



**KALIBRASI RATING CURVE DEBIT ALIRAN PADA
SALURAN PRIMER I BARAT SUNGAI BEDADUNG
KABUPATEN JEMBER**

PROYEK AKHIR

Oleh:

FITRIA NURZUNI

NIM. 151903103029

**PROGRAM DIPLOMA III TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**KALIBRASI RATING CURVE DEBIT ALIRAN PADA
SALURAN PRIMER I BARAT SUNGAI BEDADUNG
KABUPATEN JEMBER**

PROYEK AKHIR

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Diploma III (D3) Teknik Sipil dan mencapai gelar Ahli Madya Teknik Sipil.

Oleh:

FITRIA NURZUNI

NIM. 151903103029

**PROGRAM DIPLOMA III TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

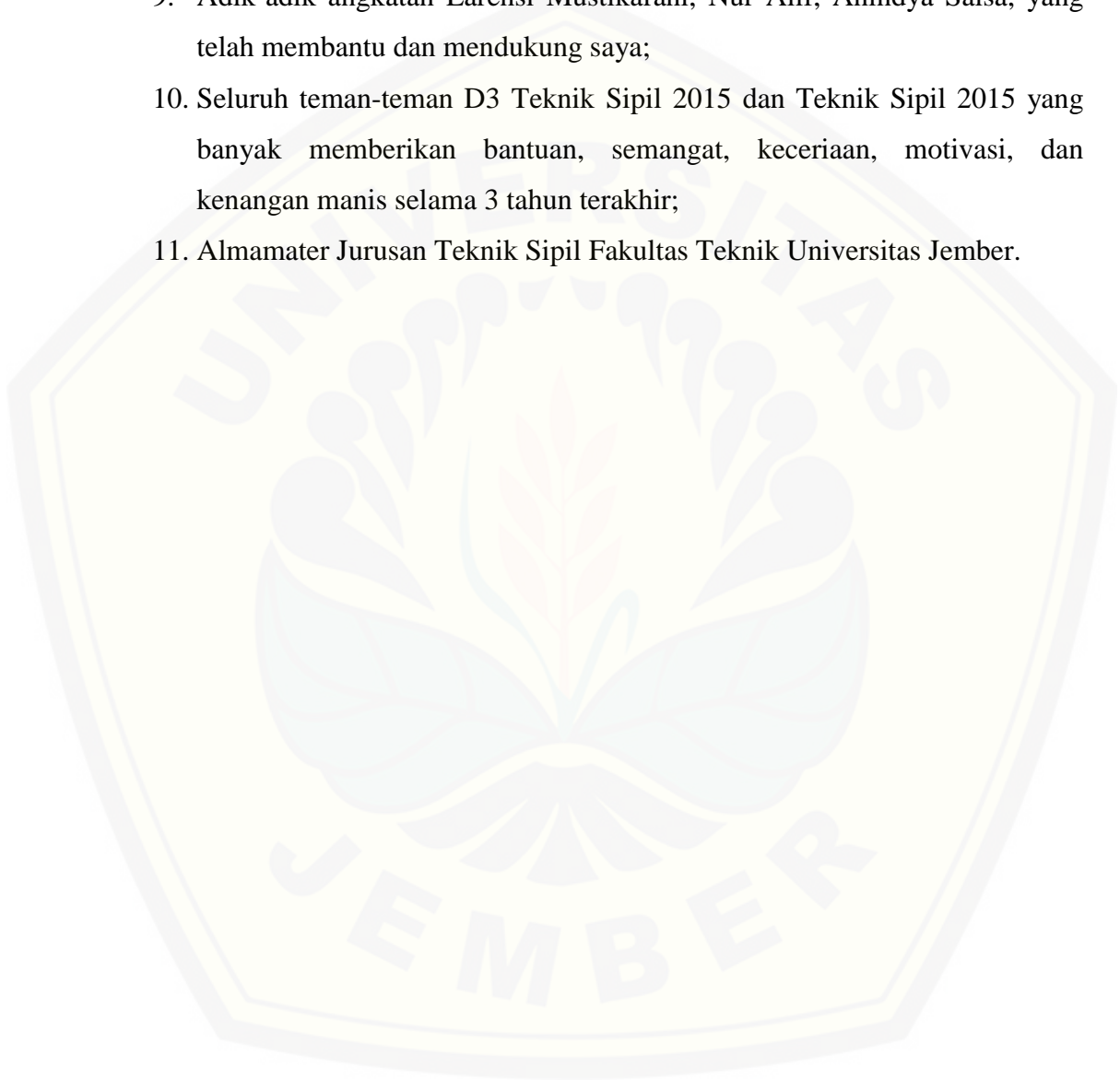
PERSEMBAHAN

Segala puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada hamba, sehingga hamba bisa menyelesaikan karya tulis ini dengan lancar dan tepat waktu. Tak luput dari dukungan dan do'a dari orang-orang tercinta. Oleh karena itu, dengan rasa bangga dan bahagia saya ucapkan rasa syukur dan terima kasih saya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, kelancaran, dan kemudahan dalam menjalani kehidupan;
2. Orang tua saya Bapak Misnan yang telah memberikan segala bentuk dukungan dan do'a yang tiada henti untuk saya. Dan saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk Alm. Ibu saya Ibu Aminah yang telah memberikan segala cinta, kasih sayang, dan pengorbanan yang tulus, serta tak pernah lelah mendidik saya sampai akhir hayatnya;
3. Kakak saya tersayang, Feni Zahrotul Alif dan Budi Eryanto yang telah memberikan dukungan moril maupun materi serta do'a yang tiada hentinya untuk kesuksesan saya;
4. Nenek saya dan semua saudara-saudara saya yang telah memberikan semangat, motivasi, perhatian dan do'a yang selalu menyertai;
5. Guru-guru saya sejak Taman Kanak-kanak hingga Perguruan Tinggi, yang selama ini telah memberikan ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran;
6. Teman-teman saya tercinta Dea Ajeng P.S, Yulia Nur Aviva, Silvia Ekawati Febriani, Esti Wahyu dan Yuli Mariati yang selalu memberikan motivasi dan dukungan untuk saya;
7. Teman-teman masa Kerja Praktik di Proyek Tol SUMO seksi 2&3, Ryzky Yanuar Saputri, Ella Excavani, M. Aldo Malik, Dimas Ananta Putra, dan Dani Kurnia Alam yang selalu memberikan dukungan dan motivasinya;
8. Teman-teman D3 Teknik Sipil 2015 Yolanda Estherlita, M. Mahbubi, Candra Suji, Radiah Ulil Absari, Ericha Devi, serta teman-teman yang

lainnya yang sudah memberikan semangat, dukungan, dan bantuan kalian semua, terima kasih sudah mau untuk direpotkan dan terima kasih canda, tawa, tangis, dan perjuangan yang kita lewati bersama, dan terima kasih untuk kenangan manisnya selama ini;

9. Adik-adik angkatan Larensi Mustikarani, Nur Alif, Anindya Salsa, yang telah membantu dan mendukung saya;
10. Seluruh teman-teman D3 Teknik Sipil 2015 dan Teknik Sipil 2015 yang banyak memberikan bantuan, semangat, keceriaan, motivasi, dan kenangan manis selama 3 tahun terakhir;
11. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.



MOTTO

”Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupan-Nya”
(*QS. Al-Baqarah 286*)

“Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan?” (*QS. Ar-Rahman*
47)

“Dan milik Allah Timur dan Barat. Kemana pun kamu menghadap, di sanalah
wajah Allah. Sungguh Allah Maha Luas, Maha Mengetahui” (*QS. Al-Baqarah*
115)

PENYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fitria Nurzuni

Nim : 151903103029

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“Kalibrasi Rating Curve Debit Aliran Pada Saluran Primer I Barat Sungai Bedadung Kabupaten Jember”** adalah benar-benar karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan disebutkan sumbernya, serta bukan jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari ini tidak benar.

Jember, 06 Januari 2018

Yang menyatakan

Fitria Nurzuni

151903103029

PENGESAHAN

Laporan Proyek Akhir ini berjudul “Kalibrasi Rating Curve Debit Aliran Pada Saluran Primer I Barat Sungai Bedadung Kabupaten Jember” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 15 Januari 2019
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji,

Dosen Pembimbing Utama



Wiwik Yunarni W. ST., MT
NIP. 19700613 199802 2 001

Dosen Pembimbing Anggota



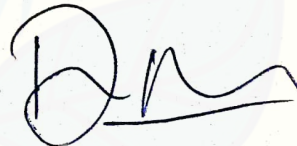
Dr. Gusfan Halik. ST., MT
NIP. 19710804 199803 1 002

Penguji I



Dr. Yeny Dhokhikah. ST., MT
NIP. 19730127 199903 2 002

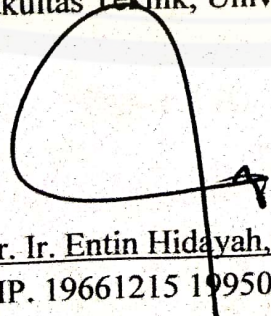
Penguji II



Dwi Nurtanto. ST., MT
NIP. 19731015 199802 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik, Universitas Jember



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM
NIP. 19661215 199503 2 001

LAPORAN PROYEK AKHIR

**KALIBRASI RATING CURVE DEBIT ALIRAN PADA SALURAN
PRIMER I BARAT SUNGAI BEDADUNG
KABUPATEN JEMBER**

Oleh:

Fitria Nurzuni

NIM. 151903103029

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Wiwik Yunarni W, S.T., M.T

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T

RINGKASAN

Kalibrasi Rating Curve Debit Aliran Pada Saluran Primer I Barat Sungai Bedadung Kabupaten Jember; Fitria Nurzuni, 151903103029; 2019; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Sungai Bedadung merupakan sungai yang menjadi ikon di Kabupaten Jember, sungai Bedadung sangat mempunyai pengaruh yang sangat besar bagi masyarakat disekitar aliran sungai. Sungai Bedadung memiliki saluran induk yang berada di Desa Curahmalang, Saluran Induk Bedadung memiliki beberapa anak sungai primer yang melintas pada kecamatan-kecamatan di Jember. Salah satunya adalah Saluran Primer I Barat yang berada di Kecamatan Balung, Kabupaten Jember.

Sarana dan prasarana jaringan irigasi yang terdapat pada Kabupaten Jember telah banyak dibangun hingga saat ini. Setelah beroperasi dalam kurun waktu yang sangat lama, sub-sub sistem saluran akan mengalami kerusakan, maka perlu adanya perawatan, pemeliharaan, penggantian dan perbaikan, sehingga sistem bangunan irigasi tersebut tetap berfungsi secara baik dan berkesinambungan.

Dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan alat ukur kecepatan aliran air yaitu *Current Meter* dengan metode SNI 03-8066-2015. Lokasi yang ditinjau yaitu hilir sungai yang berada di Kec. Balung, pengukuran dilakukan pada tiga titik dengan jarak antar titik yaitu 15 meter. Kecepatan rata-rata dari ketiga titik adalah 1,72 m/dt. Debit rata-rata pada ketiga titik adalah 2,57m³/dt. Debit hasil perhitungan yang tercatat pada UPT Pengamat Balung adalah sebesar 3,013 m³/dt. Selisih antara debit pengukuran dan debit perhitungan adalah sebesar 14,63%, dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa bangunan ukur pada saluran tersebut masih berfungsi dengan baik.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Kalibrasi Rating Curve Debit Aliran Pada Saluran Primer I Barat Sungai Bedadung Kabupaten Jember”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Diploma III pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Ir. Hernu Suyoso, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Dwi Nurtanto, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Ririn Endah Badrini, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Akademik selama menjadi mahasiswa.
5. Wiwik Yunarni W, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Gusfan Halik, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan banyak waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Dr. Yeni Dhokhikah, ST., MT., dan Dwi Nurtanto, ST., MT., selaku Tim Penguji yang telah meluangkan banyak waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan pengarahan demi terselesaikannya penulisan tugas akhir ini.
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Jember, atas segala bimbingan dan ilmu yang telah diberikan selama ini.

8. Mas Ridwan selaku teknisi laboratorium Hidroteknik yang telah membantu dalam pengarahan penggunaan alat ukur.
9. Seluruh staf UPT Pengairan Balung yang telah banyak membantu selama pengukuran di lapangan.
10. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan dan doanya demi terselesaikannya laporan proyek akhir ini;
11. Pihak-pihak lainnya yang sudah membantu, terima kasih atas dukungan dan motivasi kalian dalam penyusunan proyek akhir ini.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga proyek akhir ini bisa bermanfaat untuk penelitian selanjutnya dan bermanfaat untuk kalangan akademis yang berkonsentrasi dalam bidang hidroteknik.

Jember, 06 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	v
PENYATAAN	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sungai.....	4
2.2 Macam-Macam Sungai.....	4
2.3 Klasifikasi Sungai	7
2.4 Metode Kecepatan Aliran dan Debit Aliran.....	9
2.5 Cara Pengujian Dan Perhitungan	13
2.6 Bangunan Ukur Cipoletti.....	17
2.7 Kalibrasi Rating Curve	22
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Lokasi Penelitian	24
3.2 Pengumpulan Data	24
3.3 Analisa Data	25
3.3.1 Data Primer	25
3.3.2 Data Sekunder	25
3.4 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	26

3.5	Metode Pelaksanaan Penelitian	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1	Pengambilan Titik Pengukuran Kecepatan Aliran	29
4.2	Kondisi Aliran Saluran Primer I Barat	29
4.3	Pelaksanaan Pengukuran Kecepatan Aliran	32
4.4	Pengukuran Luas Penampang Basah Saluran.....	32
4.5	Perhitungan Kecepatan Aliran.....	35
4.6	Perhitungan Debit Aliran.....	37
4.7	Pembuatan Rating Curve	40
BAB 5. PENUTUP.....		47
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran	47
DAFTAR PUSTAKA		48
LAMPIRAN.....		49

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Sungai Berdasarkan Lebar Sungai	7
Tabel 2.2 Klasifikasi Sungai Berdasarkan Pada Lebar Sungai Dan Luas DAS.....	8
Tabel 2.3 Format Penelitian Kecepatan Aliran	16
Tabel 2.4 Contoh Perhitungan Debit Aliran.....	17
Tabel 2.5 Presentase Nilai Deviasi Keluaran DPU Bina Marga dan SDA Kab. Jember	23
Tabel 4.1 Lokasi Pengambilan Titik Lokasi Pengukuran	29
Tabel 4.2 Perhitungan Kecepatan Aliran Titik Ke-1	35
Tabel 4.3 Perhitungan Kecepatan Aliran Titik Ke-2.....	36
Tabel 4.4 Perhitungan Kecepatan Aliran Titik Ke-3.....	36
Tabel 4.5 Perhitungan Kecepatan Rata-rata 3 Titik	37
Tabel 4.6 Perhitungan Debit Rata-rata 3 Titik	38
Tabel 4.7 Perhitungan Debit Saluran Primer I Barat.....	38
Tabel 4.8 Kalibrasi Perhitungan Debit Aliran.....	39
Tabel 4.9 Perhitungan Debit Berdasarkan Pengukuran.....	41
Tabel 4.10 Debit Berdasarkan Nilai Peilscale Di Lapangan	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan Lebar, Tinggi, Kecepatan Aliran, dan Debit Sungai	9
Gambar 2.2 Pengukuran Kecepatan Arus Dengan Metode Pelampung	11
Gambar 2.3 Cara Pembentangan Tali.....	13
Gambar 2.4 Metode Satu Titik	15
Gambar 2.5 Metode Dua Titik	15
Gambar 2.6 Penampang Melintang Bangunan Ukur <i>Cipoletti</i>	18
Gambar 2.7 Penampang Melintang dan Memanjang Bangunan Ukur <i>Cipoletti</i>	20
Gambar 3.1 Peta Lokasi Saluran Primer I Barat Sungai Bedadung	24
Gambar 3.2 Diagram Aliran Penelitian	26
Gambar 4.1 Penampang Melintang Saluran	30
Gambar 4.2 Penampang Melintang Bangunan Ukur <i>Cipoletti</i>	31
Gambar 4.3 Pembagian Luas Penampang Pada Saluran Primer I Barat	31
Gambar 4.5 Perbandingan Hubungan Q dan H Untuk Debit Pengukuran ...	42
Gambar 4.6 Perbandingan Hubungan Q dan H untuk Debit Perhitungan....	45

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jember adalah salah satu kabupaten di Jawa Timur dengan luas 3.293,34 km² dan jumlah penduduk 2.332.726 jiwa. Kabupaten Jember memiliki beberapa sungai besar, sungai terbesar adalah sungai Bedadung yang berada pada DAS Bedadung Hilir, melintasi kota Kabupaten dengan panjang 46.875 meter dan mampu mengairi lahan sawah seluas 93.000 hektar.

Sungai Bedadung merupakan sungai yang menjadi ikon di Kabupaten Jember, sungai Bedadung sangat mempunyai pengaruh yang sangat besar bagi masyarakat disekitar aliran sungai. Badan Pusat Statistik (BPS) mengkategorikan DAS Bedadung ke dalam dua area yaitu: DAS Bedadung dengan panjang sungai 92,752 km dengan melewati kali Sumber Pakem, kali Bunut, kali Kramat Agung, kali Mojo, dan kali Antirogo; serta DAS Bedadung hilir dengan panjang 69,680 km dengan melewati kali Penggung, kali Besini, kali Glundengan, dan kali Bedadung.

Sungai Bedadung memiliki saluran induk yang berada di Desa Curahmalang, Saluran Induk Bedadung memiliki beberapa anak sungai primer yang melintas pada kecamatan-kecamatan di Jember. Salah satunya adalah Saluran Primer I Barat yang berada di Kecamatan Balung, Kabupaten Jember. Sarana dan prasarana jaringan irigasi yang terdapat pada Kabupaten Jember telah banyak dibangun hingga saat ini. Sistem prasarana irigasi terdiri dari beberapa sub-sub sistem, seperti pintu bendung, mesin penggerak, bangunan ukur, pelimpah dan bangunan pelengkap lainnya. Bangunan bendung pada jaringan irigasi pada umumnya terbuat dari pasangan batu kali, namun ada pula yang terbuat dari material beton. Setelah beroperasi dalam kurun waktu yang sangat lama, sub-sub sistem tersebut akan mengalami kerusakan, maka perlu adanya perawatan, pemeliharaan, penggantian dan

perbaikan, sehingga sistem bangunan irigasi tersebut tetap berfungsi secara baik dan berkesinambungan.

Menurut Sri Harto (2000) liku kalibrasi (*rating curve*) adalah hubungan grafis antara tinggi muka air dengan debit. Liku kalibrasi merupakan teknik dasar yang dapat digunakan dalam perhitungan debit, seperti perencanaan sumber daya air, penanganan sedimen dan model hidrologi (*Ghimie and Reddy, 2010*).

Dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan alat ukur kecepatan aliran air yaitu *Current Meter* dengan metode SNI 03-8066-2015. *Current Meter* adalah alat ukur kecepatan aliran air yang memiliki kepekaan terhadap aliran air, sehingga hasil yang didapat lebih detail. Pengukuran debit menggunakan *Current Meter* dapat dilakukan dengan cara merawas, dari atas jembatan, dengan menggunakan perahu, dengan menggunakan *wich cable way*, ataupun dengan *cable car*.

Penelitian tentang analisis kalibrasi *rating curve* telah dilakukan oleh Abd Kamal Neno (2016) dengan metode pengukuran tinggi muka air menggunakan tongkat ukur, dan pengukuran kecepatan aliran menggunakan pelampung yang dialirkan melewati jarak 10 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit air di sungai Lambagu Kecamatan Pantolo selama periode penelitian memiliki laju $0,757 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan tinggi muka air di sungai Lambagu sekitar 0,26 m. Korelasi antara debit air dan tinggi muka air menunjukkan korelasi (positif) yang kuat dalam rumus $Q = 0,157h^{0,654x}$ dengan tingkat korelasi (R) = 0,905.

Berdasarkan hal tersebut, maka peneliti bertujuan melakukan penelitian yang berjudul “Kalibrasi *Rating Curve* Debit Aliran Pada Saluran Primer I Barat Sungai Bedadung Kabupaten Jember”, dengan tujuan untuk mengetahui hubungan debit aliran dan tinggi muka air. Metode pengukuran kecepatan aliran menggunakan alat bantu *current meter*. Pengukuran tinggi muka air menggunakan *peilscale* yang terpasang pada bangunan ukur, dan penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi atau rujukan untuk Dinas terkait

dalam mengetahui kalibrasi debit aliran pada saluran primer I Barat Kecamatan Balung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, didapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapakah kecepatan aliran air pada saluran Primer I Barat Bedadung?
2. Berapakah debit rata-rata pada saluran Primer I Barat Bedadung?
3. Bagaimana kalibrasi *rating curve* debit aliran pada saluran Primer I Barat?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk:

1. Mengetahui kecepatan aliran air pada saluran Primer I Barat Bedadung
2. Mengetahui debit rata-rata pada saluran Primer I Barat Bedadung
3. Mengetahui analisis kalibrasi *rating curve* alat aliran air pada saluran Primer I Barat Bedadung

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi/rujukan oleh Dinas terkait untuk mengetahui kalibrasi debit aliran pada saluran primer I Barat Kecamatan Balung.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini tidak membahas tentang analisis pengaruh sedimentasi.
2. Curah hujan pada penelitian ini tidak diperhitungkan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

Sungai adalah air tawar dari sumber alamiah yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah, dan menuju atau bermuara ke laut, danau, atau sungai yang lebih besar. Arus air di bagian hulu sungai (umumnya terletak di daerah pegunungan) biasanya lebih deras dibandingkan dengan arus sungai di bagian hilir. Aliran sungai sering kali berkeluk-luk, karena terjadinya proses pengikisan dan pengendapan di sepanjang sungai.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai, Pasal 1 butir (1) menyatakan: “Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan.”

