

repository.ub.ac.id

PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI TOLIWANG SP-IV

KABUPATEN HALMAHERA UTARA

PROPINSI MALUKU UTARA

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

DANU SATRIYO WIBOWO
NIM. 0210640017

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2007



**PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI TOLIWANG SP-IV
KABUPATEN HALMAHERA UTARA
PROPINSI MALUKU UTARA**

SKRIPSI

Diajukan untuk memnuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**DANU SATRIYO WIBOWO
NIM. 0210640017**

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS.
NIP. 131 629 862

Ir. M. Janu Ismoyo, MT.
NIP. 131 574 853

**PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI TOLIWANG SP-IV
KABUPATEN HALMAHERA UTARA
PROPINSI MALUKU UTARA**

Disusun oleh :

**DANU SATRIYO WIBOWO
NIM. 0210640017**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 13 Juni 2007

DOSEN PENGUJI

Ir. Sujatmoko Amali
NIP. 130 531 876

Ir. Endang Purwati, MP.
NIP. 130 531 842

Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS.
NIP. 131 629 862

Ir. M. Janu Ismoyo, MT.
NIP. 131 574 853

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS.
NIP. 131 629 862

**PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI TOLIWANG SP-IV
KABUPATEN HALMAHERA UTARA
PROPINSI MALUKU UTARA**

USULAN SKRIPSI



Disusun oleh :

**DANU SATRIYO WIBOWO
NIM. 0210640017**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2006**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI D.I. TOLIWANG SP-IV
KABUPATEN HALMAHERA UTARA
PROPINSI MALUKU UTARA**

USULAN SKRIPSI

Disusun oleh :

**DANU SATRIYO WIBOWO
NIM. 0210640017**

Menyetujui:

**Ketua Kelompok Dosen Keahlian
Irigasi dan Manajemen Air**

Ir. Rispiningtati, M.Eng.

NIP. 130 531 840

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS.

NIP. 131 629 862

Ir. M. Janu Ismoyo, MT.

NIP. 131 574 853

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkah dan rahmat-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul **“Perencanaan Jaringan Irigasi Toliwang SP-IV Kabupaten Halmahera Utara Propinsi Maluku Utara”**. Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya penyusun sampaikan kepada Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS. dan Ir. M. Janu Ismoyo, MT. yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan sumbangan pemikirannya dalam memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penyusun untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Tidak lupa juga berbagai pihak yang tidak dapat penyusun sampaikan satu-persatu. Penyusun menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ir. Imam Zaki, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
2. Ir. H. Suwanto Marsudi, MS. selaku Ketua Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
3. Ir. Ussy Andawayanti, MS. selaku Sekretaris Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
4. Ir. Sujatmoko Amali selaku Dosen Penguji sidang skripsi.
5. Ir. Endang Purwati, MP. selaku Dosen Penguji sidang skripsi.
6. PT. Daya Cipta atas bantuan data dan kerjasamanya yang baik.
7. Guru-guruku TK-SD-SLTP-SMA.
8. Keluargaku di Tangerang (Bapak-Ibu, Kakak-kakakku: Mas Agung, Mas Andi, Mbak Nen) yang telah dan selalu memberikan dukungan moril dan materiil, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
9. Sahabat-sahabatku Yokorilla, Olivp, Ovpi.
10. Bu Rupiati yang mau menemaniku di pengajaran.
11. Mbak Rini yang mau meminjamkan buku-buku di perpustakaan dan membuat cover KTA perpustakaan jurusan.
12. Seluruh rekan-rekan Pengairan '02 dan semua pihak yang telah memberikan segala bantuan dan dukungannya kepada penyusun.

repository.ub.ac.id

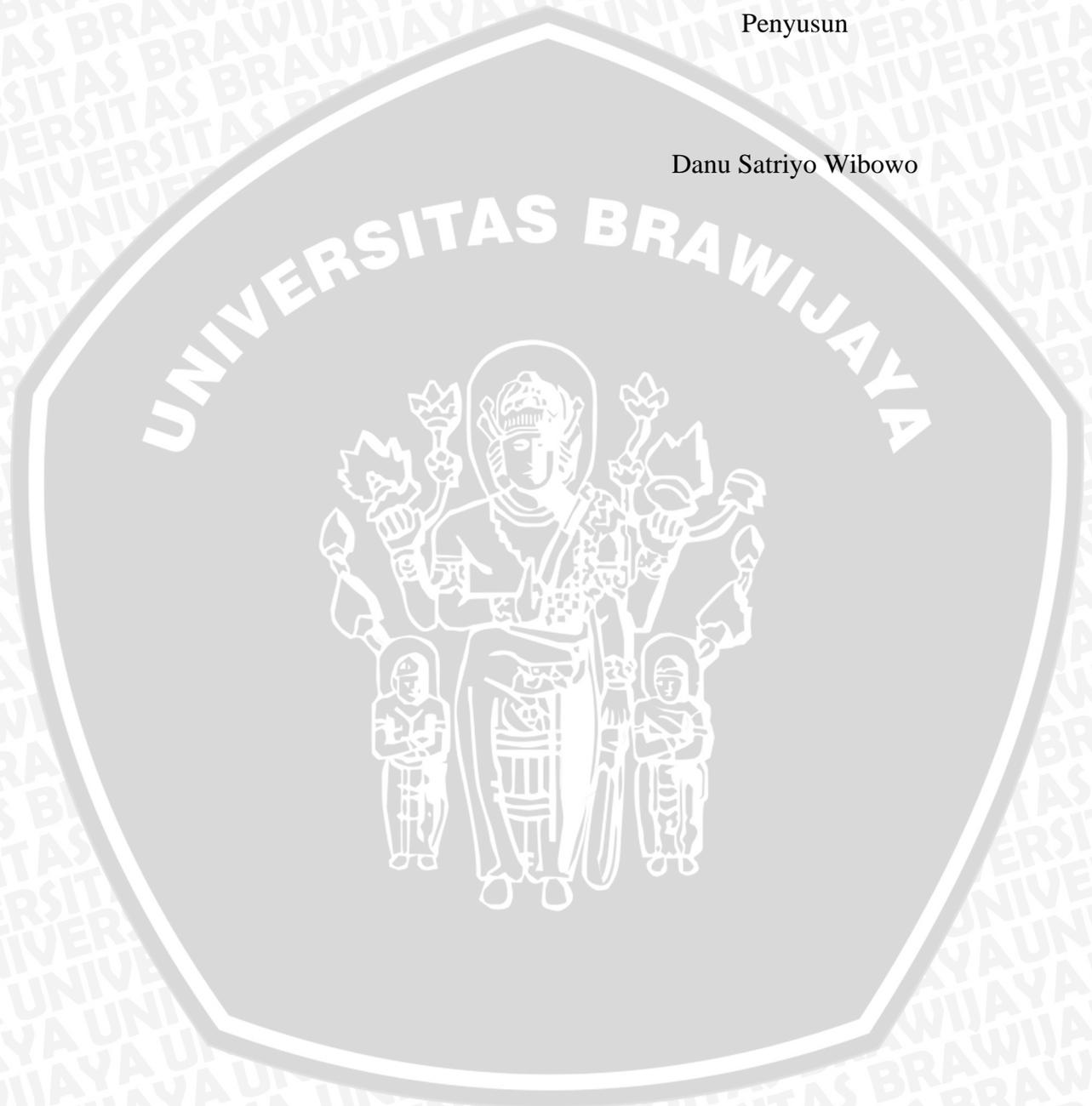
Diharapkan kepada pembaca untuk membandingkan tugas akhir ini dengan referensi yang lain sehingga informasi yang didapat menjadi lebih jelas dan sempurna.

Demikian, semoga bermanfaat.

Malang, Juni 2007

Penyusun

Danu Satriyo Wibowo



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI ii

DAFTAR TABEL iii

DAFTAR GAMBAR iv

ABSTRAKSI

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Identifikasi Masalah 1

1.3. Batasan Masalah 3

1.4. Rumusan Masalah 3

1.5. Maksud dan Tujuan 3

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum 5

2.2. Unsur dan Tingkatan Jaringan Irigasi 5

 2.2.1. Unsur Fungsional Pokok 5

 2.2.2. Tingkatan Jaringan Irigasi 6

2.3. Evapotranspirasi..... 7

 2.3.1. Evaporasi 7

 2.3.2. Transpirasi..... 8

 2.3.3. Evapotranspirasi..... 9

2.4. Pola Tata Tanam 12

 2.4.1. Tata Tanam 12

 2.4.2. Jadwal Tata Tanam 13

2.5. Koefisien Tanaman 13

2.6. Kebutuhan Air Tanaman 14

2.7. Perkolasi..... 15

2.8. Pengolahan Tanah dan Persemaian..... 15



2.8.1. Pengolahan Tanah.....	15
2.8.2. Persemaian	16
2.9. Curah Hujan	16
2.9.1. Analisa Curah Hujan	16
2.9.2. Uji Konsistensi Data Hujan	17
2.9.3. Curah Hujan Efektif	18
2.10. Pergantian Lapisan Air (WLR)	20
2.11. Kehilangan Air (<i>Losses</i>) dan Efisiensi Irigasi	21
2.12. Kebutuhan Air Irigasi	23
2.13. Kebutuhan Air di Sawah	24
2.13.1. Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan	25
2.14. Saluran Pembawa	26
2.15. Desain Bangunan	29
III. METODOLOGI STUDI	
3.1. Umum	30
3.2. Daerah Studi	30
3.3. Pengumpulan Data	31
3.4. Tahapan Studi	31
IV DATA DAN ANALISA PERHITUNGAN	
4.1. Evapotranspirasi Potensial	36
4.2. Analisa Curah Hujan	40
4.2.1. Hujan Rerata Daerah	40
4.2.2. Uji Konsistensi Data Hujan	42
4.2.3. Curah Hujan Andalan dan Curah Hujan Efektif	43
4.3. Kebutuhan Air Tanaman	44
4.3.1. Penyiapan Lahan	44
4.3.2. Perkolasi	46
4.3.3. Penggantian Lapisan Air	46
4.3.4. Efisiensi Irigasi	46

4.4. Pola Tata Tanam	46
V SISTEM JARINGAN IRIGASI	
5.1. Pemanfaatan Lahan	51
5.2. Layout Jaringan Irigasi	53
5.2.1. Pembagian Petak	55
5.2.2. Nomenklatur	57
5.3. Perencanaan Saluran	57
5.3.1. Debit Rencana Saluran	57
5.3.2. Debit Tiap Ruas Saluran	58
5.3.3. Rumus Aliran	59
5.3.4. Perhitungan Dimensi Saluran	61
5.4. Desain Bangunan Bagi dan Sadap	66
5.4.1. Bangunan Bagi	66
5.4.2. Bangunan Sadap	66
5.4.3. Bangunan Pengukur Debit	66
5.4.4. Bangunan Pengatur Tinggi Muka Air	70
5.4.5. Bangunan Pelengkap	71
5.4.6. Desain Boks Tersier	73
VI PENUTUP	
6.1. Kesimpulan	74
6.2. Saran	75

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

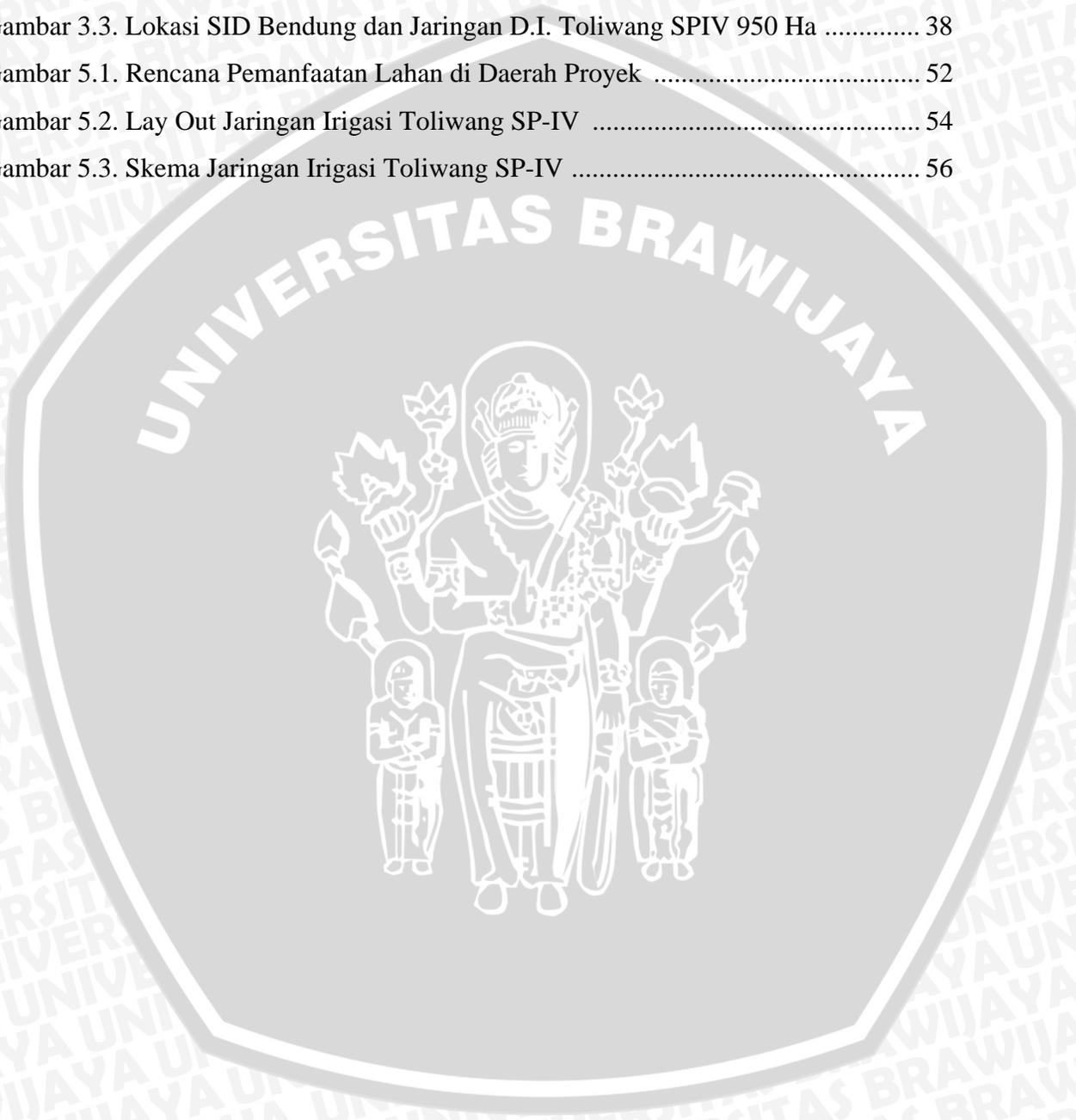
Tabel 2.1. Laju Perkolasi Untuk Berbagai Tekstur Tanah.....	15
Tabel 2.2. Faktor Pengali DAS/ <i>ARF</i>	17
Tabel 2.3. Nilai $Q/n^{0.5}$ dan $R/n^{0.5}$	18
Tabel 2.4. Harga Koefisien Kekasaran Bahan Untuk Saluran Tanah	27
Tabel 2.5. Harga Koefisien Kekasaran Bahan Untuk Saluran Pasangan.....	27
Tabel 2.6. Tinggi Jagaan Minimum	28
Tabel 2.7. Kemiringan Talud Minimum Untuk Saluran Tanah	28
Tabel 2.8. Lebar Minimum Tanggul	29
Tabel 4.1. Nilai e_a , W , $(1 - W)$, $f(t)$	36
Tabel 4.2. Nilai R_a	37
Tabel 4.3. Besaran Angka Koreksi (c)	37
Tabel 4.4. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi	39
Tabel 4.5. Faktor Pengali DAS/ <i>ARF</i>	40
Tabel 4.6. Curah Hujan Rerata Sungai Ngebengon	41
Tabel 4.7. Uji Konsistensi Data Hujan	42
Tabel 4.8. Perhitungan R_{80}	43
Tabel 4.9. Perhitungan Curah Hujan Andalan dan Curah Hujan Efektif	44
Tabel 4.10. Perhitungan Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan	45
Tabel 4.11. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi	48
Tabel 5.1. Pembagian Bangunan Bagi dan Luas Areal Irigasi	55
Tabel 5.2. Perhitungan Debit Tiap Ruas Saluran	58
Tabel 5.3. Koefisien Kekasaran Strickler	59
Tabel 5.4. Kecepatan Aliran Untuk Berbagai Bahan Konstruksi	60
Tabel 5.5. Tinggi Jagaan Untuk Saluran Pasangan	60
Tabel 5.6. Perbandingan b dan h (m)	60
Tabel 5.7. Dimensi Saluran Primer dan Sekunder dengan Metode Tahan Erosi	63
Tabel 5.8. Perhitungan Saluran Tersier dengan Metode Tractive Force	65
Tabel 5.9. Perhitungan Alat Ukur Ambang Lebar.....	69
Tabel 5.10. Tabel Perhitungan Pola Operasi Pintu	71

Tabel 5.11. Perhitungan Boks Tersier 73
Tabel 6.1. Kebutuhan Air Irigasi per Ruas 74
Tabel 6.2. Dimensi Saluran Primer, Sekunder, dan Tersier Toliwang 75



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Diagram Alir Penentuan Kebutuhan Air Tanaman	36
Gambar 3.2. Diagram Alir Penyelesaian Studi	37
Gambar 3.3. Lokasi SID Bendung dan Jaringan D.I. Toliwang SPIV 950 Ha	38
Gambar 5.1. Rencana Pemanfaatan Lahan di Daerah Proyek	52
Gambar 5.2. Lay Out Jaringan Irigasi Toliwang SP-IV	54
Gambar 5.3. Skema Jaringan Irigasi Toliwang SP-IV	56



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertambahan penduduk Indonesia pada saat ini dan di masa yang akan datang merupakan tantangan yang harus kita hadapi terutama dalam hal pengadaan pangannya. Oleh sebab itu, keberadaan sumber-sumber pangan harus tetap dijaga serta dikembangkan. Ironisnya, saat ini Indonesia yang merupakan negara agraris sering dihadapkan pada masalah produksi pangan yang tidak seimbang dengan jumlah penduduk yang semakin meningkat tiap tahunnya. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka perlu dilakukan pengembangan dalam berbagai bidang yang berhubungan dengan produksi pangan.

Seperti kita ketahui bahwa air merupakan salah satu sumber daya alam yang mempunyai peranan sangat penting dalam pemenuhan kebutuhan di berbagai bidang, khususnya dalam bidang pertanian. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi pangan ialah dengan pengembangan sumber daya air melalui pengelolaan alokasi air irigasi yang tepat dan efisien. Ketersediaan air yang terbatas untuk keperluan pertanian masih merupakan masalah, meskipun pada musim hujan air tersedia dalam jumlah yang melimpah bukan tidak mungkin ketika musim kemarau datang akan mengalami kekurangan air, sehingga diperlukan suatu manajemen pengelolaan alokasi air irigasi yang baik.

Pengelolaan irigasi yang baik harus dapat menjatah dan memberikan air secara tepat agar semua tanaman dapat menerima air sesuai dengan kebutuhannya. Untuk itu harus diketahui kebutuhan air tanaman yang mengacu pada pola tata tanam yang direncanakan. Pengelolaan irigasi yang baik juga erat kaitannya dengan peningkatan produktivitas daerah irigasi. Karena itu dalam pengoperasian suatu jaringan irigasi hendaknya selalu diperhatikan tentang ketersediaan air, kebutuhan air, dan bagaimana cara membagi air yang ada tersebut sejauh mungkin adil dan merata agar semua tanaman dapat tumbuh dengan baik, konsep tersebut dinamakan alokasi air irigasi.

1.2. Identifikasi Masalah

Daerah Irigasi Toliwang SP-IV termasuk dalam DPS Akelamo Kao, Kecamatan Kao Barat Kabupaten Halmahera Utara Propinsi Maluku Utara. Untuk mengairi sawah petani memanfaatkan air dari Anak Sungai Gagapok dengan membuat bendung

sementara (*free intake*) dari konstruksi bronjong, dengan kondisi saluran pembawa yang masih baik. Bangunan irigasi yang ada sebanyak 3 buah dan jaringan irigasi merupakan saluran tanah sepanjang 900 m.

Jika dilihat dari kondisi:

A. Sosial Ekonomi

DI. Toliwang SP-IV yang akan dikembangkan nantinya merupakan daerah transmigrasi dengan jumlah penduduk saat ini berkisar 64 KK atau 217 jiwa. Mata pencaharian penduduk semuanya adalah petani, daerah pertanian cukup subur. Walaupun ada 2 orang Guru SD dan 2 orang pedagang, 15 orang tukang dan buruh bangunan namun mereka tetap bekerja di sawah sebagaimana masyarakat lainnya.

Untuk memajukan dan meningkatkan usaha pertanian masyarakat maka dibentuk organisasi yaitu kelompok tani. Di Desa Wonosari terdapat 3 kelompok tani yang masing-masing kelompok memiliki seorang ketua. Masing-masing kelompok tani tersebut beranggotakan 25 orang. Ketua kelompok tani bertanggung jawab atas pemerataan pembagian air irigasi, pembagian subsidi pupuk, berkoordinasi dengan instansi terkait, mengkoordinir anggotanya, dan berupaya memajukan KUD yang ada.

B. Potensi

Potensi yang dimiliki Toliwang SP-IV cukup besar untuk dijadikan lahan pertanian dengan sistem jaringan irigasi teknis, diantaranya:

1. Ketersediaan sumber air dengan kualitas yang baik (berasal dari anak sungai Gagapok pada bendung sementara dan rembesan dari bukit) sementara dapat dimanfaatkan untuk luas lahan kurang lebih 100 Ha.
2. Sungai Ngebengon yang letaknya tidak jauh dari lahan persawahan dan memungkinkan untuk dibangun bendung tetap. Dari hasil investigasi lapangan, debit sesaat $\pm 3 \text{ m}^3/\text{dt}$, dari informasi penduduk sungai tersebut belum pernah kering.
3. Luas lahan potensial kurang lebih 950 Ha.

