



**OPTIMASI PEMBAGIAN AIR PADA DAERAH IRIGASI BARU  
WILAYAH PELAYANAN BANGOREJO KABUPATEN BANYUWANGI  
DENGAN PROGRAM DINAMIK**

**TUGAS AKHIR**

Oleh

**Bima Setiawan**

**NIM 161910301148**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**OPTIMASI PEMBAGIAN AIR PADA DAERAH IRIGASI BARU  
WILAYAH PELAYANAN BANGOREJO KABUPATEN BANYUWANGI  
DENGAN PROGRAM DINAMIK**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Sipil  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik**

Oleh

**Bima Setiawan**

**NIM 161910301148**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji syukur atas karunia dan nikmat yang telah diberikan Allah SWT sehingga begitu banyak kemudahan yang dirasakan dalam menyelesaikan skripsi ini. Bismillahirrahmanirrahim, tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Orang tua saya, Supadi dan Karmiatun. Terimakasih atas pengorbanan, jerih payah, dan curahan kasih sayang serta lanturan doa yang senantiasa mengalir hingga hari ini;
2. Bapak dan ibu dosen yang telah berjasa dalam membimbing, menasehati, dan tak henti-hentinya mencurahkan ilmunya yang berharga dengan penuh kesabaran, baik dalam pendidikan formal maupun non formal;
3. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember yang saya banggakan.

## ***MOTTO***

Dan tiadalah Tuhan yang menciptakan langit dan bumi itu berkuasa menciptakan yang serupa dengan itu? Benar, Dia berkuasa. Dan Dialah Maha Pencipta lagi Maha Mengetahui. Sesungguhnya keadaan-Nya apabila Dia menghendaki sesuatu hanyalah berkata kepadanya: "Jadilah! maka jadilah ia". Maha Suci Allah yang di tangan-Nya kekuasaan atas segala sesuatu dan kepada-Nyalah kamu dikembalikan.

**(terjemahan Surat Yasin ayat 81-83) <sup>1)</sup>**

Jadilah kamu manusia yang pada kelahiranmu semua orang tertawa bahagia  
Tetapi hanya kamu sendiri yang menangis, dan pada kematianmu  
semua orang menangis sedih, tetapi hanya kamu sendiri yang tersenyum.

**(Mahatma Gandhi)**

---

<sup>1)</sup> Departemen Agama RI. 2011. Al Qur'an dan Terjemahannya Edisi Ilmu Pengetahuan. Bandung : PT. Mizan Bunaya Kreativa.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Bima Setiawan

NIM : 161910301148

Menyatakan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *Optimasi Pembagian Air Pada Daerah Irigasi Baru Wilayah Pelayanan Bangorejo Kabupaten Banyuwangi Dengan Program Dinamik* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2018

Yang menyatakan,

Bima Setiawan

NIM. 161910301148

**TUGAS AKHIR**

**OPTIMASI PEMBAGIAN AIR PADA DAERAH IRIGASI BARU  
WILAYAH PELAYANAN BANGOREJO KABUPATEN BANYUWANGI  
DENGAN PROGRAM DINAMIK**

Oleh

**Bima Setiawan**

**NIM 161910301148**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., MT

Dosen Pembimbing Anggota : Ahmad Hasanuddin, S.T., MT

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul *Optimasi Pembagian Air Pada Daerah Irigasi Baru Wilayah Pelayanan Bangorejo Kabupaten Banyuwangi Dengan Program Dinamik* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 17 Juli 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing

Tanda Tangan

1. DPU: Wiwik Yunarni W., S.T., MT  
NIP. 19700613 199802 2 001 (.....)

2. DPA: Ahmad Hasanuddin., S.T., MT  
NIP. 19710327 199803 1 003 (.....)

Penguji

1. Ketua: Dr. Gusfan Halik., S.T., MT  
NIP. 19710804 199803 1 002 (.....)

2. Anggota: Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM  
NIP. 19661215 199503 2 001 (.....)

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Jember,

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

## RINGKASAN

**Optimasi Pembagian Air Pada Daerah Irigasi Baru Wilayah Pelayanan Bangorejo Kabupaten Banyuwangi dengan Program Dinamik; Bima Setiawan, 161910301148; 2018; 63 halaman; Jurusan Teknik Sipil; Fakultas Teknik Universitas Jember.**

Daerah irigasi Baru yang terletak di wilayah pelayanan Bangorejo Kabupaten Banyuwangi merupakan bangunan irigasi dengan luasan baku sawah  $\pm 5981$  Ha yang berasal dari Bendung Karangdoro di Kecamatan Tegalsari. Bendungan Karangdoro sendiri memiliki luasan baku sawah  $\pm 16165$  Ha yang dibagi menjadi tiga wilayah pelayanan, yaitu: Pesanggaran (4381 Ha), Cluring (5945 Ha), dan Bangorejo (5981 Ha). Penelitian ini difokuskan pada daerah irigasi Baru yang berada di wilayah pelayanan Bangorejo karena ketersediaan air di daerah tersebut pada musim kemarau sering mengalami kekurangan. Oleh karena itu dilakukan upaya optimasi menggunakan program dinamik untuk mengetahui kebutuhan air untuk masing-masing tanaman, pola tata tanam yang optimum, luas lahan yang bisa ditanami dan keuntungan yang maksimum.

Langkah awal yang dilakukan dalam studi ini adalah menganalisa data curah hujan. Data curah hujan yang berpengaruh pada daerah studi selama 10 tahun. Curah hujan efektif dihitung dengan tingkat keandalan 97% untuk tahun kering, 75% untuk tahun rendah, 51% untuk tahun normal, 26% untuk tahun cukup, dan selanjutnya menghitung curah hujan efektif. Evapotranspirasi potensial dihitung dengan memasukkan data klimatologi selama 10 tahun. Dari hasil analisa sebelumnya, dilakukan perhitungan kebutuhan air tanaman pada tiap keandalan. Debit tersedia di Bendung Karangdoro dianalisa untuk tiap keandalan menggunakan rumus Weibull. Setelah diperoleh kebutuhan debit irigasi dari perhitungan sebelumnya maka dilanjutkan dengan perhitungan neraca air. Dari perhitungan neraca air didapatkan bahwa kekurangan air irigasi pada MK I pada tahun kering, rendah, normal, dan cukup. Untuk selanjutnya dilakukan optimasi pada periode tahun tersebut.

Perhitungan volume air tersedia berdasarkan besarnya debit yang tersedia pada saat MK I dengan interval yang dipilih sebesar  $0,02 \text{ m}^3/\text{det}$ . Berdasarkan hasil perhitungan volume air yang dibutuhkan dan volume air yang tersedia dihitung luas lahan yang dapat ditanami dari debit yang dialokasikan. Biaya produksi dihitung berdasarkan keuntungan penjualan padi, palawija, jeruk dikurangi biaya proses produksi. Dengan diketahui luas lahan yang dapat ditanami

dan besarnya biaya produksi per hektar, maka dapat dihitung besarnya keuntungan dari debit yang dialirkan yang selanjutnya diperlukan dalam perhitungan program dinamik. Perhitungan program dinamik dalam studi ini menggunakan metode perhitungan dari depan atau maju.

Dengan penerapan program dinamik dapat diperoleh kebutuhan air irigasinya, yaitu tahun cukup pada saat MH= 33,11 m<sup>3</sup>/det, MK I= 30,77 m<sup>3</sup>/det, MK II= 12,32 m<sup>3</sup>/det, tahun normal pada saat MH= 24 m<sup>3</sup>/det, MK I= 29,51 m<sup>3</sup>/det, MK II= 17,87 m<sup>3</sup>/det, tahun rendah pada saat MH= 35,8 m<sup>3</sup>/det, MK I= 30,47 m<sup>3</sup>/det, MK II= 18,76 m<sup>3</sup>/det, dan tahun kering pada saat MH= 63,86 m<sup>3</sup>/det, MK I= 33 m<sup>3</sup>/det, MK II= 19 m<sup>3</sup>/det, sehingga pola tata tanam yang optimal di daerah tersebut adalah padi-padi/palawija-palawija, dengan luas lahan optimum, yaitu tahun rendah untuk padi 3997 ha dan palawija 1984 ha, tahun kering untuk padi 1709 ha dan palawija 3824 ha, tahun cukup untuk padi 4347 ha dan palawija 1634 ha, tahun normal untuk padi 3974 ha dan palawija 2107 ha. Sedangkan untuk keuntungan yang diperoleh dari debit yang dialirkan pada daerah Irigasi Baru adalah sebesar Rp. 88.818.984.562,42 dengan peningkatan 31,35 % pada tahun rendah, Rp. 65.318.263.206,83 dengan peningkatan 56,08 % untuk tahun kering, Rp. 90.239.784.195,27 dengan peningkatan 31,87 % untuk tahun cukup, Rp. 87.904.986.310,93 dengan peningkatan 23,47 % untuk tahun normal.

**SUMMARY**

***Optimization of Water Distribution in Region of New Irrigation Area Service Bangorejo Banyuwangi Regency with Dynamic Program; Bima Setiawan, 161910301148; 2018;63 page; Department of Civil Engineering; Faculty of Engineering; University of Jember.***

New irrigation area located in area service Bangorejo service of Banyuwangi Regency is an irrigation building with an area of  $\pm 5981$  Ha of paddy field originating from Bendung Karangdoro in Tegalsari Sub-district. The Karangdoro dam has an area of  $\pm 16,165$  hectares of rice fields divided into three area service: Pesanggaran (4381 Ha), Cluring (5945 Ha), and Bangorejo (5981 Ha). This research is focused on New irrigation area located in area service Bangorejo because of the availability of water in the area during dry season often experience deficiency. Therefore, optimization efforts are made using dynamic program to know the water requirement for each plant, optimum cropping pattern, plantable land area and maximum profit.