2.2 Macam-Macam Sungai

Sungai dibedakan menjadi beberapa macam menurut kriteria-kriteria tertentu sebagai berikut:

a. Berdasarkan Asal Atau Sumber Airnya

- 1) Sungai yang bersumber dari mata air, sungai yang semacam ini biasanya terdapat di daerah yang mempunyai curah hujan sepanjang tahun dan alirannya tertutup vegetasi.
- 2) Sungai yang bersumber dari air hujan, yaitu sungai yang airnya bersumber dari air hujan. Sungai di Indonesia pada umumnya termasuk sungai jenis ini, sebab wilayah Indonesia beriklim tropis dan banyak turun hujan.

- 3) Sungai gletser, yaitu sungai sumber airnya berasal dari pencairan es. Sungai jenis ini biasanya hanya terdapat di daerah dengan ketinggian di atas 5.000 m dari permukaan laut.
- 4) Sungai campuran, yaitu sungai yang sumber airnya berasal dari air hujan dan pencairan es. Contohnya sungai campuran di Indonesia adalah sungai Memberamo dan Sungai Digul di Papua.

b. Berdasarkan Letak Aliran Sungai

Berdasarkan letak alirannya, sungai dibedakan menjadi tiga macam, sebagai berikut:

- 1) Sungai yang seluruhnya mengalir di permukaan
- 2) Sungai yang seluruhnya mengalir di bawah permukaan tanah, disebut dengan sungai bawah tanah, seperti yang terdapat di daerah kapur
- 3) Sungai yang sebagian alirannya di permukaan dan sebagian lagi di bawah permukaan tanah

c. Berdasarkan Arah Alirannya

Berdasarkan arah aliran airnya terkait dengan posisi kemiringan per lapisannya dan tektonik adalah sebagai berikut:

- 1) Sungai konsekuen adalah sungai yang arah alirannya searah dengan kemiringan lerengnya
- 2) Sungai subsekuen adalah sungai yang arah alirannya tegak lurus dengan sungai konsekuen
- 3) Sungai resekuen adalah sungai yang arah alirannya sejajar dengan sungai konsekuen
- 4) Sungai obsekuen adalah sungai yang arah alirannya berlawanan dengan sungai konsekuen
- 5) Sungai anteseden adalah sungai yang kekuatan erosi ke dalamnya mampu mengimbangi pengangkatan daerah yang dilaluinya
- 6) Sungai reverse adalah sungai yang kekuatan erosi ke dalamnya tidak mampu mengimbangi pengangkatan daerah yang dilaluinya. Oleh

karena itu, arah aliran sungai ini berkelok menuju ke tempat lain yang lebih rendah

7) Sungai insekuen adalah sungai yang arah alirannya tidak mengikuti perlapisan batuan sehingga arahnya tidak menentu

d. Pola Aliran Sungai Dipengaruhi Oleh Hal-Hal Sebagai Berikut:

1) Jenis batuan, jenis batuan ada yang mudah tererosi dan ada yang tidak mudah tererosi. Misalnya batuan sedimen yang mudah tererosi dapat mempengaruhi pola aliran.

2) Proses geologi, proses-proses geologi dapat merubah pola aliran seperti pengangkatan dan subsidence process.

3) Struktur batuan, struktur batuan yang dapat mempengaruhi pola aliran adalah patahan.

4) Curah hujan lipatan, curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan proses pelapukan dan hal ini dapat mempengaruhi pola aliran sungai.

e. Ada Beberapa Pola Aliran Sungai, Antara Lain Sebagai Berikut:

1) Pola dendrik ialah pola aliran sungai yang anak-anak sungainya bermuara pada sungai induk secara tidak teratur. Pola aliran ini terdapat di daerah yang batuanannya homogen dan lerengnya tidak begitu terjal.

2) Pola trellis ialah suatu pola aliran sungai yang sungai-sungai induknya hampir sejajar dengan anak-anak sungainya. Anak-anak sungainya hampir membentuk sudut 90° dengan sungai induknya.

3) Pola rectangular ialah suatu pola aliran sungai yang terdapat di daerah yang berstruktur patahan. Pola aliran ini membentuk sudut siku-siku.

4) Pola radial sentrifugal ialah suatu pola aliran sungai yang arahnya menyebar. Pola aliran ini terdapat di kerucut gunung berapi atau dome yang berstadium muda, pola alirannya menuruni lereng-lereng pegunungan.

5) Pola radial sentripetal ialah pola aliran sungai yang arah alirannya menuju ke pusat. Pola aliran ini terdapat di daerah-daerah cekungan.

- 6) Pola paralel ialah pola aliran sungai yang arah alirannya hampir sejajar antara sungai yang satu dengan sungai yang lain. pola aliran ini terdapat di daerah perbukitan dengan lereng terjal.

2.3 Klasifikasi Sungai

Sungai pada umumnya dikelompokkan menurut ukurannya. Klasifikasi yang digunakan dalam pengelompokkan sungai besar, sungai menengah, dan sungai kecil berdasarkan pada lebar sungai, kedalaman sungai, kecepatan aliran air, debit aliran, dan luas Daerah Aliran Sungai (DAS). Sedangkan berdasarkan sudut pandang ekologi terdapat klasifikasi berdasarkan vegetasi yang hidup di tebing atau di bantaran sungai. Di bawah ini adalah beberapa klasifikasi yang bisa digunakan dalam membedakan sungai besar, menengah, dan kecil.

1) Klasifikasi Menurut Kern (1994)

Kern (1994) mengklasifikasikan sungai berdasarkan lebarnya, mulai dari kali kecil yang bersumber dari mata air hingga bengawan dengan lebar lebih dari 220 meter (Tabel 2.1).

Tabel 2.1. Klasifikasi sungai berdasarkan pada lebar sungai

Klasifikasi Sungai	Nama	Lebar Sungai
Sungai Kecil	Kali Kecil Dari Mata air	< 1 m
	Kali Kecil	1-10 m
Sungai Menengah	Sungai Kecil	10-20 m
	Sungai Menengah	20-40 m
	Sungai	40-80 m
Sungai Besar	Sungai Besar	80-220 m
	Bengawan	>220 m

Sumber: (Maryono, 2005)

2) Klasifikasi Menurut Heinrich Dan Hergt (1999)

Heinrich dan Hergt dalam Atlas Okologie (1999) mengklasifikasikan sungai berdasarkan lebar sungai dan DAS. Sungai kecil disebut juga dalam Bahasa Inggris Brooks, Branceches, Creeks, Forks, dan Runs, tergantung

bahasa lokal masing-masing daerah yang ada. Dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Klasifikasi sungai berdasarkan pada lebar sungai dan luas DAS

Nama	Luas DAS	Lebar Sungai
Kali Kecil Dari Mata Air	0-2 km ²	0-1 m
Kali Kecil	0-2 km ²	1-3 m
Sungai Kecil	50-300 km ²	3-10 m
Sungai Besar	>300 km ²	>10 m

Sumber: (Maryono, 2005)

3) Klasifikasi Menurut Helfrich dkk.

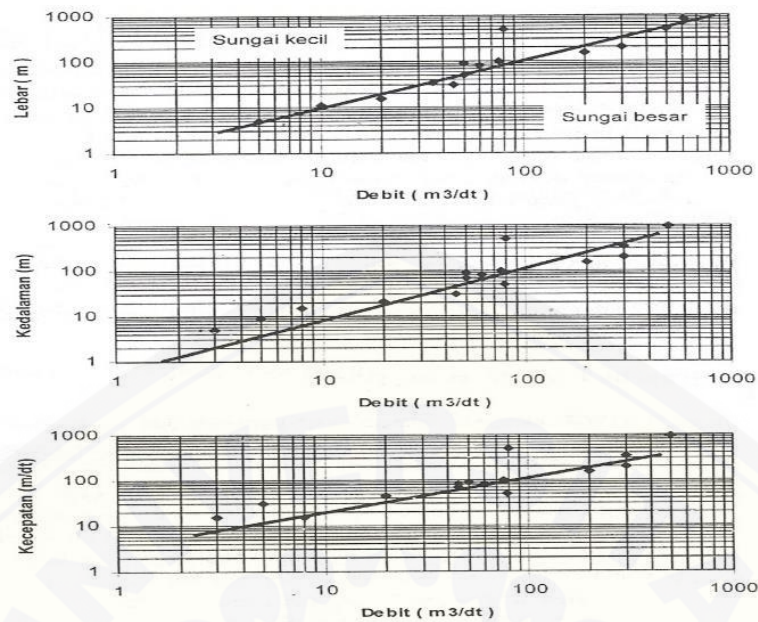
Hal yang membedakan antara sungai kecil dan sungai besar hanya bergantung pada pemberi nama pada pertama kalinya. Sungai kecil merupakan air dangkal yang mengalir di suatu daerah dengan lebar aliran tidak lebih dari 40 meter pada air normal. Sedangkan apabila lebar aliran lebih dari 40 meter disebut sungai atau sungai besar.

4) Kalsifikasi Berdasarkan Vegetasi (LFU, 2000 dalam nur, 2012)

Lfu (2000) mengklasifikasi sungai kecil atau sungai besar berdasarkan kondisi vegetasi alamiah di pinggirnya. Disebut sungai kecil bila dahan dan ranting vegetasi pada kedua sisi tebingnya bertautan dan dapat menutupi sungai yang bersangkutan. Sedangkan pada sungai besar, dahan vegetasi pada kedua sisi tebingnya tidak dapat bertautan karena terpisah cukup jauh.

5) Klasifikasi Menurut Leopold dkk. (1964)

Menurut Leopold dkk. (1964) klasifikasi sungai kecil dan sungai besar didasarkan pada lebar sungai, tinggi sungai, kecepatan aliran sungai, dan debit sungai. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Hubungan lebar, tinggi, kecepatan aliran, dan debit sungai (Sumber: Maryono, 2005)

Pada gambar 2.1 terlihat jika lebar sungai cukup besar, tetapi debit air kecil maka sungai tersebut termasuk sungai kecil. Sedangkan sebaliknya, jika lebar sungai tidak terlalu besar namun debitnya besar, maka bisa disebut sebagai sungai besar, karena kedalaman maupun kecepatan aliran sungai terlalu besar. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa sungai bergantung pada besar kecilnya debit aliran.

2.4 Metode Kecepatan Aliran dan Debit Aliran

Debit aliran adalah suatu laju air yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/detik). Pengukuran debit sungai dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung, yaitu dengan melakukan suatu pendataan terhadap parameter alur sungai dan tanda bekas banjir. Pengukuran debit memiliki beberapa jenis metode yang dapat dipergunakan.