C. Geologi

Secara topografis D.I. Toliwang SP-IV termasuk daerah yang relatif datar dengan pegunungan dan perbukitan yang masih agak jauh disebelah timur dan barat sedangkan bukit-bukit kecil banyak bertebaran. Dilihat secara visual dan dari peta angkatan darat dengan skala 1 : 100.000 diperkirakan lahan yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi areal persawahan kurang lebih 1.000 Ha.

Maka dapat disimpulkan bahwa sesungguhnya potensi yang ada di Toliwang SP-IV sangat besar untuk komoditas pertanian, hanya saja fasilitas irigasi yang ada belum memadai sehingga pemanfaatan yang ada tidak maksimal. Hal ini menyebabkan penghasilan yang didapat pun rendah.

1.3. Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan pada studi yang dilakukan dan untuk menghindari terjadinya pembahasan yang keluar dari pokok perencanaan, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Studi dilakukan pada Daerah Irigasi Toliwang SP-IV Kecamatan Kao Barat Kabupaten Halmahera Utara Propinsi Maluku Utara.
2. Data-data yang dipergunakan merupakan data sekunder yang ada di DPU SNVT Irigasi Maluku Utara Pembinaan dan Perencanaan, yakni data curah hujan harian tahun 1990 sampai tahun 2005, dan data klimatologi.
3. Menghitung kebutuhan air irigasi berdasarkan PTT.
4. Penggunaan air hanya untuk irigasi.
5. Tidak membahas perencanaan bangunan.
6. Tidak membahas penjadwalan distribusi air dan konstruksi pintu.
7. Tidak membahas mengenai analisa ekonomi dan AMDAL.

1.4. Rumusan Masalah

Dari latar belakang, identifikasi masalah, dan batasan masalah tersebut di atas, maka di dalam studi ini dilakukan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pola tata tanam yang diterapkan?
2. Berapa kebutuhan air irigasi di lahan pertanian wilayah Toliwang SP-IV?
3. Bagaimana sistem perencanaan petak sawah untuk keseluruhan areal yang akan diairi?
4. Bagaimana perencanaan jaringan utama yang mencakup saluran pembawa, saluran pembuang, serta bangunan lainnya dalam lingkup jaringan utama seluas 950 Ha?

1.5. Maksud dan Tujuan

Maksud dari studi ini adalah untuk merancang sistem irigasi meliputi rancangan jaringan irigasi dan jaringan drainasi pada D.I. Toliwang.

Tujuan dari studi ini adalah peningkatan areal irigasi dari 150 Ha menjadi 950 Ha, serta peningkatan intensitas tanamnya. Sehingga tujuan pembangunan di sektor pertanian, khususnya beras dapat tercapai.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Pengembangan sumber daya air dalam peningkatan produksi pangan merupakan hal yang sangat penting dalam usaha pertanian, dimana irigasi merupakan salah satu bagian dari program intensifikasi pertanian. Peningkatan efisiensi penggunaan air irigasi merupakan salah satu bentuk pengembangan sumber daya air bagi pertanian.

Untuk memperoleh hasil produksi yang optimal pemberian air harus sesuai dengan jumlah dan waktu yang diperlukan tanaman. Dalam pembangunan proyek irigasi banyaknya air yang diperlukan untuk pertanian harus diketahui dengan tepat, sehingga pemberian air irigasi dapat seefisien mungkin. Besar kebutuhan air irigasi ditentukan oleh banyak faktor, terutama tergantung pada macam tanaman dan masa pertumbuhan tanaman sampai produksi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi banyaknya pemakaian air irigasi adalah:

1. Jenis tanaman
2. Cara pemberian air
3. Jenis tanah yang digunakan
4. Cara pengolahan pemeliharaan saluran dan bangunan (dengan memperhitungkan kehilangan air berkisar antara 20% - 30%)
5. Waktu tanam berurutan, berselang lebih dari dua minggu sehingga memudahkan pergiliran air
6. Pengolahan tanah
7. Iklim dan keadaan cuaca, meliputi: curah hujan, kecepatan angin, letak lintang, lama penyinaran matahari, kelembaban udara, dan suhu udara.

2.2. Unsur dan Tingkatan Jaringan Irigasi

2.2.1. Unsur Fungsional Pokok

Dalam suatu jaringan irigasi dapat dibedakan menjadi empat unsur fungsional pokok (Anonim/KP-01, 1986 : 8), yaitu:

1. Bangunan-bangunan utama dimana air diambil dari sumbernya, umumnya sungai atau waduk.
2. Jaringan pembawa berupa saluran yang mengalirkan air irigasi ke petak-petak tersier.
3. Petak-petak tersier dengan sistem pembagian air dan sistem pembuangan kolektif. Air irigasi dibagi-bagi dan dialirkan ke sawah-sawah dan kelebihan air ditampung di dalam suatu sistem pembuangan di dalam petak tersier.
4. Sistem pembuangan yang ada di luar daerah irigasi untuk membuang kelebihan air lebih ke sungai atau ke saluran-saluran alamiah.

2.2.2. Tingkatan Jaringan Irigasi

Berdasarkan cara pengaturan, pengukuran air dan kelengkapan fasilitas, jaringan irigasi dapat dibedakan ke dalam tiga tingkatan (Anonim/KP-01, 1986 : 7), yaitu:

1. Jaringan Irigasi Sederhana

Biasanya jaringan irigasi sederhana mempunyai luasan yang tidak lebih dari 500 ha. Pada jaringan irigasi sederhana tidak ada pengukuran maupun pengaturan dalam pembagian debit airnya, air lebih akan mengalir ke saluran pembuang alami. Persediaan air biasanya berlimpah dan kemiringan berkisar antara sedang sampai curam. Oleh karena itu hampir-hampir tidak diperlukan teknik yang sulit untuk pembagian air. Walaupun mudah diorganisasi, jaringan irigasi sederhana memiliki kelemahan-kelemahan yang serius seperti adanya pemborosan air karena pada umumnya jaringan ini terletak di daerah yang tinggi sehingga air yang terbuang tidak selalu dapat mencapai daerah rendah yang lebih subur.

2. Jaringan Irigasi Skematis

Untuk jaringan irigasi skematis biasanya memiliki luasan wilayah mencapai 2000 ha. Jaringan irigasi ini hampir sama dengan jaringan irigasi sederhana akan tetapi sudah dipergunakan bendung lengkap dengan pengambilan dan bangunan pengukur di bagian hilirnya. Sistem pembagian air biasanya serupa dengan jaringan sederhana, hanya saja pengambilan dipakai untuk mengairi daerah yang lebih luas daripada daerah layanan jaringan sederhana. Memiliki organisasi yang lebih rumit dan apabila bangunan tetapnya berupa bangunan pengambilan dari sungai, maka diperlukan keterlibatan dari pemerintah.

3. Jaringan Irigasi Teknis

Pada jaringan irigasi teknis tidak memiliki batasan dalam luasan wilayahnya. Salah satu prinsip dalam perencanaan jaringan irigasi teknis adalah pemisahan antara jaringan irigasi dan jaringan pembuang. Dalam hal ini saluran irigasi maupun pembuang tetap bekerja sesuai dengan fungsinya. Saluran irigasi mengalirkan air irigasi ke sawah-sawah dan saluran pembuang mengalirkan air lebih dari sawah-sawah ke saluran pembuang alamiah yang kemudian akan membuangnya ke laut. Petak tersier menduduki fungsi sentral dari jaringan irigasi teknis. Jaringan teknis memungkinkan dilakukannya pengukuran aliran, pembagian air irigasi dan pembuangan air lebih efisien.

Jaringan irigasi adalah berbagai unsur dari sebuah jaringan irigasi teknis, termasuk di dalamnya adalah bangunan air, petak primer, petak sekunder, dan petak tersier.

2.3. Evapotranspirasi

2.3.1. Evaporasi

Evaporasi merupakan peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara (Sosrodarsono, 1976 : 57). Evaporasi merupakan faktor penting dalam studi tentang pengembangan sumber-sumber daya air. Evaporasi sangat mempengaruhi debit sungai, besarnya kapasitas waduk, besarnya kapasitas pompa untuk irigasi, penggunaan konsumtif (*consumptive use*) untuk tanaman dan lain-lain.

Air akan menguap dari tanah, baik tanah gundul atau yang tertutup oleh tanaman dan pepohonan, pada permukaan yang tidak tembus air seperti atap dan jalan raya, air bebas mengalir. Laju evaporasi atau penguapan akan berubah-ubah menurut warna dan sifat pemantulan permukaan (*albedo*) dan hal lain juga akan berbeda untuk permukaan yang langsung tersinari oleh matahari dan yang terlindungi dari sinar matahari.

Besarnya faktor meteorologi yang mempengaruhi besarnya evaporasi adalah sebagai berikut (Soemarto, 1986 : 43):

1. Radiasi matahari

Evaporasi berjalan terus hampir tanpa berhenti di siang hari dan kerap kali juga di malam hari. Perubahan dari keadaan cair menjadi gas ini memerlukan energi berupa panas latent untuk evaporasi. Proses evaporasi akan sangat aktif jika ada penyinaran langsung dari matahari.

2. Angin

Jika air menguap ke atmosfer maka lapisan batas antara permukaan tanah dan udara menjadi jenuh oleh uap air sehingga proses evaporasi berhenti. Agar proses tersebut berjalan terus, lapisan jenuh harus diganti dengan udara kering. Pergantian itu hanya dimungkinkan jika ada angin. Jadi, kecepatan angin memegang peranan penting dalam proses evaporasi.

3. Kelembaban (*humiditas*) relatif

Faktor lain yang mempengaruhi evaporasi adalah kelembaban relatif udara. Jika kelembaban relatif naik, maka kemampuan udara untuk menyerap air akan berkurang sehingga laju evaporasi menurun. Penggantian lapisan udara pada batas tanah dan udara dengan udara yang sama kelembaban relatifnya tidak akan menolong untuk memperbesar laju evaporasi.

4. Suhu (temperatur)

Energi sangat diperlukan agar evaporasi berjalan terus. Jika suhu udara dan tanah cukup tinggi, proses evaporasi akan berjalan lebih cepat dibandingkan jika suhu udara dan tanah rendah karena adanya energi panas yang tersedia.

2.3.2. Transpirasi

Semua jenis tanaman memerlukan air untuk kelangsungan hidupnya, dan masing-masing jenis tanaman berbeda-beda kebutuhannya. Hanya sebagian kecil air yang tinggal di dalam tubuh tumbuh-tumbuhan, sebagian besar daripadanya setelah diserap lewat akar-akar dan dahan-dahan akan ditranspirasikan lewat bagian tumbuh-tumbuhan yang berdaun (Soemarto, 1986 : 44).

Transpirasi adalah suatu proses air yang ada di dalam tumbuhan dilimpahkan ke dalam atmosfer sebagai uap air (Subarkah, 1980 : 39).

Dalam kondisi lapangan tidaklah mungkin untuk membedakan antara evaporasi dan transpirasi jika tanahnya tertutup oleh tumbuh-tumbuhan. Kedua proses tersebut

(evaporasi dan transpirasi) saling berkaitan sehingga dinamakan evapotranspirasi. Proses transpirasi berjalan terus hampir sepanjang hari di bawah pengaruh sinar matahari (Soemarto, 1986 : 44).

2.3.3. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan gabungan dari proses penguapan air bebas (evaporasi) dan penguapan melalui tanaman (transpirasi) (Suhardjono, 1994 : 11). Evapotranspirasi adalah faktor dasar untuk menentukan kebutuhan air dalam rencana irigasi dan merupakan proses yang penting dalam siklus hidrologi (Sosrodarsono, 1976 : 60).

Jumlah kadar air yang hilang dari tanah oleh evapotranspirasi tergantung kepada (Soemarto, 1986 : 44):

1. Adanya persediaan air yang cukup (hujan dan lain-lain).
2. Faktor-faktor iklim seperti suhu, kelembaban, dan lain-lain.
3. Tipe dan cara kultivasi tumbuh-tumbuhan tersebut.

Data-data yang diperoleh dari stasiun klimatologi adalah letak lintang, temperatur rata-rata bulanan (t), kelembaban relatif rata-rata bulanan (R_h), kecepatan angin rata-rata bulanan (u), kecerahan matahari rata-rata bulanan (n/N). Yang dapat dijelaskan sebagai berikut (Suhardjono, 1994 : 30):

- Temperatur rata-rata (t)

Rata-rata temperatur udara bulanan di Indonesia berkisar antara $24 - 29^\circ\text{C}$ dan tidak terlalu berbeda dari bulan yang satu dengan bulan yang lain.

- Kelembaban relatif rata-rata (R_h)

Kelembaban relatif atau *Relative Humidity* (R_h) yang dinyatakan dalam persentasi (%) merupakan perbandingan antara tekanan uap air dengan uap air jenuh. Data pengukuran di Indonesia menunjukkan besarnya kelembaban relatif berkisar antara 65% sampai 85%. Hal tersebut menunjukkan bahwa Indonesia memiliki daerah dengan kelembaban relatif tinggi. Pada musim penghujan (Oktober – Maret) kelembaban relatif lebih tinggi daripada musim kemarau (April – September).

- Kecepatan angin rata-rata (u)

Data kecepatan angin diukur berdasarkan tiupan angin pada ketinggian 200 m di atas permukaan tanah. Dari data pengukuran kecepatan angin di Indonesia menunjukkan

bahwa besarnya kecepatan angin rata-rata bulanan berkisar antara 0,5 – 4,5 mm/dt atau sekitar 15 km/jam.

- Kecerahan matahari rata-rata (n/N)

Kecerahan matahari merupakan perbandingan antara n dengan N atau disebut rasio keawanan. Nilai n merupakan jumlah jam nyata matahari bersinar cerah dalam sehari. Besarnya n berhubungan erat dengan keadaan awan, makin banyak awan makin kecil nilai n . Sedangkan nilai N merupakan jumlah jam potensial matahari yang bersinar dalam sehari. Untuk daerah di sekitar khatulistiwa besarnya N adalah sekitar 12 jam setiap harinya, dan tidak jauh berbeda antara bulan yang satu dengan yang lainnya. Harga rata-rata bulanan kecerahan matahari (n/N) di beberapa daerah di Indonesia berkisar antara 30 – 85%. Di musim kemarau harga (n/N) lebih tinggi dibandingkan musim penghujan.

Dalam menghitung besarnya evapotranspirasi kita bisa menggunakan beberapa rumus empiris seperti Penman, Thornthwaite, Blaney-Criddle, Turc-Langbein-Wundt (Soemarto, 1986 : 59).

Besarnya evapotranspirasi potensial dapat dihitung dengan menggunakan Metode Penman Modifikasi yang telah disesuaikan dengan keadaan daerah Indonesia (Suhardjono, 1994 : 54) dengan rumus sebagai berikut:

$$E_{To} = c \cdot E_{to}^* \quad (2-1)$$

$$E_{to}^* = W \cdot (0,75 \cdot R_s - R_{n1}) + (1 - W) \cdot (f(u) \cdot (e_a - e_d)) \quad (2-2)$$

dengan:

c = angka koreksi Penman

W = faktor yang berhubungan dengan suhu (t) dan elevasi daerah

R_s = radiasi gelombang pendek (mm/hr)

$$= (0,25 + 0,54 \cdot n/N) \cdot R_a \quad (2-3)$$

R_a = radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer (angka angot), tergantung letak lintang daerah (mm/hr)

n = lama kecerahan matahari yang nyata (tidak terhalang awan) dalam 1 hari (jam)

N = lama kecerahan matahari yang mungkin dalam 1 hari (jam)

R_{n1} = radiasi bersih gelombang panjang (mm/hr)

$$= f(t) \cdot f(ed) \cdot f(n/N) \quad (2-4)$$

$f(t)$ = fungsi suhu

$$= \sigma \cdot T_a^4 \quad (2-5)$$

$f(ed)$ = fungsi tekanan uap

$$= 0,34 - 0,044 \sqrt{ed} \quad (2-6)$$

$f(n/N)$ = fungsi kecerahan

$$= 0,1 + 0,9 \cdot n/N \quad (2-7)$$

$f(u)$ = fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2 m di atas permukaan tanah (m/dt)

$$= 0,27 \cdot (1 + 0,864 \cdot u) \quad (2-8)$$

$(ea-ed)$ = perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap yang sebenarnya

ed = tekanan uap jenuh

$$= ea \cdot RH \quad (2-9)$$

RH = kelembaban udara relatif (%)

Prosedur perhitungan Eto* berdasar rumus Penman Modifikasi adalah sebagai berikut:

1. Mencari data temperatur rata-rata bulanan (t)
2. Berdasar nilai (t) cari besaran (ea), (W), (1-W), dan f(t) dengan tabel PN.1
3. Mencari data kelembaban relatif (RH)
4. Berdasar nilai (ea) dan (RH) cari (ed) dengan tabel PN.4
5. Berdasar nilai (ed) cari f(ed) dengan tabel PN.5
6. Cari letak lintang daerah yang ditinjau
7. Berdasar letak lintang cari nilai (Ra) dengan tabel PN/2
8. Cari data kecerahan matahari (n/N)
9. Berdasar nilai (Ra) dan (n/N) cari besaran (Rs) dengan tabel PN.3 atau dihitung
10. Berdasar nilai (n/N) cari f(n/N) dengan tabel PN.6
11. Cari data kecepatan angin rata-rata bulanan (u)
12. Berdasar nilai (u) cari f(u) dengan tabel PN.7
13. Hitung besar $Rn1 = f(t) \cdot f(ed) \cdot f(n/N)$
14. Cari besarnya angka koreksi (c) dengan tabel PN.8
15. Berdasar besaran nilai W, (1-W), Rs, Rn1, f(u), ea, dan ed yang telah didapat hitung

$$ETo^* = W \cdot (0,75 \cdot Rs - Rn1) + (1-W) \cdot f(u) \cdot (ea - ed)$$

16. Hitung Eto = c . Eto*

2.4. Pola Tata Tanam

2.4.1. Tata Tanam

Fungsi jaringan irigasi adalah menyalurkan dan mendistribusikan air ke sawah untuk mencukupi budidaya pertanian pada musim hujan maupun musim kemarau. Oleh sebab itu dalam pengelolaan jaringan irigasi perlu diperhatikan pengaturan air dan pembagian air serta pemeliharannya dari sumber air sampai ke petak sawah (Anonim/Bagian Jaringan Irigasi Desa, 1997 : III-1).

Pola tata tanam ialah susunan rencana penanaman berbagai jenis tanaman selama satu tahun yang umumnya di Indonesia dikelompokkan dalam 3 jenis tanaman yaitu padi, tebu, dan palawija. Umumnya pola tanam mengikuti debit andalan yang tersedia untuk mendapatkan luas tanam yang seluas-luasnya. Perencanaan dan persiapan pola tanam serta jadwal tanam suatu jaringan irigasi bervariasi sesuai dengan kebiasaan petani terhadap jenis tanaman yang akan dibudidayakan dan jadwal tanamnya. Dalam penerapan pola tanam dan jadwal tanam kadang-kadang petani mempertimbangkan banyak faktor lain seperti keterbatasan modal, buruh, cuaca, hama, ketersediaan benih, dan pangsa pasar (Anonim, 1997 : IV-23).

Dalam pengembangan pola dan jadwal tanam pada suatu daerah irigasi dengan skala besar yang mencakup beberapa kabupaten, perlu dipertimbangkan antara lain bulan terjadinya banjir, hama, ketersediaan benih, ketersediaan tenaga kerja, dan jadwal pengeringan saluran untuk pemeliharaan (Anonim, 1997 : IV-12).

Perencanaan terpadu yang mencakup jadwal tanam umum dan jadwal pemberian air irigasi untuk beberapa kabupaten disiapkan oleh instansi Pengairan dan instansi Pertanian sebelum masa tanam dimulai (Anonim, 1997 : IV-12).

Tata tanam merupakan upaya pengaturan air, yang disesuaikan dengan kebutuhan tanaman menurut jenis dan luas tanaman pada suatu lahan sawah atau daerah irigasi (Anonim/Bagian Jaringan Irigasi Desa, 1997 : III-1). Dalam menyusun Rencana Tata Tanam suatu Daerah Irigasi perlu diperhatikan kondisi setempat, untuk hal-hal sebagai berikut (Anonim, 2000 : II-2).

1. Keinginan dan kebiasaan petani
2. Kebijakan pemerintah
3. Kesesuaian lahan terhadap jenis tanaman

4. Ketersediaan air
5. Iklim dan hama
6. Ketersediaan tenaga kerja
7. Hasil dan biaya usaha tani

2.4.2. Jadwal Tata Tanam

Sekurang-kurangnya 3 bulan sebelum masa tanam dimulai, instansi Pengairan meminta/mengumpulkan laporan dari Daerah Irigasi dan instansi terkait dari berbagai Kabupaten sebagai dasar perencanaan kebutuhan air tiap masa tanam. Yang terdiri dari laporan (Anonim, 1997 : IN-12):

1. Jenis tanaman yang akan ditanami
2. Luas areal yang diusulkan

Berdasarkan laporan tersebut di atas, data ketersediaan debit, perkiraan curah hujan efektif, dan sumber air lainnya, ditambah pemanfaatan air buangan, maka instansi Pengairan akan menyiapkan rencana “alokasi air sementara” untuk setiap Daerah Irigasi (Anonim, 1997 : IV-14).

Rencana “alokasi air sementara” disampaikan kepada instansi Pengairan untuk diperiksa, disesuaikan dan ditanggapi sebelum Panitia Irigasi mengadakan rapat untuk penetapan rencana pemberian air yang final (Anonim, 1997 : IV-14).

2.5. Koefisien Tanaman

Kebutuhan air tanaman sebagai pengganti konsumtif ditentukan oleh koefisien tanaman dan evaporasi potensial, yaitu dalam hubungan:

$$ET_c = k \times ET_o \quad (2 - 10)$$

ET_c = evaporasi sebenarnya

k = koefisien tanaman

ET_o = evaporasi potensial

Notasi k adalah koefisien tanaman (sering juga disebut koefisien evapotranspirasi tanaman), k merupakan angka pengali untuk menjadikan evaporasi potensial (ET_o) menjadi evaporasi sebenarnya (ET_c). Besarnya koefisien tanaman ini berhubungan dengan:

- Jenis Tanaman (contoh: padi, palawija)

- Varietas tanaman (contoh: padi PB 5, padi IR 12)
- Umur pertumbuhan tanaman

Usaha memperkecil kebutuhan air tanaman, tidak dapat dengan memperkecil nilai ETo (karena berhubungan dengan iklim) namun hanya dapat dilakukan dengan memperkecil nilai k.

