



**ALOKASI AIR SEBAGAI OPTIMASI POLA TATA TANAM DI DAERAH
BENDUNGAN JATIMLEREK KECAMATAN PLANDAAN KABUPATEN
JOMBANG MENGGUNAKAN PROGRAM DINAMIK**

TUGAS AKHIR

Oleh

Elvira Fidiana

NIM 151910301032

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**ALOKASI AIR SEBAGAI OPTIMASI POLA TATA TANAM DI DAERAH
BENDUNGAN JATIMLEREK KECAMATAN PLANDAAN KABUPATEN
JOMBANG MENGGUNAKAN 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

Elvira Fidiana

NIM 151910301032

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

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, Suwignya dan Endang Rahayu. 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) ¹⁾

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)

¹⁾ 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 : Elvira Fidiana

NIM : 151910301032

Menyatakan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *Alokasi Air Sebagai Optimasi Pola Tata Tanam di Daerah Bendungan Jatimlerek Kecamatan Plandaan Kabupaten Jombang Menggunakan 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, 17 Juli 2019

Yang menyatakan,

Elvira Fidiana

NIM : 151910301032

TUGAS AKHIR

**ALOKASI AIR SEBAGAI OPTIMASI POLA TATA TANAM DI DAERAH
BENDUNGAN JATIMLEREK KECAMATAN PLANDAAN KABUPATEN
JOMBANG MENGGUNAKAN PROGRAM DINAMIK**

Oleh

Elvira Fidiana

NIM 151910301032

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr.Ir.Entin Hidayah ,M.UM

Dosen Pembimbing Anggota : Retno Utami Agung W.,S.T.,M.Eng.,Ph.D

PENGESAHAN

Skripsi Alokasi Air Sebagai Optimasi Pola Tata Tanam di Daerah Bendungan Jatimlerek Kecamatan Plandaan Kabupaten Jombang Menggunakan Program Dinamik telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 11 Juli 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM
NIP. 19551112 198702 1 00

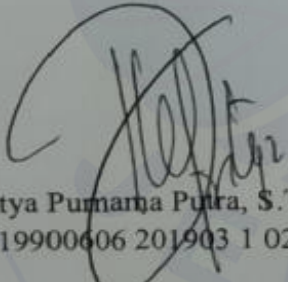
Pembimbing Anggota,



Retno Utami Agung W., S.T., M.Eng., Ph.D
NRP. 760017219

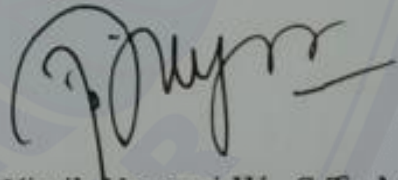
Tim Penguji:

Penguji Utama,



Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T
NIP. 19900606 201903 1 022

Penguji Anggota,



Wiwik Yunarni W., S.T., MT
NIP. 19700613 199802 2 001

Mengesahkan
Dekan,



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM
NIP. 19551112 198702 1 00

RINGKASAN

Alokasi Air Sebagai Optimasi Pola Tata Tanam di Daerah Bendungan Jatimlerek Kecamatan Plandaan Kabupaten Jombang Menggunakan Program Dinamik; Elvira Fidiana, 151910301032; 2019; 66 halaman; Jurusan Teknik Sipil; Fakultas Teknik Universitas Jember.

Bendungan Jatimlerek berada di Kecamatan Plandaan Kabupaten Jombang yang digunakan untuk menaikkan muka air Sungai Brantas bagian tengah pada musim kemarau, untuk mensuplai air irigasi pada persawahan dengan luas baku 5981 hektar. Selain digunakan untuk irigasi, bendungan ini juga digunakan untuk pengendalian banjir Sungai Brantas, khususnya pada bagian hilir yang melewati Kota Surabaya. Bendungan ini memiliki tipe operasi isian udara, sehingga lebih dikenal dengan sebutan "dam karet", dengan 6 pintu serta memiliki lebar dasar 150 meter. Penelitian ini difokuskan pada daerah irigasi Jatimlerek di wilayah pelayanan Ploso 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, tebu 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= 24 m³/det, MK I= 29,51 m³/det, MK II= 12,32 m³/det, tahun normal pada saat MH= 33,11 m³/det, MK I= 30,77 m³/det, MK II= 17,87 m³/det, tahun rendah pada saat MH= 35,8 m³/det, MK I= 30,47 m³/det, MK II= 18,76 m³/det, dan tahun kering pada saat MH= 63,86 m³/det, MK I= 33 m³/det, MK II= 19 m³/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

Water Allocation as Optimization of Planting Patterns in the Jatimlerek Dam Area in Plandaan District, Jombang Regency Using Dynamic Programs; Elvira Fidiana, 151910301032; 2019; 66 pages; Civil Engineering Department; Faculty of Engineering, University of Jember.

The Jatimlerek Dam is located in the Plandaan District of Jombang Regency which is used to raise the water level of the central Brantas River in the dry season, to supply irrigation water to rice fields with a total area of 5981 hectares. In addition to being used for irrigation, this dam is also used to control the Brantas River flood, especially in the lower reaches that pass through the city of Surabaya. This dam has a type of air filling operation, so it is better known as "rubber dam", with 6 doors and has a base width of 150 meters. This study focused on the Jatimlerek irrigation area in the Ploso service area because the availability of water in the area during the dry season often experienced shortages. Therefore optimization efforts are carried out using a dynamic program to determine the water requirements for each plant, the optimum cropping pattern, the area of arable land and maximum profits.

The initial step taken in this study is to analyze rainfall data. Rainfall data that affect the study area for 10 years. Effective rainfall is calculated with a reliability level of 97% for dry years, 75% for low years, 51% for normal years, 26% for sufficient years, and then calculates effective rainfall. Potential evapotranspiration is calculated by entering climatological data for 10 years. From the results of the previous analysis, calculation of plant water requirements for each reliability was carried out. Debit available in Karangdoro Dam is analyzed for each reliability using the Weibull formula. After obtaining the irrigation debit requirement from the previous calculation, it is continued with the calculation of the water balance. From the calculation of the water balance it was found that the shortage of irrigation water in MK I was dry, low, normal and sufficient. For further optimization in the period of the year.

Calculation of water volume is available based on the amount of discharge available at the time of MK I with the selected interval of 0.02 m³ / sec. Based on the calculation of the volume of water needed and the volume of available water calculated the area of land that can be planted from the allocated debit. Production costs are calculated based on profits from sales of rice, pulses, sugar cane minus the cost of the production process. By knowing the area of land that can be planted and the amount of production costs per hectare, it can be calculated the amount of profit from the flow of flow which is then needed in the calculation of the dynamic program. Dynamic program calculations in this study use a forward or advanced calculation method.

With the application of dynamic programs can be obtained irrigation water needs, namely enough years at MH = 24 m³ / sec, MK I = 29.51 m³ / sec, MK II = 12.32 m³ / sec, normal year at MH = 33, 11 m³ / sec, MK I = 30.77 m³ / sec, MK II =

17.87 m³ / sec, low year at MH = 35.8 m³ / sec, MK I = 30.47 m³ / sec, MK II = 18.76 m³ / sec, and dry year at MH = 63.86 m³ / sec, MK I = 33 m³ / sec, MK II = 19 m³ / sec, so that the optimal cropping pattern in the area is rice- rice / secondary crops, with optimum land area, namely low year for rice 3997 ha and 1984 ha ha for crops, dry year for rice 1709 ha and secondary crops 3824 ha, enough year for rice 4347 ha and secondary crops 1634 ha, normal year for rice 3974 ha and palawija 2107 ha. As for the profits obtained from the flow of flow in the New Irrigation area is Rp. 88,818,984,562.42 with an increase of 31.35% in the low year, Rp. 65,318,263,206.83 with an increase of 56.08% for dry years, Rp. 90,239,784,195.27 with an increase of 31.87% for the year enough, Rp. 87,904,986,310.93 with an increase of 23.47% for the normal year.