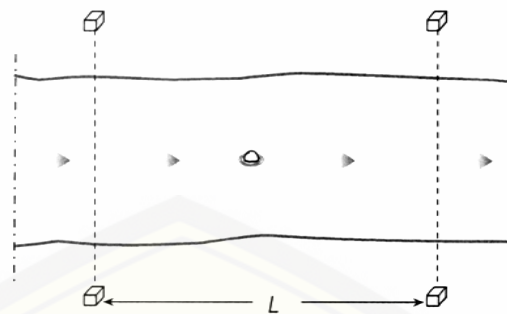
Kecepatan aliran sungai dapat diperoleh dari rata-rata kecepatan aliran pada tiap bagian penampang sungai tersebut. Idealnya kecepatan aliran rata-rata diukur dengan menggunakan *current meter*. Alat ini dapat mengetahui

kecepatan aliran pada berbagai kedalaman penampang. Namun apabila *current meter* tidak tersedia dapat dilakukan pengukuran dengan metode yang paling sederhana yaitu metode pelampung. Kecepatan aliran memiliki dua metode sebagai berikut:

1) Pengukuran Aliran Dengan Menggunakan Metode Pelampung

Pengukuran kecepatan aliran dengan menggunakan pelampung dapat dilakukan apabila menginginkan kecepatan aliran dengan tingkat ketelitian yang relatif rendah. Cara ini masih dapat digunakan untuk memperoleh gambaran kasar tentang kecepatan aliran, dan kondisi sungai yang sangat sulit diukur, misal dalam keadaan banjir, sehingga dapat membahayakan petugas pengukur. Langkah-langkah pengukuran adalah sebagai berikut:

- a) Memilih lokasi pengukuran pada bagian sungai yang relatif lurus dan tidak memiliki banyak pusaran air, bila lebar sungai terlalu lebar, maka di bawah jembatan adalah tempat pengukuran yang cukup ideal
- b) Menetapkan satu titik pada salah satu sisi sungai, misalnya ditandai dengan patok kayu dan satu sisi yang lain di seberang sungai, yang jika dihubungkan kedua titik tersebut akan menghasilkan garis tegak lurus arah aliran
- c) Menentukan lintasan dengan jarak tertentu, waktu tempuh benda yang diapungkan kurang lebih 20 detik
- d) Menghanyutkan pelampung (dapat berupa benda apapun yang dapat terapung, misalnya bola ping-pong, gabus, kayu dll.) pada saat melewati garis pertama, dapat menekan tombol stopwatch dan mengikuti terus pelampung tersebut. Pada saat pelampung melewati garis kedua, stopwatch ditekan kembali, sehingga akan didapat waktu aliran pelampung yang diperlukan, yaitu T .
- e) Mengulangi pengukuran sebanyak tiga kali
- f) Hitung kecepatan rata-ratanya



Gambar 2.2. Pengukuran kecepatan arus dengan metode pelampung (Sumber: Analisa Hidrologi 1993, Sri Harto Br.)

Kecepatan aliran merupakan hasil bagi antara jarak lintasan dengan waktu tempuh, atau dapat dituliskan dalam rumus 2.1.

$$V = \frac{L}{t} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan:

V = Kecepatan (m/detik)

L = Panjang lintasan (m)

t = Waktu tempuh (detik)

Kecepatan aliran yang diperoleh dari metode ini merupakan kecepatan maksimal sehingga perlu dikalikan dengan faktor koreksi kecepatan. Pada sungai dengan dasar yang kasar, faktor koreksinya sebesar 0.75 dan sungai dengan dasar halus faktor koreksinya sebesar 0.85, tetapi secara umum faktor koreksi yang dipergunakan adalah 0.65.

2) Pengukuran Kecepatan Aliran Dengan Metode *Current Meter*

Current meter adalah alat yang paling umum digunakan dalam pengukuran kecepatan arus, karena dapat menghasilkan ketelitian yang cukup baik. Prinsip kerja pengukuran dengan alat ini adalah dengan mencari hubungan antara kecepatan aliran dan kecepatan putaran baling-baling *current meter* tersebut. Umumnya hubungan tersebut dinyatakan dalam rumus 2.2.

$$V = an + b \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan:

V = kecepatan aliran

n = jumlah putaran tiap waktu tertentu

a,b = tetapan yang ditentukan dengan kalibrasi alat di laboratorium

Current meter memiliki dua macam, yaitu *current meter* dengan sumbu mendatar dan *current meter* dengan sumbu tegak. *Current meter* mempunyai bagian-bagian sebagai berikut:

- a. Baling-baling sebagai sensor terhadap kecepatan, terbuat dari streamline styling yang dilengkapi dengan propeler, generator, sirip pengarah dan kabel-kabel
- b. *Contact box*, merupakan bagian pengubah putaran menjadi signal elektrik yang berupa suara atau gerakan jarum pada kotak monitor berskala, kadang juga dalam bentuk digital
- c. Headphone yang digunakan untuk mengetahui jumlah putaran baling-baling (dengan suara “klik”), kadang bagian ini diganti dengan monitor box yang memiliki jendela penunjuk kecepatan aliran secara langsung

Langkah-langkah pengukuran dengan menggunakan *current meter* adalah sebagai berikut:

- a. Memilih lokasi pengukuran pada bagian sungai yang relatif lurus dan tidak banyak pusaran air, untuk sungai yang relatif lebar bisa dilakukan pengukuran dibawah jembatan atau menggunakan perahu untuk kedalaman yang relatif dalam
- b. Membagi penampang melintang sungai atau saluran menjadi 10-20 bagian dengan ukuran yang sama dengan interval tertentu
- c. Mengukur kecepatan aliran pada kedalaman tertentu sesuai dengan kedalaman sungai pada titik interval yang telah dibuat sebelumnya
- d. Kecepatan aliran rata-rata dihitung setelah mendapatkan Luas penampang (A) dan kecepatan aliran (V). Jumlah debit aliran pada setiap penampang

dapat dihitung dengan rumus $Q = A.V$ atau dapat dilihat dalam persamaan 2.3.

$$Q = \frac{L1.D1.V1 + L2.D2.V2 + L3.D3.V3..... + Ln.Dn.Vn}{Jumlahbagian(n)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan:

Q = debit aliran ($m^3/detik$)

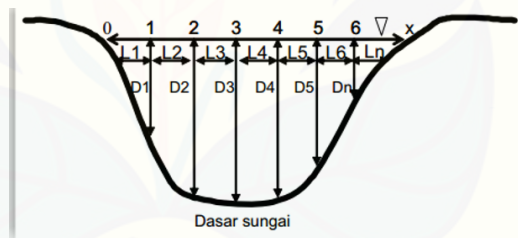
L = lebar interval bagian (m)

V = kecepatan rata-rata pada tiap (h) titik kedalaman pengukuran (m/detik)

2.5 Cara Pengujian Dan Perhitungan

Langkah-langkah pengujian dan perhitung ini adalah sebagai berikut:

1. Mengukur dimensi saluran, seperti tinggi dinding saluran, mengukur lebar, dan luas penampang horizontal (L), kemudian membagi bentang menjadi 10 bagian dengan ukuran yang sama, kemudian mengukur kedalaman (D) di setiap 10 bagian (seperti pada Gambar 2.3), setelah itu menghitung perbagian, seperti contoh berikut:



Gambar 2.3. Cara pembentangan tali (Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008)

Seperti pada Gambar 2.3. Luas penampang sungai, perhitungan luas penampang dapat ditulis dalam rumus 2.4.

$$A1(m^2) = L1.D1$$

$$A2(m^2) = L2.D2$$

$$A Total = \frac{L1.D1 + L2.D2 + L3.D3 + \dots(n)}{(n)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan:

A = Luas penampang saluran (m^2)

L = lebar (m)

D = kedalaman (m)

2. Kecepatan aliran menggunakan alat *current meter* dapat diukur setelah mengetahui cara mendapatkan nilai yang benar. *Current meter* dapat langsung dipasang pada batang atau digantungkan pada tali yang telah diberikan pemberat. Untuk penggunaan cara pertama dapat digunakan untuk mengukur kecepatan pada sungai kecil atau saluran dengan kedalaman yang relatif rendah, dengan cara posisi orang yang memegang alat berhadapan (berlawanan arus) dan alat berada tepat di depan badan. Untuk sungai yang relatif dalam, dapat menggunakan bantuan perahu atau berada pada jembatan.

Cara kedua dapat digunakan untuk mengukur pada sungai besar. Karena perubahan kondisi aliran pada sungai yang tidak dipengaruhi pasang surut, pengukuran kecepatan dapat dilakukan dengan hanya satu alat dari satu vertikal berikutnya dalam satu penampang melintang. Pengukuran dilakukan di beberapa titik pada vertikal, yang selanjutnya akan dievaluasi untuk mendapatkan kecepatan rerata. Untuk menyingkat waktu serta menghemat biaya, pengukuran dapat dilakukan hanya di beberapa titik pada vertikal.

Kecepatan rata-rata di setiap vertikal dapat ditentukan dengan salah satu dari metode yang bergantung pada ketersediaan waktu, ketelitian yang diharapkan, serta lebar dan kedalaman sungai. Dalam pengukuran kecepatan terdapat dua metode titik yang dapat digunakan, sebagai berikut:

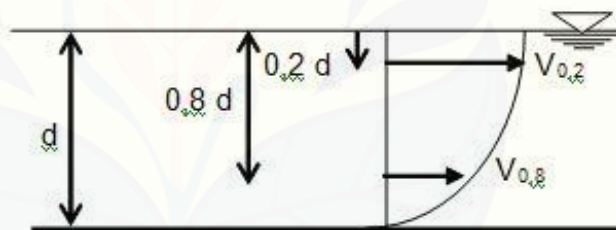
- a. Metode satu titik, yaitu metode yang hanya dapat digunakan untuk air dangkal, di mana metode dua titik atau lebih tidak dapat digunakan. Metode satu titik mengukur kecepatan pada 0,6 kedalaman air. Seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Metode satu titik (Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008)

Misalkan kedalaman air (D_1) adalah 0,5 meter, maka pengukuran menggunakan alat *current meter* pada kedalaman 0,30 meter dan mendapatkan nilai V_1 (m/detik).

- b. Metode dua titik, yaitu di mana kecepatan rata-rata merupakan dari kecepatan pada 0,2 dan 0,8 kedalaman. Seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Metode dua titik (Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008)

Misalkan kedalaman air (D) adalah 1,2 meter, maka akan dihitung sebagai berikut:

$$D_1 = 0.2 \times 1.2 = 0.24 \text{ meter}$$

$$D_2 = 0.8 \times 1.2 = 0.96 \text{ meter}$$

Maka, pengukuran menggunakan alat *current meter* pada kedalaman 0.24 meter dan 0.96 meter.

