

STUDI OPTIMASI POLA TANAM DAERAH IRIGASI KOSINGGOLAN DI KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW

Rony Rudson¹⁾, Widandi Soetopo²⁾, Lily Montarcih L²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Magister Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

²⁾Dosen Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

e-mail: rudsony@yahoo.com

Abstrak: Daerah Irigasi Kosinggolan tersebar di Dataran Dumoga dan mempunyai luas potensial 5381 ha dan areal fungsional irigasi saat ini 3865 ha. Setelah beroperasi kurang lebih 28 tahun Bendung Kosinggolan mengalami penurunan debit yang berpengaruh pada hasil produksi pertanian. Karena keterbatasan debit maka irigasi Kosinggolan melaksanakan pemberian air irigasi dengan sistem golongan yang dibagi dalam tiga periode tanam.

Optimasi Linier dan Analisa Sensitivitas pada Irigasi Kosinggolan menggunakan fasilitas *Solver* yang ada pada *Microsoft Excel*.

Berdasarkan hasil analisa optimasi yang dilakukan diperoleh hasil luas tanaman padi dan palawija optimum pada kondisi kering, kondisi rendah, kondisi normal dan kondisi cukup antara 1450 ha–3865 ha. Sedangkan hasil keuntungan maksimum pada kondisi kering, kondisi rendah, kondisi normal dan kondisi cukup antara Rp 11.133.750.357,00 sampai Rp 33.200.350.000,00.

Untuk hasil Analisa Sensitivitas diperoleh hasil luas lahan sensitif pada kondisi kering, kondisi rendah, kondisi normal dan kondisi cukup antara 0–9307 ha.

Kata Kunci: Irigasi, Optimasi Linier, Sensitivitas

Abstract: Irrigation areas of Kosinggolan which is spread in Dumoga plains has potential broad in 5381 acres and irrigated functional areas 3865 acres at this time. After 28 years in operation Kosinggolan weir discharge decreased that effect on agricultural production. Due to the discharge limitations in Kosinggolan implementing the provision of irrigation water the class system is divided into three planting periods.

Linier Optimization and Sensitivity Analysis to the crop pattern has been using Solver facility from Microsoft Excel.

Based on the results of the conducted optimization analysis obtained extensive results optimum crop rice at dry conditions, condition low, under normal conditions and sufficient conditions: crop rice from 1450 – 3865 acres. While the maximum profit results in dry conditions, under conditions of low, under normal conditions and sufficient conditions: from Rp 11.133.750.357,00 until Rp 33,200,350,000,00.

For sensitivity analysis results of obtained land area sensitive: in dry conditions between, the low condition, under normal conditions and the sufficient conditions: from 0–9307 acres.

Keywords: irrigation, linier optimization, sensitivity

Penurunan fungsi hutan yang diakibatkan oleh perubahan tata guna lahan pada suatu kawasan DAS sangat mempengaruhi kuantitas debit sungai pada daerah tersebut. Perladangan yang berpindah-pindah dan pembalakan liar merupakan faktor dominan yang mempengaruhi debit di intake bendung disamping faktor efisiensi pada saluran irigasi. Peningkatan produksi pertanian berbanding lurus dengan ketersediaan air

yang dari tahun ke tahun kebutuhannya semakin meningkat. Sedangkan di sisi yang lain penambahan penduduk berdampak pula pada defisit luas lahan pertanian yang pada kenyataannya terbatas. Oleh sebab itu perlu dilakukan optimalisasi lahan pertanian yang ada sehingga mendapatkan hasil yang maksimal.

Pada tulisan ini membahas mengenai Teknik Irigasi dengan konsentrasi pada Studi Optimasi. Opti-

masi adalah suatu rancangan dalam pemecahan masalah model-model perencanaan dengan mendasarkan pada fungsi matematika yang membatasi sehingga merupakan suatu proses sistem untuk menghasilkan keputusan terbaik (Montarich dan Soetopo, 2009).