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul *Alokasi Air Sebagai Optimasi Pola Tata Tanam di Daerah Bendungan Jatimlerek Kecamatan Plandaan Kabupaten Jombang Menggunakan 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 Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM selaku dosen pembimbing utama (DPU) dan ibu Retno Utami Agung W.,S.T.,M.Eng.,Ph.D 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 Paksitya Purmana Putra.,S.T.,M.T selaku ketua penguji ujian skripsi;
3. Ibu Wiwik Yunarni W.,S.T.,M.T selaku anggota penguji ujian skripsi;
4. Dinas PU Pengairan Kabupaten Jombang yang telah memberikan data-data dan informasi demi terselesaikannya skripsi ini;
5. Dinas Pertanian Kabupaten Jombang yang telah memberikan data-data dan informasi demi terselesaikannya skripsi ini;
6. BMKG Kabupaten Jombang yang telah memberikan data-data dan informasi demi terselesaikannya skripsi ini;
7. Ayahanda Suwignya, Ibunda Endang Rahayu. Terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala doa, kasih sayang, perhatian serta dukungan selama ini;
8. Saudara M.Nova Zani Ashari 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, 17 Juli 2019

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Analisa Hidrologi	4
2.2.1 Curah Hujan.....	4
2.2.2 Debit Andalan.....	7
2.3 Analisa Klimatologi	9
2.3.1 Temperatur (T)	9
2.3.2 Kelembaban Relatif(RH)	9
2.3.3 Kecepatan Angin (U)	9
2.3.4 Radiasi Matahari (n/N)	10
2.3.5 Evapotranspirasi	10
2.4 AnalisaKebutuhan Air UntukIrigasi.....	11
2.4.1 Pola Tata Tanam.....	11
2.4.2 Koefisien Tanaman.....	12
2.4.3 Perkolasi	13

2.4.4	Kebutuhan Penyiapan Lahan	14
2.4.5	Penggantian Lapisan Air (WLR)	14
2.5	Optimasi	15
2.6	Program Dinamik	16
2.6.1	Konsep Dasar Program Dinamik	17
2.6.2	Elemen-Elemen Model Program Dinamik	17
2.6.3	Prosedur Perhitungan	19
BAB III. METODE PENELITIAN		
3.1	Daerah Studi	20
3.2	Pekerjaan Persiapan	21
3.3	Pengumpulan Data	21
3.4	Langkah-langkah Pengolahan Data	23
3.5	Tahapan Perhitungan Program Dinamik	23
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Areal Daerah Irigasi Baru	28
4.2	Analisa Data Hujan	28
4.2.1	Uji Konsistensi Data Curah Hujan	28
4.2.2	Curah Hujan Efektif	32
4.3	Evapotranspirasi Potensial	34
4.4	Kebutuhan Air Tanaman	36
4.4.1	Koefisien Tanaman	37
4.4.2	Perkolasi	38
4.4.3	Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan	38
4.4.4	Kebutuhan Air untuk Penggunaan Konsumtif	39
4.4.5	Penggantian Lapisan Air	40
4.4.6	Kebutuhan Bersih Air di Sawah	40
4.5	Efisiensi Irigasi	41
4.6	Kebutuhan Air Irigasi	41
4.7	Debit yang Tersedia di Bendung	42
4.8	Neraca Air	43
4.9	Volume Air Irigasi	44
4.9.1	Volume Air yang Dibutuhkan	44

4.9.2 Volume Air yang Tersedia	44
4.10 Luas Lahan yang Ditanami	45
4.11 Analisa Optimasi	45
4.12 Analisa Manfaat	46
4.13 Keuntungan Sebagai Fungsi Debit	46
4.14 Optimasi dengan Program Dinamik	47
4.14.1 Dasar Program Dinamik	47
4.14.2 Optimasi Alokasi Air	48
4.14.3 Hasil Optimasi	51
BAB 5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan pola tatat anam dengan ketersediaan air untuk irigasi....	10
Tabel 4.1 Nama dan Nomor Stasiun Hujan yang Diuji	25
Tabel 4.2 Uji data hujan tahunan Stasiun Hujan Ploso (Sta.1)	26
Tabel 4.3 Uji konsistensi data hujan tahunan Stasiun Hujan Kabuh (Sta.2) ...	27
Tabel 4.4 Ujikonsistensi data hujan tahunan Stasiun Hujan Mangunan (Sta.3)	28
Tabel 4. 5 Nilai Koefisien Determinasi (R^2) Tiap Stasiun Hujan	29
Tabel 4.6. Perhitungan Rerata Curah Hujan (mm)	30
Tabel 4.7 Koefisien Tanaman	34
Tabel 4.8. Perhitungan Probabilitas Debit Andalan Dengan Rumus Weibull	40
Tabel 4.9 Manfaat bersih tanaman perhektar	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema elemen-elemen program dinamik.....	16
Gambar 3.1 Peta Daerah Irigasi Bendungan Jatimlerek	18
Gambar 3.2 Peta Skema Jaringan Irigasi Bendungan Jatimlerek	20
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan Program Dinamik	24
Gambar 4. 1 Hubungan Kumulatif HujanTahunan Sta. 1 dan Sta. 2, 3	27
Gambar 4. 2 Hubungan Kumulatif HujanTahunan Sta. 2 dan Sta. 1, 3	28
Gambar 4. 3 Hubungan Kumulatif Hujan Tahunan Sta. 3 dan Sta. 1, 2	29
Gambar 4. 4 Bagan sistem tahapan program dinamik	45

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber daya air adalah sumber daya yang berupa air dan berguna bagi manusia. Sumber daya air digunakan di bidang pertanian, industri, rumah tangga, rekreasi, dan aktivitas lingkungan. Sumber daya air di bidang pertanian sangat dibutuhkan, yaitu untuk meningkatkan produksi pangan. Beberapa faktor yang mempengaruhi ketersediaan air antara lain : cara pemberian air, banyaknya hujan yang turun, waktu penanaman, pengolahan tanah, pengaturan pola tanam, dan cara pengelolaan serta pemeliharaan saluran dan bangunan yang ada (Riani, 2015). Penyediaan air di lahan pertanian harus seimbang dengan kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman, namun pada kenyataannya jumlah ketersediaan air dan kebutuhan air mengalami perubahan setiap periodenya. Ada kalanya ketersediaan air terjadi kelebihan air sehingga kebutuhan air untuk bidang pertanian meningkat.

Bendungan Gerak Jatimlerek adalah bendungan pada Sungai Brantas yang terletak di Kecamatan Plandaan Kabupaten Jombang. Bendungan ini digunakan untuk menaikkan muka air Sungai Brantas bagian tengah pada musim kemarau, untuk mensuplai air irigasi padapersawahan dengan luas baku 5981 hektar. Daerah bendungan Jatimlerek terdiri dari 1 saluran induk dan beberapa bangunan tersier. Debit yang dialirkan harus diperhitungkan sehingga mendapatkan manfaat yang besar. Pada daerah bendungan Jatimlerek sering mengalami permasalahan saat musim kemarau, yaitu meningkatnya kebutuhan air dengan ketersediaan air untuk irigasi yang kurang. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengalokasikan air pada lahan pertanian di daerah tersebut adalah dengan program dinamik.

Program dinamik adalah suatu pendekatan untuk mengoptimasi proses-proses keputusan multi tahap. Program dinamik terdiri dari program dinamik deterministik dan program dinamik stokastik. Program dinamik yang digunakan adalah program dinamik stokastik yang menangani situasi dimana sebagian atau parameter-parameter dari problem yang dinyatakan dalam bentuk variabel-variabel acak (Hoesein, 2010).