The first step in this study was to analyze the rainfall data. Rainfall data that affect the study area for 10 years. Rainfall mainstay calculated reliability level of 97% for a dry year, 75% lower for the year, 51% for a normal year, 26% for the year fairly, and subsequently calculate the effective rainfall. Potential evapotranspiration calculated including climatological data for 10 years. From the results of the previous analysis, calculation of crop water requirements in each of reliability. Available at the weir discharge Karangdoro analyzed for each reliability using Weibull formula. Having obtained the irrigation rate requirements than previous calculations then followed by a water balance calculation. From the water balance calculation showed that the shortage of irrigation water in the dry I in dry, low, normal, and pretty. For further optimization in the period of the year.

The calculation of the volume of water provided by the magnitude of the discharge that was available at MK I with the selected interval of  $0.02 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Based on the results of calculating the volume of water needed and the volume of water available is calculated arable land area of the discharge allocated. Production costs are calculated based on profit selling rice, citrus minus the cost of the production process. With the vast unknown of arable land and the cost of production per hectare, are used to determine the amount of profit from the subsequent discharge flows needed to calculate dynamic program. Calculation of

dynamic program in this study using the method of calculation from the front or behind.

With the implementation of dynamic program can be obtained irrigation water needs, namely in enough at the moment MH= 33.11 m<sup>3</sup>/sec, MK I= 30.77 m<sup>3</sup>/s, MK II= 12.32 m<sup>3</sup>/sec, normal year on moment MH= 24 m<sup>3</sup>/sec, MK I= 29.51 m<sup>3</sup>/s, MK II= 17.87 m<sup>3</sup>/s, year low at the moment MH= 35.8 m<sup>3</sup>/s, MK I= 30.47 m<sup>3</sup>/s, MK II= 18.76 m<sup>3</sup>/sec, and a dry year when MH= 63.86 m<sup>3</sup>/sec, MK I= 33 m<sup>3</sup>/s, MK II= 19 m<sup>3</sup>/sec, so that the pattern of planting optimal in the area is rice-paddy/crops-crops, with a land area of optimum, year low for rice 3997 ha and pulses 1984 ha, dry year for rice in 1709 ha and pulses 3824 ha, the year enough for paddy 4347 ha and 1634 ha of crops, normal year for 3974 rice crops ha and 2107 ha. As for the benefits of debit streamed on New Irrigation area is Rp. 88,818,984,562.42 with a 31.35% increase on a year low, Rp. 65,318,263,206.83 with an increase of 56.08% on a dry year, Rp. 90,239,784,195.27 with a 31.87% increase for the year is quite Rp. 87,904,986,310.93 with an increase of 23.47% for a normal year.

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul *Optimasi Pembagian Air Pada Daerah Irigasi Baru Wilayah Pelayanan Bangorejo Kabupaten Banyuwangi Dengan Program Dinamik*, sebagai salah satu persyaratan akademis dalam rangka menyelesaikan Program Pendidikan S-1 di Fakultas Teknik Universitas Jember. Pada kesempatan ini kami menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada ibu Wiwik Yunarni., S.T., MT. selaku dosen pembimbing utama (DPU) dan bapak Ahmad Hasanuddin., S.T., MT. selaku dosen pembimbing anggota (DPA) yang telah memberikan petunjuk, koreksi serta saran hingga terwujudnya skripsi ini terima kasih dan penghargaan penulis sampaikan pula kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Gusfan Halik., S.T., MT selaku ketua penguji ujian skripsi;
3. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM selaku anggota penguji ujian skripsi;
4. Dinas PU Pengairan Kabupaten Banyuwangi yang telah memberikan data-data dan informasi demi terselesaikannya skripsi ini;
5. Dinas Pertanian Kabupaten Banyuwangi yang telah memberikan data-data dan informasi demi terselesaikannya skripsi ini;
6. BMKG kelas III Kabupaten Banyuwangi yang telah memberikan data-data dan informasi demi terselesaikannya skripsi ini;
7. Ayahanda Supadi, Ibunda Karmiatun. Terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala doa, kasih sayang, perhatian serta dukungan selama ini;
8. Saudari Meggeria Dyah Matrika TP yang telah memberikan semangat, bantuan serta kasih sayang;
9. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu;

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak, demi kesempurnaan skripsi ini. Atas perhatian dan dukungannya, penulis menyampaikan terima kasih.

Jember, Juli 2018

Penulis



**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN <i>MOTTO</i></b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>viii</b>
<b><i>SUMMARY</i></b> .....	<b>x</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xviii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	<b>3</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Analisa Hidrologi</b> .....	<b>4</b>
2.1.1 Curah Hujan .....	<b>4</b>
2.1.2 Debit Andalan .....	<b>6</b>
<b>2.2 Analisa Klimatologi</b> .....	<b>7</b>
2.2.1 Temperatur (T) .....	<b>7</b>
2.2.2 Kelembaban Relatif (RH) .....	<b>8</b>
2.2.3 Radiasi Matahari (n/N) .....	<b>8</b>
2.2.4 Kecepatan Angin (U).....	<b>8</b>

2.2.5	Evapotranspirasi .....	9
<b>2.3</b>	<b>Analisa Kebutuhan Air Untuk Irigasi .....</b>	<b>10</b>
2.3.1	Pola Tata Tanam.....	10
2.3.2	Koefisien Tanaman.....	11
2.3.3	Perkolasi.....	12
2.3.4	Kebutuhan Air Untuk Persiapan Lahan .....	13
2.3.5	Penggantian Lapisan Air (WLR).....	14
<b>2.4</b>	<b>Optimasi .....</b>	<b>14</b>
<b>2.5</b>	<b>Program Dinamik.....</b>	<b>15</b>
2.5.1	Konsep Dasar Program Dinamik.....	16
2.5.2	Karakteristik Program Dinamik .....	17
2.5.3	Elemen-Elemen Model Program Dinamik .....	17
2.5.4	Prosedur Perhitungan.....	19
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>20</b>
3.1	Daerah Studi.....	20
3.2	Studi Kepustakaan dan Konsultasi .....	21
3.3	Jenis Penelitian.....	21
3.4	Pekerjaan Persiapan .....	21
3.5	Pengumpulan Data.....	21
3.6	Langkah-langkah Pengolahan Data .....	22
3.7	Tahapan Perhitungan Program Dinamik .....	23
3.8	Diagram Alir Penelitian .....	25
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>27</b>
4.1	Areal Daerah Irigasi Baru .....	27
4.2	Analisa Data Hujan.....	27
4.2.1	Uji Konsistensi Data Curah Hujan .....	27
4.2.2	Curah Hujan Efektif .....	31
4.3	Evapotranspirasi Potensial (Eto) .....	33
4.4	Kebutuhan Air Tanaman.....	35
4.4.1	Koefisien Tanaman.....	35
4.4.2	Perkolasi.....	36

4.4.3	Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan.....	36
4.4.4	Kebutuhan Air untuk Penggunaan Konsumtif .....	37
4.4.5	Penggantian Lapisan Air .....	38
4.4.6	Kebutuhan Bersih Air di Sawah.....	38
<b>4.7</b>	<b>Efisiensi Irigasi .....</b>	<b>39</b>
<b>4.8</b>	<b>Kebutuhan Air Irigasi.....</b>	<b>40</b>
<b>4.9</b>	<b>Debit yang Tersedia di Bendung.....</b>	<b>40</b>
<b>4.10</b>	<b>Neraca Air .....</b>	<b>41</b>
<b>4.11</b>	<b>Volume Air Irigasi.....</b>	<b>42</b>
4.11.1	Volume Air yang Dibutuhkan .....	42
4.11.2	Volume Air yang Tersedia .....	43
<b>4.12</b>	<b>Luas Lahan yang Ditanami.....</b>	<b>43</b>
<b>4.13</b>	<b>Analisa Optimasi .....</b>	<b>44</b>
<b>4.14</b>	<b>Analisa Manfaat .....</b>	<b>44</b>
<b>4.15</b>	<b>Keuntungan Sebagai Fungsi Debit .....</b>	<b>44</b>
<b>4.16</b>	<b>Optimasi dengan Program Dinamik .....</b>	<b>45</b>
4.16.1	Dasar Program Dinamik .....	45
4.16.2	Optimasi Alokasi Air .....	46
4.16.3	Hasil Optimasi.....	49
<b>BAB 5.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>61</b>
<b>5.1</b>	<b>Kesimpulan.....</b>	<b>61</b>
<b>5.2</b>	<b>Saran.....</b>	<b>62</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>.....</b>	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2. 1 Hubungan pola tata tanam dengan ketersediaan air untuk irigasi .....	11
2. 2 Koefisien tanaman.....	12
2. 3 Laju perkolasi untuk berbagai tekstur tanah.....	13
4.1 Nama dan Nomor Stasiun Hujan yang Diuji.....	27
4.2 Uji data hujan tahunan Stasiun Hujan Purwoharjo (Sta.1).....	28
4.3 Uji konsistensi data hujan tahunan Stasiun Hujan Kebondalem (Sta.2).....	29
4. 4 Uji konsistensi data hujan tahunan Stasiun Hujan Karangdoro (Sta.3) .....	30
4. 5 Nilai Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) Tiap Stasiun Hujan .....	31
4. 6 Koefisien Tanaman .....	36

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2. 1 Skema elemen-elemen program dinamik .....	19
3. 1 Daerah studi.....	20
3. 2 Diagram Alir Penelitian.....	26
4. 1 Hubungan Kumulatif Hujan Tahunan Sta. 1 dan Sta. 2, 3.....	28
4. 2 Hubungan Kumulatif Hujan Tahunan Sta. 2 dan Sta. 1, 3 .....	29
4. 3 Hubungan Kumulatif Hujan Tahunan Sta. 3 dan Sta. 1, 2 .....	30
4. 4 Bagan sistem tahapan program dinamik pada Daerah Irigasi Molek .....	46
4. 5 Gambar sistem tahapan program dinamik untuk debit air musim rendah (Q andalan 75%) .....	52
4. 6 Gambar sistem tahapan program dinamik untuk debit air musim kering (Q andalan 97%) .....	54
4. 7 Gambar sistem tahapan program dinamik untuk debit air musim cukup (Q andalan 26%) .....	56
4. 8 Gambar sistem tahapan program dinamik untuk debit air musim normal (Q andalan 51%) .....	58

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan sebuah Negara Agraris karena hampir semua penduduk Indonesia bekerja di bidang pertanian, Kabupaten Banyuwangi sendiri hampir seluruh masyarakatnya bekerja di bidang pertanian yang mengutamakan akomodasi pertanian seperti: tembakau, padi, jagung, jeruk, buah naga, palawija, dan lain sebagainya. Untuk menunjang sektor pertanian di Kabupaten Banyuwangi dibutuhkan suatu ketersediaan air yang cukup. Ketersediaan air adalah salah satu faktor pertumbuhan bagi tanaman, dengan menentukan banyaknya kebutuhan air untuk tanaman maka dapat meningkatkan produksi pangan (Peraturan Pemerintah Nomor 37 Pasal 1 Tahun 2010 tentang ketersediaan air).

