

**STUDI OPTIMASI DISTRIBUSI AIR IRIGASI PADA
DAERAH IRIGASI TENGORO KABUPATEN BANYUWANGI**

DENGAN PROGRAM DINAMIK STOKASTIK

T E S I S

**TEKNIK PENGAIRAN
MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Magister Teknik



**SARI NALURITA
NIM. 146060404011012**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2016

TESIS

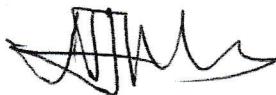
STUDI OPTIMASI DISTRIBUSI AIR IRIGASI PADA DAERAH IRIGASI TENGORO KABUPATEN BANYUWANGI DENGAN PROGRAM DINAMIK STOKASTIK

**SARI NALURITA
146060404011012**

telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 07 Desember 2016
dinyatakan telah memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar Magister Teknik

Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama



Dr. Ir. Lily Montarcih Limantara, M.Sc.
NIP. 19620917 198701 2 001

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Tri Budi Prayogo, ST., MT.
NIP. 19720320 199512 1 001

Malang, 2016

Universitas Brawijaya
Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Pengairan
Ketua Program Magister Teknik Pengairan



PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Tesis ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi/Tesis/Disertasi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 07 Desember 2016



Sari Nalurita

146060404011012

**JUDUL : STUDI OPTIMASI DISTRIBUSI AIR IRIGASI PADA DAERAH
IRIGASI TENGORO KABUPATEN BANYUWANGI DENGAN
PROGRAM DINAMIK STOKASTIK**

Nama Mahasiswa : Sari Nalurita

NIM : 146060404011012

Program Studi : Magister Teknik Pengairan

Minat : Manajemen Sumber Daya Air

KOMISI PEMBIMBING :

Ketua : Prof. Dr. Ir. Lily Montarcih Limantara, M.Sc.

Anggota : Dr. Eng. Tri Budi Prayogo, ST., MT

TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Pengaji 1 : Dr. Ir. Widandi Soetopo, M.Eng.

Dosen Pengaji 2 : Dr. Eng. Evi Nur Cahya, ST., MT.

Tanggal Ujian : 07 Desember 2016

SK Pengaji : 1530/UN.10.6/SK/2016

IDENTITAS TIM PENGUJI

*Karya ilmiah ini kupersembahkan untuk
Bapak dan Ibuk tercinta,
Suami tercinta dan putra tersayang,
Mbak dan adik-adikku tersayang,
Kakak ipar dan keponakan-keponakan,
Seluruh keluarga besar
Tidak akan ada aku yang sekarang
doa, dukungan, cinta dan kasih sayang
dari semua yang tulus menyayangiku*



UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyelesaian tesis ini, penulis mendapat bantuan dari banyak pihak. Sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tersayang, bapak Drs. Sutrisno Effendi dan ibu Sri Astuti Assiradj, SE., yang telah melahirkan, merawat, mendidik dengan penuh kasih sayang dan selalu mendoakan yang terbaik bagi penulis hingga dapat menyelesaikan studi S2.
2. Suami tercinta mas Hendryk Rachmad Septavianto, SE. dan ananda tersayang Athariz Ahzafani, yang tak hentinya memberi doa, kasih sayang, dukungan dan semangat dalam setiap kesempatan.
3. Saudara kandungku, mbak Dyan, dek Tia, dek Fia, kakak ipar mas Arif, dan keponakan-keponakan, Aqbilal & Abidzar yang turut memberi doa dan dukungan selama ini.
4. Ibu mertua Zanifah Aryandi dan bapak mertua Wowok Basuki Rachmad, yang turut memberi doa dan dukungan.
5. Pemerintah Kabupaten Banyuwangi dan Badan Kepegawaian dan Diklat Kabupaten Banyuwangi yang telah memberikan ijin untuk menempuh tugas belajar.
6. Bapak Kepala Dinas PU Pengairan Kabupaten Banyuwangi, Dr. Ir. H. Guntur Priambodo, MM., beserta seluruh pejabat dan rekan-rekan staf yang telah memberi dorongan menempuh studi.
7. UPT PSDA di Bondowoso dan Dinas Pertanian, Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Banyuwangi yang turut membantu dalam penyediaan data untuk analisa.
8. Sahabat-sahabat terbaik yang senantiasa mendukung dan mendoakan dan teman-teman karyasiswa PUPR program studi MSDA angkatan 2014 yang telah saling memberi semangat dan turut membantu selama masa studi.
9. Semua pihak yang telah memberikan bantuan, teman-teman Teknik Pengairan, alumni Teknik Pengairan, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu atas seluruh dukungan sehingga Tesis ini dapat selesai.

Malang, Desember 2016
Penulis

STUDI OPTIMASI DISTRIBUSI AIR IRIGASI PADA DAERAH IRIGASI TENGORO KABUPATEN BANYUWANGI DENGAN PROGRAM DINAMIK STOKASTIK

Sari Nalurita¹, Lily Montarcih L.², Tri Budi Prayogo¹

¹Mahasiswa Program Magister Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

email: ieytha.nalurita@gmail.com, lilymont@ub.ac.id, tribudip@ub.ac.id

Kabupaten Banyuwangi memiliki potensi yang cukup besar dalam penyediaan kebutuhan pangan terutama beras dikarenakan lahan pertanian padi yang masih terbentang luas. Kabupaten Banyuwangi memiliki luas baku sawah 66.152 ha yang diantaranya adalah daerah irigasi (DI) Tengoro dengan baku sawah 1.074 ha, terletak di desa Songgon kecamatan Songgon. Besarnya debit yang fluktuatif pada tiap musim mengakibatkan terjadi kekurangan air sehingga diberlakukan sistem gilir untuk pemberian airnya. Meskipun telah diterapkan sistem gilir, masih saja tidak mampu mengoptimalkan distribusi air irigasi, sehingga capaian intensitas tanam kurang maksimal. Pada studi ini dikaji ulang agar tercukupi kebutuhan air irigasi melalui upaya optimasi distribusi air irigasi. Salah satu model optimasi yang dapat diterapkan pada suatu daerah irigasi adalah dengan program dinamik.

Pada studi ini, dilakukan optimasi distribusi air irigasi pada DI Tengoro menggunakan program dinamik stokastik. Optimasi dilakukan untuk musim tanam MH (musim hujan) dan MK 1 (musim kemarau 1) agar tidak lagi terjadi kekurangan air bila menerapkan pola tata tanam yang direncanakan pada RTTG periode 2015/2016. Optimasi dilakukan agar sebaran ketersediaan air yang ada mampu mencukupi kebutuhan air irigasi pada tiap bangunan irigasi sehingga didapat hasil berupa keuntungan yang maksimal dengan pemanfaatan air serta efisiensi irigasi yang optimal.

Dengan menerapkan program dinamik stokastik, dapat diketahui total sebaran air saat MH sebesar $1,542 \text{ m}^3/\text{det}$ dari yang sebelumnya $1,162 \text{ m}^3/\text{det}$ dan pada saat MK I sebesar $1,409 \text{ m}^3/\text{det}$ dari yang sebelumnya $1,162 \text{ m}^3/\text{det}$. Tingkat efisiensi irigasi secara keseluruhan meningkat dari sebelum optimasi yaitu sebesar 86,52% menjadi sebesar 97,27%. Dengan kata lain prosentase pemakaian air setelah optimasi terhadap pemakaian

Repository Universitas Brawijaya
air sebelum optimasi yaitu sebesar 98,88%. Dan keuntungan maksimal yang diperoleh untuk MH sebesar Rp 9.329.487.956,68 (meningkat 20,84% dari sebelum optimasi), pada MK 1 sebesar Rp 8.143.711.211,34 (meningkat 0,85% dari sebelum optimasi).

Kata kunci: optimasi, irigasi, DI, Tengoro, program dinamik, stokastik.

STUDY OF OPTIMIZATION OF WATER IRRIGATION DISTRIBUTION IN TENGORO IRRIGATION AREA OF BANYUWANGI WITH STOCHASTIC DYNAMIC PROGRAM

Sari Nalurita¹, Lily Montarcih L.², Tri Budi Prayogo²

¹Master student, Engineering Faculty, University Of Brawijaya

²Lecturer, Engineering Faculty, University Of Brawijaya

email: ieytha.nalurita@gmail.com, lilymont@ub.ac.id, tribudip@ub.ac.id

Banyuwangi has considerable potential in food supply, especially rice because rice agricultural land that is still widespread. Banyuwangi regency has an area of 66.152 ha of raw rice fields which include Tengoro irrigation area with 1.074 ha of rice fields, located in Songgon, subdistrict Songgon. The amount of fluctuated discharge in every season resulted in a shortage of water so that the shift system is implemented for the provision of water. Although the shift system has been implemented, it was still not able to optimize the distribution of water irrigation, so that the achievements of cropping intensity less than the maximum. In this study, it was re-examined so that it can fulfill the needs of water irrigation through water irrigation distribution optimization effort. One model of optimization that can be applied to an area of irrigation is by using a dynamic program.

In this study, the optimization was done to the water irrigation distribution at the Tengoro by using stochastic dynamic program. Optimization was done for rainy season and the first dry season for no longer any shortage of water when applying the pattern of planting planned for the 2015-2016 period of RTTG. Optimization was done so that the distribution of water availability is able to meet the needs of water irrigation at each irrigation so that the results obtained in the form of maximum benefit to the use of water and optimal irrigation efficiency.

By applying stochastic dynamic program, it can be seen when the rainy season water distribution total of 1,542 m³/s from the previous 1,162 m³/s and at first dry season amounted to 1,409 m³/s from the previous 1,162 m³/s. The level of overall irrigation efficiency increased from the previous optimization in the amount of 86,52% to 97,27%.

SUMMARY

In other words, the percentage of water use after the optimization of water usage before optimization that is equal to 98,88%. And maximum benefits are derived at rainy season

Rp 9.329.487.956,68 (increased by 20,84% from before optimization), at first dry season

Rp 8.143.711.211,34 (increased by 0,85% from before optimization).

Keywords: optimization, irrigation, Tengoro, dynamic program, stochastic.



PENGANTAR

Segala puji syukur penyusun panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul **"Studi Optimasi Distribusi Air Irigasi pada Daerah Irigasi Tengoro Kabupaten Banyuwangi dengan Program Dinamik Stokastik"**.

Dengan kesungguhan dan rasa rendah hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lily Montarcih Limantara, M.Sc., selaku ketua komisi pembimbing dan Bapak Dr. Eng. Tri Budi Prayogo, ST., MT., selaku anggota yang telah memberikan saran dan bimbingan selama penyusunan Tesis ini.
2. Bapak Dr. Ir. Widandi Soetopo, M. Eng. dan Ibu Dr. Eng. Evi Nur Cahya, ST., MT., selaku dosen penguji, atas masukan dan saran dalam penyempurnaan Tesis ini.
3. Bapak Dr. Ery Suhartanto, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Kepala BPSPM Kementerian PUPR yang telah memberi penulis kesempatan untuk menempuh S2 dengan beasiswa.
5. Kedua orang tua, mertua, suami, anak, kakak, adik-adik, kakak ipar dan keponakan-keponakan tercinta, atas kasih sayang dan dukungan yang tulus.
6. Bapak dan Ibu dosen pengampu mata kuliah pada Program Pascasarjana Pengairan Minat Manajemen Sumber Daya Air Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
7. Teman-teman karyasiswa PUPR program studi MSDA angkatan 2014 yang telah saling memberi semangat dan turut membantu selama masa studi serta semua pihak yang tak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mengharapkan saran maupun kritik yang bermanfaat untuk penyempurnaan tesis ini.

Malang, Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI**Halaman**

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	1
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Tujuan	3
1.6 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Kebutuhan Air Irrigasi	5
2.3 Data Sebaran Probabilitas	6
2.3.1 Perhitungan Frekuensi Kelas	7
2.3.2 Pendekatan Sebaran Teoritis	7
2.3.2.1. Distribusi Log Pearson III	8
2.3.2.2. Uji Chi-Square	8
2.3.2.3. Uji Smirnov-Kolmogorov	10
2.4 Model Optimasi	11
2.4.1 Model Stokastik	11
2.4.2 Proses Stokastik	13
2.5 Program Dinamik	13
2.5.1 Konsep Dasar Program Dinamik	14
2.5.2 Elemen-Elemen Model Program Dinamik	14
2.5.3 Karakteristik Operasional Program Dinamik	16
2.5.4 Prosedur Recursif	17
2.5.5 Keterbatasan Program Dinamik	17
2.6 Program Dinamik Stokastik	18
2.6.1 Lingkup Optimasi Program Dinamik Stokastik	20
2.6.2 Prosedur Penyelesaian	20
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Daerah Studi	23
3.2 Metode Pengumpulan Data	29

Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya	Repository Universitas Brawijaya
3.3 Langkah-langkah Pengolahan Data	30
3.4 Model Program Dinamik Stokastik untuk Distribusi Air Irrigasi DI Tengoro	30
3.5 Tahapan Perhitungan Program Dinamik Stokastik	31
3.6 Kondisi Eksisting	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Kebutuhan Air Irrigasi	39
4.2 Analisa Debit	41
4.2.1 Uji Chi-Square	41
4.2.2 Uji Smirnov Kolmogorov	42
4.3 Volume Air Irrigasi	42
4.3.1 Volume Air yang Dibutuhkan	43
4.3.2 Volume Air yang Tersedia	45
4.4 Data Sebaran Probabilitas	45
4.5 Analisa Manfaat	48
4.6 Analisa Optimasi	48
4.7 Hasil	56
BAB V PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	63

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Koefisien Pembanding LPR	6
Tabel 2.2.	Nilai FPR Berdasarkan Berat Jenis Tanah.....	6
Tabel 2.3.	Tabel perhitungan probabilitas dengan frekuensi kelas.....	7
Tabel 2.4.	Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Square (χ^2).....	9
Tabel 2.5.	Nilai kritis untuk uji Smirnov Kolmogorov.....	10
Tabel 2.6.	Bentuk Tabel <i>Expected Value</i>	21
Tabel 3.1.	Neraca Air Eksisting Periode Tanam 2014-2015.....	35
Tabel 3.2.	Neraca Air berdasar RTTG 2014-2015.....	37
Tabel 4.1.	Neraca Air berdasar RTTG 2015-2016	39
Tabel 4.2.	Perhitungan volume air yang dibutuhkan tiap bangunan irigasi	44
Tabel 4.3.	Sebaran Probabilitas Kebutuhan Air pada saat Musim Hujan.....	46
Tabel 4.4.	Sebaran Probabilitas Kebutuhan Air pada saat Musim Kemarau 1	47
Tabel 4.5.	Analisa Biaya Produksi dan Manfaat Irigasi per Hektar	48
Tabel 4.6.	Perhitungan nilai $F_4(x = 3)$	49
Tabel 4.7.	Expected Value dari keuntungan alokasi air pada MH	51
Tabel 4.8.	Expected Value dari keuntungan alokasi air pada MK 1	51
Tabel 4.9.	Optimasi tahap 1 (alokasi ke B. TG 1) pada saat MH	52
Tabel 4.10.	Optimasi tahap 2 (alokasi ke B. TG 2) pada saat MH	52
Tabel 4.11.	Optimasi tahap 3 (alokasi ke B. TG 3) pada saat MH	52
Tabel 4.12.	Optimasi tahap 4 (alokasi ke B. TG 4) pada saat MH	53
Tabel 4.13.	Optimasi tahap 5 (alokasi ke B. TG 5) pada saat MH	53
Tabel 4.14.	Optimasi tahap 1 (alokasi ke B. TG 1) pada saat MK 1	54
Tabel 4.15.	Optimasi tahap 2 (alokasi ke B. TG 2) pada saat MK 1	54
Tabel 4.16.	Optimasi tahap 3 (alokasi ke B. TG 3) pada saat MK 1	54
Tabel 4.17.	Optimasi tahap 4 (alokasi ke B. TG 4) pada saat MK 1	55
Tabel 4.18.	Optimasi tahap 5 (alokasi ke B. TG 5) pada saat MK 1	55
Tabel 4.19.	Perbandingan Hasil Optimasi dengan Program Dinamik Stokastik	56
Tabel 4.20.	Pola Sebaran Air untuk Mendapatkan Keuntungan Maksimal MH	56
Tabel 4.21.	Pola Sebaran Air untuk Mendapatkan Keuntungan Maksimal MK 1	57
Tabel 4.22.	Neraca Air setelah Optimasi.....	58

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
	Gambar 2.1. Model Stokastik	12
	Gambar 2.2. Proses Stokastik	13
	Gambar 2.3. Diagram Urutan Problem Dinamik Serial	14
	Gambar 2.4. Sifat stokastik berhubungan dengan akibat tahap	19
	Gambar 2.5. Sifat stokastik berhubungan dengan status	19
	Gambar 3.1. Peta Kabupaten Banyuwangi	24
	Gambar 3.2. Peta Lokasi Studi	25
	Gambar 3.3. Dam Tengoro	26
	Gambar 3.4. B.TG 1	26
	Gambar 3.5. B.TG 2	27
	Gambar 3.6. B.TG 4	27
	Gambar 3.7. Peta Skema Daerah Irigasi Tengoro	28
	Gambar 3.8. Model Sistem Daerah Irigasi Tengoro	31
	Gambar 3.9. Diagram Alir Penyelesaian Tesis	33
	Gambar 3.10. Diagram Alir Optimasi Tahapan Program Dinamik Stokastik	34
	Gambar 3.11. Grafik Neraca Air DI Tengoro Periode Tanam 2014-2015	36
	Gambar 3.12. Grafik Neraca Air DI Tengoro berdasar RTTG 2014-2015	38
	Gambar 4.1. Grafik Neraca Air DI Tengoro berdasar RTTG 2015-2016	40
	Gambar 4.2. Diagram Sebaran Probabilitas Kebutuhan Air pada saat MH	46
	Gambar 4.3. Diagram Sebaran Probabilitas Kebutuhan Air pada saat MK 1	47
	Gambar 4.4. Grafik Neraca Air setelah Optimasi	59



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran II-1	Log Pearson III-a Faktor Sifat Dist. Log Pearson Tipe III	65
Lampiran III-1	Kebutuhan Air Irigasi Eksisting Periode 2014-2015	66
Lampiran III-2	Kebutuhan Air Irigasi Berdasar RTTG 2014-2015	67
Lampiran IV-1	Kebutuhan Air Irigasi Berdasar RTTG 2015-2016	68
Lampiran IV-2	Perhitungan Sebaran Probabilitas pada saat MH	69
Lampiran IV-3	Perhitungan Sebaran Probabilitas pada saat MK 1	79
Lampiran IV-4	Luas Lahan Maksimal yang Bisa Ditanami	89
Lampiran IV-5	Keuntungan yang Dihasilkan 1 Unit Volume Air	91
Lampiran IV-6	Perhitungan Nilai $F_i(x)$ pada saat MH	92
Lampiran IV-7	Perhitungan Nilai $F_i(x)$ pada saat MK 1	97

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara agraris dengan hamparan lahan pertanian yang terbentang di seluruh wilayah terutama pedesaan. Salah satu wilayah di Indonesia yaitu propinsi Jawa Timur dengan luas wilayah administratif cukup besar adalah kabupaten Banyuwangi yang memiliki luas wilayah $5.782,50 \text{ km}^2$ merupakan daerah kawasan hutan (banyuwangikab.go.id).

Potensi yang cukup besar dalam penyediaan kebutuhan pangan terutama beras dimiliki kabupaten Banyuwangi dikarenakan lahan pertanian padi yang masih terbentang luas. Kabupaten Banyuwangi memiliki luas baku sawah 66.152 ha atau sekitar 11,44% (banyuwangikab.go.id) dari luas wilayah keseluruhan yang terbagi dalam 11 (sebelas) wilayah kerja Koordinator Eksplorasi Air Irigasi Wilayah (Korek Air).

Upaya pencapaian swasembada pangan nasional dilakukan melalui berbagai program termasuk pengembangan infrastruktur sumber daya air yang mendukung kegiatan irigasi. Pemanfaatan air yang merupakan sumber daya terpenting dalam bidang pertanian termasuk untuk kepentingan irigasi mengalami banyak problem, diantaranya adalah ketersediaan air yang terbatas dan rendahnya tingkat efisiensi irigasi karena kondisi salurran, maka perlu adanya sebuah rencana dalam memanfaatkan sumber daya air dengan baik agar dapat diperoleh keuntungan yang optimal dari ketersediaan air yang ada sesuai dengan fungsinya.

Berbagai upaya dapat dilakukan untuk memaksimalkan pemanfaatan air, diantaranya dengan teknik optimasi. Optimasi telah banyak dipakai dalam mengatasi masalah sumber daya air di wilayah tertentu, salah satunya adalah permasalahan irigasi dengan berbagai kendala dalam pengembangannya.

1.2 Identifikasi Masalah

Daerah irigasi Tengoro dengan baku sawah 1.074 ha terletak di desa Songgon Kecamatan Songgon. Sumber air daerah irigasi (DI) Tengoro berasal dari dam Tengoro. Besarnya debit yang fluktuatif pada tiap musim mengakibatkan terjadi kekurangan air sehingga diberlakukan sistem gilir untuk pemberian airnya.