Beberapa penelitian sebelumnya juga menggunakan program dinamik dalam penyelesaiannya, seperti penelitian Putra (2014) dengan judul “Studi Peningkatan Keuntungan Melalui Optimasi Sistem Pemberian Air Daerah Irigasi Gembleng Kanan Dengan Program Dinamik” dan penelitian Heriawan (2013) dengan judul “Optimasi Air Irigasi Pada Daerah Irigasi Bajulmati Kabupaten Banyuwangi Menggunakan Program Dinamik”, dengan menggunakan program dinamik pengambilan keputusan yang *multistage* dipisah-pisahkan menjadi suatu sub masalah yang berurutan dan saling berhubungan yang memungkinkan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal. Hal ini sangat sesuai dengan sistem jaringan irigasi dimana terdapat beberapa bangunan bagi yang berurutan dan saling tergantung antara satu bangunan bagi dengan bangunan bagi yang lain sepanjang saluran pada jaringan irigasi, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pola tata tanam dengan metode program dinamik, yang ditulis dalam sebuah skripsi dengan judul “*Alokasi Air Sebagai Optimasi Pola Tata Tanam di Daerah Bendungan Jatimlerek Kecamatan Plandaan Kabupaten Jombang Menggunakan Program Dinamik*”.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang mendasari penelitian ini adalah kurangnya kebutuhan air untuk bidang pertanian pada saat musim kemarau. Oleh karena itu, permasalahan utama yang muncul adalah :

- a. Berapa besar kebutuhan air untuk masing-masing jenis tanaman yang telah direncanakan di daerah bendungan Jatimlerek Kecamatan Plandaan Kabupaten Jombang?
- b. Bagaimana pola tata tanam optimum untuk daerah tersebut?
- c. Berapa luas tanam optimum dan besarnya keuntungan maksimum dari hasil produksi pola tata tanam daerah tersebut menggunakan program dinamik?

1.3 Tujuan Penelitian

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

- a. Mengetahui besarnya kebutuhan air untuk masing-masing jenis tanaman yang telah direncanakan di daerah bendungan Jatimlerek Kecamatan Plandaan Kabupaten Jombang.
- b. Menentukan pola tata tanam optimum untuk daerah bendungan tersebut.
- c. Memperoleh keuntungan maksimum dari hasil produksi pola tata tanam daerah tersebut menggunakan program dinamik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

- a. Memberikan gambaran pembagian air untuk masing-masing jenis tanaman di daerah bendungan Jatimlerek Kecamatan Plandaan Kabupaten Jombang pada masing-masing periode dengan penerapan program dinamik.
- b. Mengetahui pola tanam yang optimal untuk daerah tersebut.
- c. Mengetahui luas lahan optimal dan meningkatkan hasil produksi dari bidang pertanian, sehingga menambah kesejahteraan masyarakat di daerah tersebut.

1.5 Batasan Masalah

Tugas akhir ini membatasi permasalahan pada :

- a. Debit yang dipakai mulai tahun 2008-2018.
- b. Jenis tanaman disesuaikan dengan Jadwal Rencana Tata Tanam Global (RTTG) 2019.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terkait optimasi untuk pola tata tanam yang menggunakan program dinamik didapatkan keuntungan dalam memaksimalkan air irigasi pada optimasi pola tata tanam, seperti penelitian Riani (2016) 24,30 %, Hasan (2012) 11,86 %, Hilma (2016) 28,57 %, Setyono (2016) Rp 106.729.700.000, Alfin (2014) 11,5 %, Bolota (2017) 80 %, Rustan (2012) 37 %, Emmy (2018) 36,7 %, dan Suzanti (2015) 71 %.

Program dinamik digunakan untuk mempermudah penyelesaian persoalan optimasi yang mempunyai karakteristik tertentu dengan membagi persoalan menjadi beberapa bagian yang lebih kecil sehingga memudahkan dalam penyelesaiannya. Pada persoalan program dinamik tidak ada formulasi matematis yang standar. Persamaan-persamaan yang terpilih digunakan untuk kemudian dikembangkan dan dapat memenuhi masing-masing situasi yang dihadapi. Pengambilan keputusan secara *multistage* dipisah-pisahkan menjadi suatu sub masalah yang beruntun dan saling berhubungan, memungkinkan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal. Hal ini sangat sesuai dengan sistem jaringan irigasi dimana terdapat beberapa bangunan bagi yang berurutan dan saling tergantung antara satu bangunan bagi dengan bangunan bagi yang lain sepanjang saluran pada jaringan irigasi.

2.2 Analisa Hidrologi

2.2.1 Curah Hujan

a. Analisa Curah Hujan

Pada umumnya untuk menghitung curah hujan daerah dapat digunakan standar luas daerah sebagai berikut (Sosrodarsono, 2006):

- 1) Daerah dengan luas 250 Ha yang mempunyai variasi topografi yang kecil, dapat diwakili oleh sebuah alat ukur curah hujan.

- 2) Daerah dengan luas 250 Ha sampai 50.000 Ha dengan dua atau tiga titik pengamat hujan dapat digunakan cara rerata aljabar.
- 3) 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.
- 4) Daerah dengan luas lebih besar dari 500.000 Ha dapat digunakan cara Isohiet.

b. Analisis Curah Hujan Andalan

Dalam studi ini, probabilitas keandalan curah hujan disesuaikan dengan probabilitas keandalan debit sehingga dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Sosrodarsono, 2006):

$$R_x = n / (100/100-x)+1 \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

R_x = curah hujan yang terjadi dengan tingkat keandalan tertentu (mm)

n = periode lamanya pengamatan curah hujan (tahun)

X = tingkat keandalan yang dikehendaki (%)

Adapun langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

- 1) Curah hujan tahunan selama n tahun diurutkan dari kecil ke besar.
- 2) Dengan persamaan diatas didapatkan urutan curah hujan yang diambil sebagai curah hujan andalan.
- 3) Curah hujan andalan yang diperoleh merupakan tahun dasar perencanaan. Probabilitas keandalan yang digunakan dalam perhitungan curah hujan andalan untuk studi ini adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, 2006):
 - 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 = $95/365 = 26,03\% = 26\%$

c. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah sejumlah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat digunakan oleh tanaman untuk pertumbuhannya. Untuk mendapatkan curah hujan efektif, digunakan metode *basic year*, dimana menentukan suatu tahun tertentu sebagai tahun dasar perencanaan. Dalam studi ini, probabilitas keandalan curah hujan disesuaikan dengan probabilitas keandalan debit sehingga dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$R_x = n / (100/100-x)+1 \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

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

n : periode lamanya pengamatan curah hujan (tahun)

X : tingkat keandalan yang dikehendaki (%)

Adapun langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

- 1) Curah hujan tahunan selama n tahun diurutkan dari kecil ke besar.
- 2) Dengan persamaan diatas didapatkan urutan curah hujan yang diambil sebagai curah hujan andalan.
- 3) Curah hujan andalan yang diperoleh merupakan tahun dasar perencanaan. Probabilitas keandalan yang digunakan dalam perhitungan curah hujan andalan untuk studi ini adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, 2006).
- 4) Debit air musim kering: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 355 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $355/365 = 97,26\% = 97\%$
- 5) Debit air rendah: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 275 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $275/365 = 75,34\% = 75\%$
- 6) Debit air normal: debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 185 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $185/365 = 50,68\% = 51\%$

- 7) Debit air cukup (*affluent*): debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 95 hari dalam setahun. Probabilitas keandalan = $95/365 = 26,03\% = 26\%$

d. 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 periode waktu pengamatan sehingga persamaannya adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, 2006):

$$Re \text{ padi} = 0,7 \times (Rx) \dots\dots\dots(2.3)$$

keterangan:

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

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

e. Curah Hujan Efektif Untuk Tanaman Palawija

Curah hujan efektif untuk tanaman palawija dan tanaman tebu ditentukan berdasarkan evapotranspirasi yang terjadi, hujan serta ketersediaan air tanah yang siap untuk diserap (pendekatan kedalaman perakaran) dengan persamaan sebagai berikut (Sosrodarsono, 2006):

$$Re \text{ plw} = FD(1,25 \times R - 0,824 - 2,93) \times (100,0095 \times Eto) \dots\dots\dots(2.4)$$

$$FD = 0,53 + (0,0116 \times D) - (8,94 \times 10^{-5} \times D^2) + (2,32 \times 10^{-7} \times D^3)$$

keterangan:

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

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

D : kedalaman perakaran tanaman yang siap pakai (mm)

2.2.2 Debit Andalan

Debit andalan (*dependable flow*) adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk irigasi. Kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80% (kemungkinan bahwa debit sungai lebih rendah dari debit andalan adalah 20%). Agar analisisnya cukup tepat dan andal, catatan data yang diperlukan harus meliputi jangka waktu paling sedikit 20 tahun.