Beberapa faktor yang mempengaruhi ketersediaan air antara lain: topografi, hidrologi, klimatologi, tekstur tanah, cara pemberian air, pengaturan pola tanam, dan cara pengelolaan serta pemeliharaan saluran dan bangunan yang ada (Soemarno, 2004 tentang faktor ketersediaan air). Pada kenyatannya di lapangan bahwa ketersediaan air dan kebutuhan air yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman berubah setiap periodenya, ada kalanya terjadi kelebihan dan terjadi kekurangan kebutuhan air.

Daerah irigasi Bendung Karangdoro yang terletak di Kecamatan Tegalsari Kabupaten Banyuwangi merupakan bangunan irigasi peninggalan Belanda yang di bangun tahun 1921 yang terdiri dari satu saluran induk dan beberapa saluran sekunder dan tersier dengan luasan baku sawah  $\pm$  16165 Ha, yang meliputi tiga wilayah pelayanan, yaitu: Pesanggaran (4381 Ha), Cluring (5945 Ha), dan Bangorejo (5981 Ha). Penelitian ini difokuskan pada daerah irigasi Baru yang berada di wilayah pelayanan Bangorejo, karena ketersediaan air di daerah irigasi Baru wilayah pelayanan Bangorejo pada musim hujan masih belum bisa sepenuhnya memenuhi kebutuhan air untuk daerah irigasi, dan permasalahan akan meningkat signifikan pada saat musim kemarau datang, serta

meningkatnya kebutuhan air pada tanaman, sehingga berakibat pembagian air yang tidak merata pada periode tanam MK I dan MK II yang berujung pada gagal panen. Untuk mengatasi permasalahan ketersediaan air di daerah irigasi Baru wilayah pelayanan Bangorejo perlu dilakukan optimasi pembagian air, salah satu metode yang dapat digunakan di daerah tersebut adalah dengan program dinamik.

Melihat fenomena ini maka perlu dilakukan optimasi terhadap pola tata tanam di daerah irigasi Baru wilayah pelayanan Bangorejo untuk peningkatan produksi tanaman menggunakan program dinamik. Beberapa penelitian sebelumnya juga menggunakan program dinamik dalam penyelesaiannya, seperti penelitian (Rifqi Heriawan, 2013) dengan judul “Optimasi Air Irigasi Pada Daerah Bajulmati Kabupaten Banyuwangi” dan penelitian (Suliantika Riani, 2015) dengan judul “Optimasi pola Tata Tanam di Daerah Irigasi Pringduri Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso Dengan Program dinamik”. Dengan menggunakan program dinamik, pengambilan keputusan yang *multistage* dipisah-pisahkan menjadi suatu sub masalah yang beruntun dan saling berhubungan yang memungkinkan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal. Berdasarkan kondisi tersebut maka studi kasus yang difokuskan dalam penelitian ini yakni “Optimasi Pembagian Air Pada Daerah Irigasi Baru Wilayah Pelayanan Bangorejo Kabupaten Banyuwangi Dengan Program Dinamik”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang mendasari penelitian ini adalah kurangnya kebutuhan air untuk irigasi pada saat musim kering. Oleh karena itu, masalah utama yang muncul adalah:

1. Berapa besar kebutuhan air irigasi untuk masing-masing jenis tanaman yang direncanakan?
2. Bagaimana pola tata tanam optimum untuk daerah irigasi Baru di wilayah pelayanan Bangorejo Kabupaten Banyuwangi?
3. Berapa luas tanam optimum dan besarnya keuntungan maksimum (Rp) dari hasil produksi pola tata tanam menggunakan program dinamik?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui besar kebutuhan air irigasi untuk masing-masing jenis tanaman yang direncanakan.
2. Untuk menentukan pola tata tanam optimum di daerah irigasi Baru di wilayah pelayanan Bangorejo Kabupaten Banyuwangi.
3. Untuk memperoleh besarnya keuntungan maksimum (Rp) dari hasil produksi pola tata tanam menggunakan program dinamik.

### 1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan gambaran pembagian air untuk masing-masing jenis tanaman pada tiap periode dengan penerapan program dinamik kepada Pemerintah setempat.
2. Menambah pengetahuan bagi masyarakat tentang pola tata tanam yang optimal untuk daerah irigasi Baru wilayah pelayanan Bangorejo Kabupaten Banyuwangi.
3. Untuk mengetahui luas lahan optimal dan meningkatkan hasil produksi pertanian, sehingga menambah pemasukan masyarakat di sekitar daerah irigasi Baru wilayah pelayanan Bangorejo Kabupaten Banyuwangi.

### 1.5 Batasan Masalah

Agar penulisan skripsi ini tidak menyimpang dan mengambang dari tujuan yang semula, maka penulis menetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Keuntungan dihitung dalam periode musim tanam.
2. Awal penanaman untuk tiap jenis tanaman sesuai dengan Jadwal Rencana Tata Tanam Global (RTTG) di daerah irigasi.
3. Optimasi hanya dilakukan di daerah irigasi Baru wilayah pelayanan Bangorejo.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Analisa Hidrologi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta yang mengenai fenomena hidrologi, seperti besarnya curah hujan, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen sungai dan lain-lain. Data hidrologi digunakan untuk menentukan besarnya debit maksimum rencana di sungai atau saluran dengan periode ulang tertentu.

#### 2.1.1 Curah Hujan

##### 1. Analisa Curah Hujan

Curah hujan jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) di atas permukaan horizontal. Menurut Arifin (2010), curah hujan ialah jumlah air yang jatuh pada permukaan tanah selama periode tertentu bila tidak terjadi penghilangan oleh proses evaporasi, pengaliran dan peresapan, yang diukur dalam satuan tinggi. Tinggi air hujan 1 mm berarti air hujan pada bidang seluas 1 m<sup>2</sup> berisi 1 liter.

Pada umumnya untuk menghitung curah hujan daerah dapat digunakan standar luas daerah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1976):

- a. Daerah dengan luas 250 Ha yang mempunyai variasi topografi yang kecil, dapat diwakili oleh sebuah alat ukur curah hujan.
- b. Daerah dengan luas 250 Ha sampai 50.000 Ha dengan dua atau tiga titik pengamat hujan dapat digunakan cara rerata aljabar.
- c. Daerah dengan luas 120.000 Ha sampai 500.000 Ha yang mempunyai titik pengamat yang tersebar cukup merata dan dimana data curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi kondisi topografi, dapat digunakan cara rerata aljabar. Jika titik-titik pengamatan tidak tersebar merata maka digunakan cara Thiessen.
- d. Daerah dengan luas lebih besar dari 500.000 Ha dapat digunakan cara Isohiet.

## 2. Curah Hujan Efektif

Adalah jumlah hujan yang jatuh selama periode pertumbuhan tanaman dan hujan itu berguna untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Jumlah curah hujan efektif pada areal tanaman tergantung pada intensitas hujan, topografi lahan, sistem pengolahan tanah serta tingkat pertumbuhan tanaman (Oldeman dan Syarifuddin, 1977 dalam Sari, N, Y, 2004) sebagai tahun dasar perencanaan. Dalam studi ini, probabilitas keandalan curah hujan disesuaikan dengan probabilitas keandalan debit sehingga dapat dihitung dengan persamaan (2.2) sebagai berikut :

$$RX = \frac{n/100}{100-x} + 1 \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan:

RX : curah hujan yang terjadi dengan tingkat keandalan tertentu (mm)

n : periode lamanya pengamatan curah hujan (tahun)

X : tingkat keandalan yang dikehendaki (%)

Langkah-langkah perhitungannya curah hujan sebagai berikut:

- a. Curah hujan tahunan selama n tahun diurutkan dari kecil ke besar.
- b. Dengan persamaan diatas didapatkan urutan curah hujan yang diambil sebagai curah hujan efektif.
- c. Curah hujan efektif yang diperoleh merupakan tahun dasar perencanaan.

