas. Beton dan Pas. Batu secara transversal.

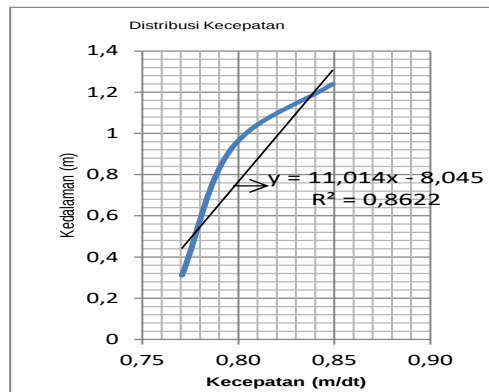
Dari grafik distribusi kecepatan pada penampang melintang ini menunjukkan semakin mendekati tengah saluran maka semakin besar nilai kecepatan yang diperoleh. Sebaliknya, semakin

mendekati tepi dan dasar saluran maka semakin kecil nilai kecepatan yang diperoleh hal ini terjadi karena dipengaruhi oleh gaya gesek pada dinding dan dasar saluran.

3) Kecepatan Rata-Rata dan Kecepatan

Kritis di Saluran.
Dari tabel kecepatan rata-rata penampang pada tabel 5, di atas didapat

gambaran pergerakan aliran penampang saluran pada grafik di bawah ini:



Gambar 16. Grafik Distribusi Kecepatan rata-rata penampang Saluran D.I Wawotobi

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa kecepatan rata-rata maksimum/kritis pada arah vertical berada pada 0,2h yaitu 0,849 m/detik dan semakin mendekati dasar saluran kecepatan aliran semakin kecil yaitu 0,771 m/detik. Kecepatan aliran kritis merupakan kecepatan aliran yang diharapkan pada saluran irigasi karena saat air mengalir dengan kecepatan sebesar kecepatan kritisnya maka tidak akan terjadi pengendapan atau penggerusan di saluran. Terjadinya penggerusan atau pengendapan di saluran ditentukan melalui hubungan perbandingan kecepatan aliran rata-rata dan kecepatan aliran kritis (m). Menurut Bazak (1999) jika $m = 1$ maka tidak terjadi pengendapan. Hasil penelitian menunjukkan nilai $m < 1$ pada saluran

Pasangan Beton dan saluran Pasangan Batu, yang terlihat pada Tabel 5, hal ini menunjukkan bahwa pada kedua konstruksi saluran terjadi pengendapan.

4) Nilai Kekasaran Manning (n) Pada Saluran Pasangan

Berdasarkan analisa data hasil penelitian nilai koefisien kekasaran Manning (n) pada saluran Induk dan Sekunder D.I Wawotobi bervariasi sesuai kondisi karakteristik saluran setiap ruas yang diteliti.

Tabel 8, dapat dilihat perbandingan nilai koefisien kekasaran Manning di saluran pasangan beton dan pasangan batu hasil analisa data penelitian dengan nilai koefisien kekasaran Manning berdasarkan tabel 2, berikut:

Tabel 8. Perbandingan kekasaran Manning Hasil Analisa dan nilai kekasaran berdasarkan tabel.

Lokasi	Kecepatan Rerata (m/det.)	Nilai Kekasaran Manning Hasil Analisa	Nilai Kekasaran Manning Tabel 2 (Triatmojo B., 1993)
Saluran Pasangan Beton	0,805	0,019	0,013
Saluran Pasangan Batu	0,688	0,021	0,025

Berdasarkan tabel 8, diatas yang menunjukkan nilai kekasaran Manning yang didapat lebih besar dari nilai kekasaran Manning pada tabel 2, hal ini efek dari hambatan sedimen dan rerumputan pada dinding dan dasar saluran, masing-masing sebesar 0,011 dan 0,009 pada saluran pasangan beton

dan saluran pasangan batu. Menurut (Chow 1997) apabila saluran dibersihkan dari endapan, maka akan mengurangi faktor yang menghambat aliran air sehingga kecepatan aliran semakin besar dan nilai koefisien kekasaran Manning semakin kecil.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan.

Dari hasil analisa dan pembahasan pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada penampang saluran pasangan Beton kecepatan rerata yang terjadi yaitu 0,805 m/detik dengan nilai koefisien kekasaran Manning rerata sebesar 0,019. Sedangkan pada penampang saluran pasangan Batu kecepatan rerata yang terjadi yaitu 0,688 m/detik dengan nilai koefisien kekasaran Manning rerata sebesar 0,021. Jadi pengaruh kecepatan aliran dalam saluran berdasarkan data hasil analisa kekasaran hidrolis, bahwa semakin besar nilai kecepatan aliran semakin kecil nilai koefisien kekasaran, dan sebaliknya semakin kecil nilai kecepatan aliran maka semakin besar nilai koefisien kekasaran.
2. Berdasarkan hasil penelitian, nilai rata-rata kekasaran Manning untuk saluran pasangan Beton sebesar 0,019 dan saluran pasangan Batu sebesar 0,021. Nilai kekasaran sesuai tabel 2, untuk bahan pembentuk tanah endapan yaitu : 0,030. Menurut (Chow 1997) apabila saluran dibersihkan dari endapan, maka akan mengurangi kekasaran sebesar selisih dari kedua pasangan dengan hambatan endapan tanah tersebut sebesar 0,011 dan 0,009.