Jika persyaratan ini tidak bisa dipenuhi, maka metode hidrologi analitis dan empiris bisa dipakai. Debit andalan dari waktu ke waktu mengalami penurunan seiring dengan penurunan fungsi daerah tangkapan air. Penurunan debit andalan dapat menyebabkan kinerja irigasi berkurang yang mengakibatkan pengurangan areal

persawahan. Antisipasi keadaan ini perlu dilakukan dengan memasukan faktor koreksibesaran 80% - 90% untuk debit andalan.

Probabilitas keandalan yang digunakan dalam perhitungan debit andalan untuk studi ini adalah sebagai berikut :

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. Perhitungan debit andalan dengan metode ini yaitu mengambil suatu pola debit dari tahun tertentu. Peluang kejadiannya dihitung dengan persamaan

$$P = m/n+1 \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

keterangan :

P : probabilitas (%)

m : nomor urut data debit

n : banyaknya data debit

Tahun dasar yang digunakan adalah tahun yang data debitnya mempunyai keandalan 80 % (Q80), artinya resiko yang kan dihadapi yaitu adanya debit-debit lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% banyaknya pengamatan. Menurut Putra (2014) prosedur perhitungan debit andalan andalan sebagai berikut:

- a. Menghitung total debit dalam satu tahun untuk tiap tahun data yang diketahui.
- b. Merangking data mulai dari yang besar hingga kecil.
- c. Menghitung probabilitas untuk masing-masing data dengan menggunakan persamaan Weibull.

2.3 Analisa Klimatologi

Hidrologi suatu wilayah bergantung pada iklim, topografi dan geologinya. Faktor iklim yang penting adalah suhu (temperatur), kelembaban udara, kecepatan angin dan radiasi matahari, dimana faktor-faktor tersebut mempengaruhi langsung evaporasi dan transpirasi (Durrus, 2016).

2.3.1 Temperatur (T)

Energi sangat diperlukan agar evapotranspirasi berjalan terus. Jika suhu udara dan tanah cukup maka proses evapotranspirasi berjalan dengan cepat, begitu juga sebaliknya (Rifai, 2008). Kemampuan udara untuk menyerap uap air meningkat dengan naiknya suhu, maka suhu udara mempunyai dua pengaruh terhadap besarnya penguapan yang terjadi, sedangkan suhu tanah dan air hanya memiliki pengaruh tunggal (Durrus, 2016).

2.3.2 Kelembaban Relatif (RH)

Salah satu faktor yang mempengaruhi evapotranspirasi adalah kelembaban relatif udara. Jika kelembaban relatif ini naik, maka kemampuan udara untuk menyerap air akan berkurang sehingga laju evaporasi menurun (Rifai, 2008). Penggantian lapisan per batas udara jenuh oleh udara dengan kelembaban yang sama tidak dapat mempertahankan laju penguapan itu, hal ini hanya akan terjadi jika udara yang masuk itu lebih sering daripada yang dipindahkan (Durrus, 2016).

2.3.3 Kecepatan Angin (U)

Jika air menguap ke atmosfer maka lapisan batas 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 tersebut. Jadi, kecepatan angin memegang peranan yang penting dalam proses evaporasi (Rifai, 2008).

2.3.4 Radiasi Matahari (n/N)

Evaporasi merupakan konversi air ke dalam uap air. Proses ini berjalan terus hampir tanpa berhenti di siang hari dan kerap kali 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 (Rifai, 2008).

2.3.5 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah air dalam tanah yang naik ke udara melalui tumbuh-tumbuhan. Transpirasi dan evaporasi dari permukaan bersama-sama disebut evapotranspirasi atau kebutuhan air (*consumptive-use*) (Sosrodarsono, 2007). Evapotranspirasi dapat dihitung dengan rumus-rumus teoritis-empiris dengan mempertimbangkan faktor meteorologi seperti sinar matahari (radiasi), angin, kelembaban relatif dan suhu (temperatur). Evapotranspirasi tanaman merupakan kebutuhan air tanaman yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, yang merupakan hasil kali dengan koefisien tanaman, berikut adalah rumus dari evapotranspirasi tanaman (Sosrodarsono, 2007):

$$ET_c = k_c \times E_{to} \dots \dots \dots (2.6)$$

keterangan :

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)

Digunakan metode Penman untuk mendapatkan nilai evapotranspirasi tanaman acuan (E_{to}), dengan rumus:

$$E_{to} = c \cdot E_{to}^* \dots \dots \dots (2.7)$$

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

keterangan :

c : Angka koreksi Penman m

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 : tekanan uap sebenarnya

RH : kelembaban udara relatif (%)

2.4 Analisa Kebutuhan Air Untuk Irigasi

2.4.1 Pola Tata Tanam

Pola tata tanam adalah jadwal rencana mengenai tanaman yang akan ditanam pada waktu tertentu, penetapan pola tata tanam yang baik diperlukan untuk peningkatan produksi pertanian. Pola tata tanam yang ada di suatu daerah berbeda dengan daerah yang lain, hal ini karena karakteristik setiap daerah berbeda. Dua hal pokok yang menjadi dasar diperlukannya pola tata tanam yaitu:

- a. Pada musim kemarau persediaan air terbatas.
- b. Pemanfaatan air yang terbatas dengan sebaik-baiknya agar setiap petak mendapatkan sejumlah air yang dibutuhkan.

Tujuan dari penerapan pola tata tanam adalah sebagai berikut:

- 1) Peningkatan produksi pangan.
- 2) Menetapkan jadwal tanam agar memudahkan pengelolaan air irigasi.
- 3) Menghindari ketidakseragaman tanaman.

4) Mengetahui kebutuhan air tanaman.

Untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman, penentuan pola tata tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan agar jumlah air yang tersedia yang dihubungkan dengan pola tata tanam.

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

Ketersediaan Air untuk Jaringan Irigasi	Pola Tanam untuk Satu Tahun
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

2.4.2 Koefisien Tanaman

Koefisien tanaman dibutuhkan untuk perhitungan evapotranspirasi potensial (ET_p) yang dipakai dalam rumus Penman. Koefisien yang dipakai harus didasarkan pada pengalaman yang terus menerus pada daerah studi. Koefisien tanaman dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Koefisien tanaman

Padi (Varietas Unggul)		Palawija (Jagung)	
Umur		Umur	
Umur (hari)	k	(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: Sosrodarsono, 2007

2.4.3 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). Laju perkolasi sangat tergantung pada sifat-sifat tanah. Data-data mengenai perkolasi akan diperoleh dari penelitian kemampuan tanah. Laju perkolasi normal pada tanah lempung sesudah dilakukan penggenangan berkisar antara 1 sampai 3 mm/hr. 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 : Rifai, 2008

2.4.4 Kebutuhan Penyiapan Lahan

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

- Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan penyiapan lahan
- Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan.

Untuk tanah bertekstur berat tanpa retak-retak kebutuhan air untuk penyipan 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.

2.4.5 Penggantian Lapisan Air (WLR)

Pergantian lapisan air dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan air yang terputus akibat kegiatan di sawah dengan ketentuan sebagai berikut:

- WLR diperlukan saat terjadi pemupukan maupun penyiangan, yaitu 1-2 bulan dari transplanting.

- b. WLR = 50 mm (diperlukan penggantian lapisan air, diasumsikan 50 mm).
- c. jangka waktu WLR = 1,5 bulan (selama 1,5 bulan air digunakan untuk WLR sebesar 50 mm).

2.5 Optimasi

Air merupakan kebutuhan pokok bagi makhluk hidup di bumi ini. Sejalan dengan meningkatnya keadaan sosial ekonomi masyarakat, maka kebutuhan air semakin beragam jenisnya, jumlahnya juga semakin meningkat, disamping tuntutan ketersedianya pada waktu dan tempat yang berbeda – beda pula. Oleh karena itu perlu adanya penjatahan air supaya tujuan tersebut dapat dicapai, maka perlu dibuat suatu model sehingga dapat dilakukan analisa optimasi.