Mengubah faktor k berarti mengubah jenis, varietas, atau umur tanaman. Contohnya memilih tanaman jagung sebagai pengganti padi atau mengubah saat tanam pada bulan-bulan tertentu.

2.6. Kebutuhan Air Tanaman

Kebutuhan air tanaman adalah sejumlah air yang dibutuhkan untuk mengganti air yang hilang akibat penguapan. Air dapat menguap melalui permukaan air (evaporasi) yang dipengaruhi oleh faktor iklim, yaitu (Suhardjono, 1994 : 11):

- Suhu udara
- Kecepatan angin
- Kelembaban udara
- Kecerahan penyinaran matahari

Air juga dapat menguap melalui daun-daun tanaman (transpirasi) yang dipengaruhi oleh faktor iklim dan faktor tanaman, yaitu:

- Jenis tanaman
- Varietas tanaman
- Umur tanaman

Dengan demikian, besar kebutuhan air tanaman adalah sebesar jumlah air yang hilang akibat proses evapotranspirasi. Kebutuhan air tanaman dapat dirumuskan sebagai berikut (Suhardjono, 1994 : 12):

$$ET = k \cdot ETo \quad (2-11)$$

dengan:

ET = kebutuhan air untuk tanaman (mm/hr)

k = koefisien tanaman, yang besarnya tergantung pada jenis, macam, dan umur tanaman

ETo = evapotranspirasi potensial (mm/hr)

2.7. Perkolasi

Perkolasi adalah gerakan air ke bawah dari zone tidak jenuh (antara permukaan tanah sampai ke permukaan tanah) ke dalam daerah jenuh (daerah di bawah permukaan air tanah) (Soemarto, 1986 : 80).

Laju perkolasi dipengaruhi tekstur tanah, permeabilitas tanah, tinggi permukaan air tanah (makin tinggi permukaan laju perkolasi makin kecil), dan tebal lapisan tanah bagian atas (makin tebal lapisan maka laju perkolasi makin kecil).

Pada daerah studi yaitu Daerah Irigasi Toliwang SP-IV secara umum merupakan daerah Alluvial (Qa) atau batuan endapan yang terdiri dari material kerikil, pasir, lumpur, dan bongkah.

Tabel 2.1. Laju Perkolasi Untuk Berbagai Tekstur Tanah

No	Tekstur Tanah	Perkolasi (mm/hr)
1	Lempung Berpasir	3 – 6
2	Lempung	2 – 3
3	Liat lempung	1 – 2

Sumber : Wirosoedarmo , 1985 : 83

2.8. Pengolahan Tanah dan Persemaian

2.8.1. Pengolahan Tanah

Cara pengolahan tanah untuk tanaman adalah merupakan hal yang perlu diperhatikan. Pengolahan tanah memerlukan air dari hujan dan irigasi. Pengolahan tanah untuk padi di sawah membutuhkan lebih banyak air daripada pengolahan tanah untuk tanaman palawija.

Besar air yang diperlukan untuk pengolahan tanah ditentukan dari rumus:

$$W_p = A \times S + A \times d (n + 2) \quad (2-12)$$

Dimana:

W_p = banyaknya air yang diperlukan pada saat pengolahan tanah (m^3)

A = luas daerah yang akan diolah (ha)

S = tinggi air untuk pengolahan tanah (*pudding water depth*)

d = *unit water requirement* (mm), adalah jumlah evapotranspirasi dan perkolasi

n = lama waktu yang dibutuhkan untuk pengolahan tanah

Besar air yang diperlukan untuk pengolahan tanah pada suatu hari dapat dihitung dengan persamaan:

$$W_{px} = A \times S + (x - 1) d \times 10m^3 \quad (2-13)$$

dimana n -hari ke...(yang akan dihitung)

pekerjaan pengolahan tanah ini dilakukan dengan dua tahap, yaitu membajak dan menggaru.

Maksud membajak adalah:

1. Memperbaiki sirkulasi udara dalam tanah.
2. Membuat tanah menjadi gembur sehingga tanaman berkembang dengan baik.

Maksud menggaru adalah:

1. Menyempurnakan tanah dari bajakan sehingga tanaman berkembang dengan baik.
2. Memberantas gulma.
3. Meratakan tanah yang akan diolah.
4. Membuat tanah menjadi lebih kedap air, sehingga peresapan dapat lebih diperkecil.

2.8.2. Persemaian

Air untuk persemaian diberikan bersamaan dengan pemberian air untuk pengolahan tanah. Persemaian harus sudah dipersiapkan antara 20 – 30 hari sebelum masa tanam padi di sawah. Luas tanam padi untuk persemaian berkisar antara 3 – 5% dari luas lahan seluruhnya yang akan ditanami.

Tanah untuk persemaian dibajak, digaru, kemudian dicangkul menjadi lumpur. Pada umur 25 hari bibit siap untuk dipindah ke petak-petak sawah yang telah disediakan.

2.9. Curah Hujan

2.9.1. Analisa Curah Hujan

Curah hujan yang diperlukan untuk suatu pemanfaatan air yang salah satunya seperti alokasi air irigasi adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah. Curah hujan wilayah/daerah harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan (Sosrodarsono, 1976 : 27).

Dalam perhitungan curah hujan suatu daerah terdapat beberapa metode yang digunakan antara lain:

1. Metode Rerata Aljabar
2. Metode Thiessen
3. Metode Isohiet

Ketiga metode tersebut di atas dapat digunakan jika stasiun yang mewakili terdapat lebih dari satu stasiun hujan, jika yang mewakili hanya satu stasiun hujan maka metode yang digunakan adalah dengan mengalikan faktor pengali DAS/Area Rainfall Factor (ARF). Angka faktor pengali DAS dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.2. Faktor Pengali DAS/ARF

DAS	10	30	100	200	300	400	500	600
ARF	1	0,98	0,935	0,89	0,858	0,832	0,819	0,789

2.9.2. Uji Konsistensi Data Hujan

Perubahan lingkungan tempat dimana penakar hujan dipasang dapat mengakibatkan penyimpangan data hujan yang diukur. Perubahan ini biasanya terjadi karena beberapa hal, misalnya : terlindung oleh pohon, terletak berdekatan dengan gedung yang tinggi, perubahan cara penakaran dan pencatatannya, pemindahan letak penakar dan sebagainya. Sehingga data hujan menjadi tidak konsisten (Soemarto, 1986 : 38).

Uji konsistensi data dilakukan terhadap data curah hujan tahunan dengan tujuan untuk mengetahui adanya penyimpangan data hujan. Metode yang digunakan adalah metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) (Buishand,1982). Pengujian konsistensi dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri yaitu pengujian dengan komulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar komulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya, lebih jelas lagi bisa dilihat pada rumus dibawah:

$$S_0^* = 0$$

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad (2-14)$$

$$\text{dg } k = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y} \tag{2-15}$$

$$D_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n} \tag{2-16}$$

nilai statistik Q dan R

$$Q = \max_{0 \leq k \leq n} |S_k^{**}| \tag{2-17}$$

$$R = \max_{0 \leq k \leq n} S_k^{**} - \min_{0 \leq k \leq n} S_k^{**} \tag{2-18}$$

Dengan melihat nilai statistik diatas maka dapat dicari nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} . Hasil yang di dapat dibandingkan dengan nilai Q/\sqrt{n} syarat dan R/\sqrt{n} syarat, jika lebih kecil maka data masih dalam batasan konsisten.

Tabel 2.3. Nilai $Q/n^{0.5}$ dan $R/n^{0.5}$

n	$Q/n^{0.5}$			$R/n^{0.5}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,48	1,40	1,50	1,70
40	1,31	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,85

Sumber: Sri Harto, 18; 1983

2.9.3. Curah Hujan Efektif

Tanah yang berada dalam kondisi alamiah selalu mengandung air. Yang terpenting bagi tanaman adalah bahwa air dalam tanah harus senantiasa berada dalam keadaan yang mudah untuk diserap (Sosrodarsono, 1976 : 215). Untuk menjaga agar ketersediaan air di dalam tanah selalu berada dalam keadaan yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman maka diperlukan adanya pemberian air irigasi atau yang berasal dari alam yaitu air hujan.

Hujan yang turun jumlahnya tidak selalu tepat untuk membuat kondisi tanah sedemikian rupa hingga memudahkan tanaman untuk menyerap air. Di dalam memperhitungkan kebutuhan air untuk irigasi, curah hujan diperhitungkan sebagai penambah untuk memenuhi kebutuhan air tanaman (Sosrodarsono, 1976 : 215). Jika

curah hujan yang jatuh intensitasnya rendah, maka air akan habis menguap dan tidak bisa dipergunakan untuk pertumbuhan tanaman. Air hujan yang jatuh dan dimanfaatkan oleh tanaman untuk memenuhi kebutuhan air konsumtifnya disebut curah hujan efektif. Jadi curah hujan efektif ini merupakan sebagian dari curah hujan yang jatuh pada suatu daerah pada kurun waktu tertentu.

Berdasarkan pengertian di atas maka perlu dibedakan antara curah hujan efektif dan curah hujan nyata sebagai berikut:

- Curah hujan nyata adalah sejumlah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah pada kurun waktu tertentu.
- Curah hujan efektif adalah sejumlah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat digunakan oleh tanaman untuk pertumbuhannya.

Dasar perhitungan kebutuhan tanaman, perkolasi, dan yang lainnya dihitung berdasarkan curah hujan efektif. Sedangkan jumlah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman tergantung dari jenis tanaman tersebut dan jenis tanahnya (Anonim dalam Sriwidjanto, 2002 : 8).

Untuk mendapatkan curah hujan efektif digunakan metode *Basic Year*, dimana menentukan suatu tahun tertentu sebagai tahun dasar perencanaan. Untuk irigasi dipakai R_{80} , artinya curah hujan yang lebih kecil dari R_{80} mempunyai kemungkinan 20% dan yang lebih besar atau sama dengan R_{80} sebesar 80%. Dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_{80} = \frac{n}{5} + 1 \quad (2-19)$$

dengan:

R_{80} = curah hujan yang terjadi dengan tingkat kepercayaan 80% (mm)

n = periode lamanya pengamatan curah hujan (tahun)

Adapun langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Curah hujan tahunan selama n tahun diurutkan dari kecil ke besar.
2. Dengan persamaan (2-15) di atas didapatkan urutan curah hujan yang diambil sebagai curah hujan efektif.
3. R_{80} yang diperoleh merupakan tahun dasar perencanaan.

A. Curah Hujan Efektif Untuk Tanaman Padi

Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman padi ditentukan dengan 70% dari curah hujan rerata tengah bulanan dengan kemungkinan kegagalan sebesar 20% atau dapat disebut curah hujan R_{80} . Sedangkan besarnya R_{80} didapat dengan menggunakan metode *Basic Year*. Curah hujan efektif diperoleh dari $70\% \times R_{80}$ per periode waktu pengamatan sehingga persamaannya adalah sebagai berikut (Anonim/KP Penunjang, 1986 : 10):

$$Re_{padi} = 0,7 \times (R_{80}) \quad (2-20)$$

dengan:

Re_{padi} = curah hujan efektif untuk padi sawah (mm/hr)

R_{80} = tingkat hujan yang terjadi dengan tingkat kepercayaan 80% (mm)

B. Curah Hujan Efektif Untuk Tanaman Palawija

Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman palawija didapat berdasarkan:

$$Re_{palawija} = R_{50} \quad (2-21)$$

dengan:

$Re_{palawija}$ = curah hujan efektif untuk palawija (mm/hr)

R_{50} = tingkat hujan yang terjadi dengan tingkat kepercayaan 50% (mm)

2.10. Penggantian Lapisan Air (WLR)

Jumlah air yang digunakan untuk penggantian lapisan air ditentukan sebagai berikut (Anonim dalam KP-01, 1986 : 165):

- Setelah pemupukan diusahakan menjadwalkan dan mengganti lapisan air menurut kebutuhan. WLR diperlukan saat terjadi pemupukan maupun penyiangan adalah 50 mm untuk jangka waktu 1 – 1,5 bulan, diberikan saat 1 – 2 bulan dari penanaman.
- Jika tidak ada penjadwalan semacam itu dilakukan penggantian sebanyak 2 kali masing-masing 50 mm selama setengah bulan, diberikan saat 1 bulan dan 2 bulan setelah penanaman.

2.11. Kehilangan Air (*Losses*) dan Efisiensi Irigasi

Faktor kehilangan air di saluran sangat mempengaruhi besarnya kebutuhan air di petak tersier, besarnya kehilangan air di saluran sekunder dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut (Anonim dalam Haliem, 2003 : 14):

$$Q_{is} = Q_s - Q_{ts} \quad (2-22)$$

$$K_s = \frac{Q_{is}}{Q_s} \times 100\% \quad (2-23)$$

dengan:

Q_{is} = debit air yang hilang pada saluran sekunder (lt/dt)

Q_{ts} = debit air pada pintu sadap tersier yang petak tersiernya terdapat pada saluran sekunder (lt/dt)

K_s = kehilangan air pada saluran sekunder (%)

Sedangkan kehilangan air pada saluran primer dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut (Anonim dalam Haliem, 2003 : 15):

$$Q_{ip} = Q_p - 2Q_s - Q_{tp} \quad (2-24)$$

$$K_p = \frac{Q_{ip}}{Q_p} \times 100\% \quad (2-25)$$

dengan:

Q_{ip} = debit air yang hilang pada saluran primer (lt/dt)

Q_p = debti air pada pintu pemasukan saluran primer (lt/dt)

Q_s = debit air pada pintu pemasukan saluran sekunder (lt/dt)

Q_{tp} = debit air pada pintu sasdap tersier yang petak tersiernya terdapat pada saluran primer (lt/dt)

K_p = kehilanganair pada saluran primer (%)

Efisiensi irigasi adalah perbandingan antara debit air yang sampai di lahan pertanian dengan debit air irigasi yang dari pintu pengambilan.

Sebelum sampai di petak sawah, air harus dialirkan dari sumbernya melalui saluran-saluran induk, sekunder, dan tersier. Di dalam sistem saluran terjadi kehilangan-kehilangan debit disebabkan rembesan, perkolasi, dan kekurangan ketelitian di dalam eksploitasi yang pada akhirnya mengakibatkan jumlah air yang sampai ke petak sawah

lebih kecil (berkurang) dari jumlah air yang diambil di bangunan pengambilan. Kehilangan air secara umum dibagi dalam 2(dua) kategori, yaitu sebagai berikut (Anonim, 1997 : IV-21):

1. Kehilangan akibat fisik, disebabkan oleh rembesan air di saluran dan perkolasi di tingkat lahan usaha tani (sawah).
2. Kehilangan akibat operasional, disebabkan oleh pelimpasan dan kelebihan air pembuangan dan pada waktu pengoperasian saluran dan pemborosan penggunaan air oleh petani.

Kehilangan air akibat fisik, relatif lebih mudah untuk diperkirakan dan dikendalikan secara teliti. Sedangkan kehilangan akibat operasional lebih sulit diperkirakan dan dikendalikan karena tergantung pada faktor yang sulit diketahui sejak awal seperti datangnya hujan, sikap tanggap petugas operasi serta tingkat keterlibatannya.

Pengoperasian pengaliran air melalui suatu jaringan irigasi dibagi atas 3 (tiga) macam operasi; yaitu di jaringan utama, di jaringan tersier, dan di tingkat usaha tani. Efisiensi dari penggunaan air selain pada masing-masing operasi tersebut, juga efisiensi gabungan antara jaringan tersier di tingkat usaha tani/lahan dan efisiensi daerah irigasi/seluruh jaringan (Anonim, 1997 : IV-22).

Efisiensi berkisar antara 35% pada musim hujan sampai 60% pada musim kemarau. Penyebab rendahnya efisiensi pada musim hujan karena ketidakmampuan memberikan air secara pasti sesuai yang dibutuhkan tanaman, akibat pertimbangan curah hujan efektif (Anonim, 1997 : IV-22).

Besarnya efisiensi irigasi secara keseluruhan adalah sebesar 65% atau 0,65 yang terdiri dari (Anonim, 1997 : IV-22):

- Efisiensi saluran primer sebesar 95%
- Efisiensi saluran sekunder sebesar 90%

- Efisiensi saluran tersier sebesar 80%

2.12. Kebutuhan Air Irigasi

Irigasi adalah penambahan kekurangan kadar air tanah secara buatan, yaitu dengan memberikan air yang perlu untuk pertumbuhan tanaman ke tanah yang dioleh dan medistribusikannya secara sistematis. Pemberian irigasi yang berlebihan pada tanah yang diolah dapat merusak tanaman (Sosrodarsono, 1976 : 216).

Besarnya kebutuhan air irigasi harus disesuaikan dengan besarnya masukan (inflow). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kebutuhan air di bangunan pengambilan air irigasi adalah:

1. Luas daerah irigasi
2. Pola tata tanam yang direncanakan
3. Evapotranspirasi potensial
4. Koefisien tanaman
5. Teknik pengolahan lahan
6. Perkolasi
7. Curah hujan efektif
8. Efisiensi irigasi

Kebutuhan air irigasi pada setiap bangunan sadap dan bangunan utama untuk masing-masing petak tersier dan saluran berdasarkan persamaan sebagai berikut (Anonim dalam Sumiadi : 17):

$$TOR = \frac{A \times NFR}{\eta_{trs}} \quad (2-26)$$

$$DR = \frac{\sum TOR}{\eta_{sal}} \quad (2-27)$$

dengan:

TOR = (*Tersierry Offtake Requirement*) kebutuhan air irigasi petak tersier (lt/dt)

DR = (*Diversion Requirement*) kebutuhan air irigasi bangunan utama (lt/dt)

A = luas layanan petak tersier (ha)

η_{trs} = efisiensi saluran tersier (%)

η_{sal} = efisiensi saluran sekunder dan primer (%)

NFR = kebutuhan bersih air irigasi di sawah (lt/dt)

2.13. Kebutuhan Air di Sawah

Tanaman membutuhkan air agar dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik. Air tersebut dapat berasal dari air hujan maupun air irigasi. Air irigasi adalah sejumlah air yang pada umumnya diambil dari sungai atau waduk dan dialirkan melalui sistem jaringan irigasi, guna menjaga keseimbangan jumlah air di lahan pertanian (Suhardjono, 1994 : 6):

Besarnya kebutuhan air di sawah dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut (Anonim/KP-01, 1986 : 157):

- Penyiapan lahan
- Penggunaan konsumtif
- Perkolasi
- Pergantian lapisan air
- Curah hujan efektif

Pendugaan kebutuhan air di sawah dilakukan berdasarkan jenis tanaman, persamaan netto kebutuhan air (*Netto Farm Requirement*) dengan Metode Standar Perencanaan Irigasi yaitu dengan persamaan sebagai berikut (Anonim dalam Sriwidjanto, 2002 : 10):

$$\text{NFR padi} = \text{LP} + \text{ET} + \text{WLR} + \text{P} - \text{Re padi} \quad (2-28)$$

$$\text{NFR plw} = \text{ET} - \text{Re plw} \quad (2-29)$$

$$\text{NFR tebu} = \text{ET} - \text{Re tebu} \quad (2-30)$$

dengan:

NFR padi = netto kebutuhan air padi di sawah (mm/hr)

NFR plw = netto kebutuhan air palawija (mm/hr)

NFR tebu = netto kebutuhan air tebu (mm/hr)

LP = kebutuhan air untuk persiapan lahan (mm/hr)

ET = kebutuhan air untuk tanaman

WLR = (*Water Lever Requirement*) kebutuhan air untk penggantian lapisan air (mm/hr)

P = perkolasi (mm/hr)

- Re padi = curah hujan efektif untuk padi sawah (mm/hr)
 Re plw = curah hujan efektif untuk palawija (mm/hr)
 Re tebu = curah hujan efektif untuk tebu (mm/hr)

2.13.1. Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Penyiapan lahan diperlukan untuk menciptakan kondisi lembab yang memadai untuk persemaian. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan tanaman padi bisa diambil 200 mm yang meliputi penjenuhan dan penggenangan. Pada awal transplantasi akan ditambahkan air 50 mm. Apabila lahan dibiarkan bero selama jangka waktu yang lama (2,5 bulan atau lebih), maka diambil 250 mm sebagai kebutuhan air untuk penyiapan lahan (Anonim/KP-01, 1986 : 159). Pekerjaan penyiapan lahan untuk daerah irigasi yang luas dapat diselesaikan sekitar 30 sampai 45 hari sebelum tanam dimulai (Anonim dama Sumiadi : 9).

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan dipengaruhi oleh evaporasi, kejenuhan tanah, perkolasi, dan jangka waktu untuk penyiapan lahan. Untuk menghemat pemakaian air irigasi pada saat penyiapan lahan, maka dilakukan hal-hal sebagai berikut (Wirosoedarmo, 1985 : 87):

1. Penyiapan lahan tidak dilakukan secara serentak.
2. Saat penyiapan lahan untuk tanaman padi musim hujan, biasanya menunggu cukup turunnya hujan sehingga air hujan dapat digunakan seefektif mungkin dan pada saat penyiapan lahan untuk padi gadu biasanya kondisi tanah masih lembab.