## 3. Curah Hujan Efektif Untuk Tanaman Padi

Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman padi ditentukan dengan 70% dari curah hujan andalan. Sedangkan besarnya curah hujan andalan didapat dengan menggunakan metode *basic year*. Curah hujan efektif diperoleh dari per periode waktu pengamatan sehingga dapat dihitung dengan persamaan (2.3), persamaannya adalah sebagai berikut (Anonim/KP Penunjang, 1986):

$$Re_{\text{padi}} = 0,7 \times (R_x) \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan:

Re padi : curah hujan efektif untuk padi sawah (mm/hr)

RX : tingkat hujan yang terjadi dengan tingkat kepercayaan tertentu (mm)

#### 4. Curah Hujan Efektif Untuk Tanaman Palawija dan Jeruk

Adapun curah hujan efektif untuk tanaman palawija menurut KP-01 dipengaruhi oleh besarnya tingkat evapotranspirasi dan curah hujan daerah. Besaran curah hujan efektif harian dihitung dengan persamaan (2.4). (KP-01, 1986) sebagai berikut:

$$Re\ plw = FD(1,25 \times R^{-0,0824} - 2,93) \times (10^{0,0095} * Eto) \dots \dots \dots (2.4)$$

$$FD = 0,53 + (0,0116xD) - (8,84 \times 10^{-5} \times D^2) + (2,23 \times 10^{-7} \times D^3)$$

dengan:

Re plw : curah hujan efektif untuk palawija (mm/hr)

FD : faktor kedalaman air tanah yang bisa dimanfaatkan oleh tanaman palawija (mm)

D : kedalaman perakaran tanaman yang siap pakai (mm)

#### 2.1.2 Debit Andalan

Debit andalan (*dependable discharge*) adalah besarnya debit yang tersedia sepanjang tahun dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Dalam studi ini, penentuan debit andalan menggunakan metode tahun dasar perencanaan (*basic year*) dimana debit yang diandalkan adalah debit yang pernah terjadi pada tahun yang lalu. Probabilitas keandalan yang digunakan dalam perhitungan debit andalan untuk studi ini adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1976: 204):

1. Debit air musim kering: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 355 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan =  $355/365 = 97,26\% = 97\%$ .
2. Debit air rendah: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 275 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan =  $275/365 = 75,34\% = 75\%$ .
3. Debit air normal: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 185 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan =  $185/365 = 50,68\% = 51\%$ .
4. Debit air cukup (*affluent*): debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 95 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan =  $95/365 = 26,03\% = 26\%$ .

Ada beberapa cara dalam menentukan debit andalan, salah satunya metode tahun dasar (*basic year*). Metode ini menentukan suatu tahun tertentu sebagai dasar perencanaan. Debit andalan diperoleh dengan mengurutkan debit rerata

bulanan dari urutan besar ke urutan kecil, debit andalan dapat dicari menggunakan persamaan (2.5) Weibull (Standar Perencanaan Irigasi, 1986).

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana :

- P : probabilitas (%)  
m : nomor urut data debit  
n : banyaknya data debit

Tahun dasar yang digunakan adalah tahun yang data debitnya mempunyai keandalan 80 % ( Q<sub>80</sub> ), artinya resiko yang kan dihadapi yaitu adanya debit-debit lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% banyaknya pengamatan (Soemarto, 1986: 214).

## 2.2 Analisa Klimatologi

Iklim, topografi dan geologi adalah faktor utama ketergantungan hidrologi suatu wilayah. Beberapa faktor iklim yang penting dalam pengaruh hidrologi adalah suhu (temperatur), kelembaban udara, kecepatan angin dan radiasi matahari, dimana faktor-faktor tersebut mempengaruhi langsung evaporasi dan transpirasi (Wilson, 1993:6).

### 2.2.1 Temperatur (T)

Energi sangat diperlukan agar evapotranspirasi berjalan terus. Jika suhu udara dan tanah cukup maka proses evapotranspirasi berjalan dengan cepat, begitu juga sebaliknya (Soemarto,1995:8). Suhu udara merupakan faktor lingkungan yang penting karena berpengaruh pada pertumbuhan tanaman dan berperan hampir pada semua proses pertumbuhan. Suhu udara merupakan faktor penting dalam menentukan tempat dan waktu penanaman yang cocok, bahkan suhu udara dapat juga sebagai faktor penentu dari pusat-pusat produksi tanaman.

### 2.2.2 Kelembaban Relatif (RH)

Kelembaban relatif udara adalah salah satu faktor yang mempengaruhi evapotranspirasi. Kelembaban udara relatif adalah perbandingan antara jumlah uap air yang terkandung dalam udara pada suatu waktu tertentu dengan jumlah uap air maksimal yang dapat ditampung oleh udara tersebut pada tekanan dan temperatur yang sama sedangkan total massa uap air per satuan volume udara disebut sebagai kelembaban absolut (Agusra, 2011). Kelembaban relatif dapat dicari dengan persamaan (2.6) sebagai berikut:

$$RH = \frac{e}{E} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan:

$R_H$  : Kelembaban relatif (*Relative Humidity*)

$e$  : kandungan uap air yang ada (kelembapan absolut)

$E$  : kandungan uap air pada kondisi maksimal atau jenuh

### 2.2.3 Radiasi Matahari (n/N)

Radiasi adalah pemindahan panas suatu benda ke benda lain tanpa bersentuhan. Arus panas radiasi mengalir tanpa bantuan bahan pengantar atau media dan dapat melewati ruang hampa udara (Curtis, 1983; Blaxter, 1989). Evaporasi merupakan konversi air ke dalam uap air. Proses ini berjalan secara terus-menerus tanpa berhenti di siang hari dan juga pada malam hari. Perubahan dari keadaan cair menjadi gas ini memerlukan energi berupa panas laten untuk evaporasi. Proses tersebut akan sangat aktif jika ada penyinaran matahari langsung. Awan merupakan penghalang radiasi matahari dan menghambat proses evaporasi (Soemarto, 1995: 18).

### 2.2.4 Kecepatan Angin (U)

Kecepatan angin berpengaruh terhadap evaporasi atau penguapan. Makin tinggi kecepatan angin maka makin tinggi juga laju evaporasi, karena dengan adanya angin yang tinggi maka permukaan air sukar mencapai jenuh sehingga

keseimbangan sulit didapatkan. Jika air menguap ke atmosfer maka lapisan antara permukaan tanah dan udara menjadi jenuh oleh uap air sehingga proses penguapan berhenti. Agar proses tersebut dapat berjalan terus, lapisan jenuh harus diganti dengan udara kering. Penggantian itu hanya terjadi dengan adanya angin yang menggeser komponen uap air. Jadi, kecepatan angin memegang peranan yang penting dalam proses evaporasi (Soemarto, 1995: 18).

### 2.2.5 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah proses penguapan air yang berasal dari permukaan bentangan air atau dari bahan padat yang mengandung air dan penguapan melalui jaringan tumbuhan melalui stomata. Secara global air yang di uapkan melalui proses evapotranspirasi dari daratan ( termasuk permukaan air danau, waduk dan sungai ) adalah sebesar 0.6 geogram. Uap air yang dihasilkan dari proses ini dari berbagai sumber di permukaan bumi akan bergerak ke lapisan troposfer bumi (Lakitan, 1994). Faktor yang mempengaruhi evapotranspirasi mencakup tahap pertumbuhan tanaman, persentase tanah yang tertutup vegetasi, radiasi matahari, kelembaban udara, temperatur, dan angin. Berikut adalah persamaan (2.7) dari evapotranspirasi tanaman:

$$ET_c = k_c \times E_{to} \dots\dots\dots (2.7)$$

dengan :

$ET_c$  : Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

$K_c$  : Koefisien tanaman yang tergantung dari jenis tanaman dan periode pertumbuhan tanaman

$E_{to}$  : Evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari)

Berdasarkan SPI KP – 01 (1986, 78) dengan data-data iklim tersebut dapat menggunakan metode Penman untuk mendapatkan nilai evapotranspirasi tanaman acuan (  $E_{to}$  ), dengan persamaan rumus (2.8 dan 2.9):

$$E_{To} = c \cdot E_{to}^* \dots\dots\dots (2.8)$$

$$E_{to}^* = W.(0,75.R_s-R_n1)+(1-W).f(u).(e_a-e_d) \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan :

c	: Angka koreksi Penman
W	: Faktor yang berhubungan dengan suhu (t) dan elevasi daerah
Rs	: Radiasi gelombang pendek (mm/hr) : $(0,25 + 0,54 \cdot n/N) \cdot Ra$
Ra	: 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)
Rn1	: Radiasi bersih gelombang panjang (mm/hr) : $f(t) \cdot f(ed) \cdot f(n/N)$
f(t)	: Fungsi suhu
f(ed)	: Fungsi tekanan uap : $0,34 - 0,44$
f(n/N)	: Fungsi kecerahan : $0,1 + 0,9 \cdot n/N$
f(u)	: Fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2 m di atas permukaan tanah (m/dt) : $0,27 (1 + 0,864 \cdot u)$
(ea-ed)	: Perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap yang sebenarnya
ed	: Tekanan uap jenuh : $ea \cdot RH$
Ea	: Tekanan uap sebenarnya
RH	: Kelembaban udara relatif (%)

## 2.3 Analisa Kebutuhan Air Untuk Irigasi

### 2.3.1 Pola Tata Tanam

Pola tanam adalah suatu pola penanaman jenis tanaman selama satu tahun yang merupakan kombinasi urutan penanaman. Rencana pola dan tata tanam dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air, serta menambah intensitas luas tanam. Pola tata tanam yang berlaku pada setiap daerah akan

berbeda dengan daerah lainnya , karena karakteristik daerah lainnya juga berbeda (Wirosoedarmo, 1985). Faktor yang mempengaruhi pola tata tanam:

1. Ketersediaan air dalam satu tahun.
2. Prasarana yang tersedia dalam lahan tersebut.
3. Jenis tanah setempat.
4. Kondisi umum daerah tersebut, misalkan genangan air.
5. Kebiasaan dan kemampuan petani setempat.

Dua hal pokok yang mendasari diperlukannya pola tata tanam:

1. Persediaan air irigasi pada musim kemarau terbatas.
2. Air yang terbatas harus dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya, sehingga tiap petak sawah mendapatkan air sesuai dengan kebutuhannya.

Untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman, penentuan pola tata tanam merupakan hal yang harus dipertimbangkan, agar hasil tanaman yang didapatkan bisa tercapai dengan maksimal. Pada tabel 2.1, ditentukan jenis dan jumlah air yang tersedia yang dihubungkan dengan pola tata tanam.