Dalam hal yang dimaksud dengan model optimasi adalah penyusunan model suatu 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 dicapai.

Optimasi penggunaan air irigasi dimaksudkan sebagai pengaturan debit air di beberapa daerah sehingga pada waktu tertentu didapat manfaat yang sebesar – besarnya. Manfaat disini yaitu berupa hasil produksi pertanian yang dihasilkandengan adanya air irigasi tersebut. Mengatur debit air, dimaksudkan sebagai membagi debit air yang tersedia untuk dibagikan kepada masing masing daerah yang memerlukan pengairan. Yang dimaksud dalam teknik optimasi berkendala antara lain:

- a. *Langrange Multipliers* (Pendarap Langrange)

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

- b. *Linier Programming* (Programasi Linier)

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

- c. *Quadratic Programming* (Program Kuadratik)

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

d. *Geometric Programming* (Program Geometrik)

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

e. *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*).

2.6 Program Dinamik

Program dinamik (*dynamic programming*) adalah suatu kumpulan teknik-teknik programisasi matematis yang digunakan untuk pengambilan keputusan yang terdiri dari banyak tahap (*multistage*). Suatu masalah pengambilan keputusan yang *multistage* dipisah-pisahkan menjadi suatu seri masalah (submasalah) yang berurutan dan saling berhubungan. Programisasi dinamik dikembangkan pertama kali oleh Richard E. Bellman pada tahun 1957 (Subagyo, 2004).

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, 2002).

2.6.1 Konsep Dasar Program Dinamik

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, 2004: 181). Program dinamik stokastik menangani situasi dimana sebagian atau semua parameterparameter 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 parameterparameter secara eksak. Cara analisan sensitivitas memang dapat digunakan untuk mempelajari efek dari perubahan-perubahan nilai-nilai dari parameter-parameter problem pada solusi optimal. Analisa pada studi ini memakai program dinamik karena beberapa alasan sebagai berikut:

- a. Pada persoalan program dinamik ini tidak ada formulasi matematis yang standar sehingga persamaan-persamaan yang terpilih untuk digunakan disesuaikan dengan masing-masing situasi yang dihadapi.
- b. Optimasi yang dilakukan adalah pada setiap bangunan bagi, sadap, dan bagi sadap dimana di setiap bangunan itu lahannya ditanami tanaman yang tidak sejenis sehingga variabelnya bersifat acak.

2.6.2 Elemen-Elemen Model Program Dinamik

Elemen-elemen model program dinamik adalah sebagai berikut :

- a. 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 daerah bendungan Jatimlerek.

b. Variabel Keputusan/*Decision Variable* (d_n)

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.

c. 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.

d. 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.

$$r_n = r(S_n, S_{n+1}, d_n) \dots\dots\dots(2.8)$$

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

e. Transformasi Tahap/*Stage*

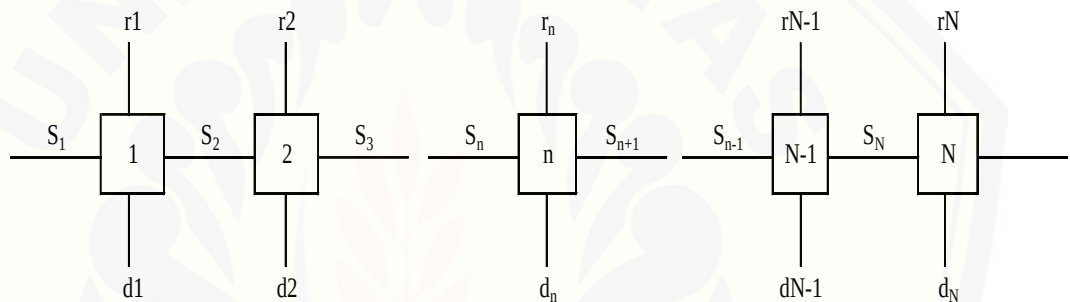
Transformation atau Transisi Status/*State Transition* (t_n) merupakan suatu transformasi nilai tunggal yang menyatakan hubungan

antara variabel-variabel S_n (status input), S_{n+1} (status output), dan d_n (keputusan), yang dinyatakan sebagai persamaan berikut:

$$S_{n+1} = t_n(S_n, d_n) \dots\dots\dots(2.9)$$

f. *Stage Transformation*

Stage Transformation adalah perubahan air tersedia sampai air yang terdistribusikan pada tiap bangunan bendungan Jatimlerek. *Stage Transformation* dalam studi ini adalah perubahan air tersedia sampai air yang terdistribusikan pada tiap bangunan irigasi pada daerah irigasi. Diagram urutan problem dinamik serial dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2. 1 Skema elemen-elemen program dinamik

2.6.3 Prosedur Perhitungan

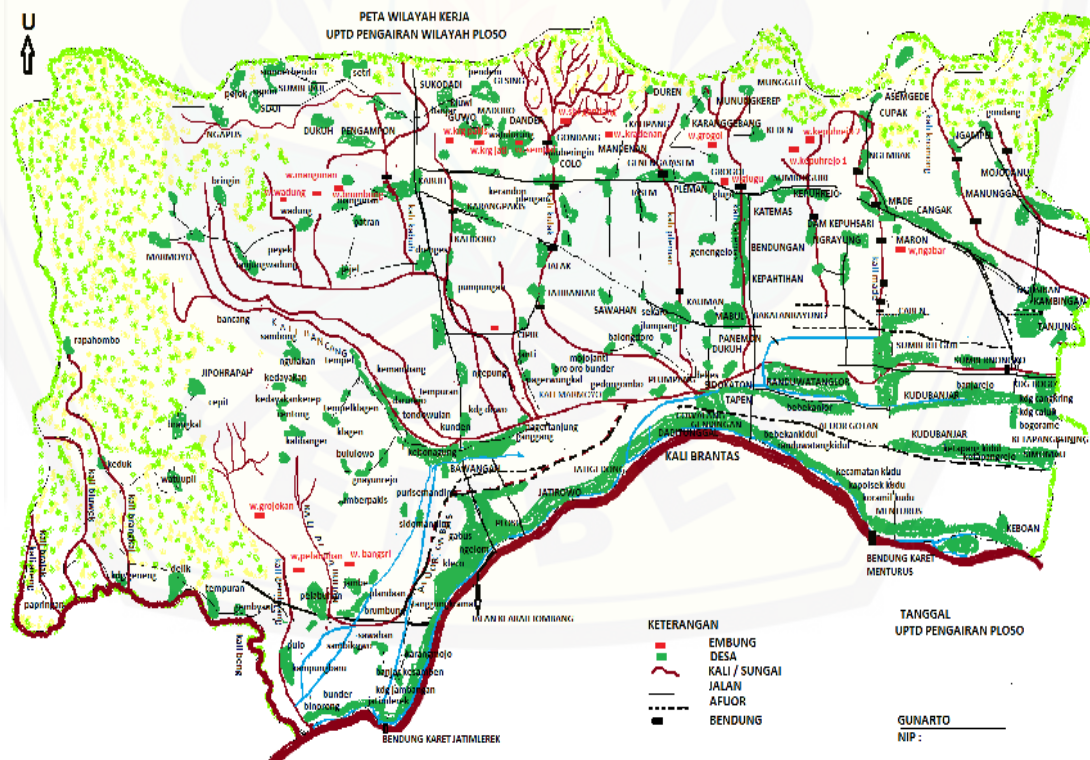
Teknik perhitungan programisasi dinamik terutama didasarkan pada prinsip optimasi recursive (bersifat pengulangan) yang diketahui sebagai prinsip optimalisasi (*principle of optimality*). Prinsip ini mengandung arti bahwa bila dibuat keputusan multistage mulai pada tahap tertentu, kebijakan optimal untuk tahap-tahap selanjutnya tergantung pada ketetapan tahap permulaan tanpa menghiraukan bagaimana diperoleh suatu ketetapan tertentu tersebut (Subagyo, 2004).

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Daerah Studi

Bendungan Jatimlerek berada di Kecamatan Plandaan Kabupaten Jombang yang digunakan untuk menaikkan muka air Sungai Brantas bagian tengah pada musim kemarau, untuk mensuplai air irigasi pada persawahan dengan luas baku hektar 5981 pada 110°30' BT – 112°55' BT dan 7°01' LS – 8°15' LS.