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan dapat dihitung dengan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra (1968) dengan persamaan sebagai berikut (Anonim/KP-01, 1986 : 160):

$$IR = \frac{M \cdot e^k}{(e^k - 1)} \quad (2-31)$$

dengan:

IR = kebutuhan air untuk pengolahan lahan (mm/hr)

M = kebutuhan air untuk penggantian kehilangan air akibat evapotranspirasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan (mm/hr)
 = Eo + P (2-32)

Eo = evaporasi air terbuka selama penyiapan lahan (mm/hr)

$$= 1,1 \cdot ETo \quad (2-33)$$

P = perkolasi

$$k = (M \cdot T)/S \quad (2-34)$$

T = jangka waktu penyiapan lahan (hari)

S = kebutuhan air untuk penjemuran

e = bilangan eksponensial (2,71828)

2.14. Saluran Pembawa

Debit rencana saluran pembawa dihitung dengan rumus (Anonim, 1986 (b) : 57):

$$Q = \frac{C \cdot NFR \cdot A}{e} \quad (2-35)$$

dengan:

Q = debit rencana

C = koefisien rotasi, c = 1 apabila daerah layanan < 10.000 ha sehingga tidak dimungkinkan adanya sistem golongan

NFR = kebutuhan bersih (*netto*) air di sawah (ml/dt/ha)

A = luas daerah yang diairi keseluruhan

e = efisiensi irigasi diairi keseluruhan

a. Dimensi Saluran

Perencanaan dimensi saluran dilakukan dengan menganggap bahwa air di saluran adalah aliran seragam (*uniform flow*) maka digunakan rumus *Strickler* (Anonim, 1986 (b)

: 15:

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2-36)$$

$$R = A / P \quad (2-37)$$

$$A = (b + m \cdot h) h \quad (2-38)$$

$$P = b + 2h \sqrt{m^2 + 1} \quad (2-39)$$

$$Q = V \cdot A \quad (2-40)$$

$$B = n \cdot h \quad (2-41)$$

dengan:

Q = debit saluran (m³/dt)

- V = kecepatan aliran (m/dt)
 A = luas potongan melintang aliran (m^2)
 R = jari-jari hidrolis (m)
 P = keliling basah (m)
 B = lebar dasar (m)
 H = tinggi air (m)
 K = koefisien kekasaran bahan

Tabel 2.4. Harga Koefisien Kekasaran Bahan Untuk Saluran Tanah

No	Debit Rencana (m^3/dt)	Koefisien (K)
1.	$Q > 10$	45,0
2.	$5 < Q < 10$	42,5
3.	$1 < Q < 5$	40,0
4.	$Q < 1$	35,0

Sumber: Anonim, 1986 (b) : 18

Tabel 2.5. Harga Koefisien Kekasaran Bahan Untuk Saluran Pasangan

No	Macam Dasar Saluran	Koefisien (K)
1.	Saluran dengan dinding tidak teratur.	36
2.	Sungai dengan dinding tidak teratur.	38
3.	Saluran dan saluran tersier dengan tangkis baru.	40
4.	Saluran baru tidak bertangkis.	43,5
5.	Saluran induk dan sekunder dengan $Q < 7,5 m^3/dt$.	45 – 47,5
6.	Saluran terpelihara dengan $Q > 10 m^3/dt$.	50
7.	Saluran dengan pasangan batu belah dan plesteran baik atau beton yang tidak diplester.	60
8.	Beton licin atau papan kayu.	90

Sumber: Anonim, 1976 : 7

Kecepatan maksimum yang diijinkan untuk saluran pembawa tanpa pasangan ditinjau dengan menggunakan persamaan (Anonim, 1986 (b) : 21):

$$V_{maks} = V_b \times A \times B \times C \quad (2-42)$$

dengan:

$$V_{maks} = \text{kecepatan maksimum yang diijinkan (m/dt)}$$

- V_b = kecepatan dasar (m/dt)
- A = faktor koreksi angka pori
- B = faktor koreksi kedalaman air
- C = faktor koreksi pada belokan

Sedangkan untuk saluran pembawa dengan pasangan, kecepatan maksimum yang diijinkan adalah (Anonim, 1986 (b) : 39):

- Untuk pasangan batu kali, $V_{maks} = 2$ m/dt
- Untuk beton, $V_{maks} = 3$ m/dt
- Untuk pasangan tanah = kecepatan maksimum yang diijinkan

b. Tinggi Jagaan

Batasan tinggi jagaan (w) minimum untuk saluran tanah dan pasangan dalam kaitannya dengan debit rencana ditetapkan sebagaimana yang tercantum pada Tabel. 2.6.

Tabel 2.6. Tinggi Jagaan Minimum

No	Debit Rencana (m^3/dt)	Tinggi Jagaan Minimum (m)	
		Saluran Tanah	Saluran Pasangan
1	< 0,5	0,4	0,20
2	0,5 - 1,5	0,5	0,20
3	1,5 - 5	0,6	0,25
4	5 - 10	0,75	0,30
5	10 - 15	0,85	0,40
6	> 15	1,00	0,50

Sumber: Anonim, 1986 (b) : 43

c. Kemiiringan Talud

Perencanaan kemiringan lereng saluran dipertimbangkan terhadap stabilitas lereng dan tinjauan aspek ekonomis.

Tabel 2.7. Kemiringan Talud Minimum Untuk Saluran Tanah

No	Kedalaman Air + Tinggi Jagaan	Kemiringan Minimum Talud
1	(1,0	1 : 1,00
2	$1,0 < D \leq 2,0$	1 : 1,50
3	$> 2,0$	1 : 2,00

Sumber: Anonim, 1986 (b) : 24

d. Tanggul

Pada umumnya desain tanggul didesain sedemikian rupa untuk tujuan eksploitasi, pemeliharaan, dan inspeksi saluran agar dilalui orang (Anonim, 1986 (b) : 26).

Tabel 2.8. Lebar Minimum Tanggul

Debit Rencana (m ³ /dt)	Tanpa Jalan Inspeksi (m)	Dengan Jalan Inspeksi (m)
$Q \leq 1$	1	3
$1 < Q < 5$	1,5	5
$5 < Q \leq 10$	2	5
$10 < Q \leq 15$	3,5	5
$Q > 15$	3,5	≈ 5

Sumber: Anonim, 1986 (b) : 27

2.15. Desain Bangunan

• Boks Bagi

Untuk membagi ke seluruh petak tersier dan kuarter diperlukan boks bagi yang dibangun diantara saluran tersier dengan kuarter.

Boks bagi biasanya direncanakan dari pasangan batu kali, dimana pada setiap lubang aliran adalah merupakan ambang lebar. Perhitungan debit yang mengalir di atas ambang boks dilakukan dengan menggunakan persamaan seperti berikut (Anonim, 1986 (d) : 83):

$$Q = 1,70 \cdot Cd \cdot b \cdot h_1^{1,5} \quad (2-43)$$

dengan:

Q = aliran debit di atas ambang boks (m³/dt)

Cd = koefisien debit = 0,85

h₁ = tinggi air di hulu ambang (m)

b = lebar ambang (m)

• Layout Petak Tersier

Perencanaan teknis petak tersier harus menghasilkan perbaikan kondisi pertanian. Masalah-masalah yang diperkirakan akan menghalangi tujuan tersebut harus dikenali dan dipertimbangkan dalam pembuatan layout dan perencanaan jaringan tersier.

BAB III METODOLOGI STUDI

3.1. Umum

Dalam menganalisa suatu permasalahan diperlukan adanya berbagai data. Data-data yang diperlukan dapat digolongkan menjadi data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil pengukuran atau pengamatan langsung, sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari mengutip berbagai sumber yang dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya.

Dalam studi ini, data yang dipergunakan adalah data sekunder. Data sekunder didapat dari DPU SNVT Irigasi Maluku Utara.

3.2. Daerah Studi

Daerah studi yang akan dikaji adalah Daerah Irigasi Toliwang yang terletak di Kecamatan Kao Barat Kabupaten Halmahera Utara Propinsi Maluku Utara dengan letak daerah pada $1^{\circ} 18' 45''$ s/d $1^{\circ} 25' 30''$ Lintang Utara dan $127^{\circ} 49' 00''$ s/d $127^{\circ} 56' 30''$ Bujur Timur. Ditinjau dari aspek hidrologis D.I. Toliwang SP-IV masih termasuk dalam DPS Akelamo Kao. *Water District* atau Daerah Pengaliran Sungai (DPS) ini terletak di semenanjung utara bagian barat Pulau Halmahera.

Secara administratif lokasi pekerjaan SID Bendung dan Jaringan D.I. Toliwang SP-IV adalah sebagai berikut:

Daerah Irigasi : Toliwang SP-IV

Desa : Wonosari

Kecamatan : Kao Barat

Kabupaten : Halmahera Utara

Propinsi : Maluku Utara

Kecamatan Kao Barat adalah pemekaran dari Kecamatan Kao, Kota Kecamatan Kao Barat berada di SP-IIA daerah transmigrasi Tolabit. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.3.

3.3. Pengumpulan Data

Dalam studi ini diperlukan data-data yang mendukung yaitu data primer dan data sekunder. Data-data yang mendukung adalah sebagai berikut:

1. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang diperlukan diperoleh dari stasiun pengukur curah hujan yang berada diantara lokasi studi. Data curah hujan ini merupakan data sekunder dan dalam hal ini merupakan wewenang dari DPU SNVT Irigasi Propinsi Maluku Utara, yaitu dari Stasiun Ternate.

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan selama 16 tahun terakhir yang dimulai dari tahun 1990 sampai tahun 2005.

2. Data Klimatologi

Data klimatologi yang digunakan adalah data klimatologi selama 3 tahun terakhir yang dimulai dari tahun 2003 sampai tahun 2005. Data klimatologi ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Stasiun Klimatologi Babullah. Yang terdiri dari data kecepatan angin rata-rata bulanan, data penyinaran matahari bulanan, data temperatur udara rata-rata bulanan, dan data kelembaban relatif rata-rata bulanan.

3. Peta-peta Pendukung

Peta-peta pendukung yang diperlukan pada studi ini antara lain:

- Peta lokasi D.I. Toliwang
- Peta kontur

Peta-peta tersebut merupakan data sekunder yang diperoleh dari DPU SNVT Irigasi Maluku Utara.

4. Foto Lokasi Daerah Studi

Foto lokasi Daerah Irigasi Toliwang merupakan data primer yang diperoleh dari hasil visualisasi langsung pada lokasi studi. Data foto lokasi studi akan memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai daerah studi dalam skripsi ini.

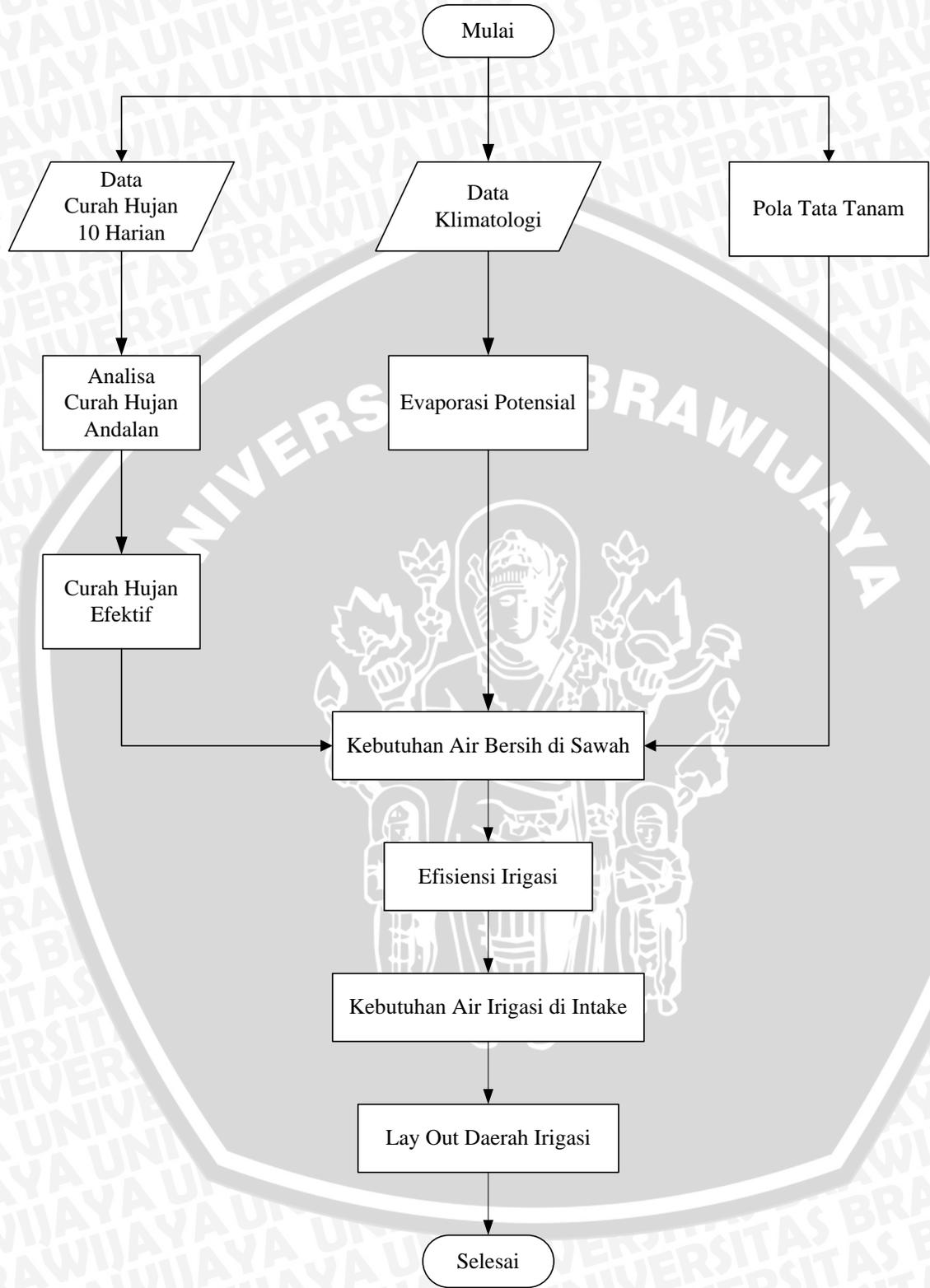
3.4. Tahapan Studi

Untuk memperlancar langkah-langkah perhitungan dalam studi ini maka diperlukan tahapan-tahapan sebagai berikut:

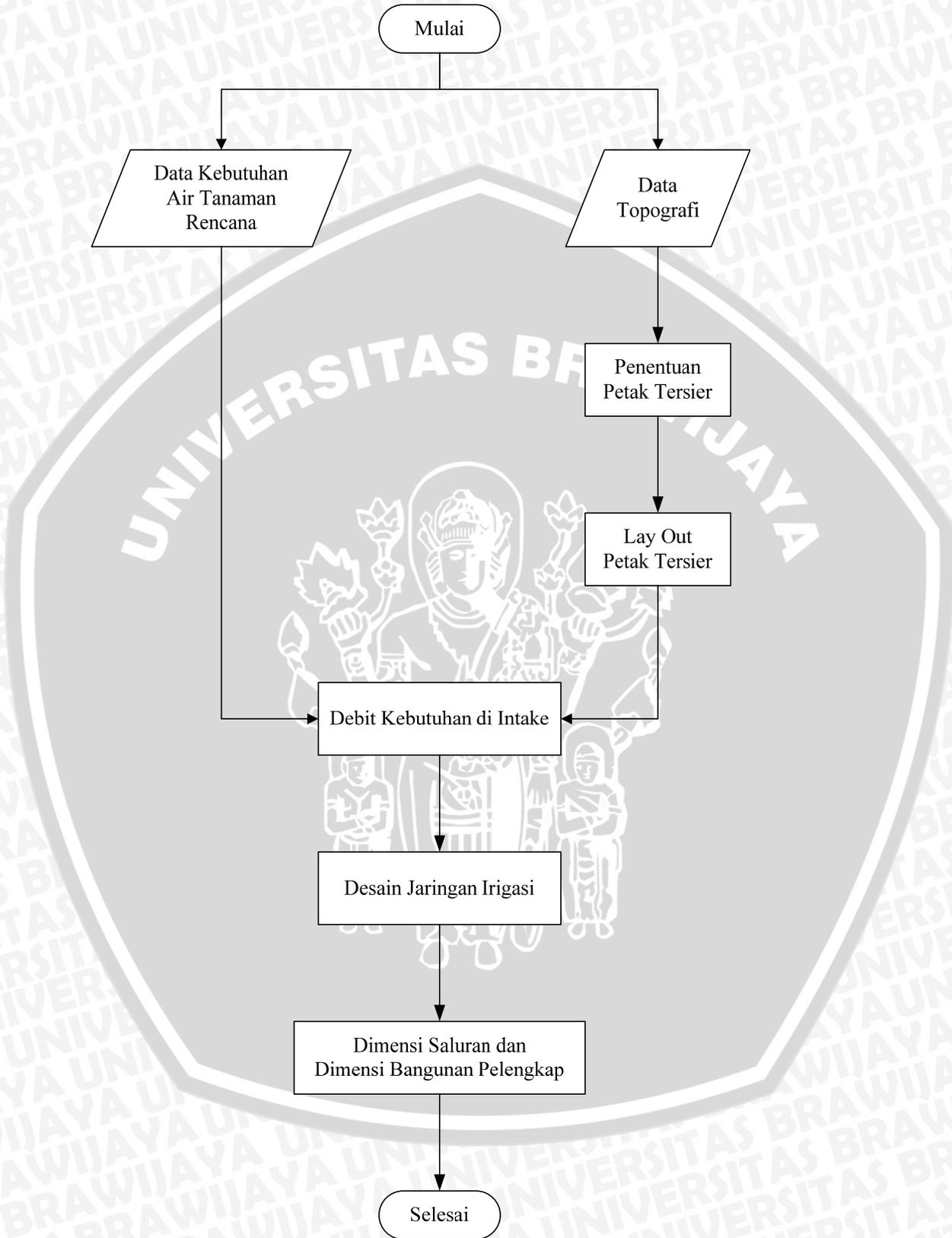
1. Pengolahan data curah hujan
 - a. Uji konsistensi data
 - b. Perhitungan curah hujan wilayah/daerah
 - c. Perhitungan curah hujan andalan dengan menggunakan metode tahun penentu (*Basic Year*).
 - d. Perhitungan curah hujan efektif, setelah melakukan perhitungan curah hujan andalan maka hasilnya digunakan untuk menghitung besarnya curah hujan efektif.
2. Pengolahan data klimatologi
 - a. Pengolahan data klimatologi sehubungan dengan penyiapan lahan digunakan metode Van de Goor dan Zijlstra (1968).
 - b. Data klimatologi diperlukan juga untuk menghitung evapotranspirasi dengan rumus Penman Modifikasi.
3. Perhitungan besarnya kebutuhan air tanaman.
4. Perhitungan besarnya kebutuhan air di sawah.
5. Perhitungan besarnya kebutuhan air di intake.
6. Perhitungan neraca air untuk menentukan apakah debit yang tersedia dapat mencukupi debit yang dibutuhkan.
7. Perencanaan jaringan irigasi.

Dalam hal ini meliputi lokasi bendung, saluran primer, saluran sekunder, saluran tersier, saluran pembuang, bangunan bagi sadap, bangunan penunjang, dan petak tersier.
8. Selesai.

Selanjutnya berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang diinginkan dalam penyelesaian skripsi ini akan disajikan pada diagram alir penyelesaian skripsi (Gambar 3.1) sebagai berikut :

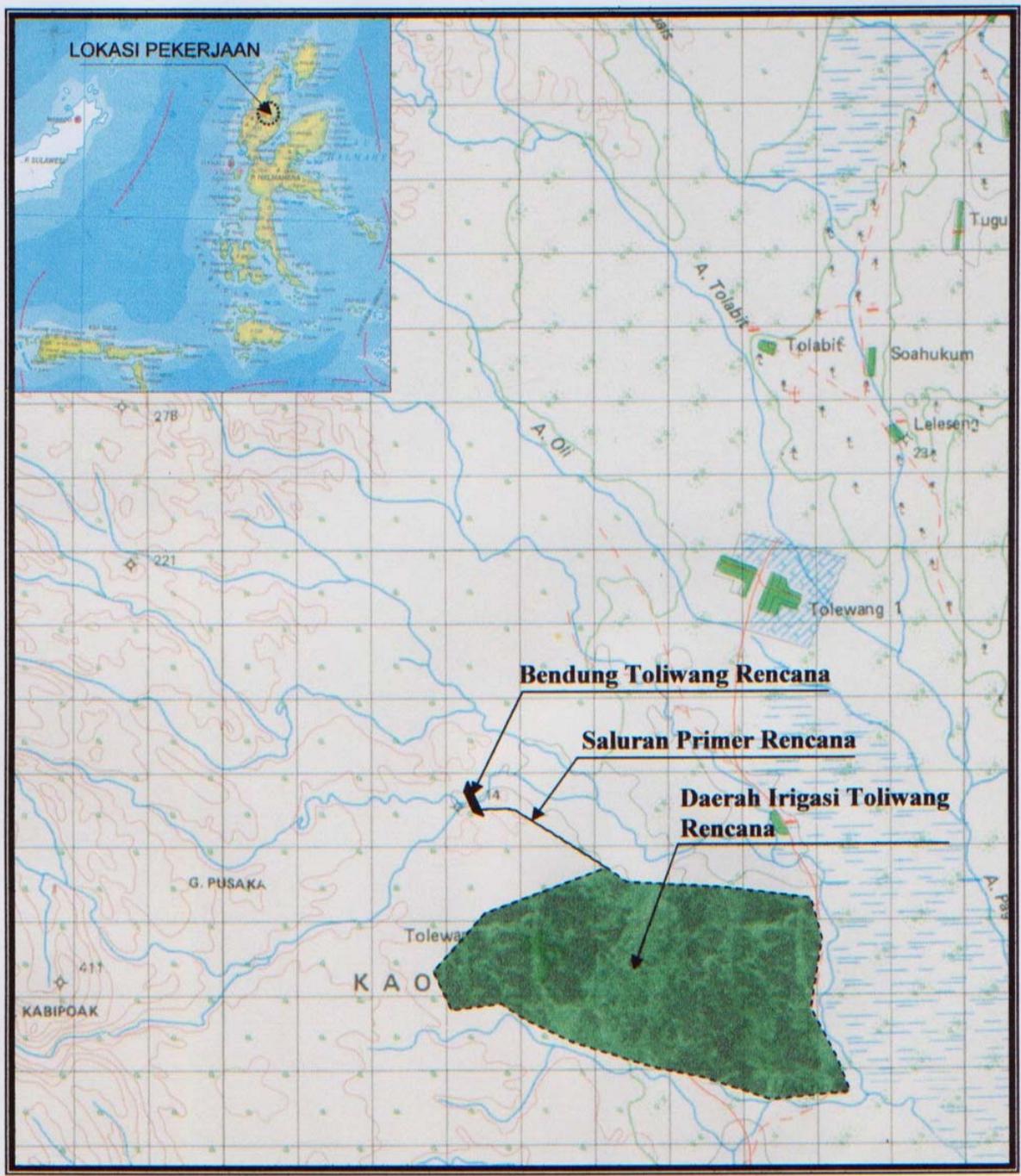


Gambar 3.1. Diagram Alir Penentuan Kebutuhan Air Tanaman



Gambar 3.2. Diagram Alir Penyelesaian Studi





Gambar 3.3. Lokasi SID Bendung dan Jaringan D.I. Toliwang SPIV 950 Ha

BAB IV DATA DAN ANALISA PERHITUNGAN

4.1. Evapotranspirasi Potensial

Contoh perhitungan evapotranspirasi potensial berdasarkan metode Penmann (Bulan Januari) :