Meskipun telah diterapkan sistem gilir, masih saja tidak mampu mengoptimalkan

BAB I PENDAHULUAN

Salah satu karakteristik program dinamik diantaranya adalah problem dipecah menjadi beberapa tahap (*stages*) dengan variabel keputusan (*decision variables*) di tiap tahapnya (Montarcih, 2011: 81).

1.3 Rumusan Masalah

Sesuai dengan batasan masalah tersebut, maka rumusan masalah dalam studi ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana neraca air irigasi sebelum dan setelah dilakukan optimasi?
2. Dengan menerapkan program dinamik stokastik, bagaimana sebaran air yang dapat dialirkan pada setiap bangunan pembagi air sehingga didapat keuntungan maksimal dari debit yang tersedia?
3. Bagaimana tingkat efisiensi air irigasi setelah diterapkan program dinamik stokastik?
4. Berapa keuntungan maksimal yang didapatkan dari ketersediaan debit pada DI Tengoro?

1.4 Batasan Masalah

Dalam studi ini, dilakukan pembatasan masalah pada penerapan program dinamik stokastik untuk studi optimasi yang dilakukan, diantaranya sebagai berikut.

1. Daerah irigasi yang menjadi lokasi studi adalah daerah irigasi Tengoro dengan luas baku sawah sebesar 1.074 ha.
2. Air yang berasal dari dam Tengoro hanya digunakan untuk keperluan irigasi.
3. Data debit yang dianalisa terbatas pada data debit intake dam Tengoro selama tahun 2006-2015.
4. Pola tata tanam dan jadwal penanaman mengacu pada Rencana Tata Tanam Global (RTTG) periode tahun 2015/2016.
5. Masalah diselesaikan dengan program dinamik stokastik dengan bantuan microsoft excell.

6. Keuntungan dihitung dalam periode musim tanam.
7. Efisiensi irigasi dihitung selama satu periode musim tanam (1 tahun).

8. Yang dioptimasi adalah debit tersedia dengan kebutuhan air irigasi sebagai kendala.

9. Tidak membahas penyebab kehilangan di saluran.

1.5 Tujuan

Tujuan dilakukan studi ini diantaranya untuk mendapat hasil distribusi air irigasi pada DI. Tengoro yang paling efisien dan optimal yang dapat terairi pada periode tanam tertentu sesuai dengan pola tata tanam yang ada pada RTTG. Dalam studi ini, optimal yang dimaksudkan adalah bahwa ketersediaan air cukup digunakan untuk mengairi areal yang ada dan dapat memberikan keuntungan maksimal dari hasil produksi.

1.6 Manfaat

Manfaat dari studi ini adalah untuk memberi gambaran bagaimana distribusi air irigasi yang tersedia di DI. Tengoro dengan menggunakan program dinamik stokastik sehingga diperoleh keuntungan yang maksimal. Manfaat lain yang ingin dicapai dari studi ini yaitu dapat digunakan sebagai bahan evaluasi dalam pelaksanaan pembagian air irigasi pada DI. Tengoro.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

BAB II **TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Umum

Irigasi merupakan upaya penyaluran air untuk pertumbuhan tanaman dan pendistribusianya dilakukan secara sistematis. Perancangan irigasi disusun terutama disesuaikan faktor-faktor meteorologi di wilayah yang bersangkutan dan kadar air yang dibutuhkan oleh tanaman.

Tanaman dapat tumbuh dengan menyerap air dari dalam tanah melalui akar-akarnya. Di samping itu, kadar air dalam tanah juga mengalami penguapan langsung dari permukaan tanah. Jadi air tidak bertambah oleh curah hujan atau air tanah, kadar air efektif itu akan direduksir sehingga absorpsi oleh tanaman menjadi sulit. Sehingga agar tanaman dapat tumbuh dengan baik, perlu adanya upaya irigasi buatan yang disesuaikan dengan kadar air tanah (Sosrodarsono, 2003: 216).

Agar penggunaan air irigasi bisa dimanfaatkan secara optimal maka diperlukan suatu optimasi yang dimaksudkan sebagai pengaturan debit air di beberapa daerah sehingga pada waktu tertentu didapat manfaat yang sebesar-besarnya yaitu berupa hasil produksi pertanian yang dihasilkan dengan adanya air irigasi tersebut.

2.2 Kebutuhan Air Irrigasi

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

Dalam menghitung kebutuhan air pada daerah irigasi adalah berdasarkan kebutuhan air polowijo relatif dengan penjelasan sebagai berikut (DPU Pengairan Prov. Jatim, 2013: 5):

$$\text{LPR} = (\text{Luas tanaman}) \times (\text{koefisien tanaman}) \quad (2-1)$$

Selanjutnya nilai koefisien pembanding LPR disajikan dalam tabel berikut.

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
6
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Tabel 2.1. Koefisien Pembanding LPR

No.	Jenis Tanaman	Pertumbuhan	Angka Koefisien	Keterangan
1	Palawija		1	Semua musim
	Tembakau		1	Semua musim
	Rosela		1	Semua musim
2	Padi	Persemaian	20	Persiapan tanah dan tanamannya
		Pengolahan tanah	6	Persiapan tanah
		Pertumbuhan	4	Persiapan padi setelah pindah tanam
4	Padi gadu tak ijin		1	
5	Tebu	Bibit	1.5	Tebu bibit dimasukkan ke dalam
		Muda	1.5	Tebu muda
		Tua	0	Batas masa pertumbuhan antara tebu muda dan tebu tua adalah permulaan keputusan dimulainya musim penghujan
6	Tambak		3	Waktu pengisian
7	Bero		0	

Sumber : DPU Pengairan Prov. Jatim, 2013

Debit yang dibutuhkan pada pintu tersier adalah LPR pada petak tersier tersebut dikalikan dengan FPR, yaitu kebutuhan air untuk polowijo.

$$Q = LPR \times FPR$$

dimana:

$$Q = \text{Debit Rencana (lt/dt)}$$

$$LPR = \text{Luas Polowijo Relatif rencana (ha pol)}$$

$$FPR = \text{Faktor Polowijo Relatif rencana (lt/dt/ha pol.)}$$

Nilai FPR berdasarkan berat jenis tanah ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.2. Nilai FPR Berdasarkan Berat Jenis Tanah

Repos	Jenis Tanah	FPR (lt/dt/ha/pol)	versitas Brawijaya
Repos	Berat	0,20	versitas Brawijaya
Repos	Sedang	0,23	versitas Brawijaya
Repos	Ringan	0,36	versitas Brawijaya

Sumber : DPU Pengairan Prov. Jatim, 2013

2.3 Data Sebaran Probabilitas

Informasi tentang sebaran atau distribusi probabilitas adalah salah satu unsur pokok dalam penyelesaian model optimasi dengan program dinamik stokastik

Repository Universitas Brawijaya
(Montarcih & Soetopo, 2011: 115). Konsep dasar teori probabilitas berkenaan dengan variabel acak yang merupakan suatu fungsi dimana nilainya tergantung pada hasil suatu kejadian (Montarcih & Soetopo, 2011: 74). Dalam studi ini variabel acak yang dimaksud adalah besarnya debit yang akan dialokasikan pada tiap bangunan bagi/bagi sadap/sadap yang disesuaikan dengan kebutuhan yang dapat menghasilkan keuntungan maksimal.

2.3.1 Perhitungan Frekuensi Kelas

Cara ini dapat dilakukan apabila data yang tersedia cukup banyak, dengan kata lain tidak ada kelas yang sangat sedikit mendapat data atau bahkan tidak ada sama sekali. Cara ini menguntungkan karena tidak terikat pada bentuk-bentuk teoritis dari fungsi kepadatan peluang yang tersedia dimana akan sangat sulit dalam mencari bentuk yang sesuai. Perhitungan probabilitas dengan frekuensi kelas dapat disederhanakan dalam tabel berikut.

Tabel 2.3. Tabel perhitungan probabilitas dengan frekuensi kelas

No. kelas	Nilai perwakilan	Batas kisaran kelas		Frekuensi kelas	Sebaran probabilitas
		batas bawah	batas atas		
1	V1	Kb1	Ka1	N1	n1/n
2	V2	Kb2	Ka2	n2	n2/n
3	V3	Kb3	Ka3	n3	n3/n
m	Vm	Kbm	Kam	nm	nm/n

$$\sum n_i = n$$

Penentuan batas kisaran tergantung nilai terkait. Misalnya pada kriteria kebutuhan air dapat diambil nilai tengah (antara) dua nilai perwakilan yang berurutan sebagai batas kisaran. Tetapi untuk kriteria lain dapat juga digunakan nilai perwakilan sebagai batas atas (Montarcih & Soetopo, 2011: 116).

2.3.2 Pendekatan Sebaran Teoritis

Cara ini dilakukan apabila data yang tersedia tidak cukup banyak, tetapi dianggap cukup sebagai sampel yang mewakili. Untuk sebaran teoritis yang kontinyu mempunyai kemungkinan yang cukup besar untuk sesuai. Dalam hal ini harus dilakukan uji kesesuaian distribusi dengan Chi-Square atau Smirnov-Kolmogorov. Apabila setelah diuji dan memenuhi syarat, berdasarkan pembagian

Repository Universitas Brawijaya
 kisaran kelas dihitung probabilitas dari sebaran teoritis yang bersangkutan
 (Montarcih & Soetopo, 2011: 116).

Dalam studi terlebih dahulu dicoba pendekatan sebaran teoritis dengan Log Pearson III dengan alasan fleksibilitas bentuk, yaitu kepencengangan (*skewness*) dapat bernilai positif, negatif atau nol (Montarcih & Soetopo, 2011: 118). Langkah awal dilakukan dulu uji kesesuaian distribusi Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov.

2.3.2.1. Distribusi Log Pearson III

Parameter statistik yang diperlukan ada 3, yaitu harga rata-rata (*mean*), penyimpangan baku (*standard deviation*), dan koefisien kepencengangan (*skewness*) (Montarcih, 2010: 59).

Prosedur perhitungan:

1. mengubah data sebanyak n buah (X_1, X_2, \dots, X_n) menjadi $\log X_1, \log X_2, \dots, \log X_n$.

2. menghitung harga rata-rata

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \quad (2-3)$$

3. Menghitung harga simpangan baku (dalam log)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2-4)$$

4. Menghitung koefisien kepencengangan (dalam log)

$$C = \frac{n \sum (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2-5)$$

5. Menghitung nilai ekstrim

$$\log X_{\text{max}} = \log \bar{X} + G \times S \quad (2-6)$$

G dapat dilihat pada tabel II-1, fungsi dari Cs (koefisien kepencengangan) dan probabilitas (kala ulang).

6. Mencari antilog dari $\log X$ untuk mendapatkan data rancangan yang dikehendaki

2.3.2.2. Uji Chi-Square

Uji Chi-Square dilakukan untuk uji kesesuaian distribusi. Rumus chi-square (χ^2) sebagai berikut.

$$\chi^2_{\text{hitung}} = \sum_{i=1}^{k-1} \frac{(F_i - f_i)^2}{F_i} \quad (2-7)$$

dengan:

$$\chi^2_{\text{hitung}} = \text{harga chi-square hitung}$$

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

$Fe = \text{frekuensi pengamatan kelas j}$
 $Ft = \text{frekuensi teoritis kelas j}$
 $k = \text{jumlah kelas}$

Derajad bebas d^k dirumuskan sebagai berikut.

- $d^k = k-1$ jika frekuensi dihitung tanpa mengestimasi parameter dari sampel.
 - $d^k = k-1-m$ jika frekuensi dihitung dengan mengestimasi m parameter dari sampel.
- Harga X^2 dengan derajad bebas (v) dibandingkan dengan X^2 dari tabel dengan tingkat keyakinan (α) tertentu. Jika $X^2_{\text{hitung}} < X^2_{\text{tabel}}$ berarti data sesuai dengan distribusi yang bersangkutan. Berikut tabel yang digunakan untuk menentukan nilai kritis untuk distribusi chi-square.

Tabel 2.4. Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Square (X^2)

V	P (persen)							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,90	0,75	0,50	0,25
1	7,88	6,63	5,02	3,94	2,71	1,32	0,455	0,102
2	10,60	9,21	7,38	5,99	4,61	2,77	1,39	0,575
3	12,80	11,30	9,35	7,81	6,25	4,11	2,37	1,21
4	14,90	13,30	11,10	9,49	7,78	5,39	3,36	1,92
5	16,70	15,10	12,80	11,10	9,24	6,63	4,35	2,67
6	18,50	16,80	14,40	12,60	10,60	7,84	5,35	3,45
7	20,30	18,50	16,00	14,10	12,00	9,04	6,35	4,25
8	22,00	20,10	17,50	15,50	13,40	10,20	7,34	5,07
9	23,60	21,70	19,00	16,90	14,70	11,40	8,34	5,90
10	25,20	23,20	20,50	18,30	16,00	12,50	9,34	6,74
11	26,80	24,70	21,90	19,70	17,30	13,70	10,30	7,58
12	28,30	26,20	23,30	21,00	18,50	14,80	11,30	8,44
13	29,80	27,70	24,70	22,40	19,80	16,00	12,30	9,30
14	31,30	29,10	26,41	23,70	21,10	17,10	13,30	10,20
15	32,80	30,60	27,50	25,00	22,30	18,20	14,30	11,00
16	34,30	32,00	28,80	26,30	23,50	19,40	15,30	11,90
17	35,70	33,40	30,20	27,60	24,80	20,50	16,30	12,80
18	37,20	34,80	31,50	28,90	26,00	21,60	17,30	13,70
19	38,60	36,20	32,90	30,10	27,20	22,70	18,30	14,60
20	40,00	37,60	34,20	31,40	28,40	23,80	19,30	15,50

Sumber: Montarcih, 2010: 68

Repository Universitas Brawijaya
10 Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

2.3.2.3. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov merupakan uji distribusi penyimpangan data ke arah horizontal agar diketahui suatu data tersebut sesuai dengan jenis distribusi teoritis yang dipilih atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan menggambarkan probabilitas yang paling maksimal antara distribusi empiris dan teoritisnya. Nilai kritis untuk uji Smirnov-Kolmogorov disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2.5. Nilai kritis untuk uji Smirnov Kolmogorov

Ukuran sampel (n)	Level of significance (persen)				
	20	15	10	5	1
5	0,446	0,474	0,510	0,563	0,669
6	0,410	0,436	0,470	0,521	0,618
7	0,381	0,405	0,438	0,486	0,577
8	0,358	0,381	0,411	0,457	0,543
9	0,339	0,360	0,388	0,432	0,514
10	0,322	0,342	0,368	0,409	0,486
11	0,307	0,326	0,352	0,391	0,468
12	0,295	0,313	0,338	0,375	0,450
13	0,284	0,302	0,325	0,361	0,433
14	0,274	0,292	0,314	0,349	0,418
15	0,266	0,283	0,304	0,338	0,404
16	0,258	0,274	0,295	0,328	0,391
17	0,250	0,266	0,296	0,318	0,380
18	0,244	0,259	0,278	0,309	0,370
19	0,237	0,252	0,272	0,301	0,361
20	0,231	0,246	0,264	0,294	0,352

Sumber: Montarcih, 2010: 65

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995: 199):

$$D = [P(X_m) - P'(X_m)]$$

Dengan,

D = selisih maksimal antara peluang empiris dan teoritis

$P(X_m)$ = Peluang empiris

$P'(X_m)$ = Simpangan kritis (dari tabel)

Kemudian dibandingkan antara D dan D_o , distribusi yang dipilih dapat diterima apabila $D > D_o$.

2.4 Model Optimasi

Air merupakan kebutuhan pokok bagi makhluk hidup di bumi ini. Seiring dengan semakin meningkatnya keadaaan sosial ekonomi masyarakat, maka kebutuhan air semakin beragam jenisnya, juga jumlahnya semakin meningkat, disamping tuntutan ketersediannya pada waktu dan tempat yang berbeda-beda pula.

Sehingga dirasa perlu untuk mengelola sumber daya air yang ada dalam suatu sistem sumber daya air (*Water Resources System*) sedemikian hingga diperoleh hasil yang optimal untuk tujuan tertentu dengan memanfaatkan sumber-sumber yang terbatas. Dalam hal ini kita harus merumuskan masalahnya dalam bentuk model optimasi sistem sumber daya air untuk kemudian diselesaikan dengan menggunakan metode-metode optimasi yang tersedia.

Model optimasi merupakan upaya menyusun model sistem disesuaikan dengan keadaan nyata kemudian diubah menjadi model matematis dengan memisahkan elemen-elemen pokok, sehingga didapat suatu penyelesaian yang tepat sesuai dengan sasaran atau tujuan diambilnya sebuah keputusan (Subagyo, 1984:4).

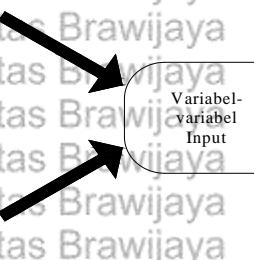
2.4.1 Model Stokastik

Model stokastik mempunyai output yang bersifat acak paling tidak secara parsial (May & Tung dalam Soetopo, 2012: 3). Sementara input dari model-model stokastik dapat bersifat deterministic dan/atau stokastik. Model stokastik dapat dianggap sebagai proses stokastik dengan lingkup yang lebih besar yang dapat mengandung komponen pengambilan keputusan. Jadi poses di dalam model itu sendiri adalah proses stokastik yang berinteraksi dengan komponen pengambilan keputusan. Secara umum, model stokastik diilustrasikan dalam gambar berikut.



Input deterministik

Input stokastik



Gambar 2.1. Model Stokastik

Jadi, karena mengandung proses stokastik di dalamnya, maka suatu model stokastik juga akan menghasilkan runtun waktu sebagai salah satu outputnya.

Terdapat tiga jenis model stokastik dimana masing-masing jenis memasukkan variabel hidrologi dan ketidakpastian (Loucks, dkk. dalam Irvani, 2013: 23). Yang termasuk jenis model tersebut diantaranya :

1. Model yang mengartikan sejumlah kemungkinan diskrit dari debit aliran sungai dan volume tumpungan, masing-masing dengan probabilitasnya.
2. Model yang mengidentifikasi produksi air tetap tahunan, distribusi dalam setahun dan tingkat keandalannya.
3. Model *chance-constrained* yang memiliki aturan yang menyatakan volume tumpungan waduk yang tidak diketahui dengan distribusi probabilitas lepasan sebagai fungsi linier dari debit aliran sungai yang *unregulated*.

Berdasar uraian tersebut, dalam model stokastik benar-benar memperhitungkan faktor ketidakpastian dalam variabel-variabel hidrologi maupun parameter-parameter model. Meskipun lebih kompleks, model tersebut hanya berperan sebagai penyaring bagi berbagai alternatif yang ada sebelum dilakukan studi simulasi yang lebih mendetail. Jadi tujuan dari model perencanaan dan operasi stokastik ini adalah untuk mengeliminasi berbagai alternatif yang sudah jelas inferior.

Pada studi ini menggunakan model yang mengartikan sejumlah kemungkinan diskrit dari debit aliran sungai dan volume tumpungan, masing-masing dengan probabilitasnya. Sehingga didapatkan hasil berupa sejumlah kemungkinan diskrit

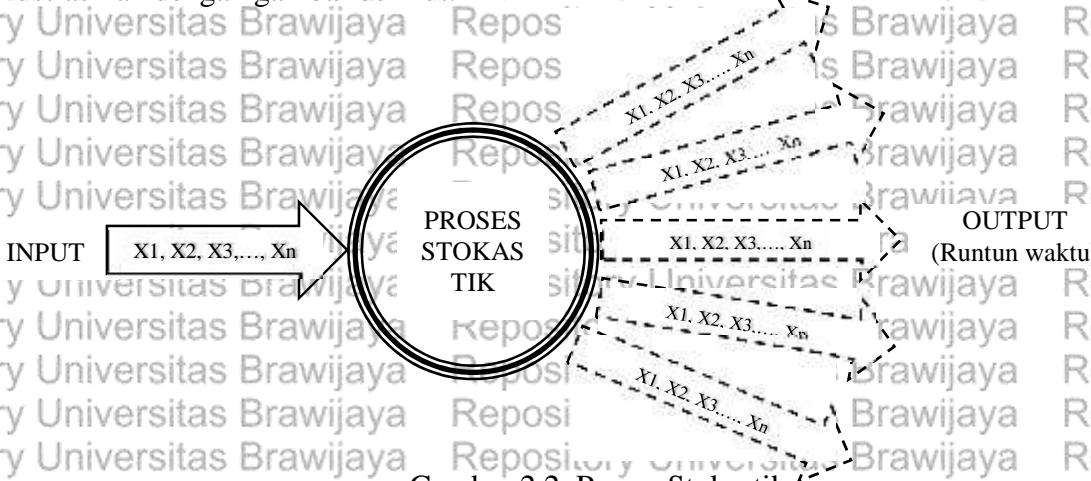


Output stokastik

dari selisih volume ketersediaan dan kebutuhan irigasi pada akhir tahap (lokasi/bangunan irigasi), masing-masing dengan probabilitasnya.

2.4.2 Proses Stokastik

Proses stokastik diartikan sebagai kumpulan variable-variabel acak yang berindeks dimensi waktu. Proses stokastik ini dapat digambarkan sebagai sekumpulan variable dimana setiap variable memenuhi suatu sebaran probabilitas tertentu. Jika variable acak dinotasikan dengan X_i , maka proses stokastik dilustrasikan dengan gambar berikut.