Identifikasi Masalah

Debit andalan adalah besarnya debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air irigasi dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan (Montarich, 2009). Penurunan debit andalan pada pintu intake di bendung kosinggolan berpengaruh pada ketersediaan debit yang didistribusikan ke petak tersier sesuai dengan kebutuhan tanaman pada pola tanam yang telah disusun setiap tahunnya

Dengan keterbatasan debit yang mengalir terutama saat musim kemarau, dan luas lahan pertanian yang harus diairi yaitu sebesar 3865 ha untuk Daerah Irigasi Kosinggolan, maka perlu pemikiran untuk mencari solusi yang tepat. Oleh karena itu dilakukan suatu proses optimasi terhadap volume kebutuhan air irigasi sehingga dihasilkan luas lahan pertanian optimum yang dapat diairi dengan keuntungan hasil produksi yang maksimal. Perhitungan studi optimasi distribusi air irigasi pada Daerah Irigasi Kosinggolan ini diselesaikan dengan Program Linier. Alasan mengapa dilakukan dengan program linier adalah dikarenakan variabel-variabel yang ada dalam sistem irigasi ini bersifat linier, sehingga sangat tepat apabila dilaksanakan dengan Program tersebut.

Selain itu Program Linier ini juga mempunyai beberapa keunggulan yaitu (Rispingtati, 2008): (1) Dapat menyelesaikan sistem dengan perubahan dan kendala yang cukup banyak; (2) Memiliki fungsi matematika yang sederhana; (3) Hasilnya cukup handal; (4) Efektif jika seluruh variabel dapat diasumsikan deterministik (dapat diprediksi secara tepat); (5) Modul dari metode ini mudah diperoleh.

Keterbatasan dari program linier, antara lain: (1) Tidak untuk sistem irigasi kompleks; (2) Memiliki kesulitan terhadap waktu dan fungsi tak linier.

Batasan Masalah

Lokasi studi adalah Daerah Irigasi Kosinggolan yang terletak di Kabupaten Bolaang Mongondow dengan luas fungsional sawah 3865 ha.

Data debit andalan diperoleh dari debit di intake Bendung dan tiga suplesi.

Analisa kebutuhan air irigasi berdasarkan Rencana Tata Tanam Global yang telah ditentukan oleh Dinas Pengairan Kabupaten Bolaang Mongondow

dengan menggunakan metode Kriteria Perencanaan PU.

Pola tanam yang digunakan dalam periode 15 harian.

Awal penanaman untuk tiap jenis tanaman sesuai dengan Jadwal Rencana Tata Tanam Global (RTTG) Kabupaten Bolaang Mongondow.

Keuntungan dihitung dalam periode musim tanam.

Metode yang digunakan adalah Metode Linier dan Analisis Sensitivitas.

Tidak membahas pola operasi dan pemeliharaan jaringan irigasi.

Rumusan Masalah

Berapa besar debit andalan pada sungai kosinggolan yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan irigasi pada daerah irigasi kosinggolan?

Berapa kebutuhan air irigasi yang diperlukan?

Berapa luas tanam optimum dan keuntungan maksimum yang didapat dari hasil optimasi Program Linier?

Bagaimana pengaruh Sensitivitas dari hasil optimasi pola tanam yang diperoleh?

Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari studi ini adalah sebagai berikut: (1) Menentukan distribusi air yang efisien pada pola Tanam di Daerah Irigasi Kosinggolan sehingga diperoleh kondisi lahan yang paling Optimal yang dapat diairi dengan menggunakan fasilitas solver; (2) Dalam studi ini yang dimaksud Optimal adalah berdasarkan Optimasi Linier, air yang tersedia dapat menghasilkan luas lahan optimum dan keuntungan maksimum dari hasil produksi pertanian serta tingkat kepekaannya dalam Analisa Sensitivitas.