Pada kedalaman 0.24 meter, mempunyai kecepatan $V_{0.2} = 0.2$ m/detik. Sehingga pada kedalaman 0.96 meter mempunyai kecepatan $V_{0.8} = 0.1$ m/detik. Kecepatan rata-rata dapat dituliskan dalam Rumus 2.5 dan Rumus 2.6.

$$V = \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Maka,

$$V = \frac{0.2 + 0.1}{2} = 0.15 \text{ m/detik} \dots\dots\dots (2.6)$$

Berikut adalah format pengisian di lapangan, untuk penggunaan format tersebut disarankan sudah mengukur terlebih dahulu Lebar (L) dan kedalaman air (D) masing-masing agar memudahkan dalam pengukuran kecepatan aliran (V). Seperti pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3. Format penelitian kecepatan aliran

STA 0+000		TANGGAL
KECEPATAN ALIRAN		WAKTU
POSISI	KEDALAMAN (h)	HASIL (m/detik)	RATA-RATA
V1	0,2	0	0,05
	0,8	0,1	
V2	0,2	0,1	0,1
	0,8	0,1	
V3	0,2	0,1	0,1
	0,8	0,1	
V4	0,2	0,1	0,1
	0,8	0,1	
V5	0,2	0,1	0,15
	0,8	0,2	
V6	0,2	0,1	0,15
	0,8	0,2	
V7	0,2	0,1	0,1
	0,8	0,1	
V8	0,2	0,1	0,1
	0,8	0,1	
V9	0,6	0,1	0,1
	0,6	0,00	

3. Cara perhitungan debit sungai dilakukan dengan membagi lebar sungai menjadi bagian yang sama setiap ukurannya. Misalkan lebar penampang horizontal 5.5 meter, maka pembagian lebarnya dapat dibagi menjadi 10 bagian yaitu 0.55 meter per bagian. Kecepatan aliran dan kedalaman air diukur di masing-masing bagian, yaitu pada vertikal yang mewakili bagian-bagian tersebut. Debit di setiap bagian dihitung dengan mengalikan kecepatan rerata dan luas penampang saluran. Debit total adalah jumlah debit diseluruh bagian. Debit yang dihitung merupakan jumlah debit total

aliran pada setiap bagian penampang, dapat ditulis dalam persamaan 2.7 dan 2.8 berikut.

$$Q = \frac{L1.D1.V1 + L2.D2.V2 + L3.D3.V3 \dots + Ln.Dn.Vn}{Jumlahbagian(n)} \dots \dots \dots (2.7)$$

Atau

$$Q \text{ rerata} = \frac{Q1 + Q2 + Q3 + \dots + Qn}{Jumlahbagian(n)} \dots \dots \dots (2.8)$$

Tabel 2.4. Contoh perhitungan debit aliran

Hari/Tanggal/Tahun				
STA 0+000				
Q	L	D	V	Q hasil
Q1	0,55	1,14	0,05	0,0314
Q2	0,55	1,18	0,10	0,0649
Q3	0,55	1,22	0,10	0,0671
Q4	0,55	1,37	0,10	0,0754
Q5	0,55	1,38	0,15	0,1139
Q6	0,55	1,20	0,15	0,099
Q7	0,55	0,68	0,10	0,0374
Q8	0,55	0,64	0,10	0,0352
Q9	0,55	0,59	0,10	0,0352
Q10	0,55	0,50	0,00	0,00
Jumlah			0,95	0,5566
Rata-rata			0,095	0,0557

2.6 Bangunan Ukur Cipoletti

Bangunan ukur cipoletti adalah bangunan pengukur debit yang banyak digunakan, dan sesuai berdasarkan prinsip peluapan sempurna dengan ambang tipis. Bangunan ukur tersebut biasanya digunakan untuk pengukuran debit saluran yang tidak begitu besar, dan biasa digunakan pada saluran tertier air (saluran yang langsung mengalir ke sawah). Bangunan ukur tersebut sesuai digunakan pada daerah pegunungan dimana tanah mempunyai kemiringan yang cukup besar (Yuwono, 1988).

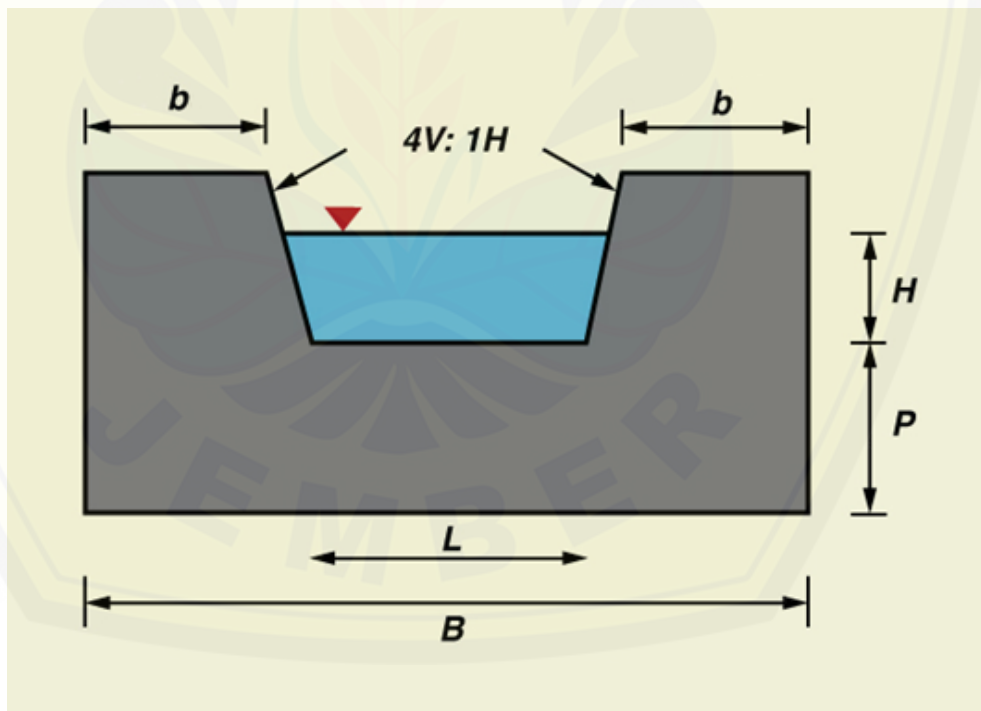
Bangunan ukur cipoletti terbuat dari pasangan batu atau beton, sedangkan pada bagian mercu terbuat dari besi siku. Bangunan ukur cipoletti mempunyai potongan pengontrol trapesium, mercu horizontal dan pada

bagian sisi miring ke arah samping. Prinsip kerja bangunan ukur cipoletti pada saluran terbuka adalah menciptakan aliran kritis.

2.7.1 Bentuk Bangunan Ukur Cipoletti

Bangunan ukur cipoletti merupakan penyempurna bangunan ukur ambang tajam yang dikontrol sepenuhnya. Bangunan ukur cipoletti mempunyai potongan pengontrol berbentuk trapesium, mercu horizontal dan pada bagian sisi miring ke arah samping.

Bangunan ukur cipoletti dibuat dari pasangan batu atau beton, sedangkan pada bagian mercu terbuat dari besi siku. Untuk pencegahan kerusakan akibat air yang melimpah, pada bagian hilir bangunan ukur terdapat kolam olakan dan pada bagian hulu juga terdapat pasangan batu. Bangunan ukur cipoletti dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut ini.



Gambar 2.7 Penampang Melintang Bangunan Ukur Cipoletti

2.7.2 Syarat-Syarat Bangunan Ukur Cipoletti

Pembuatan bangunan ukur cipoletti berdasarkan prinsip aliran pelimpah sempurna melalui ambang tajam. Adapun syarat-syarat khusus dalam pembuatan bangunan ukur cipoletti adalah sebagai berikut:

1. Air pada permukaan harus mengalir dengan tenang, agar tinggi muka air dapat dibaca dengan seksama pada papan taraf yang terdapat pada muka tembok sekat.
2. Pemasangan ambang pelimpah dengan jarak yang cukup jauh dari pintu sadap saluran, yakni antara 12 sampai 30 meter.
3. Pengambilan tinggi ambang paling sedikit $2h$ di atas dasar saluran.
4. Pengambilan jarak antara tepi lubang pelimpah dan dinding saluran harus diambil paling sedikit sama dengan h .
5. Pada saat debit kecil, nilai h harus paling sedikit 5 atau 6 cm dan letak muka air pada bagian belakang ambang paling sedikit 2,5 cm lebih rendah dari pada mercu ambang.
6. Letak ambang harus datar dan miring sisi-sisinya 1 : 4 (H : V)

2.7.3 Rumus-Rumus Debit Dengan Bangunan Ukur Debit Cipoletti

Prinsip kerja bangunan ukur cipoletti pada saluran terbuka adalah menciptakan aliran kritis. Pada aliran kritis, energi spesifik pada nilai minimum sehingga terdapat hubungan antara head dengan debit. dengan kata lain, Q hanya merupakan fungsi H saja.

Rumus umum yang menghubungkan ketinggian muka air (h) dengan debit (Q) untuk bangunan ukur cipoletti dapat dilihat pada persamaan 2.13 berikut.

$$Q = \frac{2}{3} \cdot C_{d1} \cdot b \cdot h^{3/2} \sqrt{2 \cdot g} + \frac{8}{15} \cdot C_{d2} \cdot H^{3/2} \sqrt{2 \cdot g} \cdot \tan \frac{\alpha}{2} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dengan:

Q = debit air ($m^3/detik$)

C_{d1} = koefisien debit bagian segi empat

C_{d2} = koefisien debit bagian segi empat

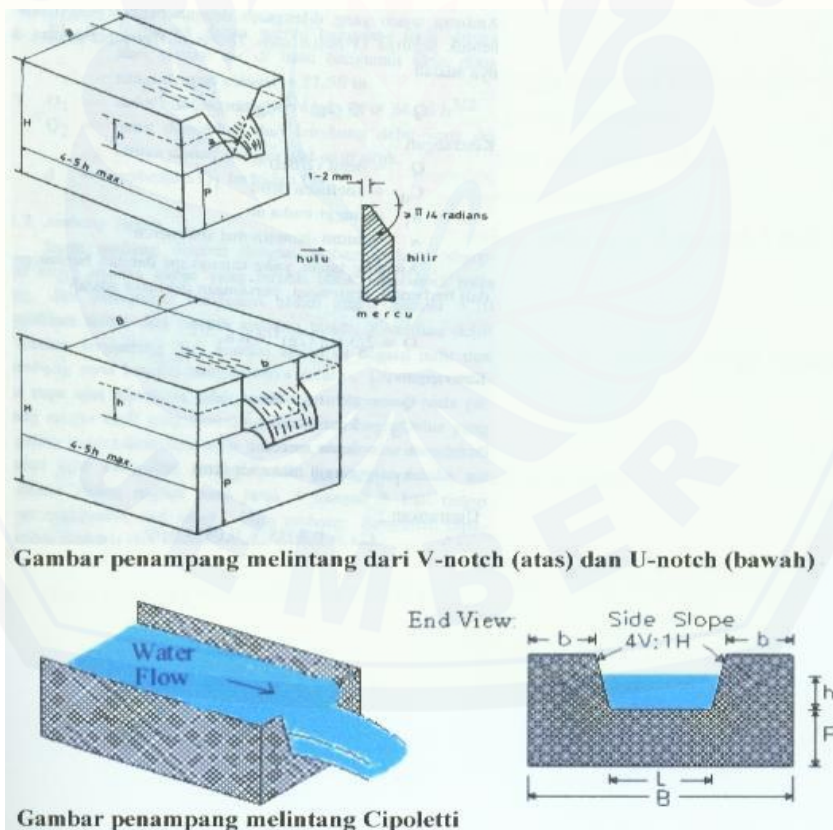
- b = lebar ambang (m)
- H = tinggi ambang (m)
- g = gaya gravitasi (m/detik²)