Data yang tersedia sebagai berikut :

- Suhu (T) = 23,767 °C
- Kelembaban Relatif (RH) = 97,00 %
- Lama Penyinaran (n/N) = 48,333 %
- Kecepatan angin (U) = 3,194 m/dt

Berdasarkan nilai T didapatkan nilai ea, W, 1 – W dan f(t) sebagai berikut :

→ ea = 29,403 mbar

→ W = 0,728

→ (1 – W) = 0,272

→ f(t) = 15,380

Nilai tersebut didapat dengan cara interpolasi dari tabel berikut :

Tabel 4.1. Nilai ea, W, (1 – W), f(t)

Suhu (T)	ea mbar	W	(1 - W)	f(t)
		elevasi 1 - 250 m		
22	26.40	0.71	0.29	15.00
23	28.10	0.72	0.28	15.20
24	29.80	0.73	0.27	15.40

Sumber : Suhardjono, 1994 : 58

Berdasarkan letak lintang 10° 25' 30" Lintang Utara didapatkan nilai Ra = 13,140 dengan cara interpolasi dari tabel berikut :

Tabel 4.2. Nilai Ra

Bulan	Letak Lintang	
	10 LU	12 LU
Jan	13.2	12.8
Feb	14.2	13.9
Mar	15.3	15.1
Apr	15.7	15.7
Mei	15.5	15.7
Jun	15.3	15.5
Jul	15.3	15.5
Ags	15.5	15.6
Sep	15.3	15.2
Okt	14.7	14.4
Nov	13.6	13.3
Des	12.9	12.5

Sumber : Suhardjono, 1994 : 59

Besaran angka koreksi (c) bulanan untuk rumus Penman :

Tabel 4.3. Besaran Angka Koreksi (c)

Bulan	Angka Koreksi Penman (c)	Bulan	Angka Koreksi Penman (c)
Jan	1.10	Jul	1.00
Feb	1.10	Ags	1.00
Mar	1.00	Sep	1.10
Apr	1.00	Okt	1.10
Mei	0.95	Nov	1.15
Jun	0.95	Des	1.15

Sumber : Suhardjono, 1994 : 59

Langkah-langkah perhitungan evapotranspirasi potensial adalah sebagai berikut :

1. Tekanan uap jenuh, $e_a = 29,403$ mbar (tabel).
2. Tekanan uap nyata, $e_d = e_a \times RH = 29,403 \times 97\% = 28,521$ mbar.
3. $W = 0,728$ (tabel).
4. $1 - W = 0,272$.
5. $f(t) = 15,380$ (tabel).
6. $f(e_d) = 0,344 - 0,044 \sqrt{e_d} = 0,344 - 0,044 \sqrt{28,521} = 0,105$.
7. Nilai angot, $R_a = 13,140$ (tabel).
8. Radiasi gelombang pendek, $R_s = [0,25 + 0,54 \times n / N] \times R_a$
 $= [0,25 + 0,54 \times 97,00\%] \times 13,140$
 $= 6,715$ mm/hr.

$$9. f(n/N) = 0,1 + 0,9 \cdot n/N = 0,1 + 0,9 \cdot 97,00\% = 0,535$$

$$10. \text{Fungsi angin, } f(u) = 0,27 \times (1 + U \times 0,864) = 0,27 \times (1 + 1,00 \times 0,97) = 1,015 \text{ km/hr.}$$

11. Radiasi netto gelombang panjang, R_{nl}

$$\begin{aligned} R_{nl} &= f(t) \times (0,34 - 0,44\sqrt{ed}) \times (0,1 + 0,9 \times n/N) \\ &= 15,380 \times (0,34 - 0,44\sqrt{28,521}) \times (0,1 + 0,9 \times 97,00\%) \\ &= 0,864 \text{ mm/hr.} \end{aligned}$$

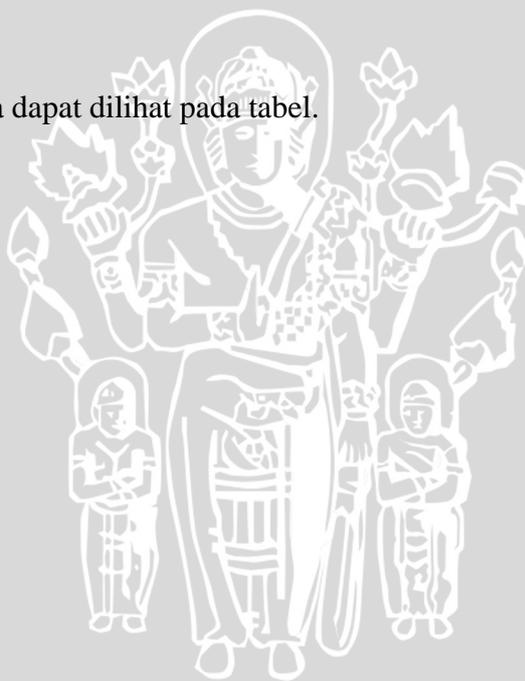
12. Faktor koreksi, $c = 1,1$ (tabel).

$$\begin{aligned} 13. E_{to}^* &= W (0,75R_s - R_{nl}) + (1-W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d) \\ &= 3,280 \end{aligned}$$

14. Evapotranspirasi Potensial, E_{To}

$$\begin{aligned} E_{To} &= c \times E_{to}^* \\ &= 1,1 \times 3,280 \\ &= 3,608 \text{ mm/hr.} \end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel.



Tabel 4.4. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi

No	Uraian	Rumus	Satuan	Bulan											
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	Suhu	Data	(C)	23,767	24,033	24,567	24,233	24,133	24,367	22,000	23,733	23,500	23,567	24,133	24,300
2	Kelembaban relatif, RH	Data	(%)	97,000	97,333	96,000	95,000	94,000	90,000	91,667	90,333	89,667	91,667	95,333	96,000
3	Kecerahan matahari, n/N	Data	(%)	48,333	53,333	69,333	63,333	60,333	66,333	40,333	81,000	59,000	65,667	52,000	41,000
4	Kecepatan angin, U	Data	(m/dt)	3,194	3,194	3,833	2,130	1,917	3,620	2,556	4,259	2,130	2,343	2,556	2,556
5	Tekanan uap jenuh, ea	Tabel	mbar	29,403	29,863	30,877	30,243	30,053	30,497	26,400	29,347	28,950	29,063	30,053	30,370
6	Tekanan uap nyata, ed	ea x RH		28,521	29,067	29,642	28,731	28,250	27,447	24,200	26,510	25,959	26,641	28,651	29,155
7	W	Tabel		0,728	0,735	0,740	0,737	0,736	0,738	0,717	0,732	0,730	0,731	0,736	0,737
8	Faktor pembobot 1-W	1 - W		0,272	0,265	0,260	0,263	0,264	0,262	0,283	0,268	0,270	0,269	0,264	0,263
9	f (t)	Tabel		15,380	15,437	15,552	15,480	15,459	15,509	15,000	15,373	15,323	15,337	15,459	15,495
10	f (ed)	$0,344 - 0,044 (ed^{0,5})$		0,105	0,103	0,100	0,104	0,106	0,109	0,124	0,113	0,116	0,113	0,104	0,102
11	Nilai angot, Ra	Tabel		13,140	13,729	14,927	15,700	16,070	15,907	15,891	15,795	15,010	13,948	13,008	12,298
12	Radiasi gelombang pendek, Rs	$(0,25 + 0,54 \cdot n/N) Ra$	mm/hr	6,715	7,386	9,320	9,294	9,253	9,675	7,434	10,857	8,535	8,433	6,905	5,797
13	f (n/N)	$0,1 + 0,9 \cdot n/N$	%	0,535	0,580	0,724	0,670	0,643	0,697	0,463	0,829	0,631	0,691	0,568	0,469
14	f (U)	$0,27 (1 + 0,864 U)$		1,015	1,015	1,164	0,767	0,717	1,115	0,866	1,264	0,767	0,816	0,866	0,866
15	Radia bersih gel. Panjang, Rn1	$f(t) \cdot F(ed) \cdot f(n/N)$	mm/hr	0,864	0,920	1,131	1,080	1,055	1,183	0,858	1,446	1,120	1,196	0,917	0,744
16	Angka koreksi, c	Tabel		1,100	1,100	1,100	0,900	0,900	0,900	0,900	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100
17	Eto*	$W (0,75Rs - Rn1) + (1-W) \cdot f(u) \cdot (ea-ed)$		3,280	3,609	4,708	4,645	4,672	5,372	3,920	5,863	4,475	4,280	3,456	2,934
18	Evapotranspirasi Potensial, Eto	$c \times Eto^*$	mm/hr	3,608	3,970	5,179	4,180	4,204	4,835	3,528	6,450	4,922	4,708	3,802	3,227

4.2. Analisa Curah Hujan

4.2.1. Hujan Rerata Daerah

Karena tidak ada stasiun terdekat lain yang lengkap, hanya digunakan satu stasiun hujan saja. Maka untuk menjadikan hujan rerata digunakan metode faktor pengali DAS (*ARF*).

Luas DAS Sungai Ngebengon adalah 67,76 Km². Dari Tabel 4.5. untuk luas DAS tersebut harus diinterpolasi, hasil interpolasi dengan luas DAS 67,76 Km² didapat faktor pengali 0,96. Jadi besar hujan rerata daerah Sungai Ngebengon – Toliwang adalah curah hujan harian Stasiun Baabula dikalikan 0,956 dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.5. Faktor Pengali DAS/*ARF*

DAS	10	30	100	200	300	400	500	600
ARF	1	0,98	0,935	0,89	0,858	0,832	0,819	0,789

Luas DAS : 67,764 km²

ARF : 0,96

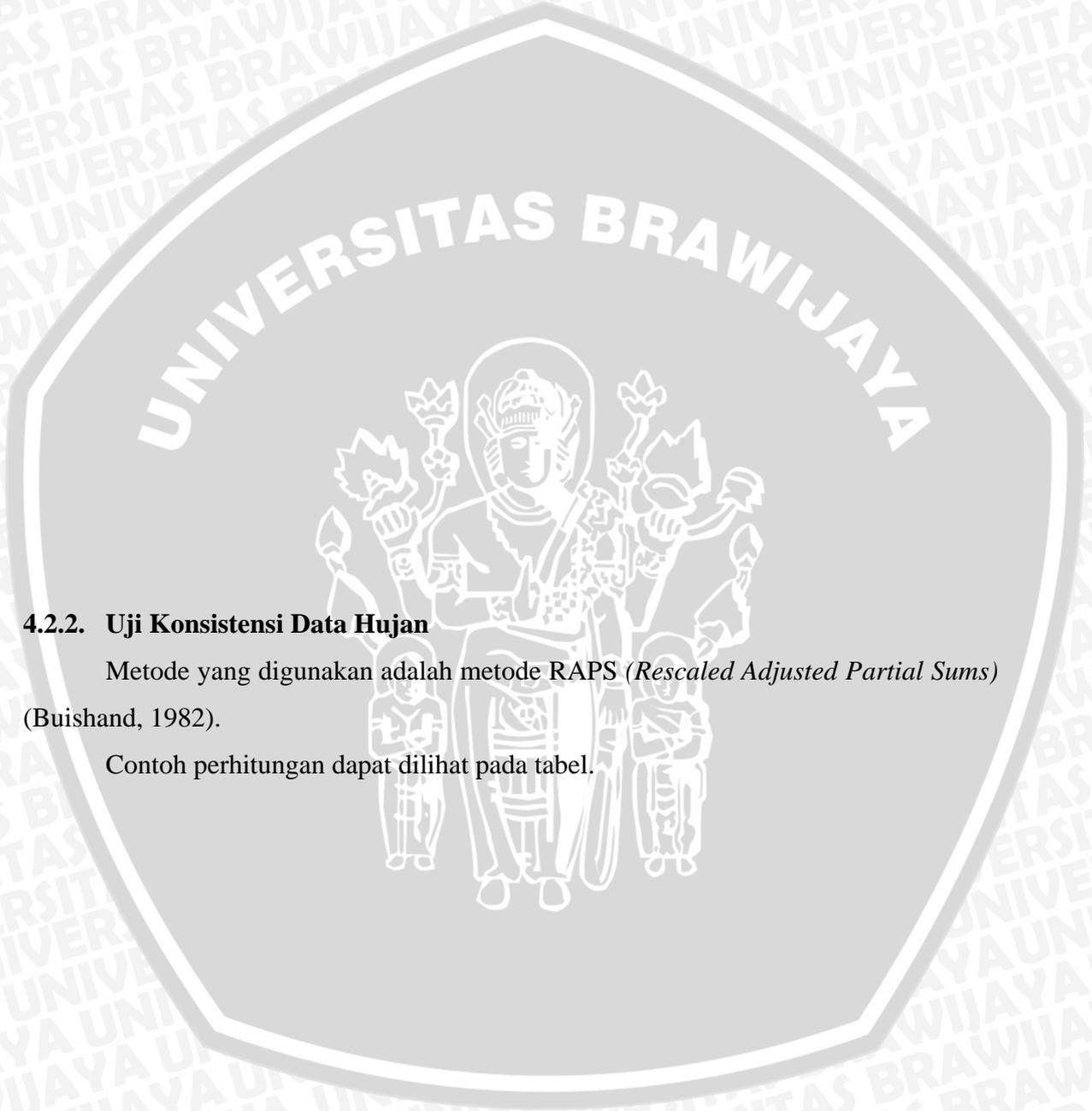


Tabel 4.6. Curah Hujan Rerata Sungai Ngebengon

Tabel 4.6. Curah Hujan Rerata Sungai Ngebengon

Bulan	Periode	Tahun															Rerata	
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004		2005
Januari	1	106,09	2,87	52,56	45,87	20,07	31,54	177,76	10,51	15,29	129,02	21,98	35,36	113,73	46,83	38,23	14,34	53,88
	2	120,42	18,16	1,91	62,12	52,56	39,18	41,10	115,64	25,80	47,79	75,50	114,69	150,05	14,34	64,03	155,78	68,69
	3	48,74	143,36	11,47	31,54	6,69	33,45	288,63	25,80	3,82	120,42	164,38	130,93	29,63	9,56	24,85	104,17	73,59
Februari	1	43,01	141,45	41,10	0,96	187,32	27,72	124,24	79,33	7,65	34,41	125,20	311,57	32,49	63,08	126,16	48,74	87,15
	2	25,80	15,29	49,70	75,50	21,98	44,92	31,54	183,50	42,05	38,23	44,92	95,57	55,43	16,25	21,03	21,98	48,98
	3	21,98	14,34	49,70	0,00	0,00	65,94	108,95	72,63	17,20	43,96	115,64	26,76	9,56	41,10	5,73	28,67	38,89
Maret	1	94,62	4,78	6,69	20,07	60,21	81,24	6,69	25,80	1,91	32,49	44,92	86,02	7,65	2,87	26,76	0,00	31,42
	2	35,36	82,19	0,00	150,05	69,77	14,34	59,25	16,25	13,38	44,92	64,03	76,46	80,28	131,89	96,53	64,03	62,42
	3	20,07	96,53	33,45	45,87	80,28	137,62	111,82	53,52	66,90	193,06	83,15	15,29	104,17	66,90	57,34	181,59	84,22
April	1	155,78	67,86	71,68	94,62	86,02	0,96	85,06	257,09	105,13	21,98	22,94	19,11	21,03	86,02	5,73	108,95	75,62
	2	13,38	118,51	0,00	48,74	163,43	41,10	94,62	21,03	29,63	154,83	144,31	53,52	10,51	75,50	45,87	11,47	64,15
	3	0,00	69,77	5,73	21,03	127,11	126,16	91,75	43,01	43,01	32,49	19,11	117,55	89,84	25,80	97,48	63,08	60,81
Mei	1	21,03	81,24	139,54	27,72	141,45	149,09	199,75	31,54	119,47	64,99	81,24	192,10	156,74	91,75	185,41	70,72	109,61
	2	323,03	18,16	16,25	96,53	12,42	16,25	0,00	246,58	129,02	123,29	3,82	5,73	108,00	147,18	12,42	83,15	83,86
	3	31,54	111,82	116,60	54,48	33,45	10,51	104,17	9,56	52,56	160,56	131,89	51,61	0,00	0,00	77,41	86,97	64,57
Juni	1	90,79	80,28	63,08	100,35	155,78	92,71	55,43	0,00	105,13	6,69	53,52	49,70	7,65	0,00	33,45	53,52	59,25
	2	128,07	0,00	112,78	65,94	68,81	107,04	35,36	0,00	64,99	34,41	106,09	115,64	104,17	6,69	38,23	54,48	65,17
	3	0,96	22,94	0,00	3,82	7,65	55,43	105,13	0,00	72,63	112,78	172,03	48,74	64,99	43,96	0,00	43,01	47,13
Juli	1	10,51	118,51	1,91	7,65	21,98	56,39	92,71	137,62	24,85	57,34	143,36	0,96	0,00	61,17	7,65	37,27	48,74
	2	44,92	33,45	8,60	58,30	0,96	28,67	48,74	6,69	57,34	75,50	4,78	0,00	0,00	97,48	51,61	21,98	33,69
	3	15,29	0,00	145,27	50,65	9,56	43,96	0,00	5,73	36,32	12,42	12,42	31,54	0,00	23,89	3,82	165,34	34,76
Agustus	1	35,36	12,42	0,00	0,00	0,96	103,22	19,11	0,00	35,36	7,65	20,07	11,47	59,25	0,00	0,00	0,00	19,05
	2	11,47	43,01	0,00	0,00	4,78	42,05	43,01	0,00	32,49	18,16	36,32	0,00	0,00	45,87	0,00	108,95	24,13
	3	0,00	0,96	0,00	0,96	1,91	97,48	111,82	0,00	12,42	81,24	9,56	0,00	0,00	72,63	0,00	3,82	24,55
September	1	0,96	0,00	3,82	9,56	0,00	47,79	87,93	14,34	8,60	10,51	21,03	0,00	39,18	0,00	37,27	21,03	21,26
	2	0,00	0,00	10,51	2,87	0,00	108,95	19,11	0,00	31,54	7,65	41,10	20,07	0,00	7,65	14,34	0,00	16,49
	3	38,23	0,00	52,56	0,00	0,00	94,62	37,27	0,00	74,55	22,94	81,24	23,89	0,96	3,82	2,87	17,20	28,13
Oktober	1	12,42	0,00	39,18	0,00	25,80	63,08	142,40	0,00	183,50	51,61	148,14	52,56	0,00	97,48	0,00	14,34	51,91
	2	0,96	85,06	15,29	39,18	0,00	75,50	21,03	3,82	43,96	30,58	90,79	68,81	0,00	57,34	0,00	123,29	40,98
	3	108,00	16,25	35,36	0,96	9,56	23,89	316,34	1,91	51,61	183,50	115,64	78,37	21,03	11,47	4,78	40,14	63,68
November	1	214,08	0,00	49,70	43,96	88,88	24,85	92,71	3,82	191,14	113,73	38,23	157,69	3,82	14,34	4,78	76,46	69,89
	2	20,07	0,00	29,63	76,46	56,39	163,43	80,28	7,65	160,56	170,12	34,41	47,79	41,10	33,45	1,91	139,54	66,42
	3	25,80	4,78	74,55	55,43	6,69	210,26	51,61	2,87	137,62	27,72	132,85	45,87	84,10	77,41	50,65	139,54	70,48
Desember	1	1,91	49,70	117,55	22,94	101,31	149,09	29,63	25,80	222,68	74,55	41,10	386,11	9,56	100,35	59,25	43,96	89,72
	2	7,65	9,56	22,94	59,25	20,07	123,29	184,45	0,00	101,31	156,74	68,81	12,42	12,42	264,74	39,18	166,30	78,07
	3	0,96	119,47	32,49	61,17	0,00	130,93	78,37	62,12	92,71	27,72	142,40	142,40	112,78	14,34	40,14	64,03	70,13
Jumlah		1829,25	1582,68	1411,60	1434,54	1643,84	2662,64	3177,78	1464,17	2414,16	2525,98	2656,91	2664,56	1490,93	1892,33	1274,93	2377,84	2031,51

Sumber: Hasil perhitungan



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4.2.2. Uji Konsistensi Data Hujan

Metode yang digunakan adalah metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) (Buishand, 1982).

Contoh perhitungan dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4.7. Uji Konsistensi Data Hujan

No	Tahun	Hujan (mm)	Sk*	Dy ²	Sk**	Sk**
1	1990	1829,25	-202,25	2556,69	-0,35	0,35
2	1991	1582,68	-448,83	12590,61	-0,78	0,78
3	1992	1411,60	-619,91	24017,71	-1,07	1,07
4	1993	1434,54	-596,97	22273,22	-1,03	1,03
5	1994	1643,84	-387,67	9392,77	-0,67	0,67
6	1995	2662,64	631,14	24895,76	1,09	1,09
7	1996	3177,78	1146,27	82121,00	1,98	1,98
8	1997	1464,17	-567,34	20117,25	-0,98	0,98
9	1998	2414,16	382,65	9151,20	0,66	0,66
10	1999	2525,98	494,47	15281,12	0,85	0,85
11	2000	2656,91	625,40	24445,43	1,08	1,08
12	2001	2664,56	633,05	25046,79	1,09	1,09
13	2002	1490,93	-540,58	18264,23	-0,93	0,93
14	2003	1892,33	-139,18	1210,64	-0,24	0,24
15	2004	1274,93	-756,57	35775,30	-1,31	1,31
16	2005	2377,84	346,33	7496,54	0,60	0,60
Total		32504,14		334636,24		
Rata-rata		2031,51		20914,77		

$$Dy = 578,48$$

$$Sk^{**} \max = 1,98$$

$$Sk^{**} \min = -1,31$$

$$Q = |Sk^{**} \max| = 1,98$$

$$R = Sk^{**} \max - Sk^{**} \min = 3,29$$

$$Q/n^{0.5} = 1,08 < 1,08 \quad \text{OK!!!}$$

$$R/n^{0.5} = 1,29 < 1,29 \quad \text{OK!!!}$$

4.2.3. Curah Hujan Andalan dan Curah Hujan Efektif

Dasar perhitungan untuk mendapatkan curah hujan andalan dan curah hujan efektif yaitu dari masing-masing data curah hujan 10 harian rata-rata bulanan yang diambil selama 16 tahun terakhir (mulai dari tahun 1990 sampai dengan tahun 2005).

Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman padi ditentukan dengan 70% dari hujan andalan 80% (R_{80}). Sedangkan untuk tanaman palawija dan tebu ditentukan dengan R_{50} . Hasil perhitungan curah hujan andalan dan curah hujan efektif disajikan pada Tabel 4.5 dan tabel 4.6.

Tabel 4.8. Perhitungan R 80

No	Data Hujan (mm)		Rangking Data		Keterangan
	Tahun	R	Tahun	R	
1	1990	1829,25	2004	1274,93	
2	1991	1582,68	1992	1411,60	
3	1992	1411,60	1993	1434,54	
4	1993	1434,54	1997	1464,17	
5	1994	1643,84	2002	1490,93	
6	1995	2662,64	1991	1582,68	
7	1996	3177,78	1994	1643,84	
8	1997	1464,17	1990	1829,25	
9	1998	2414,16	2003	1892,33	
10	1999	2525,98	2005	2377,84	
11	2000	2656,91	1998	2414,16	
12	2001	2664,56	1999	2525,98	
13	2002	1490,93	2000	2656,91	
14	2003	1892,33	1995	2662,64	
15	2004	1274,93	2001	2664,56	
16	2005	2377,84	1996	3177,78	

Sumber: Hasil Perhitungan

$$R_{80} = (n/5) + 1$$

$$R_{50} = (n/2) + 1$$

$$= \frac{16}{5} + 1 = 4,2 \approx 4,00$$

$$= \frac{16}{2} + 1 = 9$$

Tabel 4.9. Perhitungan Curah Hujan Andalan dan Curah Hujan Efektif

Bulan	Periode	R 80	Re Padi		R 50	Re Palawija	
			(mm)	(mm/hari)		(mm)	(mm/hari)
Januari	1	10,51	7,36	0,74	46,83	46,83	4,68
	2	115,64	80,95	8,09	14,34	14,34	1,43
	3	25,80	18,06	1,81	9,56	9,56	0,96
Februari	1	79,33	55,53	5,55	63,08	63,08	6,31
	2	183,50	128,45	12,84	16,25	16,25	1,62
	3	72,63	50,84	5,08	41,10	41,10	4,11
Maret	1	25,80	18,06	1,81	2,87	2,87	0,29
	2	16,25	11,37	1,14	131,89	131,89	13,19
	3	53,52	37,46	3,75	66,90	66,90	6,69
April	1	257,09	179,96	18,00	86,02	86,02	8,60
	2	21,03	14,72	1,47	75,50	75,50	7,55
	3	43,01	30,11	3,01	25,80	25,80	2,58
Mei	1	31,54	22,08	2,21	91,75	91,75	9,17
	2	246,58	172,60	17,26	147,18	147,18	14,72
	3	9,56	6,69	0,67	0,00	0,00	0,00
Juni	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	0,00	6,69	6,69	0,67
	3	0,00	0,00	0,00	43,96	43,96	4,40
Juli	1	137,62	96,34	9,63	61,17	61,17	6,12
	2	6,69	4,68	0,47	97,48	97,48	9,75
	3	5,73	4,01	0,40	23,89	23,89	2,39
Agustus	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	0,00	45,87	45,87	4,59
	3	0,00	0,00	0,00	72,63	72,63	7,26
September	1	14,34	10,04	1,00	39,18	39,18	3,92
	2	0,00	0,00	0,00	7,65	7,65	0,76
	3	0,00	0,00	0,00	3,82	3,82	0,38
Oktober	1	0,00	0,00	0,00	97,48	97,48	9,75
	2	3,82	2,68	0,27	57,34	57,34	5,73
	3	1,91	1,34	0,13	11,47	11,47	1,15
November	1	3,82	2,68	0,27	14,34	14,34	1,43
	2	7,65	5,35	0,54	33,45	33,45	3,35
	3	2,87	2,01	0,20	77,41	77,41	7,74
Desember	1	25,80	18,06	1,81	100,35	100,35	10,04
	2	0,00	0,00	0,00	264,74	264,74	26,47
	3	62,12	43,49	4,35	14,34	14,34	1,43
Jumlah		1464,17	1024,92	102,49	1892,33	1892,33	189,23

Sumber: Hasil Perhitungan FD Pol 1,00-624

4.3. Kebutuhan Air Tanaman

4.3.1. Penyiapan Lahan

Besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.10. Perhitungan Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

No	Parameter	Satuan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
1	ET _o	mm/hr	3,608	3,970	5,179	4,180	4,204	4,835	3,528	6,450	4,922	4,708	3,802	3,227
2	E _o = ET _o x 1,1	mm/hr	3,968	4,367	5,697	4,598	4,625	5,318	3,881	7,095	5,415	5,179	4,182	3,550
3	P	mm/hr	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	M = E _o + P	mm/hr	5,968	7,367	9,697	9,598	10,625	12,318	11,881	16,095	15,415	16,179	16,182	16,550
5	T	hari	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
6	S	mm	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
7	k = (M x T) / S	-	0,617	0,761	1,002	0,992	1,098	1,273	1,228	1,663	1,593	1,672	1,672	1,710
8	LP = M e ^k / (e ^k - 1)	mm/hr	12,966	13,824	15,323	15,257	15,943	17,109	16,804	19,859	19,349	19,922	19,925	20,203
		lt/dt/ha	1,501	1,600	1,773	1,766	1,845	1,980	1,945	2,298	2,240	2,306	2,306	2,338

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

ET_o = evapotranspirasi potensial

E_o = evaporasi air terbuka selama penyiapan lahan

P = perkolasi

M = kebutuhan air untuk penggantian kehilangan air akibat evapotranspirasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan

T = jangka waktu penyiapan lahan

S = kebutuhan untuk penjenuhan lapisan atas

e = bilangan eksponensial (2.71828)

LP = kebutuhan air untuk pengolahan lahan

4.3.2. Perkolasi

Pada kondisi tanah jenuh maka terjadi pergerakan air dalam lapisan tanah ke arah vertikal dan arah horizontal. Proses ini adalah proses yang terjadi pada penanaman padi di sawah, kehilangan air secara vertikal dikenal sebagai proses perkolasi dan kehilangan air secara horizontal dikenal dengan nama rembesan melalui penampang sawah, pada umumnya dalam perencanaan pengembangan sumber daya air kedua proses tersebut disebut perkolasi.

Pada daerah studi yaitu Daerah Irigasi Toliwang mempunyai jenis tanah liat lempung yang diketahui mempunyai nilai perkolasi sebesar 2 mm/hr.

4.3.3. Penggantian Lapisan Air

Pertumbuhan dan produksi padi terbaik dicapai pada tanah tergenang dengan tinggi lapisan genangan kurang lebih 5 cm, penggenangan lebih dari 10 cm dapat mempertinggi sterilisasi varietas, sehingga dapat menghambat pembentukan anakan.

Efek reduksi pada tanah dan pertumbuhan tanaman dapat dikurangi dengan melakukan penggantian lapisan air (genangan). Penggantian lapisan air ini dilakukan 2 kali, masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/hr selama setengah bulan) yang dilakukan sebulan dan dua bulan setelah masa transplantasi.

Berdasarkan uraian tersebut maka tinggi genangan yang diperlukan dalam studi ini sebesar 50 mm selama 1 bulan (30 hari), dan diberikan saat 1 bulan setelah masa transplantasi.

$$WLR = \frac{50\text{mm}}{30\text{hr}} = 1,667 \text{ mm/hr.}$$

4.3.4. Efisiensi Irigasi

Total efisiensi irigasi termasuk *conveyance efficiency* dan *farm efficiency* untuk padi diasumsikan 65 % (KP – 01 dan FENCO). Estimasi ini dibagi menjadi efisiensi saluran utama 90 %, efisiensi saluran sekunder 80 % dan estimasi efisiensi saluran tersier 90 %. Efisiensi irigasi untuk palawija adalah 75 % efisiensi di sawah 6 % *farm efficiency*, menurut rekomendasi dari FAO, untuk efisiensi irigasi secara menyeluruh yang digunakan pada kajian ini adalah 65 %.

4.4. Pola Tanam

Jenis tanaman yang akan digunakan dalam analisa disesuaikan dengan kebiasaan dan budaya masyarakat setempat. Pada lokasi proyek, tanaman budidaya pertanian yang prioritas adalah padi varietas unggul, padi varietas lokal dan jagung.

Hasil perhitungan kebutuhan air di pengambilan pada berbagai pola tata tanam dapat dilihat pada tabel 4.11.



Tabel 4.11. PTT

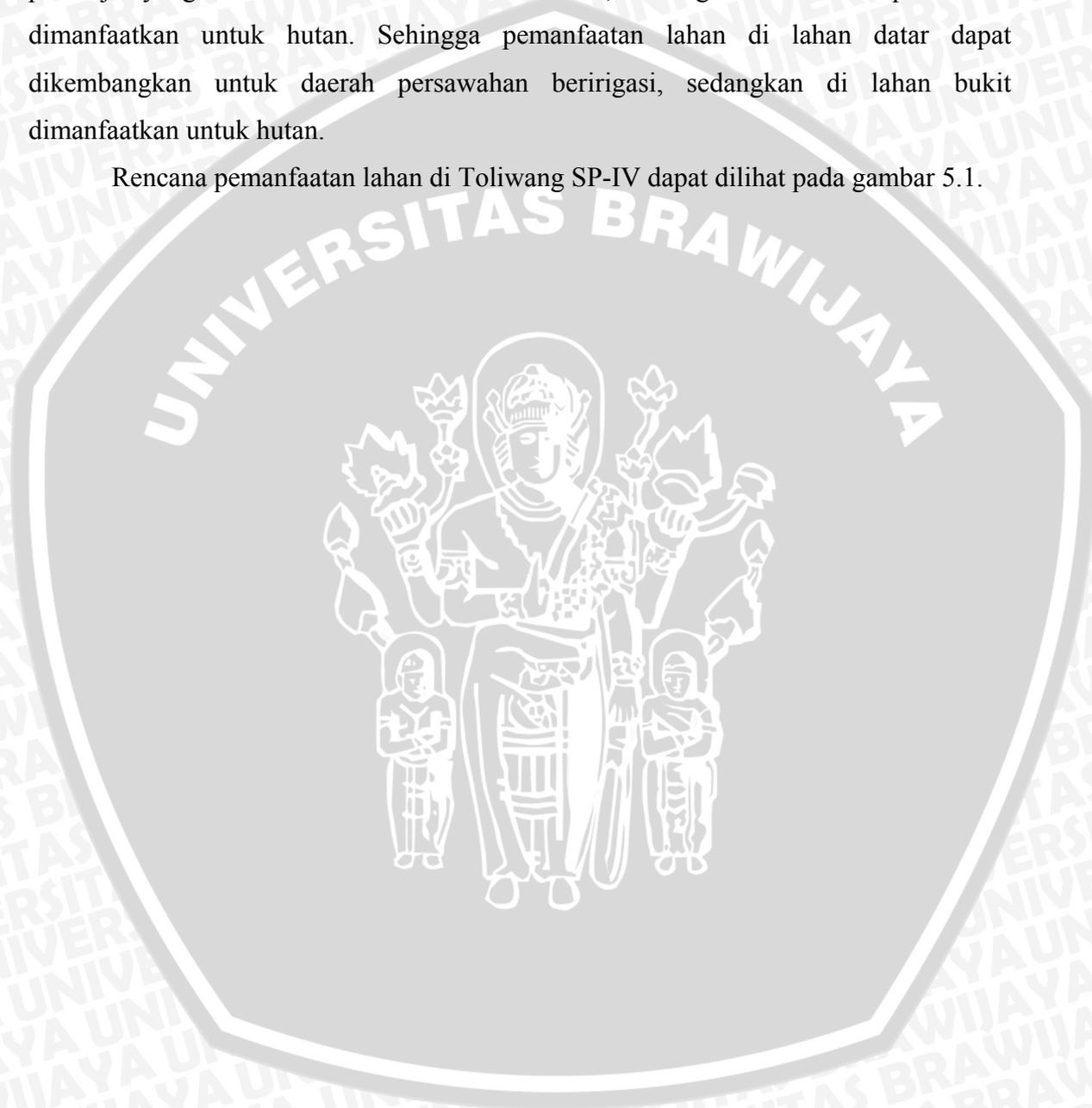


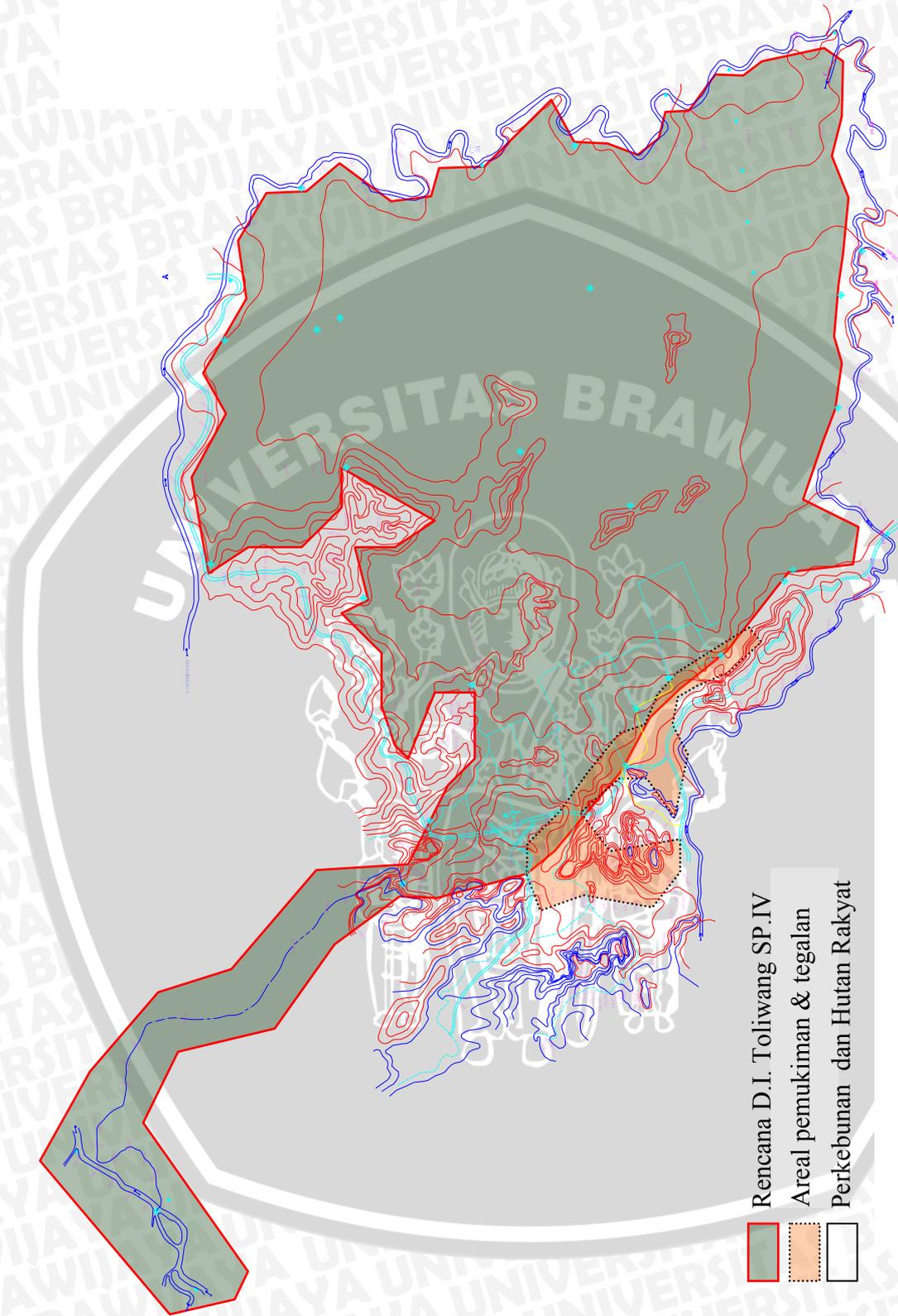
BAB V SISTEM JARINGAN IRIGASI

5.1. Pemanfaatan Lahan

Jenis budidaya pertanian yang terdapat di daerah Toliwang SP-IV yaitu padi dan palawija yang ditanaman di lahan datar/landai, sedangkan di lahan perbukitan dimanfaatkan untuk hutan. Sehingga pemanfaatan lahan di lahan datar dapat dikembangkan untuk daerah persawahan beririgasi, sedangkan di lahan bukit dimanfaatkan untuk hutan.

Rencana pemanfaatan lahan di Toliwang SP-IV dapat dilihat pada gambar 5.1.





Gambar 5.1. Rencana pemanfaatan lahan di daerah proyek

5.2. Layout Jaringan Irigasi



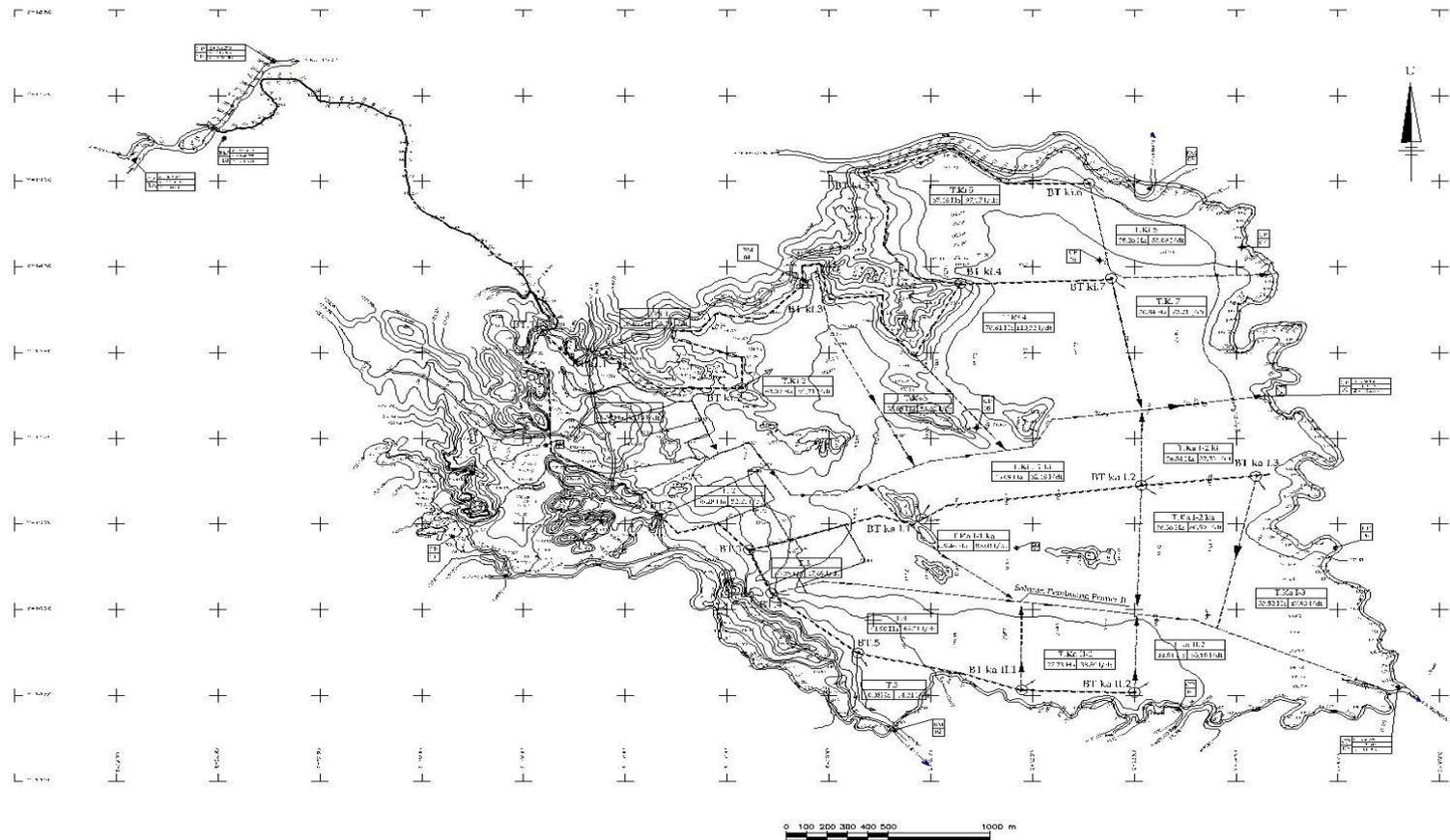
Perencanaan layout jaringan irigasi meliputi pembagian petak tersier, nomenklatur, trase saluran pembawa dan pembuang, bangunan air dan bangunan pelengkap lainnya sampai ke sumber air/intake (pengambilan).

Dari lahan datar yang ada setelah dilakukan perencanaan jaringan irigasi, maka luas daerah irigasi potensial sebesar 950,30 ha yang terbagi beberapa petak tersier. Dapat dilihat pada Gambar 5.2. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembagian petak tersier, diantaranya:

1. Luas petak tersier: 50 – 100 ha (optimum)
150 ha (maksimum)
2. Tata letak saluran: terpisah antara saluran irigasi dan drainase
3. Pertimbangan penentuan batas petak:
 - a. Disesuaikan kondisi topografi dan batas alam
 - b. Dalam satu daerah administrasi desa
 - c. Diusahakan pada batas hak milik tanah

Dasar pertimbangan dalam perencanaan layout jaringan irigasi D.I. Toliwang, antara lain:

1. Memanfaatkan seoptimal mungkin areal potensi yang ada dengan memperhatikan potensi debit pada sumber air (Sungai Ngebengon).
2. Memanfaatkan alur-alur alam (*existing allignment*) yang mempunyai relevansi terhadap sistem yang direncanakan.
3. Memperhatikan kondisi topografi, agar distribusi air secara gravitasi dapat berlangsung.
4. Mempertimbangkan kondisi yang paling menguntungkan ditinjau dari aspek teknis, ekonomis dan kemudahan dalam pelaksanaan pekerjaan maupun operasi dan pemeliharannya.
5. Khususnya mengenai *allignment* jaringan pembuang, diusahakan sedapat mungkin mampu mendrain genangan air pada daerah terendah.