Sedangkan manfaat dari studi ini adalah sebagai berikut: (1) Memberikan gambaran pembagian debit air irigasi yang tersedia di Daerah Irigasi Kosinggolan kepada masing-masing areal irigasi dengan penerapan program linier; (2) Sebagai bahan evaluasi dalam melaksanakan pembagian air irigasi di Daerah Irigasi Kosinggolan

LANDASAN TEORI

Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air untuk suatu jaringan irigasi merupakan kebutuhan air tanaman (*consumptive use*) ditambah dengan kehilangan karena sistem pembagian (distribusi) yang meliputi kehilangan pada saluran dan pada saat pemberian di petak tanaman (Suhardjono, 1994).

Cara perhitungan kebutuhan air tanaman dalam studi ini menggunakan Metode Kriteria Perencanaan PU yaitu (Anonim KP-01,1986):

1. Kebutuhan air di sawah:

$$\text{NFR} = \text{ETc} + \text{P} - \text{Reff} + \text{WLR} \quad 1)$$

NFR = kebutuhan air bersih di sawah (ltr/dt/hari)

ETc = evapotranspirasi potensial

P = perkolasi

Reff = curah hujan efektif

WLR = pergantian lapisan air

2. Kebutuhan air irigasi untuk tanaman padi

$$\text{IR} = \text{NFR} / \text{I} \quad 2)$$

I = efisiensi irigasi

3. Kebutuhan air irigasi untuk tanaman palawija

$$\text{IR} = \frac{\text{ETc} - \text{R}_{\text{eff}}}{1} \quad 3)$$

4. Sedangkan kebutuhan air irigasi untuk penyiapan lahan adalah:

$$\text{IR} = \frac{\text{Me}^k}{(e^k - 1)} \quad 4)$$

M = kebutuhan air untuk mengganti air yang hilang di sawah yang telah dijenuhkan (mm/hari)

K = MT/S

T = jangka waktu penyiapan lahan (hari)

S = air irigasi yang dibutuhkan untuk penjenuhan ditambah dengan 50mm

Ketersediaan Air Irigasi

Ketersediaan air irigasi diperoleh dari data debit intake Bendung Kosinggolan dan Suplesi Uuan-Kuaik dan Moosi yang didapat selama 11 tahun mulai tahun 2002–2012.

METODOLOGI PENELITIAN

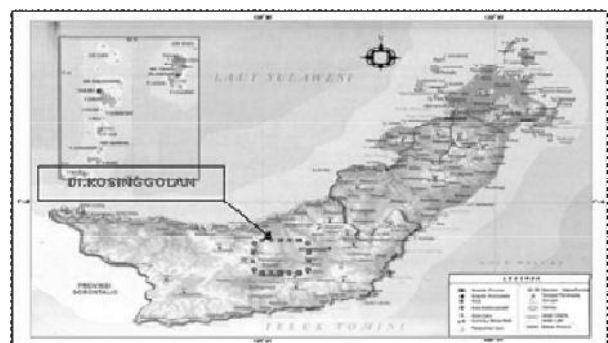
Kondisi Daerah Studi

Daerah studi yang dikaji adalah Daerah Irigasi Kosinggolan yang mencakup Kecamatan Dumoga Barat, Dumoga Tengah dan sebagian Kecamatan Dumoga Timur. Intake bendung Kosinggolan, terletak pada Sungai Kosinggolan di Desa Doloduo Kecamatan Dumoga Barat Kabupaten Bolaang Mongondow ± 250 km dari Kota Manado.

Kabupaten Bolaang Mongondow Secara geografis daerah ini terletak Antara 00°15'46" - 01°15'38" Lintang Utara serta antara 123°07'26" - 124°41'46" Bujur Timur. Luas wilayah Kabupaten Bolaang Mongondow 3.547,49 km² yang tersebar 12 kecamatan.



Gambar Bendung Kosinggolan di Desa Doloduo.