Aliran air pada permukaan bebas mengalami terjadinya kontraksi aliran pada muka ambang tajam, sehingga $C_d = 0,63$, maka persamaan bangunan ukur cipoletti berubah, sehingga dapat dituliskan dalam persamaan 2.14 dan 2.15 berikut.

$$Q = 0,42.b.h\sqrt{2.g.h} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$Q = 1,86.b.h^{3/2} \dots\dots\dots (2.15)$$

Penampang melintang dan memanjang bangunan ukur cipoletti dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8 Penampang Melintang Dan Memanjang Bangunan Ukur Cipoletti

2.7.4 Beberapa Perimbangan Dalam Pengukuran Debit Dengan Cipoletti

1. Head (elevasi yang berbeda pada ambang dengan muka air pada hulu) tidak lebih kecil dari 6 cm dan tidak lebih besar dari 60 cm untuk debit aliran yang dirancang.
2. Weir berbentuk segi empat dan trapesium, “head” tidak melebihi $1/3$ dari panjang weir atau lebar ambang ($H_{\max} \leq 1/3 L$).
3. Lebar ambang weir harus dipilih sedemikian rupa, sehingga head untuk debit rencana mendekati “head maksimum” dengan memperhatikan persyaratan (a) dan (b).
4. Elevasi ambang (crest) harus terpasang cukup tinggi, sehingga air melimpah melaluinya dan jatuh bebas (free flow), dengan ruang udara di bawah dan di sekitar terjunan air (nappe).

2.7.5 Ciri-Ciri Bangunan Cipoletti

1. Konstruksi sederhana, sehingga dapat terbuat dari kayu, plat besi dan sebagainya.
2. Dapat digunakan untuk mengukur debit pada saluran yang berukuran kecil, seperti saluran sekunder dan tersier.
3. Diperlukan kemiringan aliran yang cukup dan tidak cocok dipakai di area irigasi yang datar.
4. Perlu adanya pemeliharaan yang teratur, karena mudah terjadi pengendapan lumpur yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran debit.

2.7.6 Kelebihan Dan Kekurangan Bangunan Ukur Cipoletti

1. Kelebihan bangunan ukur cipoletti
 - a. Sederhana dan mudah dibuat.
 - b. Biaya pelaksanaan tidak mahal.
2. Kelemahan bangunan ukur cipoletti
 - a. Terjadinya sedimentasi pada hulu bangunan.
 - b. Pengukuran tidak bisa dilakukan jika tinggi muka air pada hilir naik di atas elevasi ambang bangunan ukur.

3. Pemeliharaan bangunan ukur cipoletti

- a. Pemeliharaan kolam tenang (pool) agar terbebas dari endapan, sampah dan gulma air.
- b. Pencegahan bocoran melalui weir.
- c. Pengecekan elevasi titik nol pada tiang ukur (*peilscale*).
- d. Pengecekan kondisi ambang dan perbaikan jika.

2.7 Kalibrasi Rating Curve

Rating curve menurut Walling, D. E. (1997) dalam ilmu hidrologi merupakan grafik debit dibandingkan panggung untuk titik tertentu pada sungai, biasanya terdapat pada stasiun pengukuran, dimana debit aliran diukur pada saluran sungai dengan flow meter.

Menurut Warrick, J. A., dan J. D. Milliman (2003), *rating curve* merupakan sebuah plot kurva yang menunjukkan hubungan antara panggung dengan debit aliran pada lokasi tertentu. Kurva *rating curve* dapat digunakan untuk perhitungan perkiraan debit aliran menggunakan pengukuran tahap tunggal (pengukuran dengan peralatan otomatis).

Rating curve (liku kalibrasi) merupakan persamaan garis yang menghubungkan antara tinggi muka air pada aliran dengan besarnya debit aliran, sehingga debit aliran dapat diduga melalui pengukuran tinggi muka air. Data yang dibutuhkan untuk pembuatan liku kalibrasi adalah penampang melintang saluran, tinggi muka air, debit aliran, waktu pengukuran, dan kecepatan aliran.

Tinggi muka air adalah elevasi permukaan pada suatu penampang melintang saluran terhadap suatu titik tetap dengan elevasi yang sudah diketahui. Tinggi muka air biasa dinyatakan dalam satuan meter (m) atau centimeter (cm). Naik turunnya permukaan air sungai menunjukkan adanya perubahan kecepatan aliran dan juga debit yang dihasilkan. Tinggi muka air dapat digunakan secara langsung untuk berbagai keperluan pembangunan, misalnya perhitungan pengisian air pada waduk, menentukan perubahan kedalaman aliran dari waktu ke waktu untuk keperluan transportasi air,

perencanaan pembangunan pada daerah dataran banjir dan lain-lain. (Rahayu, 2009)

Adanya deviasi pada hasil akhir kalibrasi merupakan hal yang sangat wajar, mengingat banyaknya faktor-faktor yang mempengaruhi dalam proses pengukuran. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya nilai deviasi dapat terjadi karena adanya faktor teknis dan non teknis yang terdapat di lapangan. Nilai deviasi tersebut memiliki kategori yang nantinya akan dijadikan sebagai acuan untuk menindaklanjuti langkah selanjutnya. Pemerintah Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Sumber Daya Air Kab. Jember memiliki acuan persentase tersendiri yang nantinya akan dijadikan patokan untuk menindaklanjuti langkah berikutnya. Berikut adalah tabel 2.5 persentase nilai deviasi berdasarkan Laporan Kegiatan Optimalisasi Jaringan Irigasi yang telah dibangun Pekerjaan Kalibrasi Bangunan Ukur Tahun 2017 yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Sumber Daya Air Kab. Jember.

Tabel 2.5 Persentase nilai deviasi keluaran DPU Bina Marga dan SDA Kab. Jember

Nilai Persentase	Kategori
<25%	Layak dan dapat difungsikan dengan mengganti tabel debit terbaru
26% - 50%	Perlu perbaikan/rehab ringan
>50%	Rehab berat/pembuatan konstruksi baru

Sumber: DPU Bina Marga dan SDA Kab. Jember Tahun 2017

Jadi, sesuai dengan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa jika nilai persentase akhir <25% maka bangunan ukur dikategorikan layak dan berfungsi dengan baik, dan hanya menggantikan tabel debit terbaru untuk menjadi acuan selanjutnya. Persentase 26%-50% bangunan ukur dikategorikan perlu perbaikan/rehab ringan, misalnya seperti penggantian peilscale, perbaikan posisi peilscale, pengerukan sedimen. Persentase >50% bangunan ukur sudah mengalami kerusakan yang cukup besar, dan perlu adanya rehab berat/pembuatan konstruksi bangunan ukur baru.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan pengukuran di lapangan yang berfokus pada studi pengukuran debit pada saluran Primer I Barat Bedadung.

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Saluan Primer I Barat Bedadung yang berlokasi di Desa Balung, Kecamatan Balung, Kabupaten Jember.



Gambar 3.1. Peta Lokasi Saluran Primer I Barat Sungai Bedadung
(Sumber: Google Maps)

3.2 Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer yang dibutuhkan yaitu survei lapangan di saluran primer I Barat guna untuk mengambil kecepatan aliran dan penampang basah saluran. Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan yaitu diperoleh melalui kajian pustaka (literatur), dan data debit berdasarkan bukaan pintu yang bersumber dari pihak dinas terkait.

3.3 Analisa Data

3.3.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang didapat berdasarkan pengamatan di lapangan. Data primer yang didapat merupakan data hasil observasi dan pengamatan yang dilakukan di saluran primer I Barat. Data yang diambil yaitu:

- a. Pengukuran luas penampang basah di lapangan
- b. Pengukuran kecepatan aliran di lapangan
- c. Perhitungan debit rata-rata aliran
- d. Perhitungan perbandingan nilai debit pengukuran langsung dengan nilai debit pada tabel debit yang tersedia pada UPT pengamat