Selain digunakan untuk irigasi, bendungan ini juga digunakan untuk pengendalian banjir Sungai Brantas, khususnya pada bagian hilir yang melewati Kota Surabaya. Bendungan ini memiliki tipe operasi isian udara, sehingga lebih dikenal dengan sebutan "dam karet", dengan 6 pintu serta memiliki lebar dasar 150 meter. Bendungan Gerak Jatimlerek dioperasikan oleh Perum Jasa Tirta 1.



Gambar 3.1 Peta Daerah Irigasi Bendungan Jatimlerek

Sumber :UPTD Pengairan Ploso

3.2 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 Jombang dan Dinas Pertanian Kabupaten Jombang.

3.3 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 data sekunder yang diperlukan :

a. Data Curah Hujan

Data curah hujan diperlukan untuk mengetahui curah hujan andalan dan curah hujan efektif yang digunakan untuk menentukan kebutuhan air tanaman di daerah irigasi tersebut. Data curah hujan yang digunakan tahun 2008-2018.. Data curah hujan diperoleh dari UPTD Pengairan Ploso dengan mengambil 3 stasiun hujan, yaitu stasiun hujan Ploso, stasiun hujan Kabuh, dan stasiun hujan Mangunan.

b. Data Debit

Data debit diperlukan untuk mengetahui debit yang ada pada intake di daerah irigasi tersebut. Data debit yang digunakan tahun 2009-2018. Data debit diperoleh dari UPTD Pengairan Ploso dengan kebutuhan debit untuk aliran irigasi sebesar 120,40 Km².

c. Data Klimatologi

Data klimatoogi yang dibutuhkan adalah data evapotranspirasi, suhu/temperatur, kelembaban udara, kecepatan angin, dan radiasi matahari. Data klimatologi yang digunakan tahun 2008 – 2018.

d. Data Analisa Hasil Usaha Tani

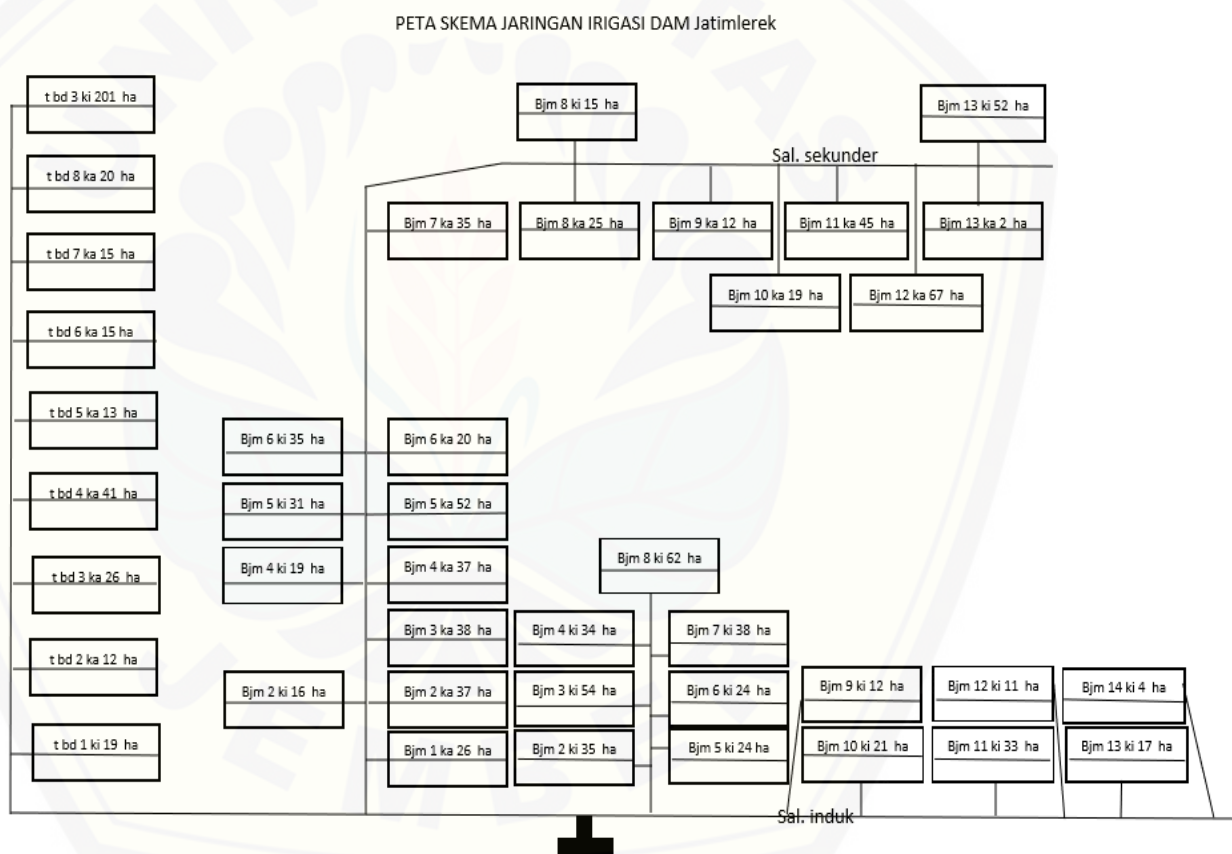
Data tersebut digunakan sebagai variabel untuk mencari nilai keuntungan maksimum dalam perhitungan optimasi. Data yang digunakan tahun 2018. Data tersebut diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten Jombang.

e. 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 Jombang.

f. 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.



Gambar 3.2 Peta Skema Jaringan Irigasi Bendungan Jatimlerek

Sumber : UPTD Pengairan Ploso

3.4 Langkah-langkah Pengolahan Data

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

- a. mengolah data curah hujan,
 - 1) mengolah data curah hujan andalan dengan metode tahun penentu (*basic year*),
 - 2) menghitung curah hujan efektif dengan input curah hujan andalan,
- b. mengolah data debit andalan,
- c. mengolah data klimatologi,
 - 1) mengolah data klimatologi sehubungan dengan penyiapan lahan digunakan Metode Van De Goor Dan Zijlstra,
 - 2) data klimatologi diperlukan untuk menghitung nilai evapotranspirasi dengan Metode Penman,
- d. menghitung besarnya kebutuhan air tanaman,
- e. menghitung kebutuhan air di sawah,
- f. menghitung kebutuhan air di intake,
- g. menghitung neraca air untuk menentukan apakah debit yang tersedia dapat mencukupi debit yang dibutuhkan, dan
- h. optimasi pola tata tanam,

Optimasi alokasi air pada petak tersier dilakukan dengan menggunakan program dinamik dengan fungsi tujuan memaksimalkan hasil produksi dengan kendala debit air yang tersedia, kebutuhan air irigasi dan luas lahan pertanian.