Gambar 2.2. Proses Stokastik

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa untuk status nilai input tertentu dari variable-variabel acak mempunyai berbagai kemungkinan status nilai output.

Adapun output dari proses stokastik ini disebut sebagai runtun waktu (*time series*) (Soetopo, 2012: 3). Runtun waktu adalah sederetan nilai dimana masing-masing nilai berada pada titik waktu yang tertentu. Runtun waktu merupakan realisasi dari proses stokastik (Loucks dkk. dalam Soetopo, 2012: 7).

2.5 Program Dinamik

Program dinamik (*dynamic programming*) merupakan suatu kumpulan program matematis yang digunakan dalam pengambilan keputusan dari banyak tahap (*multistage*). Upaya mengambil keputusan yang multistep dipisah-pisah menjadi submasalah yang berurutan dan saling berhubungan. Program dinamik pertama kali dikembangkan oleh Richard E. Bellman pada 1957 (Subagyo, 1981: 163).

Tujuan utama model ini yaitu untuk mempermudah penyelesaian permasalahan optimasi yang memiliki karakteristik tertentu. Ide dasarnya adalah dengan

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya 13
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

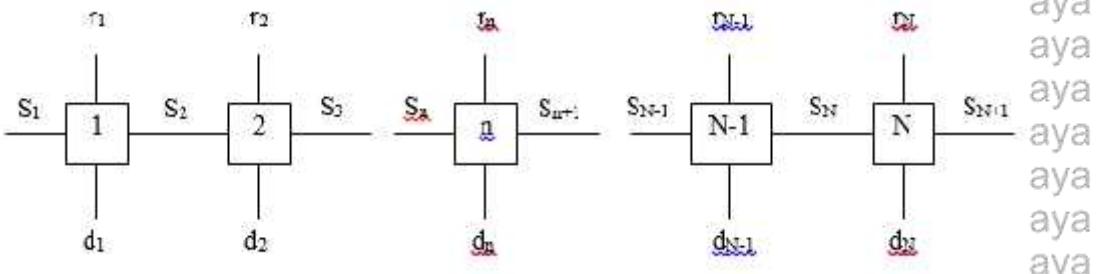
memecah permasalahan menjadi beberapa bagian lebih kecil agar mudah dalam menyelesaiakannya. Berbeda dengan program linier, pada program dinamik tidak ada formulasi yang standar. Sehingga, persamaan yang digunakan harus dikembangkan sendiri agar dapat memenuhi situasi tertentu yang dihadapi (Dimyati, 1989: 279).

2.5.1 Konsep Dasar Program Dinamik

Dalam studi ini digunakan program dinamik stokastik yang merupakan program dinamik dengan suatu distribusi probabilitas untuk penetapan tahap-tahap keputusan yang berurutan (Subagyo, 1981: 181). Program dinamik stokastik mengatasi kondisi dimana sebagian atau seluruh parameter problem dinyatakan dalam bentuk variabel acak. Analisa sensitivitas adalah cara yang dapat digunakan untuk mempelajari efek dari perubahan nilai parameter pada optimasi (Montarcih & Soetopo, 2011: 73). Analisa pada studi ini dipakai program dinamik stokastik karena beberapa alasan sebagai berikut:

1. pada persoalan program dinamik stokastik tidak ditentukan formulasi matematis standar sehingga dapat menggunakan persamaan-persamaan yang disesuaikan dengan situasi yang dihadapi,
2. optimasi yang dilakukan pada setiap bangunan irigasi dengan lahan yang ditanami tanaman tidak sejenis sehingga variabelnya bersifat acak.

2.5.2 Elemen-Elemen Model Program Dinamik



Gambar 2.3. Diagram Urutan Problem Dinamik Serial Mengacu Gambar 2.1. tersebut, yang termasuk elemen-elemen model program

dinamik adalah (Montarcih & Soetopo, 2011: 79).

1. Tahap/Stage (n)

Adalah bagian dari problem dimana akan diambil suatu keputusan (*decision*). Jika problem dipecah menjadi N subproblem, akan ada N tahap dalam formulasi tersebut. Tahap yang dimaksud dalam studi ini merupakan tahapan tempat yaitu

Repository Universitas Brawijaya
bangunan sadap B. TG 1, bangunan bagi sadap B. TG 2, bangunan sadap B.

TG 3, bangunan bagi sadap B. TG 4, bangunan bagi B. TG 5 pada daerah irigasi Tengoro.

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

Adalah besaran dari keputusan yang diambil di tiap tahap. *Decision variable* pada studi ini adalah besarnya keuntungan maksimal yang didapatkan.

Keputusan dari tiap tahap akan ditransformasikan ke keputusan berikutnya pada tahap berikutnya, sehingga didapat optimum secara keseluruhan.

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

Adalah variabel yang menjelaskan status dari sistem yang berhubungan dengan suatu tahap ke-n. Fungsinya adalah sebagai penghubung setiap tahap secara berurutan sehingga jika tiap tahap tersebut dioptimasi secara terpisah, akan dihasilkan keputusan yang layak untuk seluruh problem. Untuk tahap ke-n, *state variable* di belakangnya (S_n) disebut sebagai *state variable input*, sedangkan *state variable* di depannya (S_{n+1}) disebut sebagai *state variable output*. Dalam studi ini, *state variable* berupa selisih antara volume tersedia dengan volume kebutuhan.

4. Akibat Tahap/*Stage Return* (r_n)

Adalah ukuran skalar dari hasil keputusan di tiap tahap. Akibat tahap ini merupakan fungsi dari variabel-variabel S_n (status input), S_{n+1} (status output), dan d_n (keputusan), dimana dapat dinyatakan dalam fungsi berikut.

$$r_n = r(S_n, S_{n+1}, d_n) \quad (2-9)$$

Akibat tahap dalam studi ini merupakan keuntungan pada suatu alokasi unit volume tertentu.

5. Transformasi Tahap/*Stage Transformation* atau Transisi Status/*State Transition* (t_n)

Adalah transformasi nilai tunggal yang menunjukkan adanya hubungan antara variabel-variabel S_n (status input), S_{n+1} (status output), dan d_n (keputusan), yang dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$S_{n+1} = t_n(S_n, d_n) \quad (2-10)$$

Repository Universitas Brawijaya
15

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Stage Transformation dalam studi ini adalah perubahan air tersedia sampai air yang didistribusikan pada tiap bangunan irigasi pada saluran di daerah irigasi Tengoro.

2.5.3 Karakteristik Operasional Program Dinamik

Seperti telah disebutkan di atas, program dinamik tidak mempunyai rumusan matematika standar, namun karakteristik operasional program dinamik bisa diuraikan sebagai berikut (Montarcih & Soetopo, 2011: 81).

1. Problem dipecah menjadi tahap-tahap (*stages*) dan ada variabel keputusan pada setiap tahap.
2. Setiap tahap mempunyai sejumlah *state*.
3. Keputusan dalam tiap tahap menimbulkan efek:
 - Menghasilkan *return* berdasarkan fungsi *stage return*,
 - Mentransformasikan *state variable* (sekarang) menjadi *state variable* tahap berikutnya melalui transformasi tahap.
4. Keputusan yang telah diambil pada tahap sebelumnya tidak mempengaruhi keputusan tahap berikutnya. Inilah yang disebut Prinsip Optimalitas dari Bellman, yang merupakan dasar dari program dinamik.
5. Penyelesaian program dinamik dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dimulai dari awal tahap bergerak maju menuju akhir tahap (*forward recursive*) atau mulai dari tahap akhir menuju ke awal tahap (*backward recursive*).
6. Untuk prosedur *forward recursive*, menentukan kebijakan optimal di tiap tahap sesuai kebijakan optimal tahap sebelumnya dan fungsi tujuan. Persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$f_n^*(S_n) = \underset{d_n}{\text{opt}} [r_n(S_n, d_n) O f_{n-1}(S_{n-1})] \quad (2-11)$$

dimana *O* merupakan operasi matematis yang bisa berupa penambahan, pengurangan, perkalian, maupun lainnya yang disesuaikan dengan problem yang akan diselesaikan. Misalkan ingin memaksimalkan produksi tenaga listrik, maka *O* menyatakan penjumlahan. Untuk prosedur *backward recursive*, persamaannya adalah :

$$f_n^*(S_n) = \underset{d_n}{\text{opt}} [r_n(S_n, d_n) O f_{n-1}(S_{n-1})] \quad (2-12)$$

Repository Universitas Brawijaya
2.5.4 Prosedur Recursive
Pada bagian ini dibahas prosedur *recursive* yang dinyatakan sebagai persamaan (2-11) atau persamaan (2-12) sebagai berikut (Montarcih & Soetopo, 2011: 82).

1. Persamaan *Recursive* pada dasarnya merupakan Fungsi Tujuan (*Objective Function*) sampai dengan tahap yang bersangkutan. Jadi pada tahap akhir untuk *forward recursive* (atau pada tahap pertama untuk *backward recursive*), persamaan *Recursive* merupakan Fungsi Tujuan untuk keseluruhan problem optimasi.
2. Fungsi Opt menyatakan optimasi, yaitu pencarian nilai yang maksimal atau minimum dari suatu kombinasi antara :

Return $r_n(S_n, d_n)$ (pada tahap sekarang) dan fungsi tujuan $f_{n-1}^* S_{n-1}$ (pada tahap terdahulu)

Jadi Opt dapat berarti memaksimalkan (biasa disingkat maks) atau meminimumkan (biasa disingkat min), bergantung dari model optimasinya.

3. Operator O menunjukkan cara bagaimana nilai dari Fungsi Tujuan diakumulasikan dari tahap ke tahap pada proses *recursive*. Umumnya operator O berarti operator penjumlahan (+) seperti contohnya nilai dari energi listrik (mWH), produksi pertanian (ton), keuntungan atau kerugian secara finansial (Rp). Tetapi untuk tingkat kehilangan air sepanjang saluran irigasi (%), maka operator perkalian (*) akan lebih sesuai.

Setelah selesai dengan prosedur *recursive*, maka diketahui nilai optimal dari fungsi tujuan untuk keseluruhan problem. Kemudian dilakukan prosedur pelacakan balik (*back tracking*), yang bertujuan untuk melacak jalur optimal sehingga dapat diperoleh nilai dari variabel-variabel keputusan (*decision variables*).

2.5.5 Keterbatasan Program Dinamik

Disamping mempunyai kelebihan dapat menyelesaikan problem nonlinier, program dinamik juga mempunyai keterbatasan sebagai berikut (Montarcih & Soetopo, 2011: 83).

1. Tidak semua problem dapat memenuhi Prinsip Optimalitas dari Bellman (*Bellman's principle of optimality*). Dalam kondisi demikian, metode program dinamik tidak dapat diterapkan.

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

17

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
18 Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

2. Untuk jumlah variabel status (*state variable*) yang banyak, atau diskritisasi dari ruang status yang kontinyu secara geometris, maka meningkatkan banyaknya perhitungan dan banyaknya kebutuhan memori per-tahap.

Selanjutnya, penerapan dalam optimasi distribusi air irigasi pada daerah irigasi

Tengoro, dilakukan penyesuaian sebagai berikut:

1. Tahap berupa tahap tempat yaitu bangunan sadap B. TG 1, bangunan bagi sadap

B. TG 2, bangunan sadap B. TG 3, bangunan bagi sadap B. TG 4, bangunan bagi B. TG 5.

2. Optimasi dinamik stokastik dilakukan untuk satu tahun periode tanam (sesuai

RTTG 2015-2016).

3. *State variable* berupa unit volume air yang tersedia di dam Tengoro .

4. Agar memudahkan prosedur perhitungan, dilakukan diskritisasi dan

penyeragaman satuan (unit) dari variabel-variabel berikut:

- State berupa volume air tersedia di dam Tengoro

- Volume inflow per tahap (dari data)

- Volume lepasan (outflow) per tahap (keputusan kebijakan distribusi air

- irigasi)

2.6 Program Dinamik Stokastik

Pengambilan keputusan mengakibatkan system menuju status baru (yang

dinyatakan dalam persamaan transformasi tahap). Akibatnya adalah nilai yang

dinyatakan dengan fungsi akibat tahap akan merupakan tampilan dari system. Suatu

proses pengambilan keputusan multitahap akan bersifat stokastik jika akibat yang

berhubungan dengan sedikitnya satu keputusan dalam proses tersebut bersifat acak

(random). Sifat acak ini secara umum timbul melalui salah satu dari dua cara

berikut (Montarcih & Soetopo, 2011: 83).

1. Penentuan status yang baru bersifat pasti (unik), tetapi akibat dari proses

penentuan ini bersifat acak. Kondisi ini dapat dilihat pada gambar berikut.

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

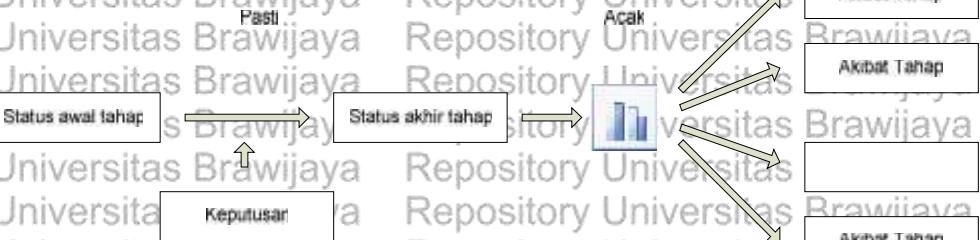
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

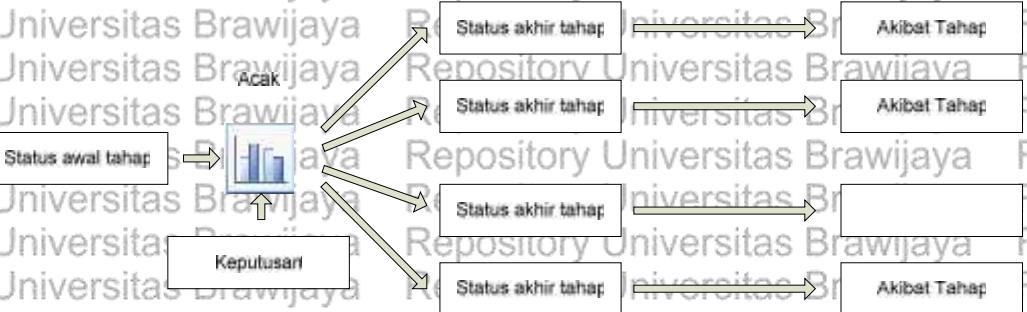
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya



Gambar 2.4. Sifat stokastik berhubungan dengan akibat tahap

Program dinamik stokastik dengan kondisi sifat acak pada akibat tahap seperti ini disebut sebagai Program Dinamik Stokastik Tipe No.1. Contoh dari kondisi stokastik seperti ini misalnya alokasi dana kesejumlah proyek dimana besarnya masing-masing alokasi tersebut adalah pasti (unik). Akan tetapi karena ada gejolak dalam kondisi ekonomi, maka akibat (hasil) keuntungan dari proyek tersebut bersifat acak.

2. Perubahan status dari sistem menghasilkan akibat yang pasti (unik), tetapi perubahan status dari sistem bersifat acak. Kondisi ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.5. Sifat stokastik berhubungan dengan status

Program dinamik stokastik dengan kondisi sifat acak pada status dari sistem seperti ini disebut sebagai Program Dinamik Stokastik Tipe No.2. Contoh dari kondisi stokastik seperti ini misalnya operasi waduk dengan debit *inflow* yang bervariasi secara acak, sehingga apabila besarnya lepasan air waduk harus sudah ditentukan pada tahap, maka status volume air waduk pada akhir tahap akan juga bersifat acak. Sementara hasil produksi waduk jika berupa energi listrik PLTA bersifat pasti (unik).

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
20

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

2.6.1 Lingkup Optimasi Program Dinamik Stokastik

Permasalahan dari optimasi program dinamik stokastik, baik dari Tipe No.1 maupun Tipe No.2 dapat berupa topik-topik sebagai berikut.

1. Program Dinamik Stokastik Tipe No.1

a. Masalah alokasi dana ke sejumlah proyek.

b. Masalah alokasi air ke sejumlah Daerah Irigasi.

c. Masalah operasi waduk yang mana debit inflow bersifat tetap tetapi hasil tahap bersifat acak.

2. Program Dinamik Stokastik Tipe No.2

a. Masalah pembuatan skedul pasokan air untuk memenuhi kebutuhan yang stokastik.

b. Masalah operasi waduk yang mana debit inflow bersifat acak tetapi hasil tahap bersifat tetap.

2.6.2 Prosedur Penyelesaian

Teknik perhitungan programisasi dinamik utamanya berdasar pada prinsip optimasi *recursive* yang diketahui juga sebagai prinsip optimalisasi. Prinsip tersebut dapat diartikan jika diambil keputusan multitahap mulai dari tahap tertentu, maka kebijakan optimal pada tahap selanjutnya tergantung pada ketetapan tahap sebelumnya dengan tidak menghiraukan bagaimana diperolehnya ketetapan tertentu tersebut (Subagyo, 1984: 165).

Apabila distribusi probabilitas yang mengendalikan kejadian acak diketahui, banyaknya tahap dan status adalah terbatas, maka dapat digunakan prosedur penyelesaian optimasi dengan program dinamik. Distribusi probabilitas dapat berbentuk fungsi kepadatan peluang. Fungsi tujuan yang dimaksimalkan atau diminimumkan dapat berbentuk *expected value* dari akibat tahap ataupun probabilitas dari akibat tahap untuk menghasilkan nilai dengan kriteria tertentu (Montarcih & Soetopo, 2011: 85).

Penyelesaian program dinamik stokastik pada dasarnya dengan mentransformasikan proses stokastik menjadi deterministik. Hal ini dilakukan dengan membuat tabel *Expected Value* (EV) yang berisi nilai akibat tahap (*stage return*) sebagai fungsi dari *decision variable* (variabel keputusan). Secara umum bentuk dari tabel EV untuk program dinamik dengan n tahap dan variabel keputusan dalam kisaran x_1 sampai x_m , sebagai berikut (Montarcih & Soetopo, 2011: 87).

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

3.1 Daerah Studi

Daerah studi yang akan dikaji adalah daerah irigasi Tengoro yang terletak di desa Songgon, kecamatan Songgon, Kabupaten Banyuwangi. Secara umum, letak geografis kabupaten Banyuwangi adalah sebelah timur pulau Jawa paling ujung.

Wilayahnya berupa dataran tinggi yaitu pegunungan dengan hasil alam berupa produk perkebunan, dan dataran rendah yang memiliki beragam potensi produk hasil pertanian. Selain itu, daerah sekitar garis pantai dari arah utara sampai selatan merupakan penghasil berbagai biota laut.

Letak astronomis kabupaten Banyuwangi adalah $7^{\circ}43'$ - $8^{\circ}46'$ LS (Lintang Selatan) dan $113^{\circ}53'$ - $114^{\circ}38'$ BT (Bujur Timur) sebagaimana peta administratif yang dapat dilihat pada gambar 3.1 dengan batas wilayah lokasi studi:

J sebelah utara : kecamatan Licin

J sebelah timur : kecamatan Singojuruh,

J sebelah selatan : kecamatan Sempu, dan

J sebelah barat : pegunungan ijen.