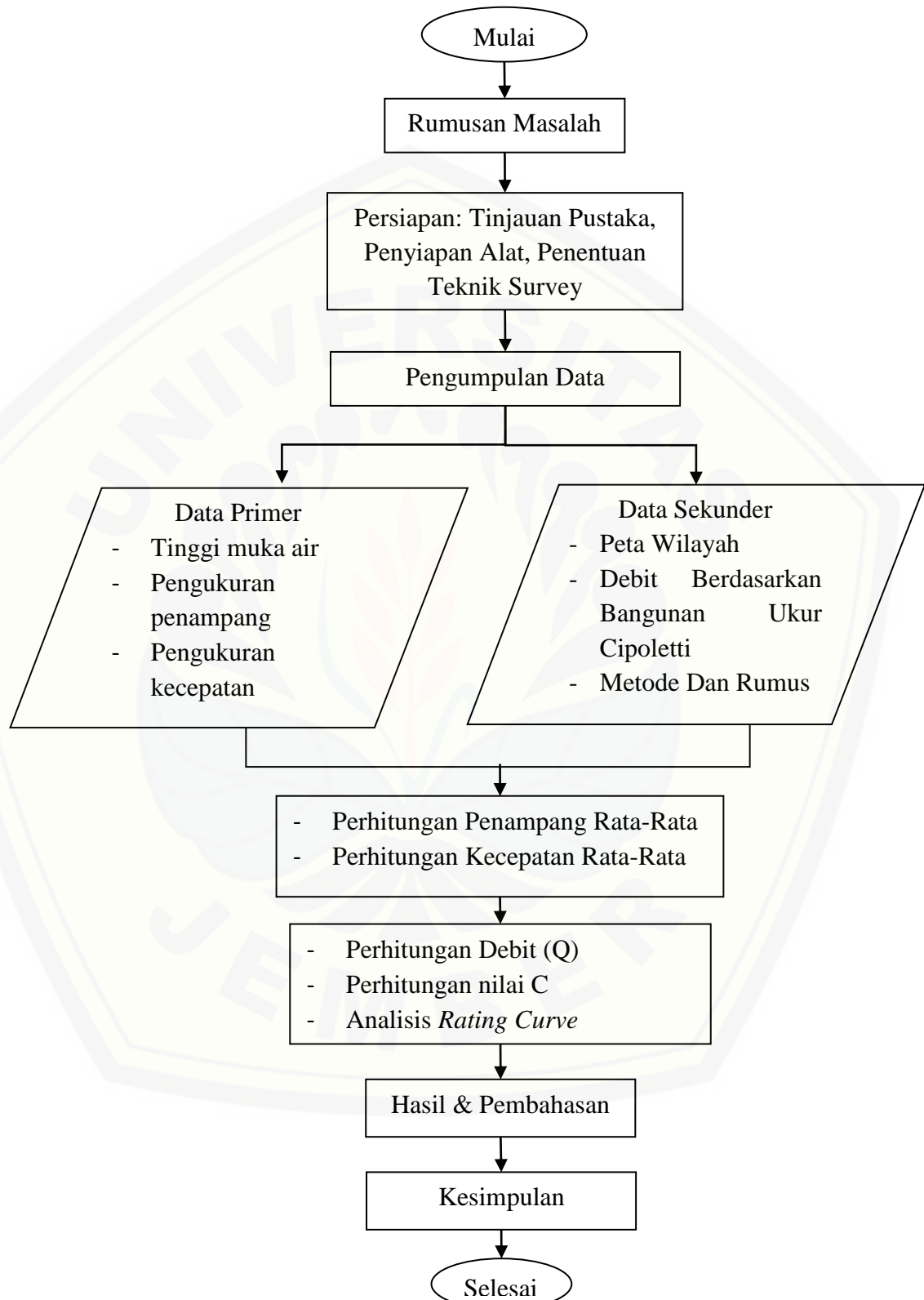
3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang di dapat dari Dinas terkait seperti Dinas Pengairan Kabupaten Jember.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu:

- a. Peta kontur
- b. Penampang melintang dan memanjang saluran primer
- c. Debit berdasarkan bangunan ukur *cipoletti*

3.4 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Pada saat akan melaksanakan suatu penelitian, kita harus mengetahui rumusan masalahnya terlebih dahulu. Selanjutnya melakukan persiapan yaitu mulai dari pengumpulan studi literatur, penyiapan alat, dan penentuan teknik survey. Selanjutnya pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan di lokasi penelitian yaitu saluran Primer I Barat Bedadung di desa Balung, Kecamatan Balung, Kabupaten Jember. Data sekunder dapat berupa peta wilayah yang diamati, metode pelaksanaan, dan juga rumus yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

Selanjutnya dari data primer yang sudah didapatkan di lapangan, melakukan perhitungan penampang rata-rata dan kecepatan rata-rata, setelah itu mulai dengan perhitungan debit (Q). Selanjutnya menghitung perbandingan nilai debit pengukuran langsung dengan nilai debit pada tabel debit yang tersedia pada UPT pengamat, yang selanjutnya digunakan sebagai parameter untuk menganalisis kalibrasi *rating curve* debit aliran air. Setelah semua dikerjakan maka dapat diketahui kesimpulan penelitian yang telah dilaksanakan.

3.5 Metode Pelaksanaan Penelitian

Dalam pelaksanaan suatu pekerjaan, perlu adanya metode yang menjadi pedoman. Langkah-langkah pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Memilih lokasi pengukuran pada bagian sungai yang relatif lurus dan tidak banyak pusaran air, untuk sungai yang relatif lebar bisa dilakukan pengukuran di bawah jembatan atau menggunakan perahu untuk kedalaman yang relatif dalam.
- 2) Mengukur dimensi saluran, seperti tinggi dinding saluran, mengukur lebar, dan luas penampang horizontal (L).
- 3) Membagi bentang menjadi 4 bagian dengan ukuran yang sama, kemudian mengukur kedalaman (D) di setiap bagian.
- 4) Current Meter dapat langsung dipasang pada batang atau digantungkan pada tali yang telah diberikan pemberat.

- 5) Pengukuran kecepatan pada sungai kecil atau saluran dengan kedalaman yang relatif rendah, posisi orang yang memegang alat, berhadapan (berlawanan arus) dan alat berada tepat di depan badan.
- 6) Pengukuran kecepatan pada sungai yang relatif dalam, dapat menggunakan bantuan perahu atau berada pada jembatan.
- 7) Nilai kecepatan aliran ditulis pada form yang sudah disediakan sesuai dengan SNI 8066:2015 Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung.
- 8) Menghitung kecepatan rata-rata pada setiap titik pengambilan.
- 9) Menghitung debit aliran pada setiap titik pengukuran. Kemudian menghitung nilai debit rata-rata aliran pada setiap titik.
- 10) Membandingkan nilai debit dari hasil pengukuran dengan debit perhitungan yang sudah tertera pada UPT Pengamat Balung.
- 11) Mengklasifikasikan hasil perbandingan debit sesuai dengan kategori persentasi yang sudah dikeluarkan Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Sumber Daya Air.
- 12) Perhitungan kalibrasi debit aliran, selanjutnya adalah perhitungan debit debit sesuai dengan rumus yang sudah dikalibrasi.
- 13) Pembuatan liku kalibrasi (*rating curve*) yang merupakan grafik hubungan antara tinggi muka air dengan nilai debit aliran.
- 14) Penulisan kesimpulan dan saran.
- 15) Selesai.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis terhadap data pengukuran pada saluran Primer I Barat dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengukuran dilakukan pada 3 titik lokasi, masing-masing berjarak 15 meter setiap titik. Kecepatan aliran pada ketiga titik tersebut masing-masing adalah 1,76 m/detik, 1,72 m/detik, dan 1,68 m/detik. Kecepatan rata-rata dari ketiga titik tersebut adalah 1,72 m/detik.
2. Nilai debit aliran dari ketiga titik secara berurutan adalah 2,64 m³/detik, 2,57 m³/detik, dan 2,51 m³/detik. Debit rata-rata dari ketiga titik tersebut adalah sebesar 2,57 m³/detik.
3. Debit hasil perhitungan yang tercatat pada UPT Pengamat Balung adalah sebesar 3,013 m³/detik. Debit hasil pengukuran adalah sebesar 2,57 m³/detik. Debit hasil perhitungan dan debit hasil pengukuran memiliki selisih sebesar 14,63%. Mengacu pada Laporan Kegiatan Optimalisasi Jaringan Irigasi yang telah dibangun Pekerjaan Kalibrasi Bangunan Ukur Tahun 2017 Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Sumber Daya Air Kab. Jember, dengan besar selisih sebesar 15% bangunan ukur dikategorikan layak, karena persentase kurang dari 25% dan dapat difungsikan dengan perbaikan rating curve.

5.2 Saran

1. Penelitian mengenai kalibrasi menggunakan rating curve dapat dikembangkan untuk kalibrasi data lainnya yang dicatat secara kontinu, seperti data curah hujan, data tinggi muka air, data debit, dan lain-lain.
2. Keselamatan kerja pada saat pengukuran kecepatan aliran harus diperhatikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Dan Sumber Daya Air. 2017. *Laporan Kegiatan Optimalisasi Irigasi yang telah dibangun Pekerjaan Kalibrasi Bangunan Ukur Tahun 2017*. Jember
- Halik, G. *Pengukuran Debit Di Sungai Dan Saluran Terbuka: Buku Ajar*.
- Harto Br, S. 1993. *Analisa Hidrologi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hadisusanto, N. 2011. *Aplikasi Hidrologi*. Malang: Jogja Media Utama
- Maryono, A. 2005. *Hidraulik Pengelolaan Sungai Ramah Lingkungan*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Norhadi, A., A. Marzuki, L. Wicaksono, dan R. A. Yacob. 2015. Studi Debit Aliran Pada Sungai Antasan Kelurahan Sungai Andai Banjarmasin Utara. *Jurnal Poros Teknik*. 7(1): 7-14.
- Rahayu dkk. 2009. *Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai*. Bogor: World Agroforestry Centre – Southeast Asia Regional Office.
- Standar Nasional Indonesia. 2015. *Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai Dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus Dan Pelampung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Perencanaan Irigasi. 2013. *Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04*. Jakarta: Direktorat Jendral Sumber Daya Air.
- Te Chow, V. 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Jakarta: Erlangga.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Universitas Jember. 2016. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: UPT Penerbitan Universitas Jember.



LAMPIRAN



(1)



(2)

Gambar 6.1 (1) Pengukuran Penampang Saluran, (2) Pengukuran Penampang Saluran



(1)



(2)

Gambar 6.2 (1) Pengukuran Kedalaman Air, (2) Tabel Pedoman Pengukuran Debit



(1)



(2)

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS JEMBER
LABORATORIUM HIDROTEKNIK
FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Nama Sungai : Sungai Bawan
Merk/No. Alat : Kaha Hydrological Company
No. Kincir :
Tgl Pengukuran : 05 September 2024
Jam Pengukuran : 10.56 WIB - 13.00 WIB

Tempat : Bawan - Kecamatan Sempur, Kabupaten Bojonegara - 36194
Koordinat : 7.3615 LS 114.8591 BT
Muka Air: 100m 17
Jumlah :
Balok :

No	Latar	Daerah Tinggi	Daerah Kincir	Lama Pengukuran	Waktu Pengukuran	Kecepatan Pada Titik	Kecepatan Rata-rata	Lama	Debit
		(m)	(m)	(men)	(detik)	(m/detik)	(m/detik)	(detik)	(m ³ /detik)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.502	0.44	0.309	9	43	0.333	0.332	0.44	0.07128
						0.294	0.293		
2	0.988	0.74	0.579	35	40	0.52	0.52	0.54	0.3394
						0.524	0.52		
3	1.003	0.5	0.50	35	40	0.505	0.507	0.5	0.3085
						0.51	0.51		
4	1.000	0.54	0.524	24	40	0.495	0.490	0.54	0.23713
						0.523	0.52		
5	0.968	0.55	0.585	35	40	0.578	0.533	0.55	0.18855
						0.531	0.53		
TOTAL									2.57

Sebelumnya hasil pengukuran di atas maka dapat dibuat gambar profil melintang sungai yang sedang diukur seperti yang ditunjukkan dalam gambar di bawah ini:

Latar Sungai (meter)

(3)

Gambar 6.3 (1) Lokasi Pengukuran, (2) Bangunan Ukur Cipoletti, (3) Form Pengukuran Kecepatan Aliran

Table with multiple columns for dates and discharge values. Headers include 'SIANGSORE' and 'TUTUL'. The table contains numerical data for various dates and times.

(1)

Table titled 'Cipoletti' with columns for discharge values. It includes diagrams of the weir structure and a list of instructions for measurement.