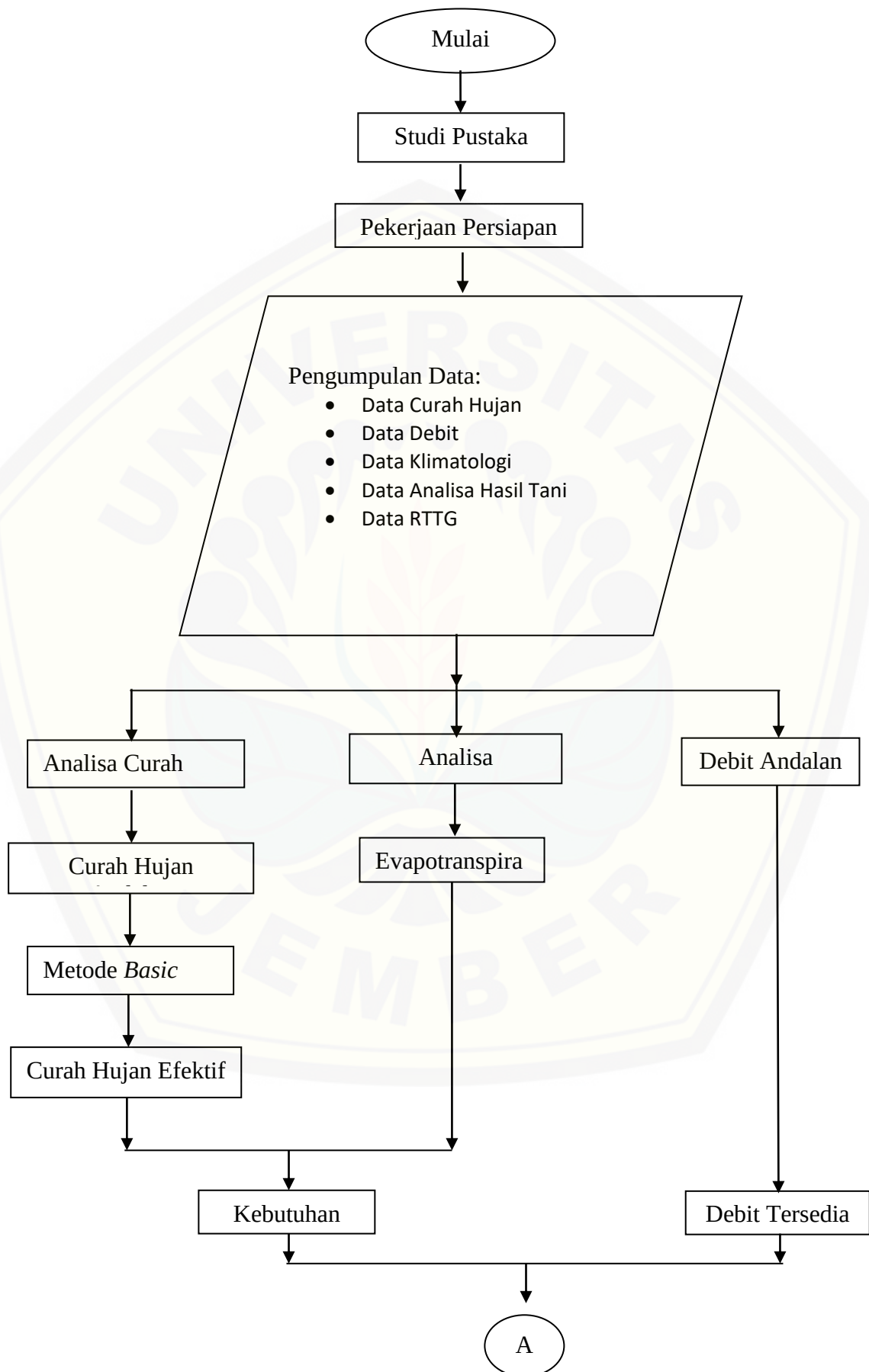
3.5 Tahapan Perhitungan Program Dinamik

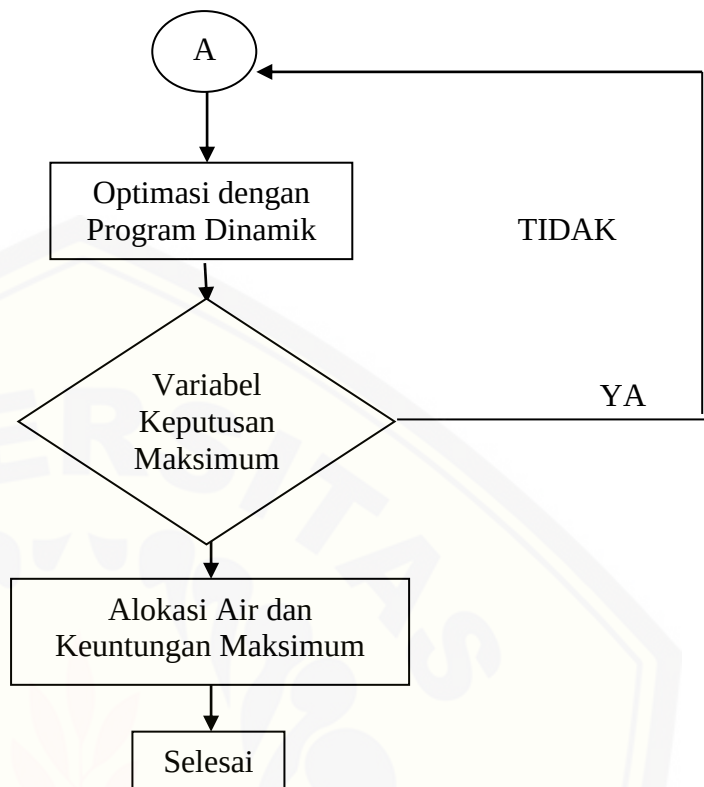
Prosedur penyelesaian untuk permasalahan optimasi alokasi air dengan program dinamik dilakukan sebagai berikut:

1. menghitung besarnya volume air yang dibutuhkan untuk masing-masing bangunan bagi, sadap dan bagi sadap yang akan dikaji,

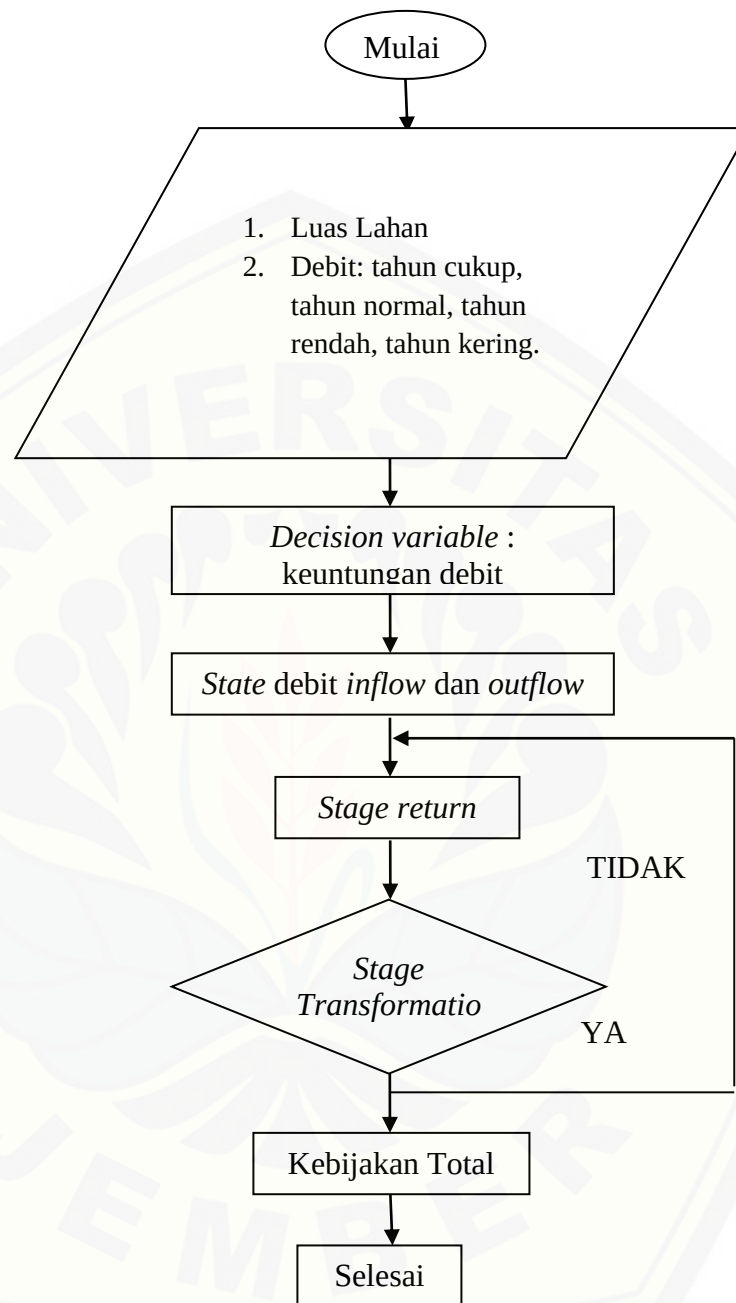
2. menghitung besar volume air yang tersedia dari debit andalan yang dialirkan secara terus menerus,
3. volume yang dibutuhkan dan volume yang tersedia, dapat dihitung luas lahan yang teraliri oleh debit yang ada pada tiap periode tanam pada masing-masing bangunan bagi, sadap dan bagi sadap,
4. menentukan 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 penyelesaian skripsi seperti diagram penyelesaian optimasi menggunakan program dinamik dapat dilihat pada gambar 3.2 dan 3.3





Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.4 Diagram Alir Pengolahan Program Dinamik\

BAB 5. PENUTUP

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 tebu pada masing- masing musim tanam adalah:
 - 1) Tahun cukup pada saat $MH = 24 \text{ m}^3/\text{det}$, $MK \text{ I} = 29,51 \text{ m}^3/\text{det}$, dan $MK \text{ II} = 12,32 \text{ m}^3/\text{det}$.
 - 2) Tahun normal pada saat $MH = 33,11 \text{ m}^3/\text{det}$, $MK \text{ I} = 30,77 \text{ m}^3/\text{det}$, dan $MK \text{ II} = 17,87 \text{ m}^3/\text{det}$
 - 3) Tahun rendah pada saat $MH = 35,8 \text{ m}^3/\text{det}$, $MK \text{ I} = 30,47 \text{ m}^3/\text{det}$, dan $MK \text{ II} = 18,76 \text{ m}^3/\text{det}$
 - 4) Tahun kering pada saat $MH = 63,86 \text{ m}^3/\text{det}$, $MK \text{ I} = 33 \text{ m}^3/\text{det}$, dan $MK \text{ II} = 19 \text{ m}^3/\text{det}$
- b. Dengan penerapan program dinamik di daerah irigasi Jatimlerek pola tata tanam optimum sebagai berikut:
 - 1) Musim Hujan : Padi /tebu
 - 2) Musim MK I : Padi / palawija /tebu
 - 3) Musim MK II : Palawija / tebu
- c. Luas lahan optimal yang dapat terairi pada masing-masing bangunan bagi, sadap, dan bagi sadap berdasar pada keandalan debit air irigasi sesudah diterapkan program dinamik mencapai 100% dengan kombinasi luas areal total:
 - 1) Tahun cukup untuk padi 4347 ha dan palawija 1634 ha
 - 2) Tahun normal untuk padi 3997 ha dan palawija 2107 ha
 - 3) Tahun rendah untuk padi 3974 ha dan palawija 1984 ha
 - 4) Tahun kering untuk padi 1709 ha dan palawija 3824 ha

Dengan penerapan program dinamik, keuntungan yang diperoleh dari debit yang dialirkan sebagai berikut:

 - 1) Tahun cukup sebesar Rp 90.239.784.195,27 dengan peningkatan keuntungan sebesar 23,47%.
 - 2) Tahun normal sebesar Rp 86.904.983.310,93 dengan peningkatan keuntungan sebesar 31,35%.

- 3) Tahun rendah adalah sebesar Rp 88.818.984.562,42 dengan peningkatan keuntungan sebesar 31,87%.
- 4) Tahun kering sebesar Rp 65.318.263.206,83 dengan peningkatan keuntungan sebesar 56.08%.

5.2 Saran

1. Setelah memperhatikan hasil analisis yang dilakukan, pola tata tanam yang ada di lapangan yaitu Padi / tebu - Padi / palawija / tebu - palawija / tebu 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 mengaliri semua lahan pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfin, 2014. *Studi Peningkatan Keuntungan Melalui Optimasi Sistem Pemberian Air Daerah Irigasi Gemblung Kanan dengan Program Dinamik*. Jurnalpengairan.ub.ac.id, Malang.
- Argyan, 2010. *Evatranspirasi Tanaman*. Wordpress, Bogor.
- Bolota, 2017. *Studi Optimasi Pola Operasi Waduk Seilimeum Kecamatan Seilimeum Kabupaten Aceh Besar*. Jurnalpengairan.ub.ac.id, Malang.
- Bing, Liu, 2007. *Optimization of Planting Structure for Irrigation Area with Biannual Cropping Patterns in Xinjinang Oasis in China*. Preprints, China.
- Dimyati, 2002. *Optimasi Irigasi dengan Program Dinamik di Metro Hilir*. Jurnalpengairan.ub.ac.id, Malang.
- Durrus, 2016. *Analisa Klimatologi*. Eprints.ums.ac.id, Solo.
- Emmy, 2018. *Kajian Optimasi Pola Tata Tanam Daerah Irigasi Samboja*. Ejurnal.untag-smd.ac.id, Samarinda.
- FM, Arif, 2012. *Analisa Data Hujan Stasiun Klimatologi*. Portal Garuda, Semarang.
- Hamzah, Maysita, 2015. *Analisa Curah Hujan Efektif Harian untuk Menentukan Pola Tata Tanam pada Sawah Tadah Hujan*. ETD, Aceh.
- Hasan, 2012. *Optimasi Irigasi dengan Program Dinamik di Metro Hilir*. Jurnalpengairan.ub.ac.id, Malang.
- Hasanah, 2015. *Penentuan Nilai Evatranspirasi dan Koefisien Tanaman Padi*. Repository.ipd.ac.id, Bogor.
- Heriawan, 2013. *Optimasi Air Irigasi Pada Daerah Irigasi Bajulmati Kabupaten Banyuwangi Menggunakan Program Dinamik*. Repository Unej, Jember.
- Hilma, 2016. *Optimasi Air Waduk Gondang dengan Metode Dinamik Deterministik*. Jurnalpengairan.ub.ac.id, Malang.
- Hoesein, 2010. *Program Dinamik*. Portal Garuda, 2010. Portal Garuda, Malang.
- Mayapusita, 2011. *Metode Perkolasi*. Wordpress, Surabaya.
- Murtiningrum, 2017. *Penyusunan Rencana Tata Tanam*. Irigasi.tp.ugm.ac.id, Yogyakarta.
- Puspita, Norma, 2015. *Analisa Frekuensi dan Probabilitas Curah Hujan*. Academia.edu, Malang.
- Purwanto, 2006. *Analisa Kebutuhan Air Irigasi pada Daerah Irigasi Bendung Mricani*. Jurnal.umy.ac.id, Yogyakarta.

- Putra, 2014. *Studi Peningkatan Keuntungan Melalui Optimasi Sistem Pemberian Air Daerah Irigasi Gembleng Kanan Dengan Program Dinamik*. Repository Unej, Jember.
- R. Shreedhar, 2013. *Multi Crop Organization Using Dynamic Programming Model for Maximum Net Benefit*. Sciencepunbo, India.
- Riani, 2015. *Sumber Daya Air*. RSS, Malang.
- Riani, 2016. *Optimasi Pola Tata Tanam di Daerah Irigasi Pringduri Kecamatan Dami Kabupaten Bondowoso dengan Program Dinamik*. Repository Unej, Jember.
- Rifai, 2008. *Analisis Hidrologi*. Esprints.undip.ac.id , Semarang.
- Rustan, 2012. *Studi Optimasi Sistem Operasi Bendung Gerak Benteng dengan Program Dinamik*. Jurnalpengairan.ub.ac.id, Malang.
- Setyono, 2016. *Studi Optimasi Pola Tata Tanam Daerah Irigasi Gong-Gong Kecamatan Parang Kabupaten Magetan*. Ejurnal.umm.ac.id, Malang.
- Sosrodarsono, 2006. *Curah Hujan Andalan dan Aplikasi Penetapan Pola Tata Tanam Pertanian Kabupaten Bandung*. Bionatura, Bandung.
- Subagyo, 2004. *Optimasi Irigasi dengan Program Dinamik*. Jurnalpengairan.ub.ac.id, Malang.
- Suzanti, 2015. *Optimasi Alokasi Air Daerah Irigasi Colo*. Eprints.ums.ac.id, Solo.
- Umam, Khairul, 2017. *Debit andalan*. Scribd, Jayapura.
- Yulianri, R, 2014. *Optimasi Alokasi Air untuk Irigasi Menggunakan Program Dinamik*. Repository.unib.ac.id, Bengkulu.