Tabel 2. 1 Hubungan pola tata tanam dengan ketersediaan air untuk irigasi

<b>Ketersediaan Air untuk Jaringan Irigasi</b>	<b>Pola Tanam untuk Satu Tahun</b>
Tersedia air cukup banyak	Padi – padi – palawija
Tersedia air dalam jumlah cukup	Padi – palawija – palawija
Daerah yang cenderung kekurangan air	Padi – palawija – bera

Sumber: Direktorat Jendral Pengairan, 1986

### 2.3.2 Koefisien Tanaman

Koefisien tanaman adalah karakteristik dari tanaman yang digunakan untuk memprediksi nilai evapotranspirasi. Koefisien tanaman ( $K_c$ ) dihitung berdasarkan rasio dari evapotranspirasi yang terukur berdasarkan pengamatan di suatu lahan dengan kondisi vegetasi seragam dan air melimpah (ET), dengan evapotranspirasi referensi ( $ET_0$ ). Jika digambarkan dengan rumus persamaan (2.10):

$$K_c = \frac{ET}{ET_0} \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan:

$K_c$  : Koefisien tanaman

ET : Air melimpah

$ET_0$ : Evapotranspirasi referensi

Koefisien tanaman dibutuhkan untuk perhitungan evapotranspirasi potensial ( $ET_0$ ) yang dipakai dalam rumus Penman. Koefisien yang dipakai harus didasarkan pada pengalaman yang terus menerus pada daerah studi (SPI KP – 01, 1986). Koefisien tanaman dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Koefisien tanaman

<b>Padi (Varietas Unggul)</b>		<b>Palawija (Jagung)</b>	
Umur (hari)	k	Umur (hari)	k
10	1.1	10	0.5
20	1.1	20	0.65
30	1.1	30	0.75
40	1.05	40	1.00
50	1.05	50	1.00
60	1.05	60	1.00
70	0.95	70	0.82
80	0.95	80	0.72
90	0	90	0.45

Sumber: SPI KP-01, 1986

### 2.3.3 Perkolasi

Perkolasi adalah gerakan air ke bawah zone tidak jenuh (antara permukaan tanah sampai ke permukaan air tanah) ke dalam daerah jenuh (daerah di bawah permukaan air tanah) (Soermarto, 1986: 80). Pada tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan (puddling) yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/hari. Pada tanah-tanah yang lebih ringan, laju perkolasi bisa lebih tinggi. Untuk menentukan laju perkolasi, perlu diperhitungkan tinggi muka air tanahnya. Sedangkan rembesan terjadi akibat meresapnya air melalui tanggul sawah. Laju perkolasi dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Laju perkolasi untuk berbagai tekstur tanah

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

Sumber : Wirosoedarmo , 1985: 94

### 2.3.4 Kebutuhan Air Untuk Persiapan Lahan

Kebutuhan air untuk persiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan maksimum air irigasi. Faktor-faktor penting yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk persiapan lahan adalah :

1. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan persiapan lahan.
2. Jumlah air yang diperlukan untuk persiapan lahan.

Untuk perhitungan kebutuhan air irigasi selama persiapan lahan, digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra (1968). Metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam lt/detik selama periode persiapan lahan dan menghasilkan rumus persamaan (2.11) sebagai berikut:

$$IR = \frac{Mek}{(ek - 1)} \dots\dots\dots (2.11)$$

dengan:

IR : kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari),

M : kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi

e : Bilangan dasar logaritma natural = 2.71828

Untuk tanah bertekstur berat tanpa retak-retak kebutuhan air untuk penyipian lahan diambil sebesar 200 mm, ini termasuk air untuk penjemuran dan pengolahan lahan. Pada permulaan transplantasi tidak akan ada lapisan air yang tersisa di sawah. Setelah transplantasi selesai, lapisan air di sawah akan ditambah 50 mm.

Secara keseluruhan, ini berarti bahwa lapisan air yang diperlukan menjadi 250 mm untuk penyiapan lahan dan untuk lapisan air awal setelah transplantasi selesai. Untuk tanah-tanah ringan dengan laju perkolasi yang lebih tinggi, harga-harga kebutuhan air untuk pengolahan lahan bisa diambil lebih tinggi lagi (Anonim, 1987).

### 2.3.5 Penggantian Lapisan Air (WLR)

Setelah pemupukan perlu dijadwalkan dan mengganti lapisan air menurut kebutuhan. Penggantian diperkirakan sebanyak 2 kali masing-masing 50 mm satu bulan dan dua bulan setelah transplantasi (atau 3,3 mm/hari selama 1/2 bulan).Pergantian lapisan air dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan air yang terputus akibat kegiatan di sawah dengan ketentuan sebagai berikut (Dirjen Pengairan, 1986):

1. WLR diperlukan saat terjadi pemupukan maupun penyiangan, yaitu 1-2 bulan dari transplanting.
2. WLR = 50 mm (diperlukan penggantian lapisan air, diasumsikan 50 mm).
3. jangka waktu WLR = 1,5 bulan (selama 1,5 bulan air digunakan untuk WLR sebesar 50 mm).

## 2.4 Optimasi

Air adalah salah satu kebutuhan pokok bagi makhluk hidup di bumi ini yang memegang peranan penting dalam kehidupan. Seiring bertambahnya dengan keadaan sosial ekonomi masyarakat, maka kebutuhan air semakin meningkat, disamping tuntutan ketersediannya pada waktu dan tempat yang berbeda-beda pula. Oleh karena itu perlu adanya perbaikan sistem tata kelola penggunaan air supaya kebutuhan tersebut dapat dicapai, maka perlu dibuat suatu model sehingga dapat dilakukan analisa optimasi. Model optimasi adalah penyusunan suatu model sistem yang sesuai dengan keadaan nyata yang nantinya dapat diubah ke dalam model matematis dengan pemisahan elemen-elemen pokok, agar suatu penyelesaian yang sesuai dengan sasaran atau tujuan pengambilan keputusan dapat tercapai (Subagyo,1984 dalam Irvani, H., 2012).

Optimasi penggunaan air irigasi bertujuan sebagai pengaturan debit air di beberapa daerah sehingga pada waktu tertentu didapatkan manfaat yang besar. Manfaat disini yaitu berupa hasil produksi pertanian yang dihasilkan dengan adanya air irigasi tersebut. Mengatur debit air, dimaksudkan sebagai membagi debit air yang tersedia untuk dibagikan kepada masing masing daerah yang memerlukan pengairan. Berikut ini macam teknik optimasi berkendala antara lain:

1. *Langrange Multipliers* (Pendarap Langrange)

*Langrange Multipliers* (Pendarap Langrange) adalah penyelesaian optimasi dengan menggunakan kendala linier.

2. *Linier Programming* (Programasi Linier)

*Linier Programming* (Programasi Linier) adalah model matematis perumusan masalah umum dalam pengalokasian sumber daya untuk berbagai kegiatan.

3. *Quadratic Programming* (Program Kuadrat)

*Quadratic Programming* (Program Kuadrat) adalah penyelesaian optimasi dengan menggunakan program matematis dengan fungsi linier dan fungsi tujuan non linier.

4. *Geometric Programming* (Program Geometrik)

*Geometric Programming* (Program Geometrik) adalah penyelesaian optimasi dengan menggunakan persamaan geometri.

5. *Dynamic Programming* (Program Dinamik)

*Dynamic Programming* (Program Dinamik) adalah suatu kumpulan teknik-teknik program matematis yang digunakan untuk pengambilan keputusan yang terdiri dari banyak tahap (*multistage*) (Cory, 2010).

## 2.5 Program Dinamik

Program dinamik merupakan suatu rekayasa matematika yang digunakan untuk mengoptimalkan proses pengambilan keputusan secara berangakai dengan memberikan suatu ketetapan rangkaian keputusan saling berkaitan satu dengan yang lainnya. Prosedurnya didasari oleh "*Principle of Optimality*" yang ditemukan pertama kali oleh Richard Bellman pada tahun 1957. Prinsip tersebut merupakan

sistematika prosedur penentuan kombinasi keputusan yang memaksimalkan semua efektifitasnya, dengan program dinamik suatu permasalahan yang kompleks dan berskala besar dapat dipecah-pecahkan menjadi bagian kecil (dekomposisi) yang kemudian dioptimalkan.

Program dinamik yang digunakan dalam studi ini adalah program dinamik stokastik. Program dinamik stokastik merupakan program dinamik dengan suatu distribusi probabilitas untuk ketetapan dalam tahap-tahap keputusan yang berurutan (Subagyo, 1984: 181). Program dinamik stokastik menangani situasi yang sebagian atau semua parameter-parameter dari problem dinyatakan dalam bentuk variabel-variabel acak. Situasi demikian kelihatannya memang merupakan realitas dimana-mana, termasuk juga di dalam sistem keairan (*hydrosystem*), dimana adalah sulit untuk menentukan nilai-nilai dari parameter-parameter secara eksak.

Tujuan utama model ini adalah untuk mempermudah penyelesaian persoalan optimasi yang mempunyai karakteristik tertentu. Ide dasar program dinamik ini adalah membagi persoalan menjadi beberapa bagian yang lebih kecil sehingga memudahkan penyelesaiannya.

### **2.5.1 Konsep Dasar Program Dinamik**

Tujuan utama model ini adalah untuk mempermudah penyelesaian persoalan optimasi yang mempunyai karakteristik tertentu. Ide dasar program dinamik ini adalah membagi persoalan menjadi beberapa bagian yang lebih kecil sehingga memudahkan penyelesaiannya. Akan tetapi, berbeda dengan program linier, pada persoalan program dinamik ini tidak ada formulasi matematis yang standar. Karena itu, persamaan-persamaan yang terpilih untuk digunakan harus dikembangkan agar dapat memenuhi masing-masing situasi yang dihadapi. Dengan demikian, maka antara persoalan yang satu dengan persoalan lainnya dapat mempunyai struktur penyelesaian persoalan yang berbeda (Dimiyati, 1992: 279).