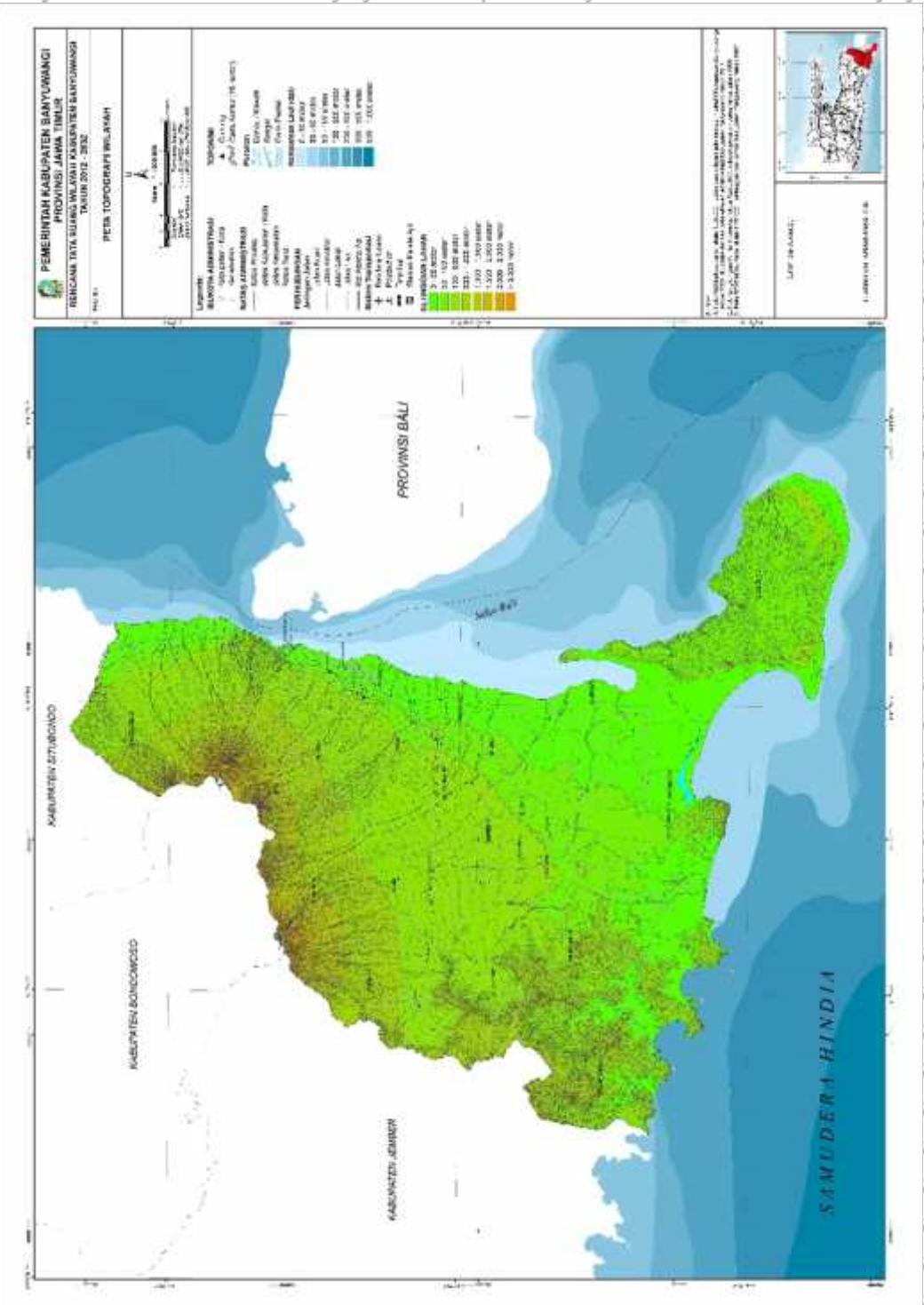
Secara administratif daerah irigasi Tengoro berada di bawah lingkup kerja Koordinator Eksplorasi Air Irigasi (Korek Air) Wilayah Singojuruh (sebagaimana dapat dilihat pada gambar 3.2) dan mendapatkan air irigasi dari dam Tengoro yang membendung sungai Bate mengairi daerah irigasi Tengoro yang memiliki luas baku sawah sebesar 1.074 Ha dengan lahan persawahan yang ditunjang sistem irigasi teknis dan kesemuanya mengairi 35 petak tersier, dimana mempunyai bangunan

pembagi air dan jaringan irigasi B. TG 1 sampai B. TG 5 (gambar 3.3 sampai dengan gambar 3.6) dengan peta skema daerah irigasi dapat dilihat pada gambar 3.7.

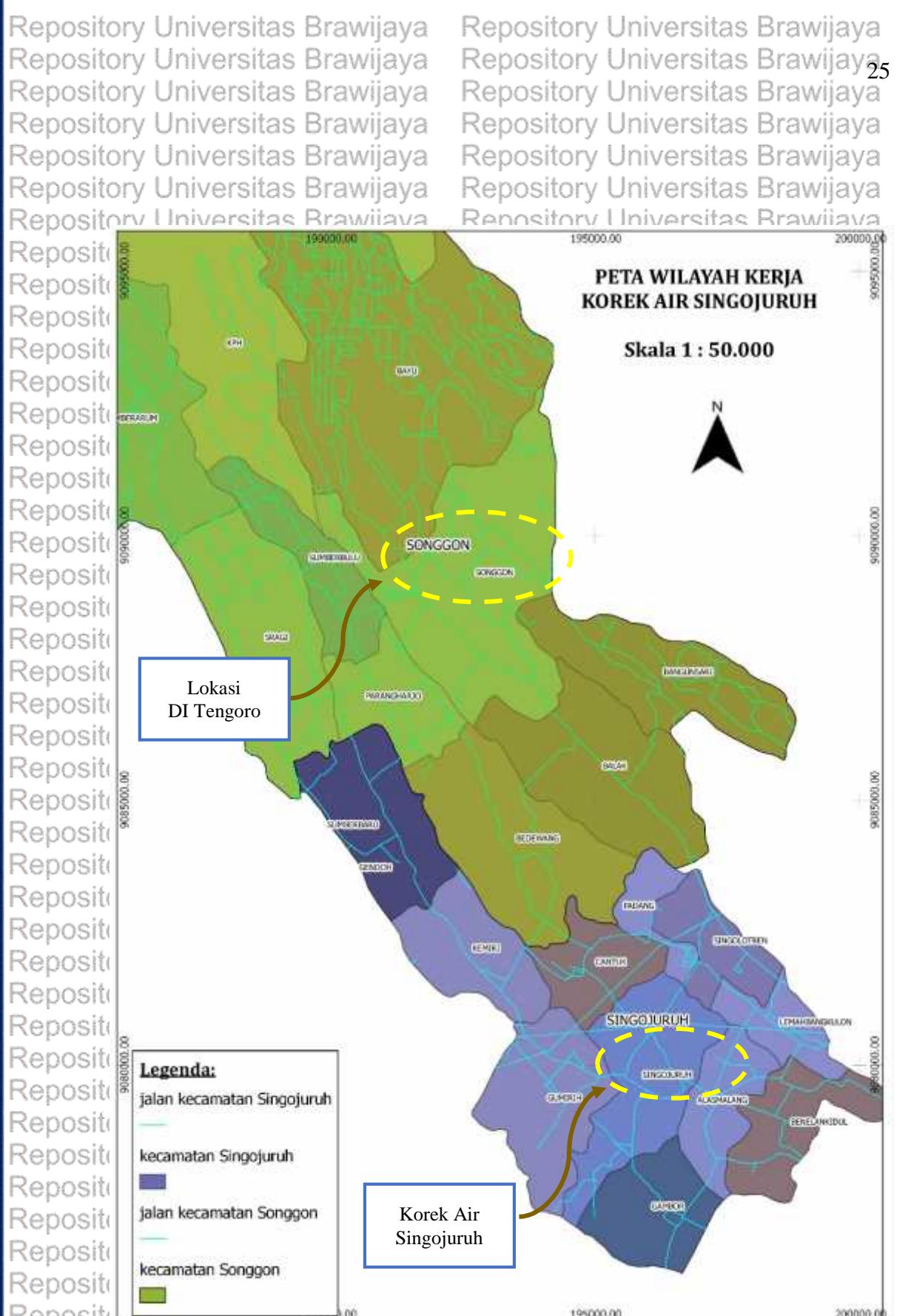
Pola penggunaan lahan pertanian pada wilayah Korek Air Singojuruh mengikuti pola tata tanam yang telah ditentukan oleh Dinas PU Pengairan Kabupaten Banyuwangi dengan 3 periode musim tanam yaitu, Musim Hujan (MH), Musim Kemarau 1 (MK1) dan Musim Kemarau 2 (MK2) dimana diperlukan waktu tanam 4 bulan untuk tiap periode tanamnya, sehingga diharapkan air yang tersedia dapat dimanfaatkan secara efisien dan merata dari hulu hingga hilir.

BAB III METODE PENELITIAN

Repository Universitas Brawijaya



Gambar 3.1. Peta Kabupaten Banyuwangi



Gambar 3.2. Peta Lokasi Studi

26



Gambar 3.3. Dam Tengoro



Gambar 3.4. B.TG

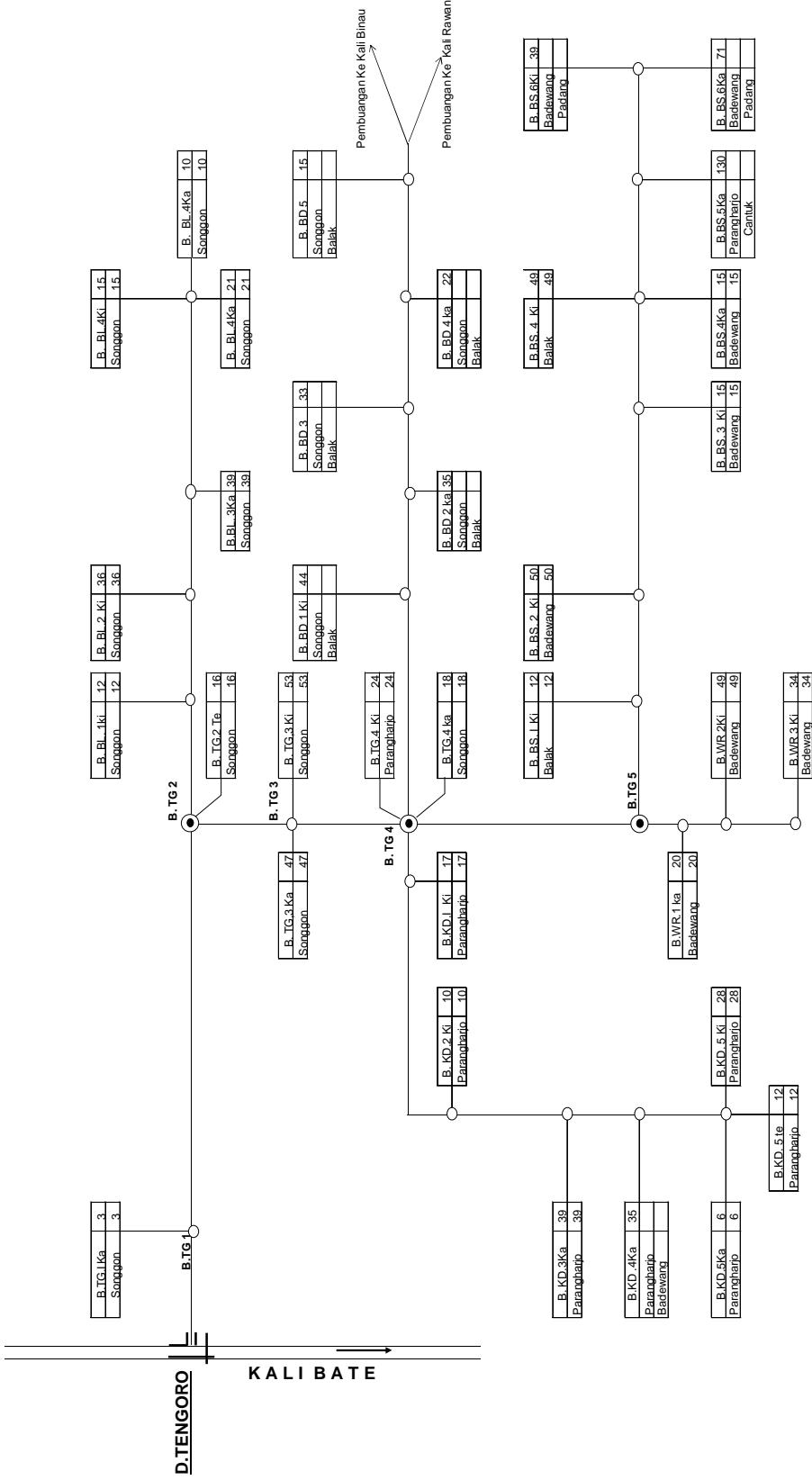


Gambar 3.5. B.TG 2



Gambar 3.6. B.TG 4

PETA SKEMA SOSIOHIDRO
DAERAH IRIGASI TENGORO
BAKU SAWAH = 1074 Ha



Gambar 3.7. Peta Skema Daerah Irrigasi Tengoro

3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam studi ini, data-data yang mendukung diantaranya sebagai berikut:

1. Data Debit

Data debit yang digunakan adalah data debit intake dam Tengoro 10 tahun terakhir yaitu selama tahun 2006 sampai tahun 2015. Data debit intake dam Tengoro merupakan data sekunder dan diperoleh dari UPT PSDA di Bondowoso.

2. Data Rencana Tata Tanam Global (RTTG)

Data RTTG yang digunakan adalah RTTG tahun 2015/2016. RTTG dimaksudkan untuk memberi gambaran mengenai luas area lokasi studi, pola tata tanam dengan jenis tanaman yang diterapkan, jadwal tanam selama 1 tahun dengan memperhitungkan alokasi air yang tersedia. Data RTTG adalah data sekunder yang didapatkan dari Dinas PU Pengairan Kabupaten Banyuwangi.

3. Skema Daerah Irigasi

Data Skema daerah irigasi ini digunakan untuk mengetahui luas lahan pertanian yang akan diairi. Skema daerah irigasi Tengoro adalah data sekunder yang didapatkan dari UPT PSDA di Bondowoso dan Korek Air Singojuruh.

4. Data Biaya Produksi Tanaman Padi dan Palawija

Data biaya produksi tanaman padi dan palawija yang dipakai adalah data tahun 2016, digunakan untuk mengetahui berapa besar manfaat irigasi yang selanjutnya digunakan untuk menghitung keuntungan tiap tanaman dalam musim tanam tertentu. Data biaya produksi tanaman adalah data sekunder yang didapatkan dari Dinas Pertanian, Kehutanan, dan Pekebunan Kabupaten Banyuwangi.

5. Peta-peta Penunjang

Peta-peta yang menunjang studi ini antara lain:

- Peta Kabupaten Banyuwangi
- Peta lokasi studi

Peta-peta penunjang adalah data sekunder yang didapatkan dari Bappeda Kabupaten Banyuwangi dan Dinas PU Pengairan Kabupaten Banyuwangi.

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya 29

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

6. Foto Lokasi Daerah Studi

Foto lokasi studi merupakan dokumentasi yang diambil langsung (data primer) pada daerah irigasi Tengoro. Dokumentasi lokasi studi ini akan memberi gambaran yang lebih jelas mengenai daerah studi dalam studi ini.

3.3 Langkah-langkah Pengolahan Data

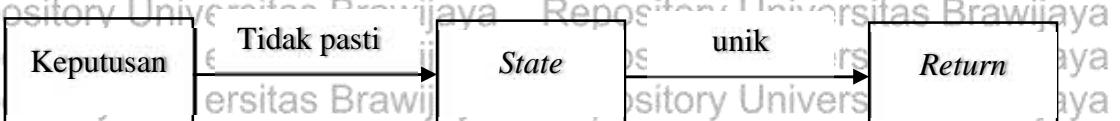
Tahapan pengolahan data yang dilakukan dalam studi ini adalah sebagai berikut :

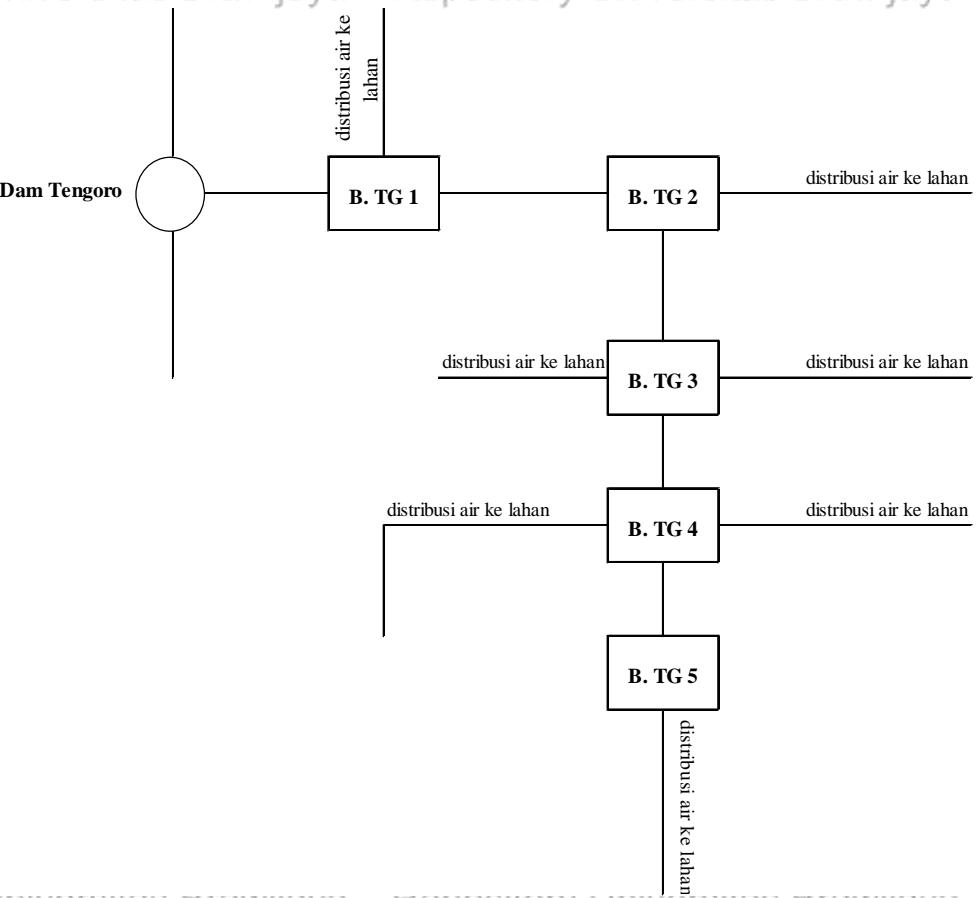
1. Menghitung kebutuhan air irigasi dengan metode LPR-FPR sesuai dengan pola tata tanam dan masa tanam yang tercantum pada RTTG 2015-2016.
2. Perhitungan neraca air untuk mengetahui apakah debit yang tersedia dapat mencukupi debit yang dibutuhkan.
3. Pengolahan data debit menjadi volume yang terbagi menjadi volume tersedia dan volume kebutuhan irigasi yang kemudian dilakukan uji kesesuaian data untuk dihitung sebaran probabilitasnya.
4. Perhitungan optimasi dengan program dinamik stokastik sehingga diperoleh keuntungan maksimal dengan jalur yang optimal.

3.4 Model Program Dinamik Stokastik untuk Distribusi Air Irigasi DI Tengoro

Suatu proses pengambilan keputusan yang multi tahap dikatakan bersifat stokastik apabila paling sedikit salah satu dari keputusan-keputusan dalam proses tersebut bersifat acak.

Dalam studi ini, menggunakan program dinamik tipe no. 1 seperti yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya bahwa kondisi acak terdapat pada akibat tahap (Montarcih & Soetopo, 2011: 87) yaitu besar keuntungan dari alokasi air tertentu. Sifat acak terjadi menurut *return* ditentukan secara unik oleh *state-state*, tetapi *state-state* yang diakibatkan oleh satu atau lebih keputusan bersifat tidak pasti (Montarcih, 2010: 144), sebagaimana ilustrasi pada gambar berikut.