1. Kikirlah data jenis dan kelas bangunan ukur, misalnya Cipoletti, lebar = 3.50 m.
2. Gambarkan secara garis-garis melintang diukur, misal tiap 10 cm.
3. Ukurlah kelain "V" tinggi permukaan, carilah tinggi permukaan yang ada, misalkan angka 1.
4. Carilah bilangan kelain "faktor bencong" angka yang terdapat dalam gambar hasil pengukurannya.
5. Angka yang terdapat dalam melintang dengan angka 10 dan selanjutnya dengan angka 10 di belakang.
6. Untuk permukaan antara garis-garis pada dalam ini ke-luar.
7. Hasil dikalikan adalah BF Sifat.
8. Tabel di atas ganti adalah hasil data yang ada.

(2)

Gambar 6.4 (1) Tabel Debit Harian UPT Pengamat, (2) Tabel Debit Bangunan Ukur Cipoletti



(1)

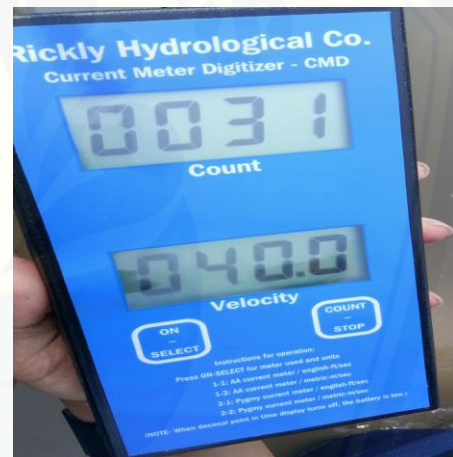


(2)

Gambar 6.5 (1) Tinggi Permukaan Air peilscale, (2) Pengukuran Kecepatan Aliran



(1)

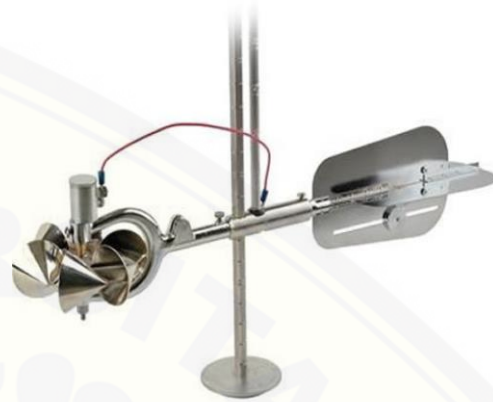


(2)

Gambar 6.6 (1) Pengukuran Kecepatan Aliran, (2) Hasil Pengukuran Kecepatan



(1)



(2)

Gambar 6.7 (1) Baling-baling Current Meter, (2) Alat Duga Current Meter



(1)



(2)

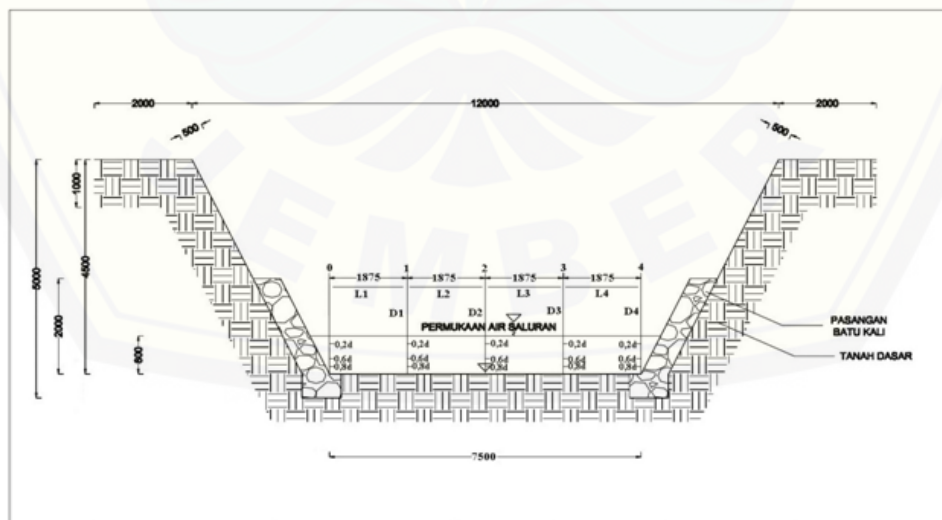
Gambar 6.8 (1) Hasil Pengukuran Kedalaman Air, (2) Hasil Kecepatan Aliran

PENGUKURAN ALIRAN TITIK 1

Nama Saluran	: Saluran Primer I Barat Balung	Tempat	: Balung, Kecamatan Balung, Kabupaten Balung - JATIM
Merk/No. Alat	: Rickly Hidrological Company	Koordinat	: 8°16'51.2551"
No. Kincir	:		113°31'53.6927"
Tgl Pengukuran	: 23 Mei 2018	Petugas	: Fitria Nurzuni
Jam Pengukuran	: 11.09 WIB - 13.33 WIB		Muhammad Mahbubi
			Candra Suji Katmono

No	Lebar (m)	Dalam	Dalam	Jumlah Putaran (rpm)	Waktu (detik)	Kecepatan		Luas (m ²)	Debit (m ³ /s)
		Sungai (m)	Kincir (m)			Pada Titik (m/s)	Rata-Rata (m/s)		
0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
1	1,875	0,8	0,16	28	40,1	0,275	0,4250	1,5	0,6375
			0,48	32	40	0,443			
			0,64	39	40,1	0,557			
2	1,875	0,8	0,16	26	40	0,342	0,4540	1,5	0,6810
			0,48	28	40	0,476			
			0,64	38	40	0,544			
3	1,875	0,8	0,16	23	40	0,392	0,4817	1,5	0,7225
			0,48	31	40	0,526			
			0,64	34	40	0,527			
4	1,875	0,8	0,16	30	40	0,204	0,3980	1,5	0,5970
			0,48	34	40,4	0,471			
			0,64	31	40,6	0,519			
		Jumlah				1,7587	6	2,6380	

Sket Penampang Saluran



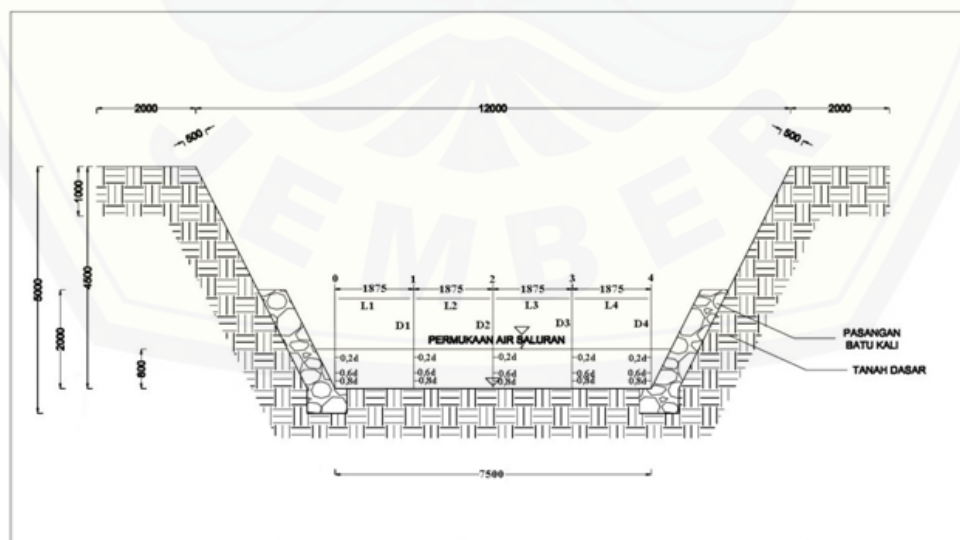
PENGUKURAN ALIRAN TITIK 2

Nama Saluran : Saluran Primer I Barat Balung
 Merk/No. Alat : Rickly Hidrological Company
 No. Kincir :
 Tgl Pengukuran : 23 Mei 2018
 Jam Pengukuran : 11.09 WIB - 13.33 WIB

Tempat : Balung, Kecamatan Balung,
 Kabupaten Balung - JATIM
 Koordinat : 8°16'51.4895"
 113°31'53.431"
 Petugas : Fitri Nurzuni
 Muhammad Mahbubi
 Candra Suji Katmono

No	Lebar	Dalam Sungai	Dalam Kincir	Jumlah Putaran	Waktu	Kecepatan		Luas	Debit
						Pada Titik	Rata-Rata		
	(m)	(m)	(m)	(rpm)	(detik)	(m/s)	(m/s)	(m ²)	(m ³ /s)
0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
1	1,875	0,8	0,16	37	40	0,392	0,4740	1,5	0,7110
			0,48	38	40,5	0,436			
			0,64	41	40	0,594			
2	1,875	0,8	0,16	33	40	0,225	0,3587	1,5	0,5380
			0,48	37	40	0,427			
			0,64	37	40,1	0,424			
3	1,875	0,8	0,16	30	41	0,350	0,4490	1,5	0,6735
			0,48	36	40,2	0,424			
			0,64	38	40,2	0,573			
4	1,875	0,8	0,16	35	41,2	0,234	0,4323	1,5	0,6485
			0,48	35	40,4	0,493			
			0,64	41	40	0,570			
Jumlah							1,7140	6	2,5710

Sket Penampang Saluran



PENGUKURAN ALIRAN TITIK 3

Nama Saluran : Saluran Primer I Barat Balung
 Merk/No. Alat : Rickly Hidrological Company
 No. Kincir :
 Tgl Pengukuran : 23 Mei 2018
 Jam Pengukuran : 11.09 WIB - 13.33 WIB

Tempat : Balung, Kecamatan Balung,
 Kabupaten Balung - JATIM
 Koordinat : 8°16'51.8344"
 113°31'53.0612"
 Petugas : Fitria Nurzuni
 Muhammad Mahbubi
 Candra Suji Katmono

No	Lebar (m)	Dalam	Dalam	Jumlah Putaran (rpm)	Waktu (detik)	Kecepatan		Luas (m ²)	Debit (m ³ /s)
		Sungai (m)	Kincir (m)			Pada Titik (m/s)	Rata-Rata (m/s)		
0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
1	1,875	0,8	0,16	31	40,5	0,453	0,5227	1,5	0,7840
			0,48	38	40	0,544			
			0,64	40	40,4	0,571			
2	1,875	0,8	0,16	32	40	0,274	0,4257	1,5	0,6385
			0,48	40	40	0,477			
			0,64	31	40	0,526			
3	1,875	0,8	0,16	33	40,2	0,107	0,3100	1,5	0,4650
			0,48	43	40,2	0,328			
			0,64	47	40	0,495			
4	1,875	0,8	0,16	33	40	0,291	0,4130	1,5	0,6195
			0,48	40	40,4	0,471			
			0,64	34	40	0,477			
Jumlah							1,6713	6	2,5070

Sket Penampang Saluran