Gambar Lokasi Daerah Irigasi Kosinggolan di Kabupaten Bolaang Mongondow

Jenis Metode Penelitian

Jenis metode penelitian dalam kajian ini adalah penelitian deskriptif yang merupakan penelitian kasus dan penelitian lapangan (*case study and field research*) untuk mengevaluasi pola tata tanam yang telah dilaksanakan di Daerah Irigasi Kosinggolan dan berdasarkan data yang telah dikumpulkan kemudian disusun rekomendasi pola tata tanam dari hasil kajian yang telah dilakukan dan menghitung nilai sensitivitas.

Metode Pengumpulan Data

Berdasarkan batasan dan rumusan masalah, maka data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut: (1) Data debit sungai; (2) Data curah hujan dan klimatologi; (3) Data Rencana Tata Tanam Global; (4) Skema Daerah Irigasi; (5) Peta Lokasi Daerah Studi; (6) Data Ekonomi pertanian.

Langkah-langkah Pengolahan Data

Langkah-langkah perhitungan dalam studi ini adalah sebagai berikut: (1) Menghitung evapotranspirasi dan besarnya kebutuhan air tanaman; (2) Kebutuhan air untuk penyiapan lahan; (3) Perhitungan curah hujan efektif; (4) Perhitungan kebutuhan air sawah; (5) Perhitungan kebutuhan air di intake; (6)

Perhitungan debit andalan di bendung; (7) Optimasi pola tata tanam; (8) Analisis sensitivitas dari hasil optimasi.

Metode Optimasi

Metode analisis yang digunakan adalah metode optimasi yang menggunakan Program Linier dengan mempertimbangkan ketersediaan air dan luas lahan untuk tanaman padi dan palawija untuk 3 (tiga) alternatif pola tanam pada kondisi Tahun Kering, Rendah, Normal dan Tahun Cukup dengan periode tanam MT.I, MT.II dan MT.III seperti pada tabel-tabel berikut ini:

Optimasi Kondisi Tahun Kering

Kondisi Tahun Kering		
Alternatif	Padi (x 3.865 Ha)	Palawija (x 3.865 Ha)
1 MT I	100%	0%
MT II	0% - 100%	0% - 100%
MT III	0%	100%
2 MT I	100%	0%
MT II	0% - 100%	0% - 100%
MT III	90%	0%
3 MT I	100%	0%
MT II	0% - 100%	0% - 100%
MT III	0%	100%

Sumber : Hasil Perhitungan

Optimasi Kondisi Tahun Rendah

Kondisi Tahun Rendah		
Alternatif	Padi (x 3.865 Ha)	Palawija (x 3.865 Ha)
1 MT I	100%	0%
MT II	100%	0%
MT III	10% - 100%	10% - 100%
2 MT I	100%	0%
MT II	100%	0%
MT III	0%	100%
3 MT I	100%	0%
MT II	100%	0%
MT III	0%	100%

Sumber : Hasil Perhitungan

Optimasi Kondisi Tahun Normal

Kondisi Tahun Normal		
Alternatif	Padi (x 3.865 Ha)	Palawija (x 3.865 Ha)
1 MT I	100%	0%
MT II	0% - 100%	0% - 100%
MT III	0%	100%
2 MT I	100%	0%
MT II	0% - 100%	0% - 100%
MT III	0%	100%
3 MT I	100%	0%
MT II	0% - 100%	0% - 100%
MT III	0%	100%

Sumber : Hasil Perhitungan

Optimasi Kondisi Tahun Cukup

Kondisi Tahun Cukup		
Alternatif	Padi (x 3.865 Ha)	Palawija (x 3.865 Ha)
1 MT I	100%	0%
MT II	100%	0%
MT III	0%	100%
2 MT I	100%	0%
MT II	100%	0%
MT III	0%	100%
3 MT I	100%	0%
MT II	100%	0%
MT III	0%	100%

Sumber : Hasil Perhitungan

Keempat kondisi kehandalan yang dibagi dalam tiga alternatif pola tanam tersebut bertujuan untuk memaksimalkan keuntungan hasil produksi dengan mempertimbangkan luasan lahan setiap tanaman pada periode musim tanam.