Gambar 3.8 Model Sistem Daerah Irrigasi Tengoro

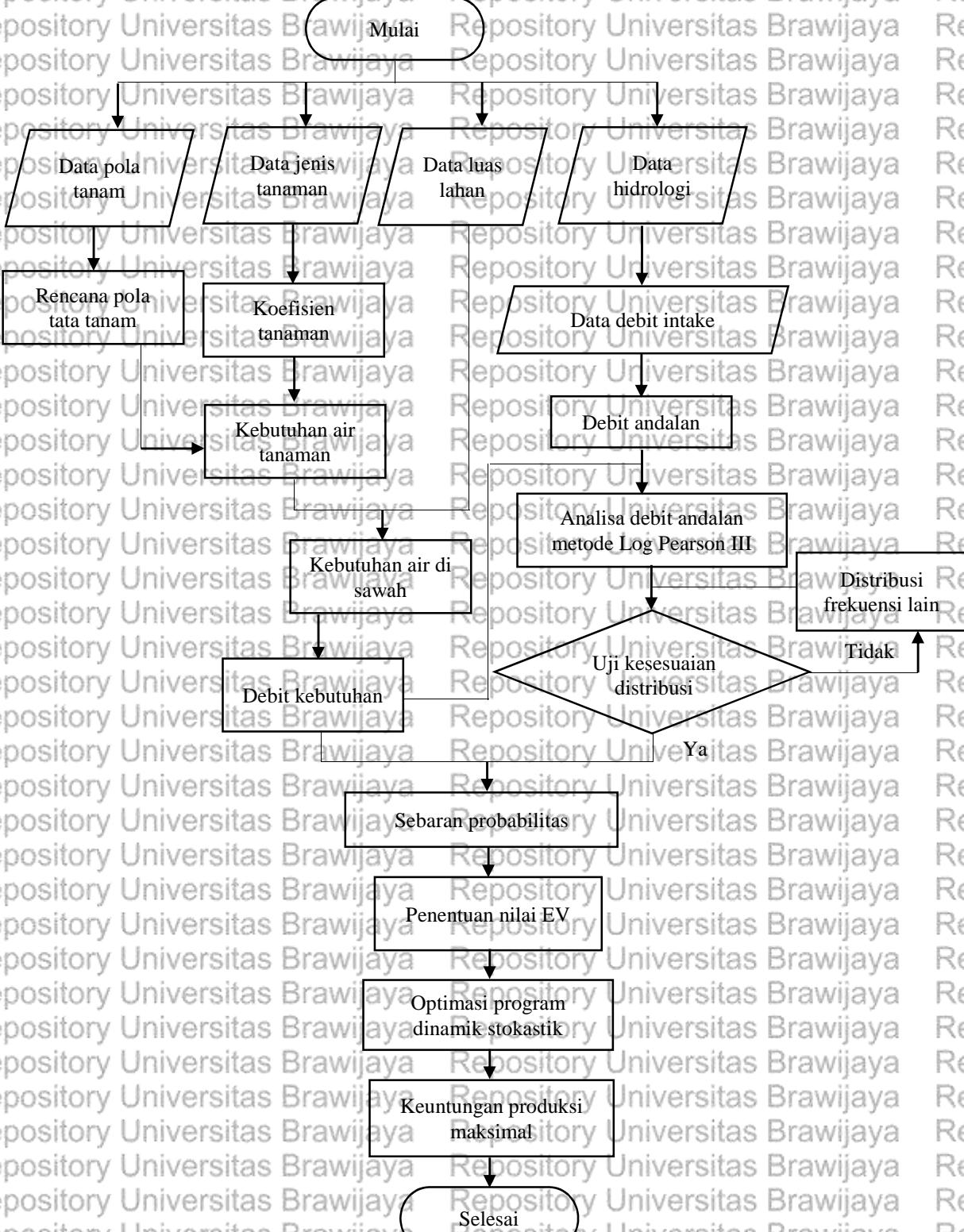
3.5 Tahapan Perhitungan Program Dinamik Stokastik

Prosedur penyelesaian untuk permasalahan optimasi distribusi air irigasi

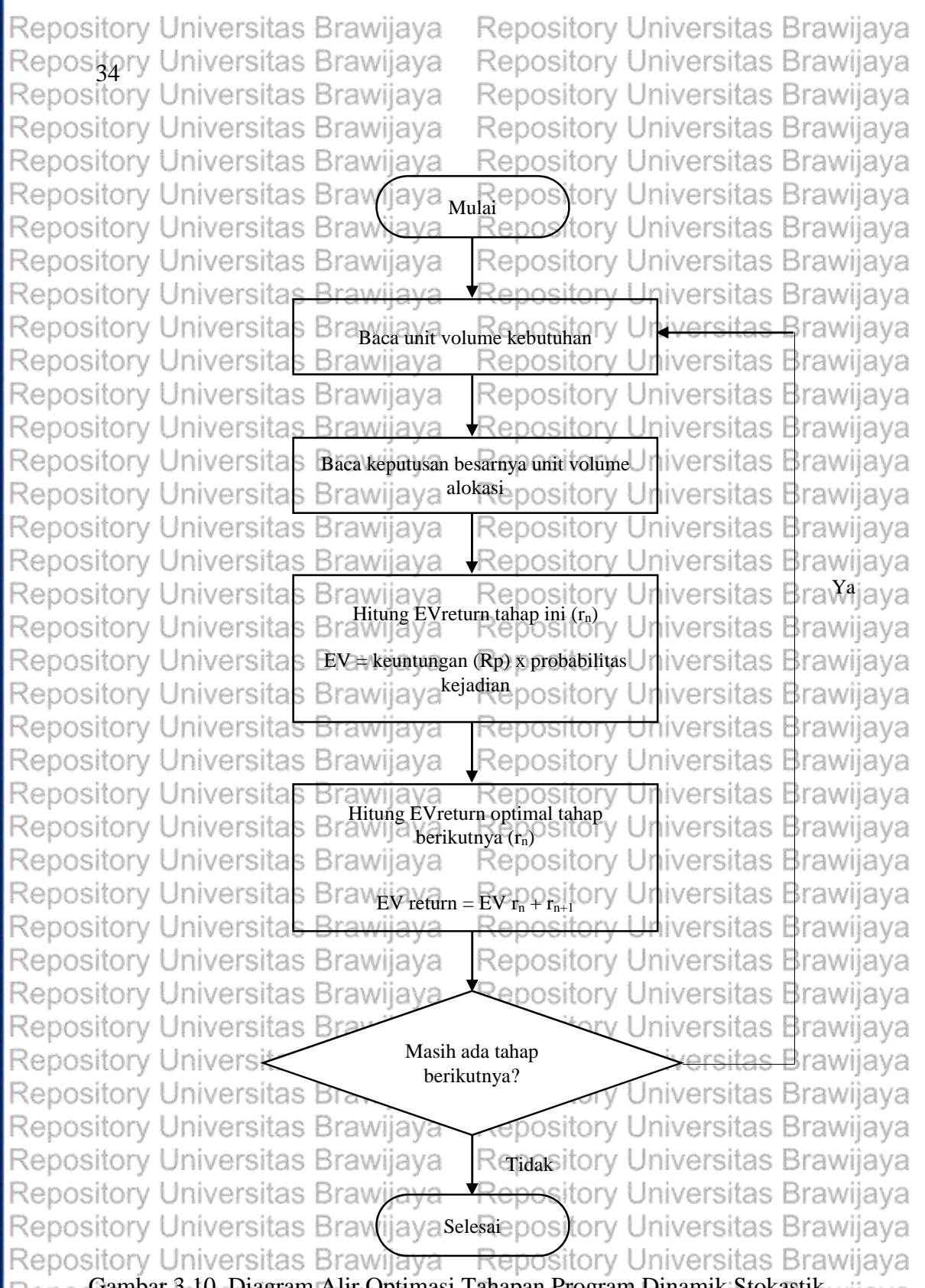
dengan program dinamik stokastik pada daerah irigasi Tengoro dilakukan sebagai berikut:

1. Menghitung besarnya volume air yang dibutuhkan untuk tiap bangunan irigasi yang akan dikaji.

- Repository Universitas Brawijaya
32
Repository Universitas Brawijaya
2. Menghitung besar volume air yang tersedia dari debit andalan yang dialirkan secara terus menerus.
- Repository Universitas Brawijaya
3. Dari volume yang dibutuhkan dan volume yang tersedia, dihitung luas lahan yang terairi oleh debit yang ada pada tiap periode tanam pada tiap bangunan irigasi.
- Repository Universitas Brawijaya
4. Menentukan keuntungan bersih dari setiap alokasi debit yang dialirkan pada tiap bangunan irigasi.
- Repository Universitas Brawijaya
5. Keuntungan didapatkan dari perhitungan biaya produksi tanaman per hektar dan harga jual serta produktivitas tanaman.
- Repository Universitas Brawijaya
6. Melakukan uji kesesuaian distribusi data selisih antara volume ketersediaan dan volume kebutuhan dengan uji Smirnov-Kolmogorov dan uji Chi-Square
- Repository Universitas Brawijaya
7. Menentukan probabilitas kebutuhan air dengan pendekatan sebaran probabilitas berdasarkan distribusi Log Pearson III.
- Repository Universitas Brawijaya
8. Melakukan perhitungan tabel *Expected Value* dengan kisaran tertentu untuk tiap musim tanam musim hujan (MH), musim kemarau 1 (MK 1), dan musim kemarau 2 (MK 2).
- Repository Universitas Brawijaya
9. Selanjutnya dengan nilai-nilai pada tabel *Expected Value*, dilakukan prosedur *recursive* sebagaimana pada program dinamik deterministik.
- Repository Universitas Brawijaya
10. Pada prosedur *recursive*, hasil yang didapat dari tahap awal akan ditransformasikan ke tahap selanjutnya, dan seterusnya hingga tahap akhir.
- Repository Universitas Brawijaya
11. Dengan pelacakan balik (*back tracking*), akan diperoleh jalur dengan nilai maksimal.
- Repository Universitas Brawijaya
12. Keuntungan maksimal pada tahap akhir merupakan nilai rerata keuntungan apabila kebijakan alokasi optimal tersebut diterapkan dalam jangka panjang.
- Selanjutnya, sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan yang digunakan dalam penyelesaian studi ini, maka disajikan diagram alir penyelesaian tesis seperti pada gambar 3.9 dan untuk diagram penyelesaian optimasi dengan program dinamik stokastik dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.9. Diagram Alir Penyelesaian Tesis



Gambar 3.10. Diagram Alir Optimasi Tahapan Program Dinamik Stokastik

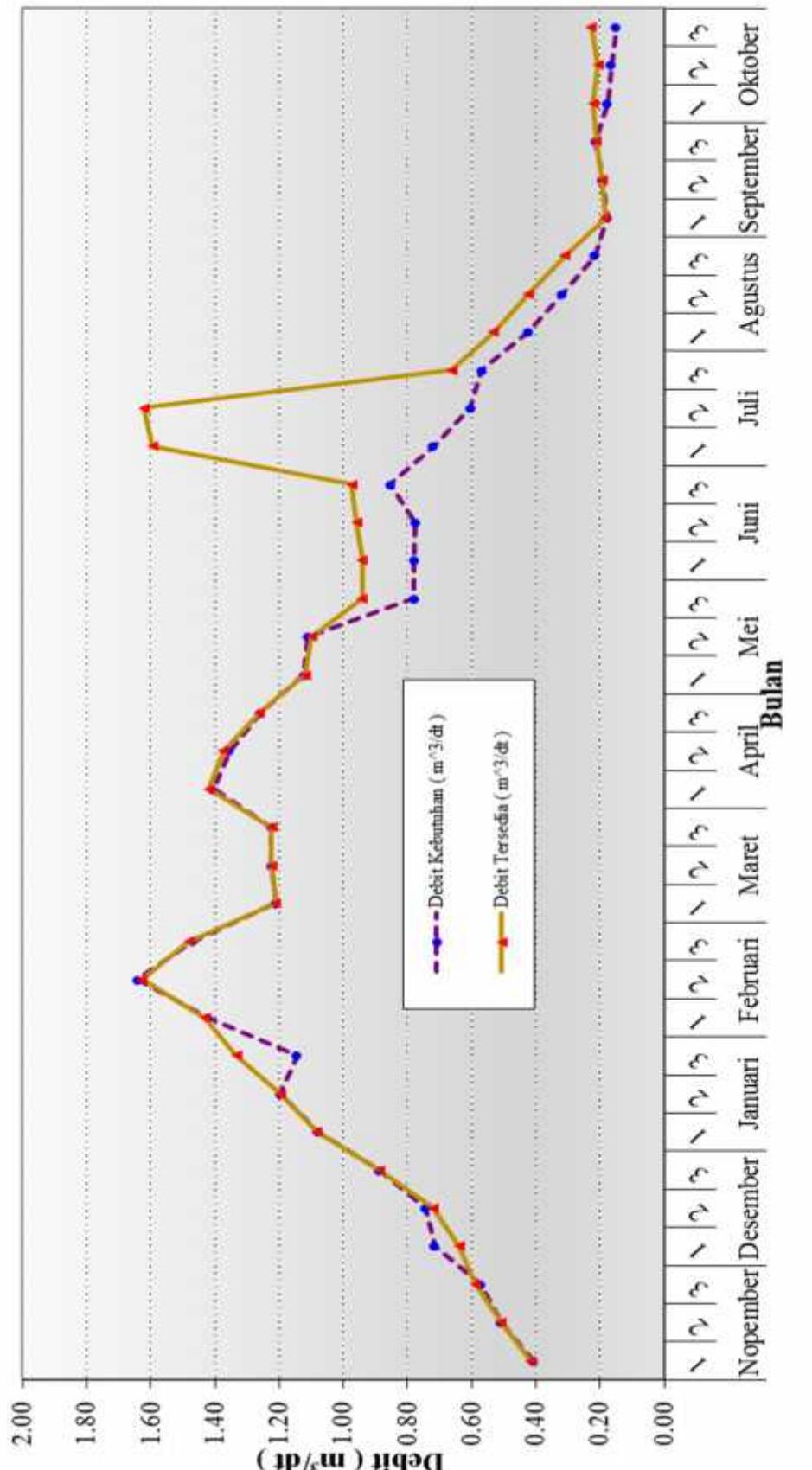
3.6 Kondisi Eksisting

Berdasarkan hasil perhitungan neraca air dari realisasi tanam pada periode tanam 2014-2015, dapat diketahui bahwa ketersediaan air cukup memenuhi kebutuhan air irigasi (tabel 3.1 dan gambar 3.11).

Tabel 3.1. Neraca Air Eksisting Periode Tanam 2014-2015

Bulan	Periode	Ketersediaan Air Irrigasi (lt/dt)	Ketersediaan Air Irrigasi (m³/dt)	Kebutuhan Air Irrigasi (m³/dt)	Keterangan
Nopember	1	416	0,416	0,408	CUKUP
	2	508	0,508	0,509	KURANG
	3	589	0,589	0,573	CUKUP
Desember	1	639	0,639	0,715	KURANG
	2	721	0,721	0,743	KURANG
	3	889	0,889	0,889	CUKUP
Januari	1	1.081	1,081	1,079	CUKUP
	2	1.196	1,196	1,196	KURANG
	3	1.334	1,334	1,144	CUKUP
Februari	1	1.430	1,430	1,421	CUKUP
	2	1.628	1,628	1,643	KURANG
	3	1.482	1,482	1,470	CUKUP
Maret	1	1.211	1,211	1,211	CUKUP
	2	1.224	1,224	1,224	CUKUP
	3	1.224	1,224	1,224	CUKUP
April	1	1.420	1,420	1,405	CUKUP
	2	1.375	1,375	1,355	CUKUP
	3	1.262	1,262	1,257	CUKUP
Mei	1	1.119	1,119	1,123	KURANG
	2	1.100	1,100	1,112	KURANG
	3	941	0,941	0,780	CUKUP
Juni	1	941	0,941	0,780	CUKUP
	2	959	0,959	0,775	CUKUP
	3	975	0,975	0,853	CUKUP
Juli	1	1.595	1,595	0,720	CUKUP
	2	1.622	1,622	0,605	CUKUP
	3	662	0,662	0,568	CUKUP
Agustus	1	531	0,531	0,424	CUKUP
	2	422	0,422	0,316	CUKUP
	3	310	0,310	0,215	CUKUP
September	1	185	0,185	0,179	CUKUP
	2	195	0,195	0,192	CUKUP
	3	212	0,212	0,213	KURANG
Oktober	1	222	0,222	0,178	CUKUP
	2	205	0,205	0,164	CUKUP
	3	228	0,228	0,149	CUKUP

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 3.11. Grafik Neraca Air DI Tengoro Periode Tanam 2014-2015

Akan tetapi yang dimaksud dengan cukup adalah cukup untuk luasan tertentu dan masih jauh dari optimal karena masih adanya bero (tidak ada tanaman) pada hampir seluruh periode. Realisasi tanam pada DI Tengoro periode tanam 2014-2015 juga masih belum sesuai dengan luas tanam yang tercantum dalam RTTG 2014-2015 sebagaimana dilihat pada tabel 3.2 dan gambar 3.12. Oleh karena itu, perlu untuk dilakukan optimasi agar didapatkan luas tanam dan keuntungan hasil produksi yang maksimal.

Tabel 3.2. Neraca Air berdasar RTTG 2014-2015

Bulan	Periode	Ketersediaan Air Irrigasi (lt/dt)	Ketersediaan Air Irrigasi (m ³ /dt)	Kebutuhan Air Irrigasi (m ³ /dt)	Keterangan
Nopember	1	416	0,416	2,293	KURANG
	2	508	0,508	2,361	KURANG
	3	589	0,589	1,461	KURANG
Desember	1	639	0,639	1,675	KURANG
	2	721	0,721	1,547	KURANG
	3	889	0,889	1,504	KURANG
Januari	1	1.081	1,081	1,547	KURANG
	2	1.196	1,196	1,504	KURANG
	3	1.334	1,334	1,289	CUKUP
Februari	1	1.430	1,430	1,492	KURANG
	2	1.628	1,628	1,519	CUKUP
	3	1.482	1,482	1,490	KURANG
Maret	1	1.211	1,211	1,759	KURANG
	2	1.224	1,224	1,759	KURANG
	3	1.224	1,224	1,759	KURANG
April	1	1.420	1,420	1,330	CUKUP
	2	1.375	1,375	1,278	CUKUP
	3	1.262	1,262	1,291	KURANG
Mei	1	1.119	1,119	1,328	KURANG
	2	1.100	1,100	1,342	KURANG
	3	941	0,941	1,101	KURANG
Juni	1	941	0,941	1,101	KURANG
	2	959	0,959	1,073	KURANG
	3	975	0,975	1,162	KURANG
Juli	1	1.595	1,595	0,311	CUKUP
	2	1.622	1,622	0,301	CUKUP
	3	662	0,662	0,322	CUKUP
Agustus	1	531	0,531	0,301	CUKUP
	2	422	0,422	0,279	CUKUP
	3	310	0,310	0,260	CUKUP
September	1	185	0,185	0,365	KURANG
	2	195	0,195	0,369	KURANG
	3	212	0,212	0,376	KURANG
Oktober	1	222	0,222	0,301	KURANG
	2	205	0,205	0,301	KURANG
	3	228	0,228	0,301	KURANG