### 2.5.2 Karakteristik Program Dinamik

Karakteristik operasional program dinamik dapat diuraikan sebagai berikut (Limantara, LM dan Soetopo, W. 2009):

1. Problem dipecahkan menjadi tahap-tahap (*stage*) dan ada variabel keputusan pada setiap tahap
2. Setiap tahap mempunyai sejumlah stage
3. Efek dari keputusan di tiap tahap adalah :
  - a. Menghasilkan *return* berdasarkan fungsi *stage return*
  - b. Mentransformasikan *stage* variabel untuk tahap berikutnya lewat *stage transformation*
4. Keputusan untuk tahap berikutnya tidak tergantung dari keputusan yang telah diambil (pada tahap sebelumnya). Penyelesaian *Dynamic Programming* dimulai dari tahap awal dan bergerak ke tahap akhir (*forward recursive*) atau sebaliknya (*backward recursive*)
5. Pada *forward recursive*, untuk setiap tahap ditentukan kebijakan optimal dari tahap sebelumnya dan fungsi tujuan.

### 2.5.3 Elemen-Elemen Model Program Dinamik

Elemen-elemen model program dinamik adalah sebagai berikut (Montarcih, 2009: 49):

1. Tahap/*Stage* (n)

Merupakan bagian dari problem dimana keputusan (*decision*) diambil. Jika suatu problem dapat dipecah menjadi N subproblem, maka ada N tahap dalam formulasi DP tersebut. Tahapan pada *multistage* problem yang dimaksudkan dalam studi ini adalah tahapan tempat yaitu antara bangunan bagi, sadap, dan bagi sadap yang satu dengan yang lain pada DI Baru di wilayah pelayanan Bangorejo.

2. Variabel Keputusan/*Decision Variable* (dn)

Merupakan besaran dari keputusan (*decision*) yang diambil pada setiap tahap. Variabel keputusan dalam studi ini adalah besarnya debit yang dialokasikan pada tiap bangunan irigasi serta keuntungan bersih yang diperoleh. Keputusan yang diambil pada setiap tahap akan ditransformasikan dari keputusan yang

bersangkutan ke keputusan berikutnya, sehingga didapat optimum secara keseluruhan.

3. Variabel Status/*State Variable* ( $S_n$ )

Merupakan variabel yang mewakili/menjelaskan status (*state*) dari sistem yang berhubungan dengan tahap ke- $n$ . Fungsi dari variabel status adalah untuk menghubungkan tahap-tahap secara berurutan sedemikian sehingga, apabila setiap tahap dioptimasi secara terpisah, maka keputusan yang dihasilkan adalah layak (*feasible*) untuk seluruh problem. Lebih lanjut, keputusan-keputusan optimal dapat diambil untuk tahap tersisa tanpa harus melakukan cek pada akibat dari keputusan berikutnya terhadap keputusan yang telah diambil terdahulu. Untuk tahap ke- $n$ , variabel status di belakangnya ( $S_n$ ) disebut sebagai variabel status input, sedangkan variabel status di depannya ( $S_{n+1}$ ) disebut sebagai variabel status output. Akibat Tahap/*Stage Return* ( $r_n$ ) merupakan ukuran skalar dari hasil keputusan yang diambil pada setiap tahap.

4. Akibat tahap (*stage return*)

Merupakan fungsi dari variabel-variabel  $S_n$  (status input),  $S_{n+1}$  (*state output*), dan  $d_n$  (keputusan), sehingga dapat dinyatakan sebagai fungsi berikut.

$$r_n = r(S_n, S_{n+1}, d_n)$$

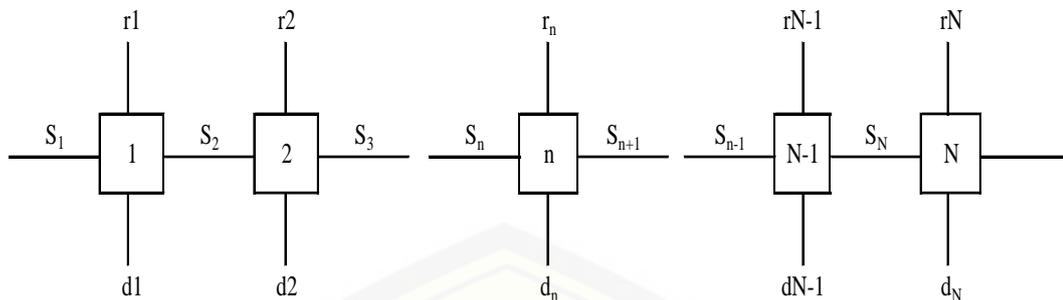
Akibat tahap dalam studi ini merupakan keuntungan sebagai fungsi debit pada suatu kondisi debit tertentu.

5. Transformasi Tahap/*Stage Transformation* ( $t_n$ )

Merupakan suatu transformasi nilai tunggal yang menyatakan hubungan antara variabel-variabel  $S_n$  (status input),  $S_{n+1}$  (status output), dan  $d_n$  (keputusan), yang dinyatakan sebagai persamaan berikut:

$$S_{n+1} = t_n(S_n, d_n)$$

Stage Transformation dalam studi ini adalah perubahan air tersedia sampai air yang terdistribusikan pada tiap bangunan irigasi pada daerah irigasi Baru di wilayah pelayanan Bangorejo. Diagram urutan problem dinamik serial dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2. 1 Skema elemen-elemen program dinamik

#### 2.5.4 Prosedur Perhitungan

Teknik perhitungan menggunakan program dinamik didasarkan pada prinsip optimasi recursive (bersifat pengulangan) yang diketahui sebagai prinsip optimalisasi (*principle of optimality*). Prinsip ini mengandung arti bahwa bila dibuat keputusan multistage mulai pada tahap tertentu, kebijakan optimal untuk tahap-tahap selanjutnya tergantung pada ketetapan tahap permulaan tanpa menghiraukan bagaimana diperoleh suatu ketetapan tertentu tersebut (Subagyo, 1984: 165).

Prosedur penyelesaian operasi bendung dengan program dinamik yang digunakan dalam penelitian ini secara umum dijelaskan sebagai berikut:

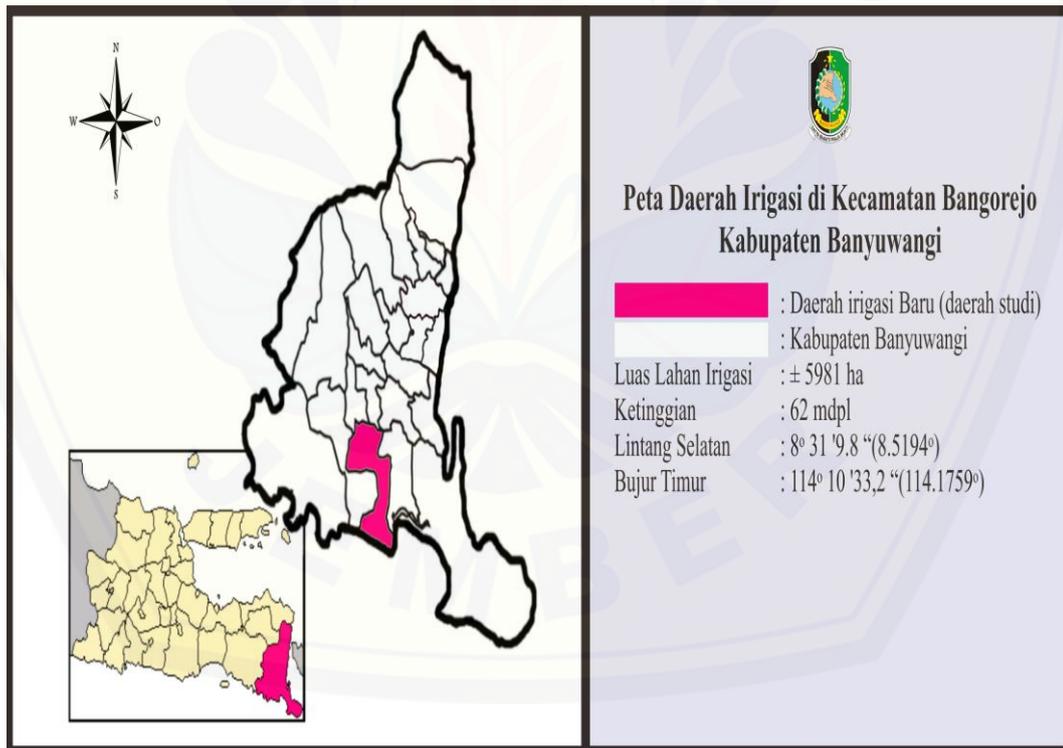
1. Problem dipecah menjadi tahap-tahap (*stage*) dengan variabel-variabel keputusan pada setiap tahap.
2. Setiap tahap mempunyai sejumlah *state*, baik *state input* (pada awal tahap) maupun *state output* (pada akhir tahap).
3. Untuk *state* yang sekarang, maka keputusan-keputusan untuk tahap-tahap berikutnya tidak tergantung dari tahap-tahap yang telah diambil (pada tahap sebelumnya). Sesuai dengan prinsip *Optimality* dari Bellman yang merupakan dasar dari program dinamik.
4. Penyelesaian program dinamik dimulai dari tahap awal dan bergerak ke tahap akhir (*forward recursive*) atau sebaliknya (*backward recursive*).

### BAB 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah suatu kerangka pendekatan pola pikir dalam rangka menyusun dan melaksanakan suatu penelitian. Tujuan dari adanya suatu metodologi penelitian adalah untuk mengarahkan proses berfikir dan proses kerja untuk menjawab permasalahan yang akan diteliti lebih lanjut.