Gambar 5.2. Lay Out Jaringan Irigasi Toliwang SP-IV

5.2.1. Pembagian Petak

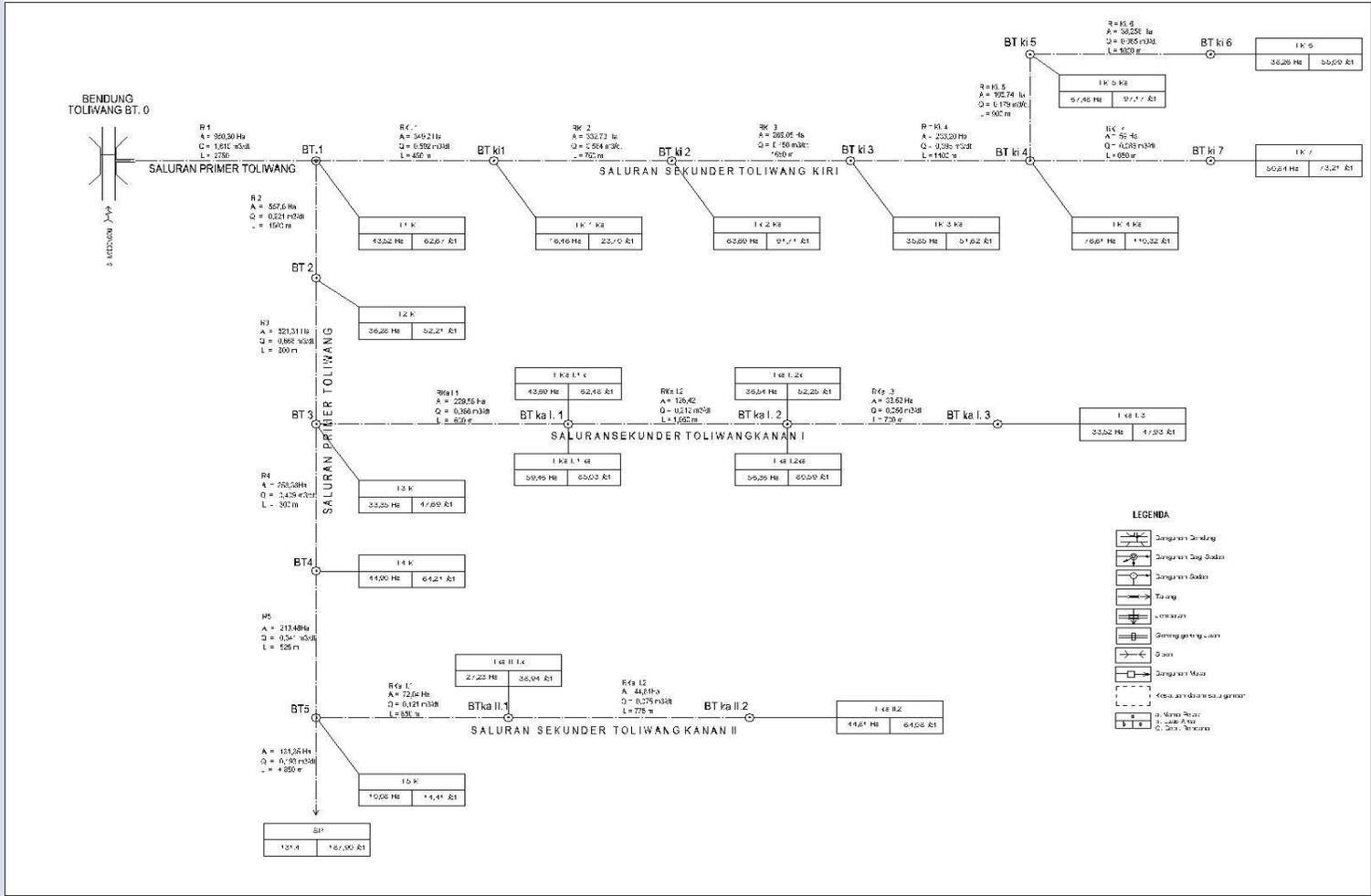
Pembagian petak tersier pada jaringan irigasi D.I. Toliwang SP-IV didasarkan pada keadaan topografinya. Secara umum layanan irigasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.1. Pembagian Bangunan Bagi dan Luas Areal Irigasi

Bangunan Bagi	Luas Areal (Ha)	Bangunan Bagi	Luas Areal (Ha)
BT. 1	43,52	BT. 4	44,90
BT.Ki 1	16,46	BT. 5	10,08
BT.Ki 2	63,69	BT.Ka I. 1ki	43,69
BT.Ki 3	35,85	BT.Ka I. 1ka	59,46
BT.Ki 4	76,61	BT.Ka I. 2ki	36,54
BT.Ki 5	67,48	BT.Ka I. 2ka	56,36
BT.Ki 6	38,26	BT.Ka I. 3	33,52
BT.Ki 7	50,84	BT.Ka II. 1	27,23
BT. 2	36,28	BT.Ka II. 2	44,81
BT. 3	33,35	SP	131,4

Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.3. Skema Jaringan Irigasi DI. Toliwang SP-IV.





Gambar 5.3. Skema Jaringan Irigasi Toliwang SP-IV

5.2.2. Nomenklatur

Nomenklatur (penamaan) untuk saluran, baik saluran induk maupun saluran sekunder rencana didasarkan standar KP, yaitu:

- Saluran primer Toliwang SP-IV, sesuai dengan nama sungai utama dengan simbol (SPT)
- Saluran sekunder Toliwang sesuai dengan nama dengan simbol (SST)
- Nomenklatur bangunan disesuaikan dengan singkatan saluran dimana bangunan tersebut berada. Contoh: bangunan bagi sadap dari saluran primer 1 disingkat BT.1, bangunan bagi sadap dari saluran sekunder kiri 1 disingkat BT.Ki. 1, dan seterusnya.
- Untuk Saluran Primer Toliwang akan melintasi beberapa bangunan antara lain BT.1, BT.2, BT.3, BT.4, BT.5. Saluran Sekunder Kiri melintasi bangunan BT.Ki 1 sampai BT. Ki 7 dan Saluran Sekunder Kanan I melintasi bangunan BT.Ka. I. 1Ki sampai BT.Ka II. 2
- dan lain-lain

5.3. Perencanaan Saluran

5.3.1. Debit Rencana Saluran

Debit rencana saluran dihitung dengan rumus:

$$Q = A \times q \quad (5-1)$$

Dimana:

Q = debit rencana (m^3/dt)

A = luas areal irigasi (Ha)

q = kebutuhan air rencana ($lt/dt/Ha$)

Perhitungan kebutuhan air didasarkan oleh faktor-faktor evaporasi, curah hujan efektif, pola tanam, koefisien tanaman, perkolasi dan rembesan, dan penyiapan lahan (Anonim, 1986). Berdasarkan faktor-faktor tersebut didapatkan angka kebutuhan air di sawah sebesar:

- Saluran Sekunder Toliwang Kiri = 1,44 $lt/dt/Ha$
- Saluran Sekunder Toliwang Kanan I = 1,44 $lt/dt/Ha$
- Saluran Sekunder Toliwang Kanan II = 1,44 $lt/dt/Ha$

5.3.2. Debit Tiap Ruas Saluran

Perhitungan debit tiap ruas saluran disajikan pada tabel berikut:

Tabel 5.2. Perhitungan Debit Tiap Ruas Saluran

No	Nama	Penjabaran	Q (m ³ /dt)
1.	Ruas Ki.6	$Q_A = ((q \times A)/\eta)/1000$ $= ((1,44 \times 38,26)/0,85)/1000$	0,065
	Ruas Ki.5	$Q_B = Q_A + [((1,44 \times 67,48)/0,85)/1000]$ $= 0,065 + [((1,44 \times 67,48)/0,85)/1000]$	0,179
	Ruas Ki.7	$Q_C = ((q \times A)/\eta)/1000$ $= ((1,44 \times 50,84)/0,85)/1000$	0,086
	Ruas Ki.4	$Q_D = Q_B + Q_C + [((1,44 \times 76,61)/0,85)/1000]$ $= 0,179 + 0,086 + [((1,44 \times 76,61)/0,85)/1000]$	0,395
	Ruas Ki.3	$Q_E = Q_D + [((1,44 \times 35,85)/0,85)/1000]$ $= 0,395 + [((1,44 \times 35,85)/0,85)/1000]$	0,456
	Ruas Ki.2	$Q_F = Q_E + [(1,44 \times 63,69)/0,85)/1000]$ $= 0,456 + [(1,44 \times 63,69)/0,85)/1000]$	0,564
	Ruas Ki.1	$Q_G = Q_F + [(1,44 \times 43,52)/0,85)/1000]$ $= 0,564 + [(1,44 \times 43,52)/0,85)/1000]$	0,592
	2.	Ruas Ka I.3	$Q_H = ((1,44 \times 33,52)/0,85)/1000$
Ruas Ka I.2		$Q_I = Q_H + [((1,44 \times 36,54)/0,85)/1000] + [((1,44 \times 56,36)/0,85)/1000]$ $= 0,056 + [((1,44 \times 36,54)/0,85)/1000] + [((1,44 \times 56,36)/0,85)/1000]$	0,212
Ruas Ka I.1		$Q_J = Q_I + [((1,44 \times 43,69)/0,85)/1000] + [((1,44 \times 59,46)/0,85)/1000]$ $= 0,386 + [((1,44 \times 43,69)/0,85)/1000] + [((1,44 \times 59,46)/0,85)/1000]$	0,386
3.	Ruas Ka II.2	$Q_K = ((1,44 \times 44,81)/0,85)/1000$	0,074
	Ruas Ka II.1	$Q_L = Q_K + [((1,44 \times 27,23)/0,85)/1000]$ $= 0,074 + [((1,44 \times 27,23)/0,85)/1000]$	0,119

No	Nama	Penjabaran	Q (m ³ /dt)
4.	SP	$Q_M = ((1,44 \times 131,4)/0,95)/1000$	0,195
	Ruas 5	$Q_N = Q_M + (((1,44 \times 10,08)/0,95)/1000)$ $= 0,195 + (((1,44 \times 10,08)/0,95)/1000)$	0,335
5.	Ruas 4	$Q_O = Q_N + (((1,44 \times 44,90)/0,95)/1000)$ $= 0,335 + (((1,44 \times 44,90)/0,95)/1000)$	0,403
6.	Ruas 3	$Q_P = Q_O + Q_J + (((1,44 \times 33,35)/0,95)/1000)$ $= 0,403 + 0,386 + (((1,44 \times 33,5)/0,95)/1000)$	0,860
7.	Ruas 2	$Q_Q = Q_P + (((1,44 \times 36,28)/0,95)/1000)$ $= 0,860 + (((1,44 \times 36,28)/0,95)/1000)$	0,915
8.	Ruas 1	$Q_R = Q_Q + Q_G + (((1,44 \times 43,52)/0,95)/1000)$ $= 0,915 + 0,592 + (((1,44 \times 43,52)/0,95)/1000)$	1,604

Sumber: Hasil Perhitungan

5.3.3. Rumus Aliran

Aliran saluran dianggap sebagai aliran tetap, perhitungan dimensinya dihitung dengan rumus Strickler.

1. Koefisien kekasaran Strickler

Dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.3. Koefisien Kekasaran Strickler

Macam Dasar Saluran	k
1. Saluran dengan dinding tidak teratur	36
2. Sungai dengan dinding tidak teratur	38
3. Saluran dan saluran tersier dengan tangkis baru	40
4. Saluran baru tidak bertangkis	43,5
5. Saluran induk dan sekunder dengan $Q < 7,5 \text{ m}^3/\text{dt}$	45 – 47,5
6. Saluran terpelihara dengan $Q > 10 \text{ m}^3/\text{dt}$	50
7. Saluran dengan pasangan batu belah dan plesteran	60

baik atau beton yang tidak dipilester	
8. Beton licin atau papan kayu	90

Sumber: Anonim, 1978 : 7

2. Kecepatan rencana

Kecepatan aliran rencana disesuaikan dengan jenis bahan konstruksi dimana saluran akan dibangun.

Tabel 5.4. Kecepatan Aliran Untuk Berbagai Bahan Konstruksi

Bahan Konstruksi	V_{maks} (m/dt)
Pasangan Batu	2,00
Beton	3,00

Sumber: Anonim, 1986.

3. Tinggi jagaan

Harga-harga minimum untuk tinggi jagaan adalah seperti yang disajikan pada Tabel 5.5. Harga-harga tersebut diambil dari USBR. Tabel ini juga menunjukkan tinggi jagaan tanggul tanah yang sama dengan tanggul saluran tanah tanpa pasangan.

Tabel 5.5. Tinggi Jagaan Untuk Saluran Pasangan

Debit (m^3/dt)	Tanggul (m)	Pasangan (m)
< 0,5	0,40	0,20
0,5 – 1,5	0,50	0,20
1,5 – 5,0	0,60	0,25
5,0 – 10,0	0,75	0,30
10,0 – 15,0	0,85	0,40
> 15,0	1,00	0,50

Sumber: Anonim, 1986.

4. Besaran m

Nilai m atau perbandingan antara lebar dasar (b) dengan kedalaman air (h) dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Perbandingan b dan h (m)

Q (m^3/dt)	$m = b/h$
0,0 – 0,5	1,0
0,5 – 1,0	1,5
1,0 – 1,5	2,0
1,5 – 3,0	2,5

3,0 – 4,5	3,0
4,5 – 6,0	3,5
6,0 – 7,5	4,0
7,5 – 9,0	4,5
9,0 – 11,0	5,0

Sumber: Anonim, 1978 : 8.

5.3.4. Perhitungan Dimensi Saluran

Contoh perhitungan: Saluran Primer Toliwang Ruas 1

$$Q_{\text{rencana}} = 1,604 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$b/h = 2,5$$

$$m = 1$$

$$V_{\text{ijin}} = 0,600 \text{ m}/\text{dt}$$

$$k = 60$$

$$A = Q/V$$

$$= 1,604 / 0,600$$

$$= 2,673 \text{ m}^2$$

$$h = \sqrt{\frac{A}{b/h + m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2,673}{2,5 + 1}}$$

$$= 0,87 \text{ m}$$

$$b = b/h \times h$$

$$= 2,5 \times 0,87$$

$$= 2,18 \text{ m}$$

$$P = b + 2h \sqrt{m^2 + 1}$$

$$= 2,18 + 2(0,87) \sqrt{1^2 + 1}$$

$$= 4,657 \text{ m}$$

$$R = A/P$$

$$= 2,673 / 4,657$$

$$= 0,574 \text{ m}$$

$$T = (2 \times m \times h) + b$$

$$= (2 \times 1 \times 0,87) + 2,18$$

$$= 3,933 \text{ m}$$



$$\begin{aligned} D &= A/T \\ &= 2,673 / 3,933 \\ &= 0,680 \end{aligned}$$

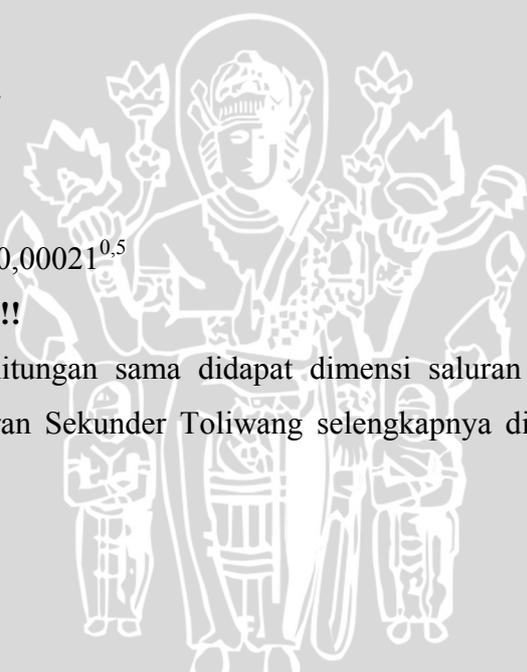
$$\begin{aligned} Fr &= \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}} \\ &= \frac{0,600}{\sqrt{9,81 \times 0,680}} \\ &= 0,232 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= \left[\frac{V}{k} R^{2/3} \right]^2 \\ &= \left[\frac{0,600}{60} \times 0,574^{2/3} \right]^2 \\ &= 0,00021 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I\sqrt{R} &= 0,00021 \sqrt{0,574} \\ &= 0,00016 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek } V_{\text{hit}} &= k \times R^{2/3} \times I^{1/2} \\ &= 60 \times 0,574^{2/3} \times 0,00021^{0,5} \\ &= 0,600 \quad \mathbf{OK!!} \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan sama didapat dimensi saluran yang lain. Dimensi Saluran Primer dan Saluran Sekunder Toliwang selengkapnya disajikan dalam Tabel 5.7.



Tabel 5.7. Dimensi Saluran Primer dan Sekunder dengan Metode Tahan Erosi

Nama Saluran	Ruas	Panjang Saluran (m)	Q _{rencana} (m ³ /dt)	b/h	m	V _{ijin} (m/dt)	k	A (m ²)	h (m)	b (m)	P (m)	R (m)	T (m)	D (m)	Fr	I	IR ^{0.5}	V _{hit} (m/dt)
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
Saluran Primer	R1	2750	1,604	2,5	1	0,600	60	2,673	0,87	2,18	4,657	0,574	3,933	0,680	0,232	0,00021	0,00016	0,600
	R2	1500	0,915	1,5	1	0,600	45	1,525	0,78	1,17	3,381	0,451	2,734	0,558	0,256	0,00051	0,00035	0,600
	R3	600	0,860	1,5	1	0,600	45	1,433	0,76	1,14	3,277	0,437	2,650	0,541	0,260	0,00054	0,00035	0,600
	R4	300	0,403	1	1	0,600	45	0,672	0,58	0,58	2,219	0,303	1,739	0,386	0,308	0,00087	0,00048	0,600
	R5	525	0,335	1	1	0,600	45	0,558	0,53	0,53	2,023	0,276	1,585	0,352	0,323	0,00099	0,00052	0,600
Sekunder Kanan I	RKa I.1	600	0,386	1	1	0,600	45	0,643	0,57	0,57	2,171	0,296	1,701	0,378	0,312	0,00090	0,00049	0,600
	RKa I.2	1050	0,212	1	1	0,600	45	0,353	0,42	0,50	1,689	0,209	1,341	0,264	0,373	0,00143	0,00065	0,600
	RKa I.3	700	0,056	1	1	0,600	45	0,093	0,22	0,50	1,111	0,084	0,932	0,100	0,605	0,00483	0,00140	0,600
Sekunder Kanan II	RKa II.1	850	0,119	1	1	0,600	45	0,198	0,31	0,50	1,391	0,143	1,130	0,176	0,457	0,00239	0,00090	0,600
	RKa II.2	775	0,074	1	1	0,600	45	0,123	0,25	0,50	1,202	0,103	0,997	0,124	0,545	0,00370	0,00119	0,600
Sekunder Kiri	RKi 1	450	0,592	1,5	1	0,600	45	0,987	0,63	0,94	2,719	0,363	2,199	0,449	0,286	0,00069	0,00041	0,600
	RKi 2	750	0,564	1,5	1	0,600	45	0,940	0,61	0,92	2,654	0,354	2,146	0,438	0,289	0,00071	0,00042	0,600
	RKi 3	1650	0,456	1	1	0,600	45	0,760	0,62	0,62	2,360	0,322	1,849	0,411	0,299	0,00081	0,00046	0,600
	RKi 4	1100	0,395	1	1	0,600	45	0,658	0,57	0,57	2,196	0,300	1,721	0,382	0,310	0,00089	0,00049	0,600
	RKi 5	900	0,179	1	1	0,600	45	0,298	0,39	0,50	1,592	0,187	1,272	0,234	0,396	0,00166	0,00072	0,600
	RKi 6	1000	0,065	1	1	0,600	45	0,108	0,23	0,50	1,158	0,094	0,965	0,112	0,572	0,00419	0,00128	0,600
	RKi 7	650	0,086	1	1	0,600	45	0,143	0,27	0,50	1,257	0,114	1,035	0,138	0,515	0,00322	0,00109	0,600

Keterangan:

1. Diketahui
2. Tabel 5.5.
3. Diketahui
4. Diketahui

5. Tabel 5.2.

6. (1)/(4)

7. [(6)/((2)+(3))]^{0.5}

8. (2) x (7)

9. (8) + 2(7) x [(3)² + 1]^{0.5}

10. (6)/(9)

11. [2 x (3) x (7)] + (8)

12. (6)/(11)

13. (4)/[9,81 x (12)]^{0.5}

14. [(4)/(5) x (10)^{2/3}]²

15. (14) x (10)^{0.5}

16. (5) x (10)^{2/3} x (14)^{0.5}

Untuk saluran tersier menggunakan metode tak tahan erosi (*Tractive Force*).

Contoh perhitungan (T1 Ki):

Diketahui:

$$Q = 0,063 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$b/h = 1$$

$$Z = 1,5$$

$$d = 1,25''$$

$$\theta = 35^\circ$$

$$\begin{aligned} \emptyset &= \text{arc tg } 1/1,5 \\ &= 33,69^\circ \end{aligned}$$

$$I = 0,00037$$

Penyelesaian:

$$K = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \theta}}$$

$$= \sqrt{1 - \frac{0,308}{0,329}}$$

$$= 0,254$$

$$\tau_0 = 0,69 \cdot w \cdot y \cdot s$$

$$= 0,69 \times 62,4 \times y \times 0,00037$$

$$= 0,016 y$$

$$\tau_s = K \times 0,8 \times 1,25$$

$$= 0,254 \times 0,8 \times 1,25$$

$$= 0,254$$

$$\tau_0 = \tau_s$$

$$0,016 y = 0,254$$

$$y = 0,3$$

Dengan cara perhitungan sama didapat dimensi saluran yang lain. Dimensi

Saluran Tersier Toliwang selengkapnya disajikan dalam Tabel 5.8.