4.2 Saran.

Berdasarkan hasil Penelitian penulis ingin memberikan saran-saran yang bermanfaat bagi pihak-pihak yang bersangkutan pada lokasi penelitian, antara lain:

1. Untuk mengantisipasi semakin mengecilnya kapasitas aliran saluran atau nilai koefisien kekasaran semakin besar oleh faktor endapan dan rerumputan, disarankan agar dilakukan kegiatan Operasi dan Pemeliharaan (O&P) yaitu pembersihan saluran secara rutin dan berkala.
2. Untuk menjaga dan mempertahankan kapasitas saluran agar variabel utama yaitu Debit dan Kecepatan aliran tetap sesuai rencana, disarankan agar pengambilan nilai koefisien kekasaran

lebih kecil dari ketentuan dalam tabel, agar parameter desain saluran yang didapat akan lebih aman (disarankan tidak terlalu optimis dalam penggunaan nilai koefisien kekasaran sesuai dengan ketentuan dalam tabel).

Daftar Pustaka

- Anonim, (2004). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air
- Anonim, (2006). Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 2006 tentang Irigasi,
- Agus Sumadiyono, Jurnal, 2014. Analisis Efisiensi Pemberian Air Di Jaringan Irigasi Karau Kabupaten Barito Timur Provinsi Kalimantan Tengah,
- Bambang Triatmodjo, 2016. Hidrologi Terapan Edisi Keenam. Yogyakarta : Beta Offset Yogyakarta.
- Bazak, N.N., 1999. Irrigation Engineering. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Chow, Van Te., dan E.V. Nensi Rosalina. 1997. Hidrolika Saluran Terbuka. Jakarta : Erlangga
- Foth, Henry D. 1994. Dasar - Dasar Ilmu Tanah. PT.Gelora AksaraPratama, Jakarta.
- Hery Listyawati dan Triyanto Suharsono, Pengawasan Dan Pengendalian Pemanfaatan Sumber Daya Air Untuk Irigasi Di Kabupaten Sleman. Jurnal, 2012.
- Hisyam Pahlevi, Sumono, dan Lukman Adlin Harahap, Kajian Nilai Kekasaran Dan Konstanta Beberapa Kondisi Saluran Tersier Pada Jaringan Irigasi Namu Sira-Sira Desa Namu \Ukur Utara Kec. Sei Bingai Kabupaten Langkat. Jurnal, 2014.
- Haryono Putro dan Joetata Hadihardaja, Variasi Koefisien Kekasaran Manning (n) pada Flume Akrilik pada Variasi Kemiringan Saluran dan Debit Aliran, Jurnal, 2013.

- Kementerian Pekerjaan Umum, 2015, Seri Modul Kalibrasi Bangunan Ukur Irigasi, Direktorat Bina operasi dan pemeliharaan Direktur Jenderal Sumber Daya Air, Balai Irigasi Bekasi
- Kementerian Pekerjaan Umum, 1986, Standar Perencanaan Irigasi Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01, Direktur Jenderal Sumber Daya Air, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 1986, Standar Perencanaan Irigasi Bagian Perencanaan Bangunan Utama KP-02, Direktur Jenderal Sumber Daya Air, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 1986, Standar Perencanaan Irigasi Bagian Perencanaan Saluran KP-03, Direktur Jenderal Sumber Daya Air, Jakarta
- Kementerian Pekerjaan Umum, 1986, Standar Perencanaan Irigasi Bagian Perencanaan Bangunan KP-04, Direktur Jenderal Sumber Daya Air, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 1986, Standar Perencanaan Irigasi Bagian Perencanaan Petak Tersier KP-05, Direktur Jenderal Sumber Daya Air, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 1986, Petunjuk Perencanaan Irigasi Bagian Peunjang, Direktur Jenderal Sumber Daya Air, Jakarta.
- Sosrodarsono, Suyono, 1978. Hidrologi untuk Pengairan. Jakarta. Pradnya Paramita.
- Virgo Trisep Haris, Alfian Saleh dan Muthia Anggraini, Perencanaan Dimensi Ekonomis Saluran Primer Daerah Irigasi (DI) Bunga Raya, Jurnal, 2016.