#### 3.1 Daerah Studi

Daerah studi yang akan dikaji adalah daerah irigasi Baru di wilayah pelayanan Bangorejo dengan luas lahan irigasi ± 5981 Ha. Kecamatan Bangorejo terletak pada ketinggian: 62 meter (203 kaki) diatas permukaan laut dengan letak daerah pada koordinat Lintang selatan: 8 ° 31 '9.8 "(8.5194 °), Bujur timur: 114 ° 10 '33,2 "(114.1759 °). Daerah studi dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Daerah studi

### **3.2 Studi Kepustakaan dan Konsultasi**

Penelitian diawali dengan tinjauan pustaka, dan konsultasi dengan dosen pembimbing, untuk mendapatkan referensi dan informasi data-data yang dibutuhkan guna pelaksanaan penelitian.

### **3.3 Jenis Penelitian**

Penelitian tentang optimasi pola tata tanam di daerah irigasi Baru wilayah pelayanan Bangorejo menggunakan program dinamik yaitu dimana sebagian atau semua parameter-parameter dari problem dinyatakan dalam bentuk variabel-variabel acak. Tujuan utama model ini adalah untuk mempermudah penyelesaian persoalan optimasi yang mempunyai karakteristik tertentu. Ide dasar program dinamik ini adalah membagi persoalan menjadi beberapa bagian yang lebih kecil sehingga memudahkan penyelesaiannya.

### **3.4 Pekerjaan Persiapan**

Pekerjaan yang perlu disiapkan adalah: persiapan pengumpulan data-data sekunder, yaitu persiapan pembuatan surat-surat berperihal tentang permintaan data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian di Dinas Pengairan Kabupaten Banyuwangi, Dinas Pertanian Kabupaten Banyuwangi, Badan Meteorologi klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kabupaten Banyuwangi.

### **3.5 Pengumpulan Data**

Studi ini diperlukan data sekunder yang diperoleh dari berbagai instansi terkait. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari berbagai sumber yang kebenarannya dapat dipertanggungjawabkan. Berikut adalah beberapa data sekunder yang diperlukan antara lain:

#### **1. Data Curah Hujan**

Data curah hujan diperlukan untuk mengetahui curah hujan efektif dan curah hujan andalan yang digunakan untuk menentukan kebutuhan air tanaman di daerah irigasi Baru Bangorejo. Data curah hujan yang digunakan tahun 2008 – 2017. Data curah hujan diperoleh dari Dinas Pengairan Kabupaten Banyuwangi.

## 2. Data Debit

Data debit diperlukan untuk mengetahui debit andalan yang ada pada intake di daerah irigasi tersebut. Data debit yang digunakan tahun 2008 – 2017. Data debit diperoleh dari Dinas Pengairan Kabupaten Banyuwangi.

## 3. Data Klimatologi

Data klimatologi yang dibutuhkan adalah data evapotranspirasi, suhu/temperatur, kelembaban udara, kecepatan angin, dan radiasi matahari. Data klimatologi yang digunakan tahun 2008 – 2017. Data klimatologi diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Kabupaten Banyuwangi.

## 4. Data Analisa Hasil Usaha Tani

Data tersebut digunakan sebagai variabel untuk mencari nilai keuntungan maksimum dalam perhitungan optimasi. Data yang digunakan tahun 2017. Data tersebut diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten Banyuwangi.

## 5. Data Rencana Tata Tanam Global ( RTTG )

Data RTTG meliputi gambaran luas area studi, pola tata tanam yang digunakan, dan jadwal tanam setiap musim selama satu tahun. Data RTTG diperoleh dari Dinas Pengairan Kabupaten Banyuwangi.

## 6. Skema Jaringan

Data skema jaringan untuk mengetahui letak bangunan-bangunan bagi, sadap maupun bagi sadap, mengetahui debit yang dialirkan dan mengetahui luas petak sawah tersebut. Data skema jaringan diperoleh dari Dinas Pengairan Kabupaten Banyuwangi.

### 3.6 Langkah-langkah Pengolahan Data

Langkah-langkah dalam pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengolah data curah hujan,
2. Menentukan curah hujan wilayah dengan sebuah alat ukur,
3. Menghitung curah hujan efektif dengan input curah hujan,
4. Mengolah data debit andalan,
5. Mengolah data klimatologi,

6. Mengolah data klimatologi sehubungan dengan penyiapan lahan digunakan metode van de goor dan ziljstra,
7. Data klimatologi diperlukan untuk menghitung nilai evapotranspirasi dengan metode penman,
8. Menghitung besarnya kebutuhan air tanaman,
9. Menghitung kebutuhan air di sawah,
10. Menghitung kebutuhan air di intake,
11. Menghitung neraca air untuk menentukan apakah debit yang tersedia dapat mencukupi debit yang dibutuhkan, dan
12. Optimasi pola tata tanam,  
Optimasi alokasi air pada petak sekunder dilakukan dengan menggunakan program dinamik dengan fungsi tujuan memaksimalkan hasil produksi dengan kendala debit air yang tersedia, kebutuhan air irigasi dan luas lahan pertanian.

### **3.7 Tahapan Perhitungan Program Dinamik**

Prosedur penyelesaian untuk permasalahan optimasi alokasi air dengan program dinamik pada Daerah Irigasi Baru dilakukan sebagai berikut:

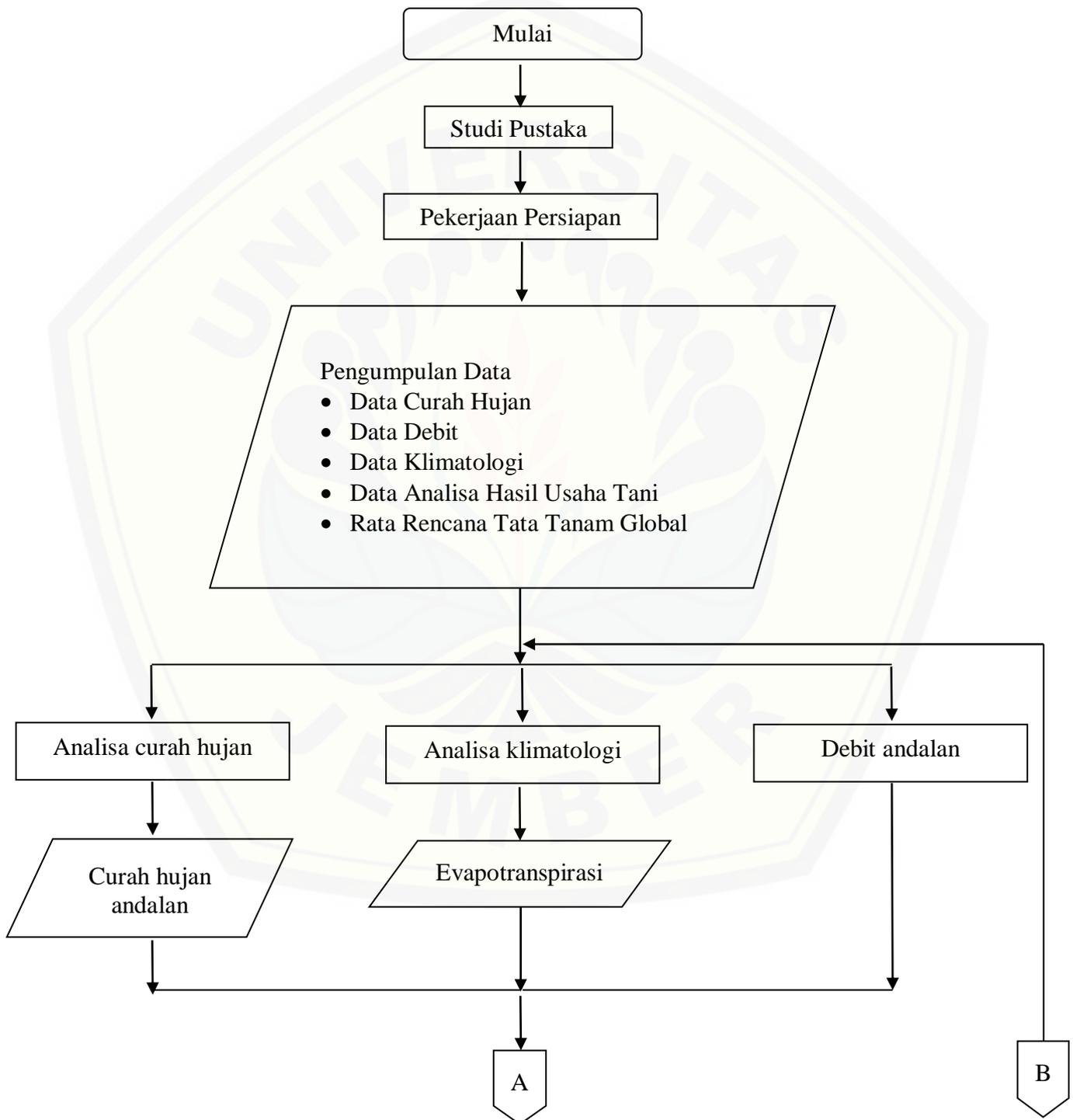
1. Menghitung besarnya volume air yang dibutuhkan untuk masing-masing bangunan bagi, sadap dan bagi sadap yang akan dikaji,
2. Menghitung besar volume air yang tersedia dari debit andalan yang dialirkan secara terus menerus,
3. Volume yang dibutuhkan dan volume yang tersedia, dapat dihitung luas lahan yang teraliri oleh debit yang ada pada tiap periode tanam pada masing-masing bangunan bagi, sadap dan bagi sadap,
4. Menentukan keuntungan sebagai fungsi debit yang merupakan keuntungan bersih dari debit yang akan dialirkan pada tiap bangunan bagi, sadap dan bagi sadap,
5. Membuat tabel yang memuat unsur-unsur:
  - a. Debit awal (tersedia) untuk dialokasikan,
  - b. Debit akhir (setelah debit tersedia dialokasikan),