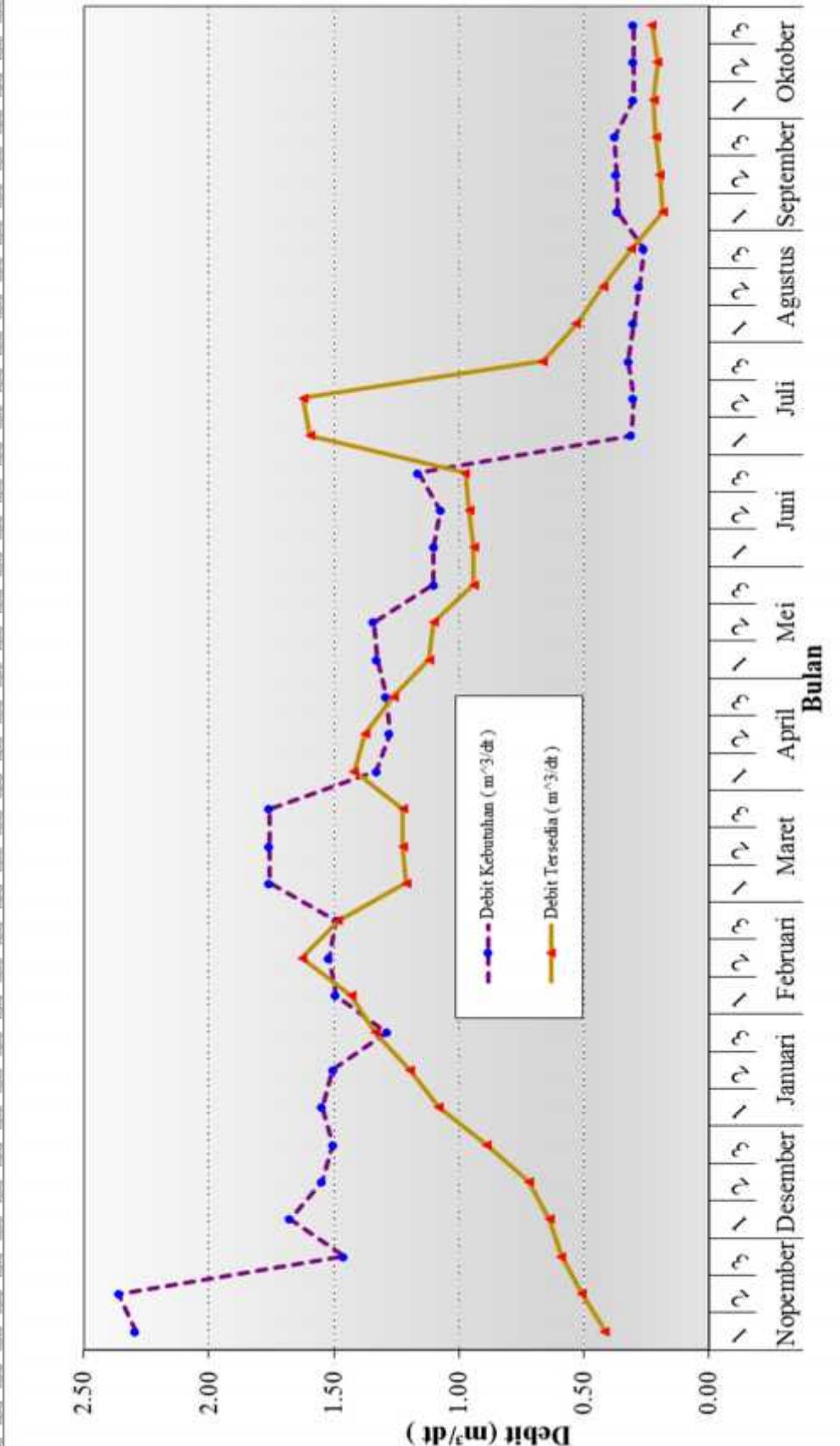
Sumber: Hasil Perhitungan

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

38

Repository Universitas Brawijaya



Gambar 3.12. Grafik Neraca Air DI Tengoro berdasar RTTG 2014-2015

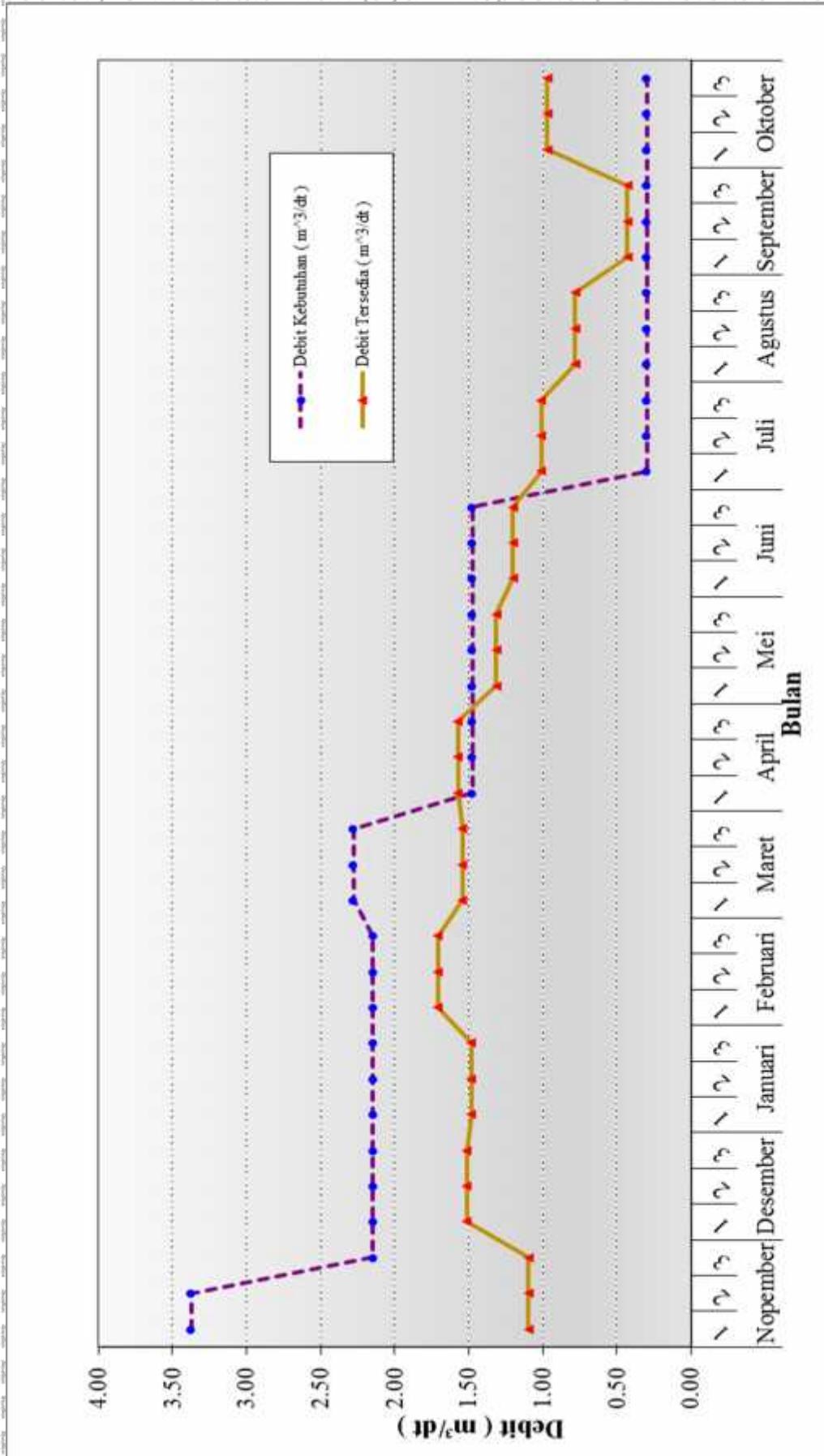
4.1 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi merupakan kebutuhan bersih air irigasi di lahan sawah seluas layanan petak tersier yang dibagi dengan besarnya nilai efisiensi saluran irigasi. Perhitungan kebutuhan air irigasi selengkapnya akan disajikan pada tabel lampiran IV-1 dengan neraca air dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1. Neraca Air berdasar RTTG 2015-2016

Bulan	Periode	Ketersediaan Air Irrigasi (lt/dt)	Ketersediaan Air Irrigasi (m³/dt)	Kebutuhan Air Irrigasi (m³/dt)	Keterangan
Nopember	1	1.097	1,097	3,372	KURANG
	2	1.097	1,097	3,372	KURANG
	3	1.097	1,097	2,148	KURANG
Desember	1	1.513	1,513	2,148	KURANG
	2	1.513	1,513	2,148	KURANG
	3	1.513	1,513	2,148	KURANG
Januari	1	1.482	1,482	2,148	KURANG
	2	1.482	1,482	2,148	KURANG
	3	1.482	1,482	2,148	KURANG
Februari	1	1.708	1,708	2,148	KURANG
	2	1.708	1,708	2,148	KURANG
	3	1.708	1,708	2,148	KURANG
Maret	1	1.544	1,544	2,280	KURANG
	2	1.544	1,544	2,280	KURANG
	3	1.544	1,544	2,280	KURANG
April	1	1.574	1,574	1,476	CUKUP
	2	1.574	1,574	1,476	CUKUP
	3	1.574	1,574	1,476	CUKUP
Mei	1	1.313	1,313	1,476	KURANG
	2	1.313	1,313	1,476	KURANG
	3	1.313	1,313	1,476	KURANG
Juni	1	1.202	1,202	1,476	KURANG
	2	1.202	1,202	1,476	KURANG
	3	1.202	1,202	1,476	KURANG
Juli	1	1.010	1,010	0,298	CUKUP
	2	1.010	1,010	0,298	CUKUP
	3	1.010	1,010	0,298	CUKUP
Agustus	1	784	0,784	0,298	CUKUP
	2	784	0,784	0,298	CUKUP
	3	784	0,784	0,298	CUKUP
September	1	431	0,431	0,298	CUKUP
	2	431	0,431	0,298	CUKUP
	3	431	0,431	0,298	CUKUP
Oktober	1	970	0,970	0,298	CUKUP
	2	970	0,970	0,298	CUKUP
	3	970	0,970	0,298	CUKUP

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.1. Grafik Neraca Air DI Tengoro berdasar RTTG 2015-2016

Dari grafik neraca air di atas dapat diketahui bahwa masih terjadi kekurangan air yang cukup banyak terutama pada saat musim tanam musim hujan (MH) dan musim kemarau 1 (MK 1), sehingga upaya optimasi ketersediaan air irigasi memang sangat diperlukan untuk mengoptimalkan ketersediaan air yang ada. Sedangkan untuk musim tanam MK 2 sudah tidak perlu dilakukan optimasi lagi karena ketersediaan air sudah sangat mencukupi kebutuhan air yang ada.

4.2 Analisa Debit

Data debit intake historik yang digunakan adalah data debit bulanan yang masuk ke dalam sistem jaringan irigasi pada daerah irigasi Tengoro. Data debit intake historik yang tersedia seluruhnya sepanjang 10 tahun (2006 s/d 2015). Dari data debit intake dikurangi dengan debit kebutuhan diujicoba untuk mencari sebaran yang sesuai, dengan menggunakan uji Chi-Square dan uji Smirnov-Kolmogorov.

4.2.1 Uji Chi-Square

Uji Chi-Square dilakukan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi peluang terpilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis, agar

distribusi yang dipilih bisa ditetapkan maka : $X^2_{\text{hitung}} < X^2_{\text{kritis}}$

Prosedur uji Chi-Square adalah :

1. Urutkan data pengamatan (diurutkan dari nilai terbesar ke terkecil atau sebaliknya)

2. Kelompokkan data menjadi G kelas

$$3. k = 1 + 3,22 \log n$$

$$= 1 + 3,22 \log 10$$

$$= 4,22$$

Sehingga dapat dibuat menjadi 4 kelas dengan interval peluang masing-masing kelas :

$$\text{Kelas 1} = P < 0,25$$

$$\text{Kelas 2} = P < 0,50$$

$$\text{Kelas 3} = P < 0,75$$

$$\text{Kelas 4} = P > 0,75$$

Menentukan persamaan garis lurus berdasarkan persamaan umum garis lurus yang digunakan (Soewarno, 1995: 151):

$$X = X_0 + kS$$

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya 41

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
42 Repository Universitas Brawijaya
Dimana :

$X = \text{Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan besar peluang tertentu.}$

$X = \text{nilai rata-rata hitung}$

$S = \text{deviasi standar}$

$K = \text{faktor frekuensi}$

4. Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap kelas

5. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i

6. Tiap-tiap kelas hitung nilai $(O_i - E_i)^2$ dan

7. Jumlah seluruh G kelas nilai untuk menentukan nilai X^2_{hitung}

4.2.2 Uji Smirnov Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov Kolmogorov atau sering disebut sebagai uji kecocokan non parametric, karena tidak menggunakan distribusi tertentu dalam proses pengujiannya.

Langkah perhitungannya adalah :

1. Urutkan data (dari nilai terbesar menuju nilai terkecil atau sebaliknya) dan menentukan besar peluang dari tiap nilai data tersebut.

2. Tentukan nilai log X_i dari masing-masing data tersebut.

3. Tentukan nilai masing-masing peluang pengamatan P_e .

Dari kedua nilai peluang yang diperoleh, dihitung selisih terbesarnya antara

nilai peluang pengamatan dengan nilai peluang teoritis.

4. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis G .

5. Berdasarkan tabel nilai kritis untuk uji Smirnov Kolmogorov tentukan harga

P. Apabila P_{max} lebih kecil dari P_{cr} maka distribusi teoritis yang digunakan untuk mendapatkan persamaan distribusi dapat diterima.

Pada kedua uji memperlihatkan bahwa distribusi peluang yang digunakan dapat mewakili dari distribusi stastistik data yang dianalisis. Untuk itu distribusi Log Pearson III dapat dipakai dalam proses optimasi stokastik untuk mencari sebaran probabilitasnya.

4.3 Volume Air Irrigasi

Analisa volume air irrigasi dilakukan untuk menghitung luas lahan yang dapat ditanami dari persediaan air irrigasi yang ada. Volume air irrigasi meliputi volume

air yang dibutuhkan yang didapatkan dari perhitungan kebutuhan air irigasi dan volume air yang tersedia di daerah irigasi Tengoro.

4.3.1 Volume Air yang Dibutuhkan

Untuk menghitung volume air yang dibutuhkan pada tiap bangunan irigasi pada daerah irigasi Tengoro dalam satu periode tanam harus diketahui terlebih dahulu volume air yang dibutuhkan pada tiap 10 harian dalam satu periode tanam tersebut dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V = \frac{q \times 10 \times 24 \times 60 \times 60}{1000} \quad (4-1)$$

dimana:

V = Volume air irigasi tiap 10 harian (m^3/ha)

q = Kebutuhan air irigasi tiap 10 harian ($\text{lt}/\text{det/ha}$)

Untuk menghitung volume air yang dibutuhkan pada satu periode tanam dilakukan dengan menjumlahkan volume tiap 10 harian selama satu periode tanam tersebut. Dalam studi ini, besar volume air yang dibutuhkan untuk tiap bangunan

irigasi pada daerah irigasi Tengoro adalah sama karena perhitungan kebutuhan air irigasi dilakukan secara global dengan dasar waktu tanam yang sama untuk keseluruhan lahan dalam daerah irigasi tersebut. Perhitungan volume air yang dibutuhkan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.2.

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Tabel 4.2. Perhitungan volume air yang dibutuhkan tiap bangunan irigasi

Musim Tanam	Bulan - Periode	Q (lt/det/ha)	Volume per Ha (m ³ /ha)
MH	Nop	1	3,140
		2	3,140
		3	2,000
	Des	1	2,000
		2	2,000
		3	2,000
	Jan	1	2,000
		2	2,000
		3	2,000
	Peb	1	2,000
		2	2,000
		3	2,000
		Jumlah	22.705,92
MK 1	Mar	1	2,123
		2	2,123
		3	2,123
	Apr	1	1,374
		2	1,374
		3	1,374
	Mei	1	1,374
		2	1,374
		3	1,374
	Jun	1	1,374
		2	1,374
		3	1,374
		Jumlah	16.490,18

Sumber: Hasil Perhitungan

4.3.2 Volume Air yang Tersedia

Volume air yang tersedia dihitung berdasarkan debit yang ada selama periode tanam yang mengacu pada debit andalan selama 10 tahun. Perhitungan volume air yang tersedia dari setiap perubahan debit menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$V = Q \times n \times 24 \times 60 \times 60$$

dimana:

V = Volume air yang tersedia (m^3)

Q = Debit andalan

n = umur tanaman (hari)

Dalam studi ini, debit andalan dipilih yang maksimal dari debit andalan bulanan dalam 1 musim tanam. Sedangkan umur tanam untuk tanaman padi dan

palawija adalah sama yaitu 90 hari.

4.4 Data Sebaran Probabilitas

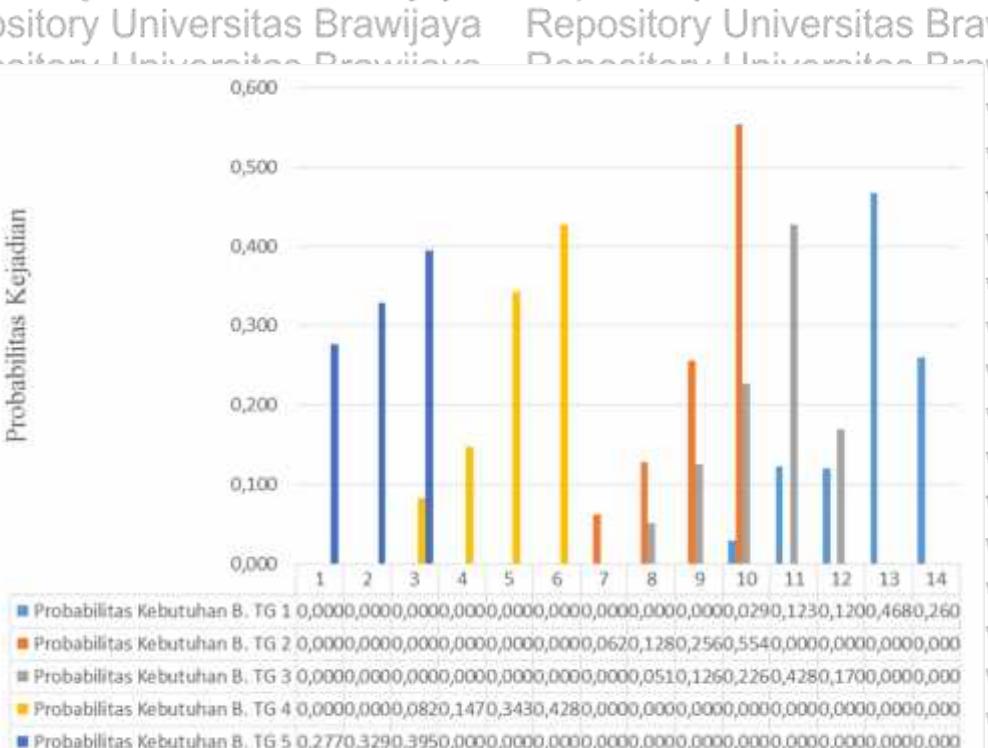
Dalam studi ini, untuk mendapatkan data sebaran probabilitas dilakukan dengan pendekatan sebaran teoritis, mengingat sebaran data yang beragam.

Perhitungan dilakukan dari selisih antara volume air yang tersedia dan volume kebutuhan air irigasi dengan satuan unit volume air, dimana 1 (satu) unit volume air mewakili 1.000.000 m^3 volume air. Perhitungan data sebaran probabilitas selengkapnya disajikan pada tabel 4.3 – 4.4. Sedangkan untuk mengetahui proses perhitungan untuk mendapatkan angka yang tertera dalam tabel sebaran probabilitas, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran IV-2 dan lampiran IV-3.

Repository Universitas Brawijaya
46
Repository Universitas Brawijaya
Tabel 4.3. Sebaran Probabilitas Kebutuhan Air pada saat Musim Hujan

Unit Volume Air	Probabilitas Kebutuhan				
	B. TG 1	B. TG 2	B. TG 3	B. TG 4	B. TG 5
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,277
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,329
3	0,000	0,000	0,000	0,082	0,395
4	0,000	0,000	0,000	0,147	0,000
5	0,000	0,000	0,000	0,343	0,000
6	0,000	0,000	0,000	0,428	0,000
7	0,000	0,062	0,000	0,000	0,000
8	0,000	0,128	0,051	0,000	0,000
9	0,000	0,256	0,126	0,000	0,000
10	0,029	0,554	0,226	0,000	0,000
11	0,123	0,000	0,428	0,000	0,000
12	0,120	0,000	0,170	0,000	0,000
13	0,468	0,000	0,000	0,000	0,000
14	0,260	0,000	0,000	0,000	0,000

Sumber: Hasil Perhitungan

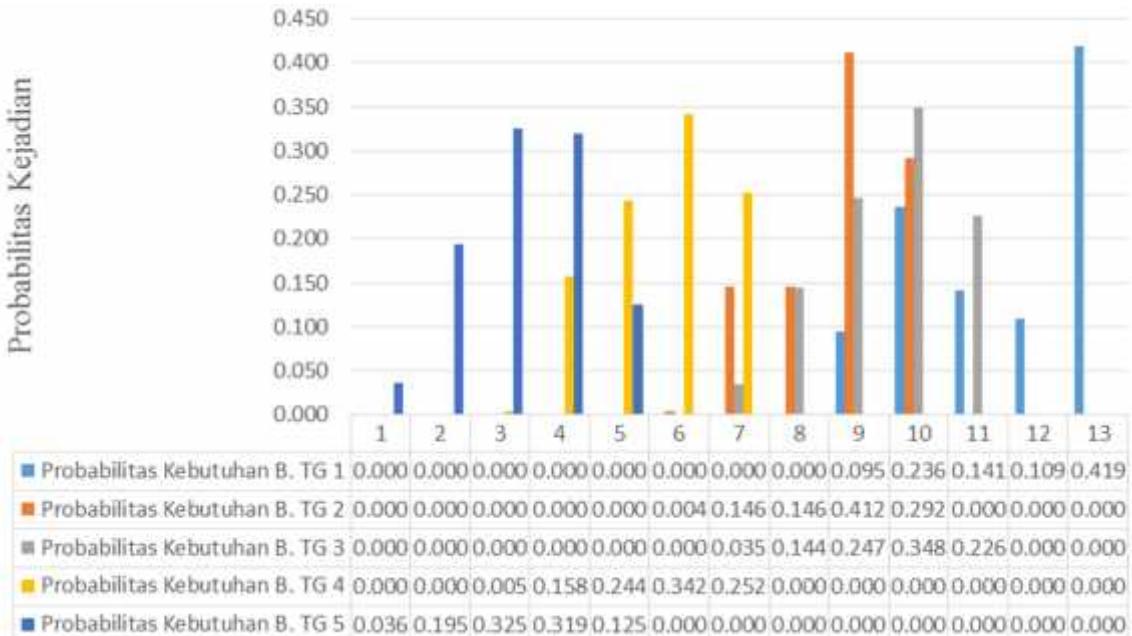


Gambar 4.2. Diagram Sebaran Probabilitas Kebutuhan Air pada saat MH

Tabel 4.4. Sebaran Probabilitas Kebutuhan Air pada saat Musim Kemarau 1

Unit Volume Air	Probabilitas Kebutuhan				
	B. TG 1	B. TG 2	B. TG 3	B. TG 4	B. TG 5
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,195
3	0,000	0,000	0,000	0,005	0,325
4	0,000	0,000	0,000	0,158	0,319
5	0,000	0,000	0,000	0,244	0,125
6	0,000	0,004	0,000	0,342	0,000
7	0,000	0,146	0,035	0,252	0,000
8	0,000	0,146	0,144	0,000	0,000
9	0,095	0,412	0,247	0,000	0,000
10	0,236	0,292	0,348	0,000	0,000
11	0,141	0,000	0,226	0,000	0,000
12	0,109	0,000	0,000	0,000	0,000
13	0,419	0,000	0,000	0,000	0,000

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.3. Diagram Sebaran Probabilitas Kebutuhan Air pada saat MK 1

4.5 Analisa Manfaat

Operasi pemanfaatan potensi air untuk irigasi dapat diartikan sebagai suatu

pengaturan debit air guna dibagikan kepada masing-masing daerah irigasi yang memerlukan. Manfaat penggunaan penyediaan air untuk irigasi pada masing-masing bangunan irigasi pada daerah irigasi Tengoro dapat dihitung berdasarkan keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk yang dihasilkan dikurangi dengan biaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk tersebut. Analisa biaya produksi dan manfaat irigasi selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.5. Analisa Biaya Produksi dan Manfaat Irigasi per Hektar

No	Uraian	Volume		Biaya Satuan		Jumlah	
		Komoditi Padi	Komoditi Jagung	Komoditi Padi	Komoditi Jagung	Komoditi Padi	Komoditi Jagung
A	TENAGA KERJA (HOK)						
	- Penyiapan Lahan	1	1	Ha	1.250.000,00	1.000.000,00	1.250.000,00
	- Penanaman	20	10	HOK	40.000,00	65.000,00	800.000,00
	- Pemupukan	6	10	HOK	65.000,00	65.000,00	390.000,00
	- Penyianginan	20	5	HOK	65.000,00	65.000,00	1.300.000,00
	- Penyemprotan	7	3	HOK	65.000,00	65.000,00	455.000,00
	- Pengairan	0	6		0,00	450.000,00	0,00
	- Panen	30	10	HOK	65.000,00	65.000,00	1.950.000,00
	- Pengangkutan	65		Krg	10.000,00		650.000,00
	- Penyimpanan					30.000,00	180.000,00
	- Penipil		6	Ton			195.000,00
	- Pengeringan		3	HOK			300.000,00
	- Lain-lain						300.000,00
	Jumlah					7.095.000,00	6.845.000,00
B	SARANA PRODUKSI						
	- Benih	40	15	Kg	10.000,00	65.000,00	400.000,00
	- Urea	200	400	Kg	1.800,00	1.800,00	360.000,00
	- SP-36	100	0	Kg	2.000,00		200.000,00
	- Phonska	300	200	Kg	2.300,00	2.300,00	690.000,00
	- Pupuk Kandang	1.000	1.000	Kg	500,00	500,00	500.000,00
	- Pestisida	5		2 Lt	150.000,00	75.000,00	750.000,00
	- KCL			0	Kg		150.000,00
	- Lain-lain						0,00
	Jumlah					2.900.000,00	2.805.000,00
C	LAIN-LAIN PENGELOUARAN						
	- Sewa lahan	1	1	Ha	5.000.000,00	4.000.000,00	5.000.000,00
	- Pajak	1	1		150.000,00	150.000,00	150.000,00
	- Lain-lain						
	Jumlah					5.150.000,00	4.150.000,00
	Jumlah A + B + C					15.145.000,00	13.800.000,00
	1. Total Biaya Produksi					15.145.000,00	13.800.000,00
	2. Total Produksi (Kg)					6.506,00	6.253,00
	3. Harga Jual Produksi (Rp)					28.626.400,00	19.384.300,00
	4. Pendapatan Bersih (3-1)					13.481.400,00	5.584.300,00
	5. R/C (3/1)					1,9	1,4

Sumber: Dinas Pertanian, Kehutanan, dan Perkebunan Kab. Banyuwangi

4.6 Analisa Optimasi

Dengan mengacu pada RTG 2015-2016, maka optimasi dilakukan pada DI. Tengoro dengan menerapkan pola tata tanam yang sama yaitu;

a. Musim hujan (MH) → padi 100%

Repository Universitas Brawijaya
b. Musim kemarau 1 (MK 1) → padi (84,45%) – palawija (15,55%)

c. Awal masa tanam yaitu bulan nopember periode 1.