Tabel 5.8. Perhitungan Saluran Tersier dengan Metode Tractive Force

Kode Saluran	Q rencana (m ³ /dt)	b/y	I	z	k	τ _o /y (lb/ft ³)	τ _s (lb/ft ²)	y (m)	b (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	K	Q _{hit} (m ³ /dt)	V _{hit} (m/dt)	IR ^{0,5}
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
T1 Ki	0,063	1	0,00037	1,5	0,254	0,016	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,063	0,280	0,00019
T2 Ki	0,052	1	0,00025	1,5	0,254	0,011	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,052	0,231	0,00013
T3 Ki	0,048	1	0,00021	1,5	0,254	0,009	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,048	0,212	0,00011
T4 Ki	0,064	1	0,00038	1,5	0,254	0,017	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,064	0,285	0,00020
T5 Ki	0,014	1	0,00002	1,5	0,254	0,001	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,015	0,066	0,00001
TKi 1 Ka	0,024	1	0,00005	1,5	0,254	0,002	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,023	0,103	0,00003
TKi 2 Ka	0,092	1	0,00081	1,5	0,254	0,035	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,093	0,412	0,00042
TKi 3 Ka	0,052	1	0,00025	1,5	0,254	0,011	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,052	0,231	0,00013
TKi 4 Ka	0,110	1	0,00113	1,5	0,254	0,049	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,110	0,488	0,00058
TKi 5 Ka	0,097	1	0,00089	1,5	0,254	0,038	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,098	0,434	0,00046
TKi 6 Ka	0,055	1	0,00028	1,5	0,254	0,012	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,055	0,245	0,00015
TKi 7 Ka	0,073	1	0,00050	1,5	0,254	0,022	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,073	0,325	0,00026
TKa I.1Ki	0,062	1	0,00037	1,5	0,254	0,016	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,063	0,280	0,00019
TKa I.2Ki	0,052	1	0,00025	1,5	0,254	0,011	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,052	0,231	0,00013
TKa I.1Ka	0,085	1	0,00068	1,5	0,254	0,029	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,085	0,378	0,00035
TKa I.2Ka	0,081	1	0,00061	1,5	0,254	0,026	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,081	0,360	0,00032
TKa I.3	0,048	1	0,00021	1,5	0,254	0,009	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,048	0,212	0,00011
TKa II.1Ki	0,038	1	0,00014	1,5	0,254	0,006	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,038	0,170	0,00007
TKa II.2	0,063	1	0,00037	1,5	0,254	0,016	0,254	0,300	0,300	0,225	0,841	0,268	35	0,063	0,280	0,00019

Keterangan:

1. Diketahui

2. Diketahui

3. Asumsi

4. Asumsi

5. $(1 - ((\sin\Phi)^2 / (\sin\theta)^2))^{0,5}$

6. $0,69 * 62,4 * [3]$

7. $[5] * 0,8 * 1,25$

8. $([7] / [6]) * 0,3024$

9. $[2] * [8]$

10. $([9] + (2 * [8])) * [8]$

11. $[9] + ((2 * [8]) * ((1 + (([14]^2)^{0,5})))$

12. $[10] / [11]$

13. Diketahui

14. $(1 / [13]) * ([12]^2 / 3) * ([3] * 3^{0,5} * [10])$

15. $[14] / [10]$

16. $[3] * [12]^{0,5}$

5.4. Desain Bangunan Bagi dan Sadap

5.4.1. Bangunan Bagi

Apabila irigasi dibagi dari saluran primer ke saluran sekunder, maka akan dibuat suatu bangunan yang dapat membagi air secara adil dan merata, yang dinamakan bangunan bagi. Untuk itu bangunan bagi perlu dilengkapi dengan pintu-pintu yang dapat mengatur dan mengukur. Pintu-pintu pengatur dipasang pada saluran yang lebih besar, sedangkan pintu pengukur dipasang ke arah saluran cabang (Anonim, 1986 : 47).

5.4.2. Bangunan Sadap

- **Bangunan Sadap Sekunder**

Bangunan sadap sekunder berfungsi untuk memberi air ke arah saluran sekunder dan melayani lebih dari satu petak tersier. Kapasitas bangunan sadap sekunder lebih besar dari 0,250 m³/dt.

- **Bangunan Sadap Tersier.**

Bangunan sadap tersier berfungsi untuk memberi air ke arah saluran tersier dan melayani satu petak tersier.

5.4.3. Bangunan Pengukur Debit

Rekomendasi penggunaan bangunan tertentu didasarkan pada faktor penting, antara lain (Anonimous, 1978 : 3):

- Kecocokan bangunan untuk keperluan pengukuran debit.
- Ketelitian pengukuran di lapangan.
- Bangunan yang kokoh, sederhana, dan ekonomis.
- Rumus debit sederhana dan teliti.
- Eksploitasi dan pembacaan papan duga mudah.
- Pemeliharaan sederhana dan murah.
- Cocok dengan kondisi setempat dan dapat diterima oleh para petani.

Berdasarkan pertimbangan tersebut di atas, maka pada perencanaan ini dipakai alat ukur ambang lebar.

- **Alat Ukur Ambang Lebar**

Alasan penggunaan alat ukur ambang lebar pada perencanaan jaringan irigasi

D.I. Toliwang adalah:

- a. Bangunan ini mudah disesuaikan dengan tipe saluran apa saja.
- b. Bentuk hidrolis luwes dan sederhana.
- c. Konstruksi kuat, sederhana, dan tidak mahal.
- d. Benda-benda hanyut bisa dilewatkan dengan mudah.

e. Eksploitasi mudah.

Persamaan debit untuk alat ukur ambang lebar dengan bagian pengontrol segi empat adalah:

$$Q = C_d \cdot C_v \cdot 2/3 \cdot \sqrt{2/3 g} \cdot b_c \cdot h_1^{1,5} \quad (5-2)$$

Dimana:

Q = debit (m^3/dt)

C_d = koefisien debit ($0,93 + 0,10 H_1/L$; $0,1 < H_1/L < 1,0$)

H_1 adalah tinggi energi hulu (m)

L adalah panjang mercu (m)

C_v = koefisien kecepatan datang

g = percepatan gravitasi (m/dt^2)

b_c = lebar mercu (m)

h_1 = kedalaman air hulu terhadap ambang bangunan ukur (m)

Contoh perhitungan alat ukur ambang lebar pada saluran sekunder BT Ki I.1, sebagai berikut:

Diketahui:

P = 0,30 m

r = $0,2 \cdot H_1$

= $0,2 (0,33)$

= 0,066 m

L = $0,066 + (1,75 H_1)$

= $0,066 + (1,75 \times 0,33)$

= 0,64 m

C_d = $0,93 + 0,10 H_1/L$

= $0,93 + (0,10 \times (0,33/0,64))$

= 0,98

b_c = 0,74

A_1 = $0,987 m^2$

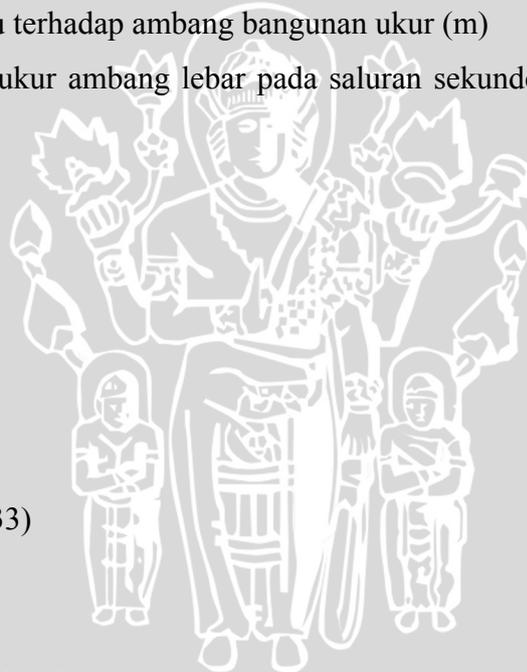
A^0 = $0,244 m^2$

A^0/A_1 = 0,25

$C_d A^0/A_1$ = 0,245

C_v = 1,02

Penyelesaian:



$$\begin{aligned} Q &= C_d \cdot C_v \cdot 2/3 \cdot \sqrt{2/3 g} \cdot b_c \cdot h_1^{1,5} \\ &= 0,98 \times 1,02 \times 2/3 \times \sqrt{2/3 \times 9,81} \times 0,74 \times 0,33^{1,5} \\ &= 0,75 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Dimensi alat ukur ambang lebar pada saluran sekunder Toliwang selengkapnya disajikan pada tabel 5.9.



Tabel 5.9. Perhitungan Alat Ukur Ambang Lebar

$P = 0,3 \text{ m}$

Ruas	H_1	r	L	C_d	bc	A_1	A_0	A_0/A_1	$C_d A_0/A_1$	C_v	Q
	(m)	(m)	(m)		(m)						(m^3/dt)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
RKa I.1	0,27	0,05	0,53	0,98	0,37	0,65	0,10	0,15	0,15	1,010	0,17
RKa I.2	0,20	0,04	0,42	0,98	0,30	0,50	0,06	0,12	0,12	1,005	0,10
RKa I.3	0,20	0,04	0,42	0,98	0,30	0,50	0,06	0,12	0,12	1,005	0,10
RKa II.1	0,20	0,04	0,42	0,98	0,30	0,50	0,06	0,12	0,12	1,005	0,10
RKa II.2	0,20	0,04	0,42	0,98	0,30	0,50	0,06	0,12	0,12	1,005	0,10
RKi 1	0,33	0,07	0,64	0,98	0,74	1,19	0,24	0,20	0,20	1,015	0,41
RKi 2	0,31	0,06	0,61	0,98	0,72	1,12	0,22	0,20	0,19	1,015	0,38
RKi 3	0,32	0,06	0,62	0,98	0,42	0,77	0,13	0,17	0,17	1,013	0,22
RKi 4	0,27	0,05	0,55	0,98	0,37	0,65	0,10	0,15	0,15	1,010	0,17
RKi 5	0,20	0,04	0,42	0,98	0,30	0,50	0,06	0,12	0,12	1,005	0,10
RKi 6	0,20	0,04	0,42	0,98	0,30	0,50	0,06	0,12	0,12	1,005	0,10
RKi 7	0,20	0,04	0,42	0,98	0,30	0,50	0,06	0,12	0,12	1,005	0,10

5.4.4. Bangunan Pengatur Tinggi Muka Air

• Pintu Sorong Baja

Pintu sorong digunakan karena alasan-alasan tertentu, yaitu:

- Mudah pengoperasiannya
- Debit yang dilewatkan bebas (besar dan kecil)
- Ketelitian bukaan tidak terbatas
- Dapat melewatkan sedimen dengan baik
- Lebih awet dan tidak mudah hilang

Terdapat dua kondisi pengaliran yang terjadi di pintu sorong yaitu kondisi tidak tenggelam dan kondisi tenggelam.

1. Kondisi Tenggelam

Rumus debit yang dipakai:

$$Q = k \cdot \mu \cdot ab \sqrt{2 g h_1} \quad (5-3)$$

Dimana:

Q = debit (m^3/dt)

k = faktor aliran tenggelam (dari grafik yang dipengaruhi oleh h_2/a)

μ = koefisien debit (dari grafik yang dipengaruhi oleh h_1/a)

a = bukaan pintu (m)

b = lebar pintu (m)

h_1 = kedalaman air di depan pintu di atas ambang (m)

h_2 = kedalaman air di hilir pintu (m)

2. Kondisi Tidak Tenggelam

Perhitungan dimensi pintu sorong dihitung dengan rumus:

$$Q = \mu \times b \times a \sqrt{2 g x z} \quad (5-4)$$

Dimana:

Q = debit yang harus lewat (m^3/dt)

μ = koefisien pengaliran (0,80 – 0,90)

b = lebar pintu (m)

h = bukaan pintu (m)

g = percepatan gravitasi ($9,81 m/dt^2$)

z = kehilangan tinggi (m)

Contoh perhitungan untuk bukaan pintu pada Saluran Primer R2 (kondisi tidak tenggelam):

$$Q = 0,915 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\mu = 0,80$$

$$b = 1,17 \text{ m}$$

$$g = 9,81$$

$$z = 0,09 \text{ m}$$

Penyelesaian:

$$Q = \mu \times b \times a \sqrt{2 \times g \times z}$$

$$0,915 = 0,80 \times 1,17 \times a \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,09}$$

$$a = 0,74 \text{ m}$$

Untuk pola operasi pintu dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.10. Tabel Perhitungan Pola Operasi Pintu

$$b = 1,17 \text{ m}$$

No	Tinggi Air di Hulu	Tinggi Bukaan	Koefisien Debit	Debit
	H1	a	μ	Q
1	0,78	0,10	0,80	0,124
2	0,78	0,20	0,80	0,249
3	0,78	0,30	0,80	0,373
4	0,78	0,40	0,80	0,498
5	0,78	0,50	0,80	0,622
6	0,78	0,60	0,80	0,746
7	0,78	0,70	0,80	0,871
8	0,78	0,80	0,80	0,995
9	0,78	0,90	0,80	1,119
10	0,78	1,00	0,80	1,244

Sumber: Hasil Perhitungan

5.4.5. Bangunan Pelengkap

• Bangunan Terjun

Berdasarkan tinggi terjunnya bangunan terjun dibedakan menjadi 2 bentuk, yaitu:

1. Bangunan terjun tegak untuk tinggi kurang dari 1,50 m.
2. Bangunan terjun miring untuk tinggi terjun lebih dari 1,50 m.

Pada perencanaan ini bangunan terjun tegak terletak pada profil T.25 saluran primer.

Contoh perhitungan:

- $Y_1 = 0,87 \text{ m}$
- $P = 0,3 \text{ m}$
- $n = 0,15 \text{ m}$
- $h_1 = Y_1 - P_1$
 $= 0,87 - 0,3$
 $= 0,57 \text{ m}$

- $H_1 = h_1 + \frac{V^2}{2g}$
 $= 0,57 + \frac{0,6^2}{2 \cdot 9,81}$
 $= 0,588 \text{ m}$

- $H_d = 1,67 H_1$
 $= 0,982 \text{ m}$

- $\Delta Z = 1,5 \text{ m}$

- $V_u = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta Z}$
 $= \sqrt{2 \times 9,81 \times 1,5}$
 $= 5,42$

- $Y_u = q/V_u$
 $= 0,14 \text{ m}$

- $F_{ru} = \frac{V_u}{\sqrt{2 \cdot g \cdot Y_u}}$
 $= 2,249$

- $Y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3}$
 $= 0,38 \text{ m}$

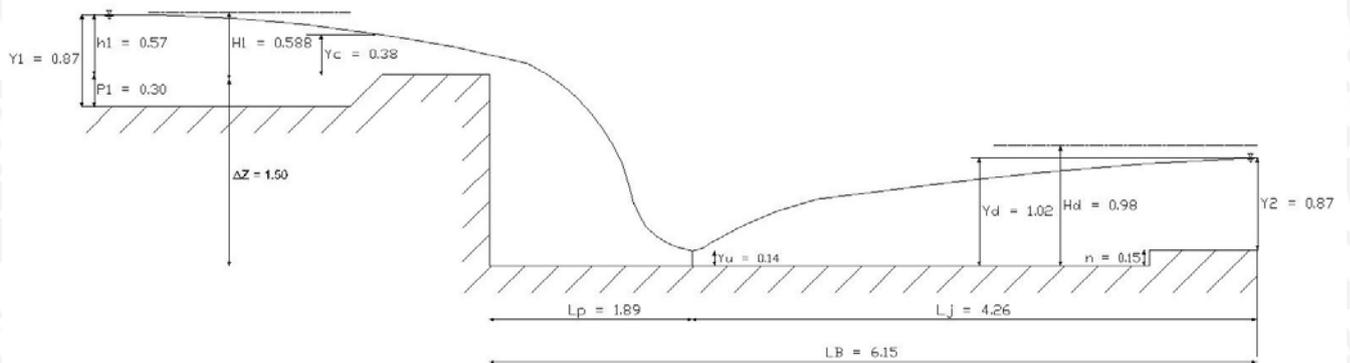
- $D = q^2/gy^3$
 $= 0,08$

- $L_p/y = 4,30 D^{0,27}$
 $L_p = 1,89 \text{ m}$

- $d_1/Y = 0,54 D^{0,425}$
 $d_1 = 0,16$



- $L_j = 6 (Y_2 - d_1)$
 $= 4,26 \text{ m}$
- $L_B = L_p + L_j$
 $= 6,15 \text{ m}$



5.5. Desain Boks Tersier

Boks bagi di saluran tersier memiliki fungsi membagi aliran untuk dua saluran atau lebih. Berikut contoh perhitungan boks tersier pada BT Ki.4 Saluran Sekunder Toliwang kiri.

Tabel 5.11. Perhitungan Boks Tersier

No	Boks Tersier	Tinggi Terjunan	Jalur	A	Q	b	h
1	B.T Ki 4	0,1	T Ki 4.Ka	76,61	0,110	0,826	0,204
2	B.T Ki 4	0,1	R Ki.5	105,74	0,179	0,509	0,390
3	B.T Ki 4	0,1	R Ki.7	50,84	0,086	0,424	0,270

Sumber: Hasil Perhitungan.



BAB VI PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pada studi tentang perencanaan tentang perencanaan jaringan irigasi pada D.I. Toliwang SP-IV didapat hasil sebagai berikut:

1. Berdasarkan kebiasaan dan budaya masyarakat setempat, kondisi sosial, serta kondisi agrikultur setempat, maka pola tanam yang diterapkan adalah Padi – Padi – Palawija.
2. Kebutuhan air irigasi di lahan pertanian wilayah Toliwang SP – IV adalah sebesar 1,44 lt/dt. Kebutuhan adalah yang terbesar terjadi pada bulan Oktober.

Tabel 6.1. Kebutuhan Air Irigasi per Ruas

RUAS	Q (m ³ /dt)	RUAS	Q (m ³ /dt)
R1	1,604	RKa II.2	0,074
R2	0,915	RKi 1	0,592
R3	0,86	RKi 2	0,564
R4	0,403	RKi 3	0,456
R5	0,335	RKi 4	0,395
RKa I.1	0,386	RKi 5	0,179
RKa I.2	0,212	RKi 6	0,065
RKa I.3	0,056	RKi 7	0,086
RKa II.1	0,119		

3. Sistem perencanaan yang digunakan adalah sistem irigasi teknis dimana saluran irigasi dan saluran pembuang direncanakan terpisah.
4. Bangunan-bangunan yang terdapat pada jaringan irigasi D.I. Toliwang meliputi:
 - Bangunan bagi sadap
 - Bangunan terjun, yang terletak pada saluran primer (Profil T.25 dan Profil P.29)

Tabel 6.2. Dimensi Saluran Primer, Sekunder, dan Tersier Toliwang

Saluran	b	h	Saluran	b	h
	(m)	(m)		(m)	(m)
Saluran Primer Toliwang			T1 Ki	0,3	0,3
R1	2,18	0,87	T2 Ki	0,3	0,3
R2	1,17	0,78	T3 Ki	0,3	0,3
R3	1,14	0,76	T4 Ki	0,3	0,3
R4	0,58	0,58	T5 Ki	0,3	0,3
R5	0,53	0,53	TKi 1 Ka	0,3	0,3
Saluran Sekunder Toliwang Kiri			TKi 2 Ka	0,3	0,3
RKi 1	0,94	0,63	TKi 3 Ka	0,3	0,3
RKi 2	0,92	0,61	TKi 4 Ka	0,3	0,3
RKi 3	0,62	0,62	TKi 5 Ka	0,3	0,3
RKi 4	0,57	0,57	TKi 6 Ka	0,3	0,3
RKi 5	0,50	0,50	TKi 7 Ka	0,3	0,3
RKi 6	0,50	0,50	TKa I.1Ki	0,3	0,3
RKi 7	0,50	0,50	TKa I.2Ki	0,3	0,3
Saluran Sekunder Toliwang Kanan I			TKa I.1Ka	0,3	0,3
RKa I.1	0,57	0,57	TKa I.2Ka	0,3	0,3
RKa I.2	0,50	0,50	TKa I.3	0,3	0,3
RKa I.3	0,50	0,50	TKa II.1Ki	0,3	0,3
Saluran Sekunder Toliwang Kanan II			TKa II.2	0,3	0,3
RKa II.1	0,50	0,50			
RKa II.2	0,50	0,50			

5.2. Saran]

Meminta kepada HIPPA agar mensosialisasikan pola tata tanam yang telah ada dan memberi pengertian kepada petani pemakai air agar mematuhi kesepakatan pembagian yang ada agar tidak terjadi perselisihan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1986 (a). *Bagian Penunjang Untuk Standar Perencanaan Irigasi*, Bandung : CV. Galang Persada.
- Anonim. 1986 (b). *Standar Perencanaan Irigasi (Kriteria Perencanaan 01)*, Bandung : CV. Galang Persada.
- Anonim. 1986 (c). *Standar Perencanaan Irigasi (Kriteria Perencanaan 03)*, Bandung : CV. Galang Persada.
- Anonim. 1986 (d). *Standar Perencanaan Irigasi (Kriteria Perencanaan 04)*, Bandung : CV. Galang Persada.
- Anonim. 1986 (e). *Standar Perencanaan Irigasi (Kriteria Perencanaan 05)*, Bandung : CV. Galang Persada.
- Anonim. 1986 (f). *Standar Perencanaan Irigasi (Kriteria Perencanaan 07)*, Bandung : CV. Galang Persada.
- Anonim. 1976. *Sedikit Uraian Perihal Rumus-Rumus Untuk Merencana Saluran Irigasi*, Jakarta : Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Chow, Ven Te. 1992. *Hidrolika Saluran Terbuka*, Jakarta : Erlangga.
- Soemarto, C. D. 1986. *Hidrologi Teknik*, Surabaya : Usaha Nasional.
- Suhardjono. 1994. *Kebutuhan Air Tanaman*, Malang : Institut Teknologi Nasional.
- Anonim. 2006. *Feasibility Study*.