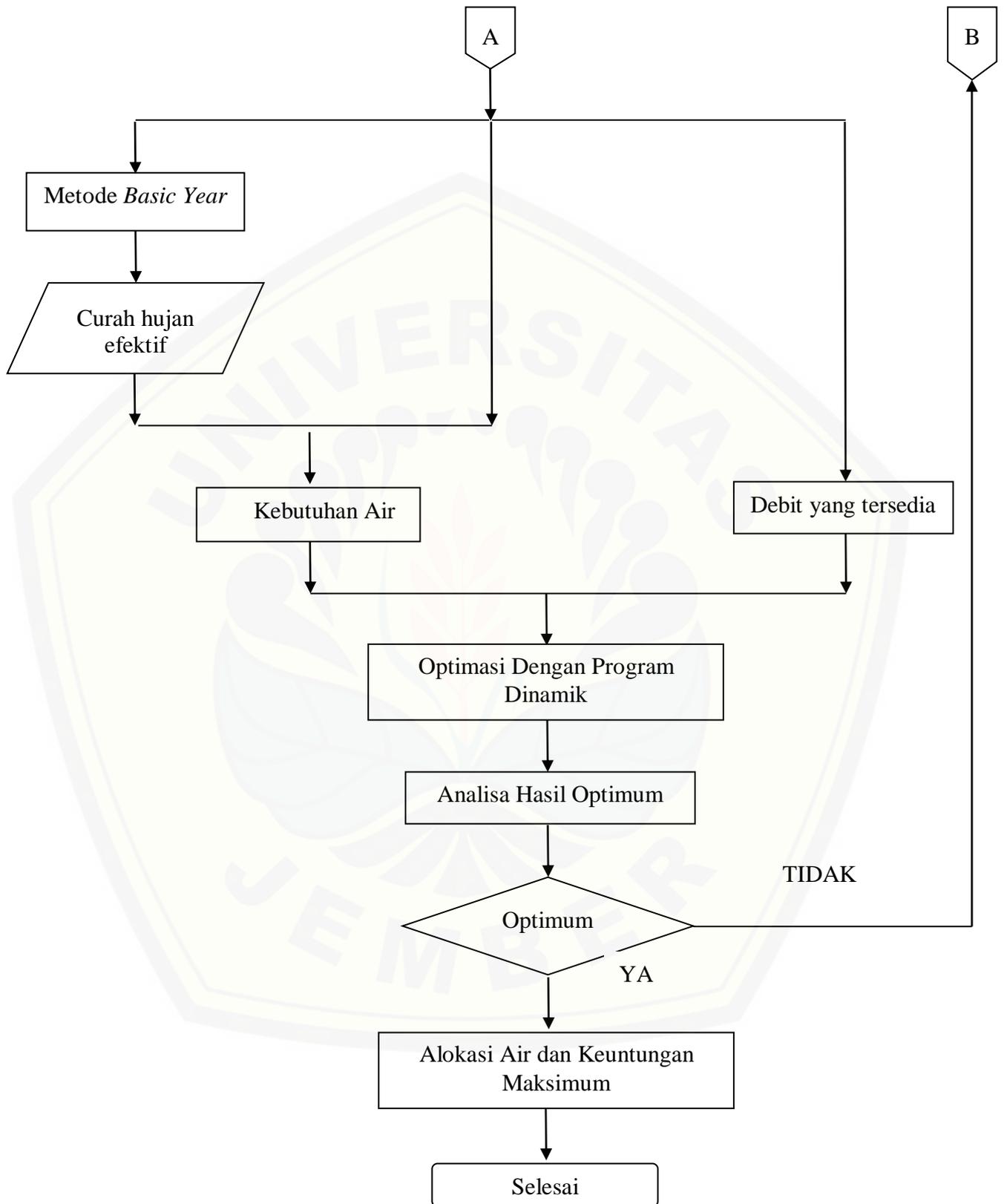
- c. Besar debit yang dialokasikan untuk tahap tersebut (yaitu debit awal sampai debit akhir),
- d. Keuntungan dari besarnya debit yang dialokasikan untuk masing-masing tahap,
- e. Didapatkan keuntungan maksimum dari masing-masing tahap, dan
- f. Didapatkan variabel keputusan yaitu debit guna maksimum yang dialirkan pada tiap bangunan bagi, sadap dan bagi sadap,
6. Hasil dari tahap pertama ditransformasikan ke tahap berikutnya, demikian sampai akhir, dan
7. Keuntungan maksimum pada tahap terakhir merupakan kebijakan total secara keseluruhan.

Selanjutnya berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini akan disajikan pada diagram alir penelitian seperti gambar 3.2.

### 3.8 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini diagram alir yang menggambarkan kegiatan penelitian yang dilakukan untuk mengetahui penyelesaian optimasi menggunakan program dinamik . Selengkapnya dapat dilihat pada gambar 3.2





Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa pada pembahasan sebelumnya maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Kebutuhan air irigasi untuk tanaman padi, palawija, dan jeruk pada masing- masing musim tanam adalah:
  - 1) Tahun cukup pada saat MH = 33,11 m<sup>3</sup>/det, MK I = 30,77 m<sup>3</sup>/det, dan MK II = 12,32 m<sup>3</sup>/det.
  - 2) Tahun normal pada saat MH = 24 m<sup>3</sup>/det, MK I = 29,51 m<sup>3</sup>/det, dan MK II = 17,87 m<sup>3</sup>/det
  - 3) Tahun rendah pada saat MH = 35,8 m<sup>3</sup>/det, MK I = 30, 47 m<sup>3</sup>/det, dan MK II = 18,76 m<sup>3</sup>/det
  - 4) Tahun kering pada saat MH = 63,86 m<sup>3</sup>/det, MK I = 33 m<sup>3</sup>/det, dan MK II = 19 m<sup>3</sup>/det
- b. Dengan penerapan program dinamik di daerah irigasi Baru wilayah pelayanan Bangorejo pola tata tanam optimum sebagai berikut:
  - 1) Musim Hujan : Padi / jeruk
  - 2) Musim MK I : Padi / palawija / jeruk
  - 3) Musim MK II : Palawija / jeruk
- c. Luas lahan optimal yang dapat terairi pada masing-masing bangunan bagi, sadap, dan bagi sadap berdasar kendala debit air irigasi sesudah diterapkan program dinamik mencapai 100% dengan kombinasi luas areal total:
  - 1) Tahun rendah untuk padi 3997 ha dan palawija 1984 ha
  - 2) Tahun kering untuk padi 1709 ha dan palawija 3824 ha
  - 3) Tahun cukup untuk padi 4347 ha dan palawija 1634 ha
  - 4) Tahun normal untuk padi 3974 ha dan palawija 2107 haDengan penerapan program dinamik, keuntungan yang diperoleh dari debit yang dialirkan pada Daerah Irigasi Baru sebagai berikut:
  - 1) Tahun rendah adalah sebesar Rp 88.818.984.562,42 dengan peningkatan keuntungan sebesar 31,35%.

- 2) Tahun kering sebesar Rp 65.318.263.206,83 dengan peningkatan keuntungan sebesar 56,08%.
- 3) Tahun cukup sebesar Rp 90.239.784.195,27 dengan peningkatan keuntungan sebesar 31,87%.
- 4) Tahun normal sebesar Rp 86.904.983.310,93 dengan peningkatan keuntungan sebesar 23,47%.

## 5.2 Saran

1. Setelah memperhatikan hasil analisis yang dilakukan, pola tata tanam yang ada di lapangan yaitu Padi / jeruk - Padi / palawija / jeruk - palawija / jeruk dapat terpenuhi kebutuhan air irigasinya namun alokasi airnya kurang optimal sehingga berdampak pada keuntungan yang didapatkan. Disarankan kepada instansi terkait untuk selanjutnya agar di lapangan sebaiknya diterapkan pola tata tanam yang sama tetapi dengan komposisi luas untuk tiap jenis tanaman pada tiap bangunan bagi, sadap, dan bagi sadap sehingga seluruh lahan irigasi dapat digunakan secara optimal.
2. Untuk mendapatkan pendistribusian debit optimal pada bangunan bagi sadap, bagi, dan sadap dengan cara memanfaatkan air tanah atau pompa air guna untuk mengalir semua lahan pertanian.
3. Untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal, bisa digunakan model program dinamik dengan grid yang lebih kecil lagi sehingga didapatkan hasil yang lebih mendekati kondisi di lapangan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Alhinduan, D dan Indrawan. 2013. *Analisa Efisiensi Dan Optimalisasi Pola Tanam Pada Daerah Irigasi Timbang Deli Kabupaten Deli Serdang*. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara.
- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi (Kriteria Perencanaan 01)*. Bandung: CV Galang Persada.
- Dirjen Pengairan, Departemen PU.1986. *Standar Perencanaan Irigasi (Bagian penunjang, KP 01-07)*. Direktorat Jendral Pengairan : Departemen Pekerjaan Umum.
- Heriawan, Rifqi. 2013. *Optimasi Air Irigasi Pada Daerah Irigasi Bajulmati Kabupaten Banyuwangi Menggunakan Program Dinamik*. Skripsi Teknik Sipil universitas Jember.
- Nurami,T. 2017. *Studi Optimasi Pola Pengoperasian Waduk Bajulmati*. Jurnal. Fakultas Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November.
- Peraturan Pemerintah Nomor 37 Pasal 1 Tahun 2010 *tentang ketersediaan air*
- Prasetijo, H, Soetopo, W. 2009. *Studi Optimasi Pola Tata Tanam Untuk Memaksimalkan Keuntungan Hasil Produksi Pertanian di Jaringan Prambatan Kiri Kecamatan Bumiaji Kota Batu*. Jurnal. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Riani, Suliantika (2015). *Optimasi pola Tata Tanam di Daerah Irigasi Pringduri Kecamatan Curah Dami Kabupaten Bondowoso Dengan Program dinamik*. Skripsi Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Soemarto, CD.1986. *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Penerbit Usaha Nasional
- Sosrodarsono, S dan Takeda, K. 1978. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Subagyo, P., asri, M. dan Handoko, T. H. 1984. *Dasar-dasar Operation Research..* Yogyakarta:BPFE