Dalam studi ini, diasumsikan bahwa:

- Apabila alokasi air melebihi kebutuhan, maka kelebihan air akan terbuang begitu saja untuk kemudian dimanfaatkan oleh daerah irigasi dibawahnya.
- Apabila alokasi air di bawah kebutuhan, maka hanya air alokasi tersebut yang akan dimanfaatkan dan mendatangkan keuntungan.

Dalam model program dinamik stokastik tipe no. 1 ini, ditentukan beberapa hal sebagai berikut:

- Terdapat 5 (lima) tahap (*stage*) yaitu B. TG 1 – B. TG 5
- Variabel Keputusan adalah alokasi x dengan kisaran 0 sampai dengan 12 untuk MH dan 11 untuk MK 1.

Lalu dilakukan perhitungan tabel *Expected Value*, yaitu isi tabel $F_i(x)$, dengan kisaran $i = 1$ s/d 12 untuk MH dan 1 s/d 11 untuk MK 1 serta $x = 0$ s/d 12 untuk MH dan 0 s/d 11 untuk MK 1. Misal untuk $F_4(x = 3)$ pada saat MH yang berarti alokasi ke B. TG 4 sebesar 3 unit volume air, maka perhitungan diuraikan dalam tabel berikut.

Tabel 4.6. Perhitungan nilai $F_4(x = 3)$

Kebutuhan (Unit Volume Air)	Probabilitas p_i	Alokasi (Unit Volume Air)	Keuntungan (Unit Volume Air)	Keuntungan V_i (rupiah)	$p_i \times V_i$ (rupiah)
1	0,000	3	1	817.541.207,10	0,00
2	0,000	3	2	1.635.082.414,20	0,00
3	0,082	3	3	2.452.623.621,30	201.778.414,89
4	0,147	3	3	2.452.623.621,30	360.587.190,81
5	0,343	3	3	2.452.623.621,30	840.616.320,46
6	0,428	3	3	2.452.623.621,30	1.049.641.695,14
7	0,000	3	3	2.452.623.621,30	0,00
8	0,000	3	3	2.452.623.621,30	0,00
9	0,000	3	3	2.452.623.621,30	0,00
10	0,000	3	3	2.452.623.621,30	0,00
11	0,000	3	3	2.452.623.621,30	0,00
12	0,000	3	3	2.452.623.621,30	0,00
13	0,000	3	3	2.452.623.621,30	0,00
14	0,000	3	3	2.452.623.621,30	0,00
$F_4 \quad (\quad 3 \quad) \quad =$					2.452.623.621,30

Sumber: Hasil Perhitungan

Penjelasan:

Kolom 1: tabel 4.3

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
50
Repository Universitas Brawijaya
Kolom 2 : tabel 4.3
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Kolom 3 : alokasi = $x \leq 3$ unit volume air ke B.TG4
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Kolom 4 : keuntungan (unit volume air) yang terkecil antara Kebutuhan dan alokasi
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Kolom 5 : keuntungan dalam rupiah = keuntungan (unit volume air) \times keuntungan (rupiah)
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Setelah semua $F_i(x)$ dihitung, maka diperoleh *Expected Value* pada tabel 4.7 sampai dengan 4.8. Selanjutnya, dari nilai-nilai pada tabel *Expected Value* tersebut dilakukan prosedur *recursive* seperti pada program dinamik deterministik sebanyak 5 (lima) tahap sebagaimana tabel-tabel berikut.

Tabel 4.7. *Expected Value* dari keuntungan alokasi air pada MH

untuk $x =$													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1 (x)	0,00	40.444.200,00	40.444.200,00	40.444.200,00	40.444.200,00	40.444.200,00	40.444.200,00	40.444.200,00	40.444.200,00	40.444.200,00	40.444.200,00	40.444.200,00	40.444.200,00
F2 (x)	0,00	817.541.207,10	1.635.082.414,20	2.452.623.621,30	2.452.623.621,30	2.452.623.621,30	2.452.623.621,30	2.452.623.621,30	2.452.623.621,30	2.452.623.621,30	2.452.623.621,30	2.452.623.621,30	2.452.623.621,30
F3 (x)	0,00	817.541.207,10	1.635.082.414,20	1.635.082.414,20	1.635.082.414,20	1.635.082.414,20	1.635.082.414,20	1.635.082.414,20	1.635.082.414,20	1.635.082.414,20	1.635.082.414,20	1.635.082.414,20	1.635.082.414,20
F4 (x)	0,00	817.541.207,10	1.635.082.414,20	2.452.623.621,30	3.202.905.356,77	3.832.991.361,97	4.182.871.927,02	4.182.871.927,02	4.182.871.927,02	4.182.871.927,02	4.182.871.927,02	4.182.871.927,02	4.182.871.927,02
F5 (x)	0,00	817.541.207,10	1.408.790.559,21	1.731.335.162,95	1.731.335.162,95	1.731.335.162,95	1.731.335.162,95	1.731.335.162,95	1.731.335.162,95	1.731.335.162,95	1.731.335.162,95	1.731.335.162,95	1.731.335.162,95

Tabel 4.8. *Expected Value* dari keuntungan alokasi air pada MK 1

untuk $x =$													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
F1 (x)	0,00	36.760.357,26	36.760.357,26	36.760.357,26	36.760.357,26	36.760.357,26	36.760.357,26	36.760.357,26	36.760.357,26	36.760.357,26	36.760.357,26	36.760.357,26	36.760.357,26
F2 (x)	0,00	743.075.814,33	1.486.151.628,66	2.229.227.442,98	2.229.227.442,98	2.229.227.442,98	2.229.227.442,98	2.229.227.442,98	2.229.227.442,98	2.229.227.442,98	2.229.227.442,98	2.229.227.442,98	2.229.227.442,98
F3 (x)	0,00	743.075.814,33	1.486.151.628,66	1.486.151.628,66	1.486.151.628,66	1.486.151.628,66	1.486.151.628,66	1.486.151.628,66	1.486.151.628,66	1.486.151.628,66	1.486.151.628,66	1.486.151.628,66	1.486.151.628,66
F4 (x)	0,00	743.075.814,33	1.486.151.628,66	2.229.227.442,98	2.968.778.659,50	3.590.991.309,46	4.032.198.946,38	4.032.198.946,38	4.032.198.946,38	4.032.198.946,38	4.032.198.946,38	4.032.198.946,38	4.032.198.946,38
F5 (x)	0,00	743.075.814,33	1.459.553.480,20	2.031.394.833,23	2.361.390.666,39	2.454.467.336,79	2.454.467.336,79	2.454.467.336,79	2.454.467.336,79	2.454.467.336,79	2.454.467.336,79	2.454.467.336,79	2.454.467.336,79

Tabel 4.9. Optimasi tahap 1 (abstraksi B, TG 1) pada saat MH

Tersedia	Sisa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12		2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30
	Maximum	40,444,200,00	40,444,200,00	40,444,200,00	40,444,200,00	40,444,200,00	40,444,200,00	40,444,200,00	40,444,200,00	40,444,200,00	40,444,200,00	40,444,200,00	40,444,200,00	40,444,200,00
	Kepuasan	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tabel 4.10. Optimasi tahap 2 (abstraksi B, TG 2) pada saat MH

Tersedia	Sisa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6		2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30
7		2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30
8		2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30
9		2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30
10		2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30
11		2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30	2,493,067,821,30
12		2,452,63,321,30	2,452,63,321,30	2,452,63,321,30	2,452,63,321,30	2,452,63,321,30	2,452,63,321,30	2,452,63,321,30	2,452,63,321,30	2,452,63,321,30	2,452,63,321,30	2,452,63,321,30	2,452,63,321,30	2,452,63,321,30
	Maximum	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Kepuasan	6	6	6	6	6	6	7	8	9	9	10	11	12

Tabel 4.11. Optimasi tahap 3 (abstraksi B, TG 3) pada saat MH

Tersedia	Sisa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0		2,493,067,821,30	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2,493,067,821,30
1		3,310,609,028,40	2,493,067,821,30	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2,493,067,821,30
2		4,128,150,235,50	3,310,609,028,40	2,493,067,821,30	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2,493,067,821,30
3		4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	3,310,609,028,40	2,493,067,821,30	---	---	---	---	---	---	---	---	2,493,067,821,30
4		4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	3,310,609,028,40	2,493,067,821,30	---	---	---	---	---	---	---	2,493,067,821,30
5		4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	3,310,609,028,40	2,493,067,821,30	---	---	---	---	---	---	2,493,067,821,30
6		4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	3,310,609,028,40	2,493,067,821,30	---	---	---	---	---	2,493,067,821,30
7		4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	3,310,609,028,40	2,493,067,821,30	---	---	---	2,493,067,821,30
8		4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	4,128,150,235,50	3,310,609,028,40	2,493,067,821,30	---	---	2,493,067,821,30
9		4,087,706,035,50	4,087,706,035,50	4,087,706,035,50	4,087,706,035,50	4,087,706,035,50	4,087,706,035,50	4,087,706,035,50	4,087,706,035,50	4,087,706,035,50	3,270,64,828,40	2,452,63,621,30	---	2,452,63,621,30
10		3,270,64,828,40	3,270,64,828,40	3,270,64,828,40	3,270,64,828,40	3,270,64,828,40	3,270,64,828,40	3,270,64,828,40	3,270,64,828,40	3,270,64,828,40	3,270,64,828,40	3,270,64,828,40	3,270,64,828,40	3,270,64,828,40
11		2,452,63,621,30	2,452,63,621,30	2,452,63,621,30	2,452,63,621,30	2,452,63,621,30	2,452,63,621,30	2,452,63,621,30	2,452,63,621,30	2,452,63,621,30	1,683,082,414,20	1,683,082,414,20	817,541,207,10	817,541,207,10
12		1,683,082,414,20	1,683,082,414,20	1,683,082,414,20	1,683,082,414,20	1,683,082,414,20	1,683,082,414,20	1,683,082,414,20	1,683,082,414,20	1,683,082,414,20	1,683,082,414,20	1,683,082,414,20	1,683,082,414,20	1,683,082,414,20
	Maximum	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Kepuasan	2	3	4	5	6	7	8	9	9	9	10	11	12

Tabel 4.12. Optimasi tahap 4 (abasaki ke B, TG 4) pada saat MH

Tersedia	Sisa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	E*
0		4,128,150,235,50	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	4,128,150,235,50
1		4,945,691,442,60	4,128,150,235,50	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	4,128,150,235,50
2		5,763,23,649,70	4,945,691,442,60	4,128,150,235,50	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	4,128,150,235,50
3		6,580,77,385,60	5,763,23,649,70	4,945,691,442,60	4,128,150,235,50	...	...	...	...	...	...	...	...	...	4,128,150,235,50
4		7,331,055,592,27	6,580,77,385,60	5,763,23,649,70	4,945,691,442,60	4,128,150,235,50	...	...	...	...	...	...	...	...	4,128,150,235,50
5		7,961,141,597,47	7,331,055,592,27	6,580,77,385,60	5,763,23,649,70	4,945,691,442,60	4,128,150,235,50	...	...	...	...	...	...	...	4,128,150,235,50
6		8,311,022,62,51	7,961,141,597,47	7,331,055,592,27	6,580,77,385,60	5,763,23,649,70	4,945,691,442,60	4,128,150,235,50	...	...	...	...	...	...	4,087,706,035,50
7		8,270,57,962,51	8,270,57,962,51	7,920,69,7397,47	7,290,61,1392,27	6,540,329,656,80	5,722,788,449,70	4,936,247,245,60	4,087,706,035,50	...	...	...	...	...	3,270,164,238,40
8		7,453,038,755,41	7,453,036,755,41	7,453,036,755,41	7,031,560,190,37	6,73,070,0185,17	5,722,788,449,70	4,936,247,245,60	4,087,706,035,50	3,270,164,238,40	...	...	...	...	2,452,623,621,30
9		6,695,495,548,31	6,695,495,548,31	6,695,495,548,31	6,635,528,978,07	6,285,61,498,27	5,655,528,978,07	4,936,247,245,60	4,087,706,035,50	3,270,164,238,40	2,452,623,621,30	...	...	...	1,635,082,144,20
10		5,817,955,341,21	5,817,955,341,21	5,817,955,341,21	5,817,955,341,21	5,817,955,341,21	5,817,955,341,21	5,817,955,341,21	5,468,07,577,6,17	4,431,987,70,97	4,087,706,035,50	3,270,164,238,40	2,452,623,621,30	1,635,082,144,20	
11		5,000,413,841,11	5,000,413,841,11	5,000,413,841,11	5,000,413,841,11	5,000,413,841,11	5,000,413,841,11	5,000,413,841,11	4,650,652,569,07	4,020,446,563,87	3,270,164,238,40	2,452,623,621,30	1,635,082,144,20	817,541,207,10	
12		4,182,87,192,02	4,182,87,192,02	4,182,87,192,02	4,182,87,192,02	4,182,87,192,02	4,182,87,192,02	4,182,87,192,02	4,182,87,192,02	4,182,87,192,02	3,882,991,361,97	3,270,905,356,77	2,452,623,621,30	1,635,082,144,20	817,541,207,10
	Maksimum	8,311,022,62,51	8,270,57,962,51	7,920,69,7397,47	7,290,61,1392,27	6,540,329,656,80	5,722,788,449,70	4,936,247,245,60	4,087,706,035,50	3,270,164,238,40	2,452,623,621,30	1,635,082,144,20	817,541,207,10	0,00	
	Kepatuhan	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	10	11	12	

Tabel 4.13. Optimasi tahap 5 (abasaki ke B, TG 5) pada saat MH

Tersedia	Sisa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	E*
0		8,311,022,62,51	8,311,022,62,51	8,311,022,62,51	8,311,022,62,51	8,311,022,62,51	8,311,022,62,51	8,311,022,62,51	8,311,022,62,51	8,311,022,62,51	8,311,022,62,51	8,311,022,62,51	8,311,022,62,51	8,311,022,62,51	8,311,022,62,51
1		9,088,119,61	9,088,119,61	9,088,119,61	9,088,119,61	9,088,119,61	9,088,119,61	9,088,119,61	9,088,119,61	9,088,119,61	9,088,119,61	9,088,119,61	9,088,119,61	9,088,119,61	9,088,119,61
2		9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68
3		9,021,945,555,22	9,021,945,555,22	9,021,945,555,22	9,021,945,555,22	9,021,945,555,22	9,021,945,555,22	9,021,945,555,22	9,021,945,555,22	9,021,945,555,22	9,021,945,555,22	9,021,945,555,22	9,021,945,555,22	9,021,945,555,22	9,021,945,555,22
4		8,271,663,819,75	8,271,663,819,75	8,271,663,819,75	8,271,663,819,75	8,271,663,819,75	8,271,663,819,75	8,271,663,819,75	8,271,663,819,75	8,271,663,819,75	8,271,663,819,75	8,271,663,819,75	8,271,663,819,75	8,271,663,819,75	8,271,663,819,75
5		7,454,123,612,65	7,454,123,612,65	7,454,123,612,65	7,454,123,612,65	7,454,123,612,65	7,454,123,612,65	7,454,123,612,65	7,454,123,612,65	7,454,123,612,65	7,454,123,612,65	7,454,123,612,65	7,454,123,612,65	7,454,123,612,65	7,454,123,612,65
6		6,636,58,405,55	6,636,58,405,55	6,636,58,405,55	6,636,58,405,55	6,636,58,405,55	6,636,58,405,55	6,636,58,405,55	6,636,58,405,55	6,636,58,405,55	6,636,58,405,55	6,636,58,405,55	6,636,58,405,55	6,636,58,405,55	6,636,58,405,55
7		5,819,041,198,45	5,819,041,198,45	5,819,041,198,45	5,819,041,198,45	5,819,041,198,45	5,819,041,198,45	5,819,041,198,45	5,819,041,198,45	5,819,041,198,45	5,819,041,198,45	5,819,041,198,45	5,819,041,198,45	5,819,041,198,45	5,819,041,198,45
8		5,001,499,991,35	5,001,499,991,35	5,001,499,991,35	5,001,499,991,35	5,001,499,991,35	5,001,499,991,35	5,001,499,991,35	5,001,499,991,35	5,001,499,991,35	5,001,499,991,35	5,001,499,991,35	5,001,499,991,35	5,001,499,991,35	5,001,499,991,35
9		4,183,958,894,25	4,183,958,894,25	4,183,958,894,25	4,183,958,894,25	4,183,958,894,25	4,183,958,894,25	4,183,958,894,25	4,183,958,894,25	4,183,958,894,25	4,183,958,894,25	4,183,958,894,25	4,183,958,894,25	4,183,958,894,25	4,183,958,894,25
10		3,366,417,577,15	3,366,417,577,15	3,366,417,577,15	3,366,417,577,15	3,366,417,577,15	3,366,417,577,15	3,366,417,577,15	3,366,417,577,15	3,366,417,577,15	3,366,417,577,15	3,366,417,577,15	3,366,417,577,15	3,366,417,577,15	3,366,417,577,15
11		2,548,876,570,05	2,548,876,570,05	2,548,876,570,05	2,548,876,570,05	2,548,876,570,05	2,548,876,570,05	2,548,876,570,05	2,548,876,570,05	2,548,876,570,05	2,548,876,570,05	2,548,876,570,05	2,548,876,570,05	2,548,876,570,05	2,548,876,570,05
12		1,731,335,62,95	1,731,335,62,95	1,731,335,62,95	1,731,335,62,95	1,731,335,62,95	1,731,335,62,95	1,731,335,62,95	1,731,335,62,95	1,731,335,62,95	1,731,335,62,95	1,731,335,62,95	1,731,335,62,95	1,731,335,62,95	1,731,335,62,95
	Maksimum	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68	9,329,48,956,68
	Kepatuhan	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Tabel 4.14. Optimasi tahap 5 (abasaki ke B, TG 5) pada saat MH

Lokasi 1 = 12 - 12 = 0 unit	-->	Rp 0,00
Lokasi 2 = 12 - 9 = 3 unit	-->	Rp 2,452,623,612,30
Lokasi 3 = 9 - 7 = 2 unit	-->	Rp 1,63,58,2,414,20
Lokasi 4 = 7 - 2 = 5 unit	-->	Rp 3,83,299,1,361,97
Lokasi 5 = 2 - 0 = 2 unit	-->	Rp 1,408,706,559,21 +

(OK)

Tabel 4.14. Opiniasi tahap 1 (abstrak ke B, TG 1) pada saat MK 1

Tersedia	Sisa	5	6	7	8	9	10	11
11	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	0,00	
Maksimum	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	0,00	
Kepuasan	11	11	11	11	11	11	11	11

Tabel 4.15. Opiniasi tahap 2 (abstrak ke B, TG 2) pada saat MK 1

Tersedia	Sisa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	fl*
5	2,265,987,800,25	1,265,987,800,25	2,265,987,800,25	1,22,911,98,592	779,338,171,59	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26
6	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	1,522,91,985,92	779,836,171,59	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26
7	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	1,522,91,985,92	779,836,171,59	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26
8	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	1,522,91,985,92	779,836,171,59	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26
9	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	1,522,91,985,92	779,836,171,59	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26
10	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	1,522,91,985,92	779,836,171,59	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26	36,760,357,26
11	2,229,227,442,98	2,229,227,442,98	2,229,227,442,98	2,229,227,442,98	2,229,227,442,98	2,229,227,442,98	2,229,227,442,98	1,486,151,628,66	743,075,814,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maksimum	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	2,265,987,800,25	
Kepuasan	5	5	5	6	7	8	9	10	11	11	11	11	11	

Tabel 4.16. Opiniasi tahap 3 (abstrak ke B, TG 3) pada saat MK 1

Tersedia	Sisa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	fl*
0	2,265,987,800,25	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2,265,987,800,25
1	3,009,063,614,57	2,265,987,800,25	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2,265,987,800,25
2	3,752,139,428,90	3,009,063,614,57	2,265,987,800,25	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2,265,987,800,25
3	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,009,063,614,57	2,265,987,800,25	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2,265,987,800,25
4	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,009,063,614,57	2,265,987,800,25	...	...	...	...	...	...	...	...	2,265,987,800,25
5	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,009,063,614,57	2,265,987,800,25	...	...	...	...	...	...	...	2,265,987,800,25
6	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,009,063,614,57	2,265,987,800,25	...	...	...	...	...	...	2,265,987,800,25
7	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,009,063,614,57	2,265,987,800,25	...	...	...	...	...	2,265,987,800,25
8	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	2,229,227,442,98
9	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	1,486,151,628,66
10	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	743,075,814,33
11	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	0,00
Maksimum	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	3,752,139,428,90	0,00
Kepuasan	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11	11	11	

Tabel 4.17. Opinasi tahap 4 (abdiskte B, TG 4) pada saat MK 1

Tersedia	Sesi	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	B*
0		3,752,139,428,90	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	3,752,139,428,90
1		4,495,215,243,23	3,752,139,428,90	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	3,752,139,428,90
2		5,332,91,057,56	4,495,215,243,23	3,752,139,428,90	...	...	...	...	...	...	...	...	...	3,752,139,428,90
3		5,98,1366,871,89	5,238,291,057,56	4,495,215,243,23	3,752,139,428,90	...	...	...	...	...	...	...	...	3,752,139,428,90
4		6,720,918,088,41	5,981,366,871,89	5,238,291,057,56	4,495,215,243,23	3,752,139,428,90	...	...	...	...	...	...	...	3,752,139,428,90
5		7,343,30,738,36	6,720,918,088,41	5,981,366,871,89	5,238,291,057,56	4,495,215,243,23	3,752,139,428,90	...	...	...	...	...	...	3,752,139,428,90
6		7,747,578,018,02	7,346,370,381,10	6,684,157,731,14	5,944,606,14,62	5,201,530,000,30	4,438,154,885,97	3,715,379,071,64	...	...	...	...	...	3,715,379,071,64
7		7,008,450,203,70	7,004,502,203,70	6,653,294,566,77	5,941,081,916,82	5,201,530,000,30	4,438,154,885,97	3,715,379,071,64	2,972,346,257,31	...	...	...	...	2,972,346,257,31
8		6,26,1426,389,37	6,261,426,389,37	6,261,426,389,37	5,820,218,59,44	5,198,006,102,49	4,438,154,885,97	3,715,379,071,64	2,972,346,257,31	...	...	...	...	2,229,227,442,98
9		5,515,83,530,57,504	5,516,350,575,04	5,518,350,575,04	5,518,350,575,04	5,077,142,938,11	4,454,930,288,16	3,715,379,071,64	2,972,346,257,31	...	...	...	...	1,486,151,628,66
10		4,775,247,760,71	4,775,247,760,71	4,775,247,760,71	4,775,247,760,71	4,775,247,760,71	4,334,067,123,78	3,711,854,73,83	2,972,346,257,31	...	...	...	...	743,075,814,33
11		4,032,198,946,38	4,032,198,946,38	4,032,198,946,38	4,032,198,946,38	4,032,198,946,38	4,032,198,946,38	4,032,198,946,38	3,590,991,309,46	2,968,778,659,50	2,229,227,442,98	1,486,151,628,66	0,00	0,00
Maksimum		7,747,578,018,02	7,346,370,381,10	6,684,157,731,14	5,944,606,14,62	5,201,530,000,30	4,438,154,885,97	3,715,379,071,64	2,972,346,257,31	...	...	...	...	2,229,227,442,98
Kepuasan		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0,00

Tabel 4.18. Optimasi tahap 5 (abdiskte B, TG 5) pada saat MK 1

Tersedia	Sesi	0	B*
0		7,747,578,018,02	7,747,578,018,02
1		8,049,446,195,42	7,306,370,381,10
2		8,143,711,211,34	8,143,711,211,34
3		8,975,001,397,85	8,975,001,397,85
4		7,56,921,366,68	5,201,530,70,30
5		6,912,922,222,76	4,458,454,885,97
6		6,168,846,408,43	3,715,379,071,64
7		5,125,70,594,11	2,972,346,257,31
8		4,68,3694,779,78	2,229,227,442,98
9		3,946,18,965,45	1,486,151,628,66
10		3,197,543,151,12	743,075,814,33
11		2,455,4467,336,79	0,00
Maksimum		8,143,711,211,34	0,00
Kepuasan		2	0,00

Dari tabel optimasi di atas, EV keuntungan total merupakan nilai rerata keuntungan apabila kebijakan alokasi optimal tersebut diterapkan dalam jangka panjang.

4.7 Hasil

Setelah dilakukan optimasi dengan program dinamik stokastik untuk musim tanam MH dan MK 1, maka dapat dilihat hasil sebagai berikut.

Tabel 4.19. Perbandingan Hasil Optimasi dengan Program Dinamik Stokastik

Musim Tanam	Keuntungan (Rp)		Luas lahan yang terairi (ha)		Volume kebutuhan air irigasi (unit)		Volume tersedia (unit)
	sebelum optimasi	setelah optimasi	sebelum optimasi	setelah optimasi	sebelum optimasi	setelah optimasi	
MH	7.384.760.034,25	9.329.487.956,68	547,77	692,03	9,03	11,41	12,00
MK 1	8.074.397.335,52	8.143.711.211,34	658,95	664,61	10,87	10,96	11,00
Jumlah	15.459.157.369,76	17.473.199.168,02			19,90	22,37	23,00
Sumber: Hasil Perhitungan		Efisiensi irigasi (%)		86,52	97,27		
				98,88			

Terlihat bahwa untuk musim tanam MH dan MK 1 terjadi peningkatan keuntungan dan pemanfaatan air irigasi lebih optimal. Sedangkan untuk efisiensi irigasi yang dicapai sebelum optimasi sebesar 86,52% meningkat setelah optimasi menjadi 97,27%. Dengan kata lain prosentase pemakaian air setelah optimasi terhadap pemakaian air sebelum optimasi yaitu sebesar 98,88%.

Dari tabel 4.19, setelah didapatkan keuntungan, luas lahan dan banyaknya air yang digunakan pada tiap musim tanam, maka diuraikan menjadi per bangunan bagi sebagaimana yang tertera dalam tabel 4.20 dan 4.21 berikut.

Tabel 4.20. Pola Sebaran Air untuk Mendapatkan Keuntungan Maksimal MH

Bangunan	Luas terairi (ha)		Intensitas Tanam (%)		Kebutuhan air irigasi (m³/dt)		Keuntungan (Rp)	
	sebelum optimasi	setelah optimasi	sebelum optimasi	setelah optimasi	sebelum optimasi	setelah optimasi	sebelum optimasi	setelah optimasi
B. TG 1	3,00	0,00	0,28	0,00	0,006	0,000	40.444.200,00	0,00
B. TG 2	149,00	149,00	13,87	13,87	0,316	0,386	2.008.728.600,00	2.452.623.621,30
B. TG 3	100,00	100,00	9,31	9,31	0,212	0,257	1.348.140.000,00	1.635.082.414,20
B. TG 4	295,77	303,21	27,54	28,23	0,627	0,603	3.987.447.234,25	3.832.991.361,97
B. TG 5	0,00	139,82	0,00	13,02	0,000	0,297	0,00	1.408.790.559,21
Jumlah	547,77	692,03	51,00	64,43	1,162	1,542	7.384.760.034,25	9.329.487.956,68

Dapat dilihat pada saat MH dari tabel di atas, terjadi peningkatan luas lahan, intensitas tanam serta keuntungan menyeluruh. Akan tetapi ada kalanya luas lahan tetap namun keuntungan yang dihasilkan meningkat sebagaimana yang terjadi di

B.TG 2 dan B.TG 3. Hal ini karena adanya pengaruh nilai probabilitas yang mengakibatkan peningkatan alokasi air (lebih detailnya dapat dilihat pada tabel EV) sehingga mengakibatkan nilai keuntungan meningkat.

Tabel 4.21. Pola Sebaran Air untuk Mendapatkan Keuntungan Maksimal MK 1

Bangunan	Luas teritori (ha)		Intensitas Tanam (%)		Kebutuhan air irigasi (m ³ /dt)		Keuntungan (Rp)	
	sebelum optimasi	setelah optimasi	sebelum optimasi	setelah optimasi	sebelum optimasi	setelah optimasi	sebelum optimasi	setelah optimasi
B. TG 1	3,00	0,00	0,28	0,00	0,006	0,000	36.760.357,26	0,00
B. TG 2	149,00	149,00	13,87	13,87	0,316	0,386	1.825.764.410,71	2.229.227.442,98
B. TG 3	100,00	100,00	9,31	9,31	0,212	0,257	1.225.345.242,09	1.486.151.628,66
B. TG 4	338,00	242,57	31,47	22,59	0,717	0,514	4.141.666.918,25	2.968.778.659,50
B. TG 5	68,95	173,04	6,42	16,11	0,146	0,253	844.860.407,21	1.459.553.480,20
Jumlah	658,95	664,61	61,35	61,88	1,397	1,409	8.074.397.335,52	8.143.711.211,34

Untuk hasil yang didapat pada tabel di atas, tidak jauh beda dengan saat MH, terjadi peningkatan luas lahan yang ditanami, intensitas tanam serta keuntungan menyeluruh. Untuk keuntungan yang meningkat dari luas lahan yang sama juga dipengaruhi oleh nilai probabilitas yang mengakibatkan peningkatan alokasi air (lebih detailnya dapat dilihat pada tabel EV).

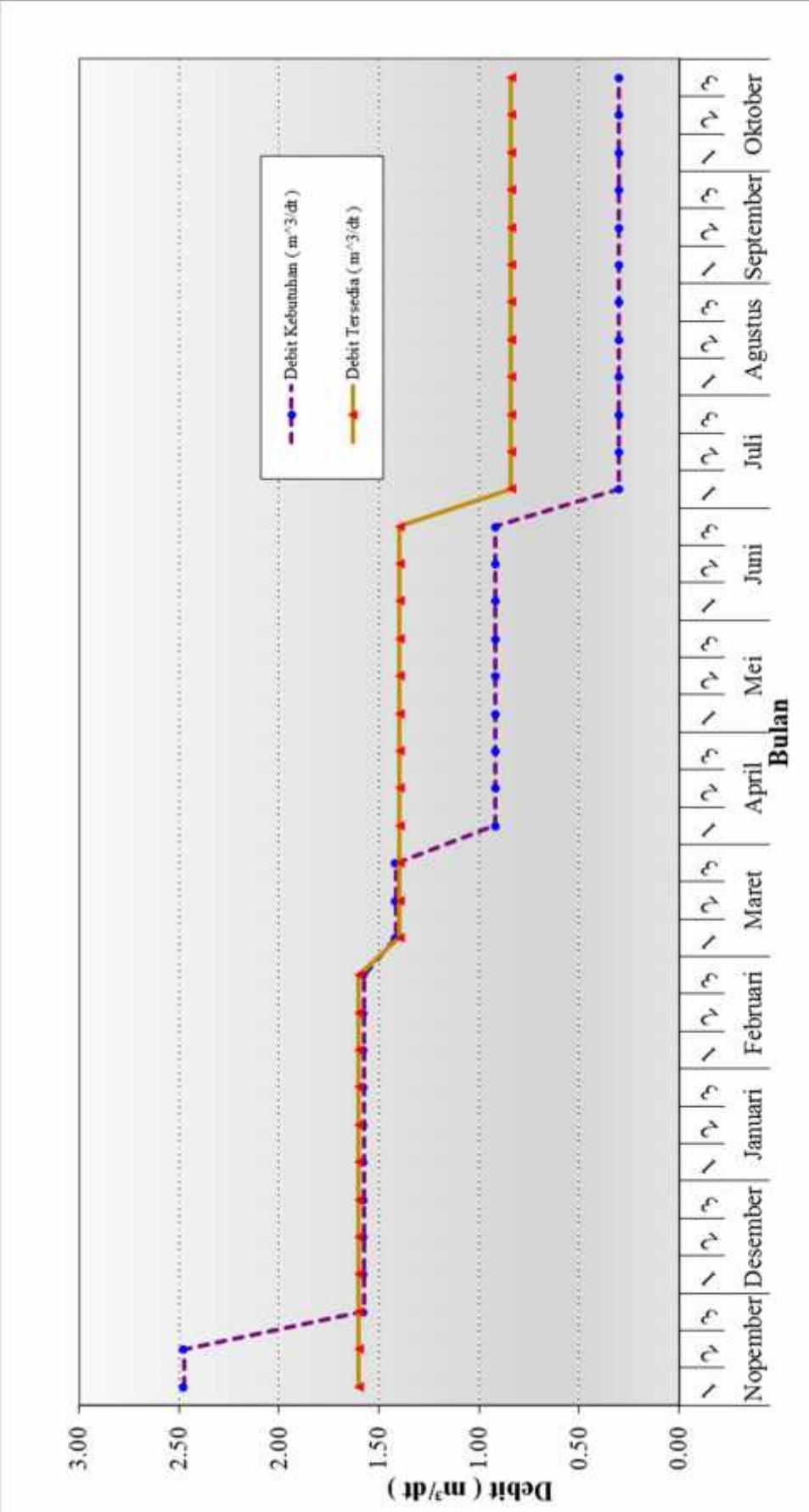
Dari hasil tersebut, dengan luasan maksimal yang dapat diairi, maka dapat dihitung kebutuhan air irigasinya sehingga didapatkan neraca air setelah dilakukan optimasi dengan program dinamik stokastik sebagaimana tabel 4.22 dan grafik neraca pada gambar 4.4.

58

Tabel 4.22. Neraca Air setelah Optimasi

Bulan	Periode	Ketersediaan Air Irrigasi (lt/dt)	Ketersediaan Air Irrigasi (m³/dt)	Kebutuhan Air Irrigasi (m³/dt)	Keterangan
Nopember	1	1.600	1,600	2,475	KURANG
	2	1.600	1,600	2,475	KURANG
	3	1.600	1,600	1,577	CUKUP
Desember	1	1.600	1,600	1,577	CUKUP
	2	1.600	1,600	1,577	CUKUP
	3	1.600	1,600	1,577	CUKUP
Januari	1	1.600	1,600	1,577	CUKUP
	2	1.600	1,600	1,577	CUKUP
	3	1.600	1,600	1,577	CUKUP
Februari	1	1.600	1,600	1,577	CUKUP
	2	1.600	1,600	1,577	CUKUP
	3	1.600	1,600	1,577	CUKUP
Maret	1	1.397	1,397	1,411	KURANG
	2	1.397	1,397	1,411	KURANG
	3	1.397	1,397	1,411	KURANG
April	1	1.397	1,397	0,913	CUKUP
	2	1.397	1,397	0,913	CUKUP
	3	1.397	1,397	0,913	CUKUP
Mei	1	1.397	1,397	0,913	CUKUP
	2	1.397	1,397	0,913	CUKUP
	3	1.397	1,397	0,913	CUKUP
Juni	1	1.397	1,397	0,913	CUKUP
	2	1.397	1,397	0,913	CUKUP
	3	1.397	1,397	0,913	CUKUP
Juli	1	840	0,840	0,298	CUKUP
	2	840	0,840	0,298	CUKUP
	3	840	0,840	0,298	CUKUP
Agustus	1	840	0,840	0,298	CUKUP
	2	840	0,840	0,298	CUKUP
	3	840	0,840	0,298	CUKUP
September	1	840	0,840	0,298	CUKUP
	2	840	0,840	0,298	CUKUP
	3	840	0,840	0,298	CUKUP
Oktober	1	840	0,840	0,298	CUKUP
	2	840	0,840	0,298	CUKUP
	3	840	0,840	0,298	CUKUP

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.4. Grafik Neraca Air setelah Optimasi

Terlihat dari grafik neraca air bahwa setelah dilakukan optimasi, masih terjadi kekurangan air untuk beberapa periode, terutama pada awal masa tanam MH dan MK 1. Hal ini terjadi dikarenakan pada awal musim tanam merupakan masa pembibitan dan garap tanah yang memang memerlukan air lebih banyak dari pada saat masa pertumbuhan tanaman.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya dan berlandaskan pada rumusan masalah, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada neraca air dapat dilihat bahwa dengan pola tanam yang sama, sebelumnya terjadi kekurangan air yang cukup banyak pada saat MH dan MK 1, setelah dilakukan optimasi dengan program dinamik stokastik kebutuhan air irigasi dapat dipenuhi dengan optimal meskipun masih ada kekurangan pada periode 1 dan 2 awal masa tanam MH dan periode 1-3 awal masa tanam MK 1. Hal ini dikarenakan kebutuhan air untuk masa pembibitan dan garap tanah tanaman padi yang membutuhkan air lebih banyak dari masa pertumbuhannya.
2. Dengan menerapkan program dinamik stokastik, dapat diketahui pola sebaran air saat MH di B. TG 1 sebesar $0,000 \text{ m}^3/\text{det}$, B. TG 2 sebesar $0,386 \text{ m}^3/\text{det}$, B. TG 3 sebesar $0,257 \text{ m}^3/\text{det}$, B. TG 4 sebesar $0,603 \text{ m}^3/\text{det}$, dan B. TG 5 sebesar $0,297 \text{ m}^3/\text{det}$ dengan jumlah total $1,542 \text{ m}^3/\text{det}$ dari yang sebelumnya $1,162 \text{ m}^3/\text{det}$. Pada saat MK 1 di B. TG 1 sebesar $0,000 \text{ m}^3/\text{det}$, B. TG 2 sebesar $0,386 \text{ m}^3/\text{det}$, B. TG 3 sebesar $0,257 \text{ m}^3/\text{det}$, B. TG 4 sebesar $0,514 \text{ m}^3/\text{det}$, dan B. TG 5 sebesar $0,253 \text{ m}^3/\text{det}$ dengan jumlah total $1,409 \text{ m}^3/\text{det}$ dari yang sebelumnya $1,397 \text{ m}^3/\text{det}$.
3. Tingkat efisiensi irigasi secara keseluruhan meningkat dari sebelum optimasi yaitu sebesar 86,52% setelah dilakukan optimasi dengan program dinamik stokastik menjadi sebesar 97,27%. Dengan kata lain prosentase pemakaian air setelah optimasi terhadap pemakaian air sebelum optimasi yaitu sebesar 98,88%.
4. Keuntungan maksimal yang didapatkan dari ketersediaan air yang ada pada MH sebesar Rp 9.329.487.956,68 (meningkat 20,84% dari sebelum optimasi), pada MK 1 sebesar Rp 8.143.711.211,34 (meningkat 0,85% dari sebelum optimasi).

5.2 Saran

1. Setelah memperhatikan hasil analisis yang dilakukan, terlihat dari grafik neraca air masih ada kekurangan air untuk 2 (dua) periode di awal masa tanam MH,



DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2007.
- Dimyati. *Operation Research*. Bandung: Sinar Baru, 1989.
- Ditjen SDA. *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi-KP-01*. Jakarta: Kementerian PU, 2011.
- DPU Pengairan Provinsi Jawa Timur. *Pedoman Operasi Pemeliharaan Jaringan Irigasi*. Surabaya, 2013.
- Irvani, Harvey. *Studi Optimasi Pola Operasi Waduk Sutami Akibat Perubahan Iklim*. Tesis Tidak Diterbitkan, Malang: Universitas Brawijaya, 2013.
- Montarcih, Lily L. *Hidrologi Praktis*. Bandung: Lubuk Agung, 2010.
- Montarcih, Lily L. & Soetopo, Widandi. *Manajemen Sumber Daya Air*. Bandung: Lubuk Agung, 2011.
- Pemkab Banyuwangi. *Website Resmi Pemerintah Kabupaten Banyuwangi*. n.d. <http://banyuwangikab.go.id> (accessed Januari 20, 2016).
- Soemarto, C. D. *Hidrologi Teknik Edisi 1*. Surabaya: Penerbit Usaha Nasional, 1986.
- Soetopo, Widandi. *Model-model Simulasi Stokastik untuk Sistem Sumberdaya Air*. Malang: Citra Malang, 2012.
- Soewarno. *Hidrologi - Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 2*. Bandung: Nova, 1995.
- Sosrodarsono, Suyono & Takeda, Kensaku. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita, 2003.
- Subagyo, P., Asri, M., & Handoko, T. H. *Dasar-Dasar Operation Research*. Yogyakarta: BPFE, 1981.
- Subarkah, Imam. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma, 1980.
- Suhardjono. *Kebutuhan Air Tanaman*. Malang: ITN Malang Press, 1994.