Contoh Model Optimasi Alternatif Kering 1

Penentuan komponen simbol dibagi berdasarkan: (1) Musim Tanam; (2) Nama Saluran; (3) Jenis Tanaman.

X_{ijm} = luas areal tanam musim tanam i pada saluran sekunder j serta jenis tanaman m

Dimana:

- i = 1, 2, 3 (Musim Tanam 1, Musim Tanam 2, Musim Tanam 3)
- j = 1, 2, 3, ..., 22. (Primer Dumoga, Sekunder Wangga Baru,)
- m = 1, 2 (Padi-Palawija)

a. Fungsi Tujuan/Formulasi Sasaran

Formula atau rumusan diperlukan untuk menentukan hasil maksimum dalam rupiah dari suatu daerah irigasi. Oleh karena itu diperlukan data ekonomi atau data manfaat dari suatu daerah irigasi. Pada studi ini digunakan asumsi manfaat sebagai dasar perhitungan (P).

Keuntungan = (Manfaat Padi * Luas Tanam Padi Primer Dumoga) + (Manfaat Palawija * Luas Tanam Palawija Primer Dumoga) + ... + (Manfaat m * X_m)

$$Z = (P_1 * X_1) + (P_2 * X_2) + \dots + (P_m * X_m)$$

$$Z = \sum_{ijm=1}^{24} (P_{ijm} * X_{ijm})$$

Dimana:

$i = 1, 2, 3$ (Musim Tanam 1, Musim Tanam 2, Musim Tanam 3)

$J = 1, 2, 3, \dots, 22$. (Primer Dumoga, Sekunder Wangga Baru,)

$m = 1, 2$ (Padi–Palawija)

b. Fungsi Kendala

Pada setiap optimasi diperlukan suatu faktor kendala atau pembatas. Pada studi ini batasan yang digunakan adalah sebagai berikut: (1) Luas Lahan; (2) Ketersediaan air pada musim tanam i ; (3) Kebutuhan air pada musim tanam i dengan pola tanam m .

- Kendala Luas Lahan untuk tanaman padi

- $MT I = X_{ijm} \leq 100\% \times \text{luas lahan total}$

$$\sum_{ijm=1}^{24} X_{ijm} \leq 3.865 \text{ Ha}$$

- $MT II = 0\% \text{ luas lahan} \leq X_{ijm} \leq \text{luas lahan maksimum padi dan palawija yang dapat diairi}$

$$\sum_{ijm=1}^{24} 0 \leq X_{ijm} \leq 3.865 \text{ Ha}$$

- $MT III = X_{ijm} \leq 100\% \times \text{luas lahan total}$

- Kendala volume debit, yaitu debit air yang dibutuhkan pola tanam m pada saluran sekunder j dan musim tanam i berdasarkan hasil perhitungan (q_{ijm}) dengan debit air yang tersedia dari intake pada musim tanam i (Q_i).

$$(q_{111} * X_{111}) + (q_{112} * X_{112}) + (q_{121} * X_{121}) + (q_{122} * X_{122}) + \dots + (q_{ijm} * X_{ijm}) \leq Q_1$$

$$(q_{211} * X_{211}) + (q_{212} * X_{212}) + (q_{221} * X_{221}) + (q_{222} * X_{222}) + \dots + (q_{ijm} * X_{ijm}) \leq Q_2$$

$$(q_{311} * X_{311}) + (q_{312} * X_{312}) + (q_{321} * X_{321}) + (q_{322} * X_{322}) + \dots + (q_{ijm} * X_{ijm}) \leq Q_3$$

Dimana $i = 1, 2, 3$. (Musim Tanam 1, Musim Tanam 2 dan Musim Tanam 3)

Untuk model matematika lainnya bisa dilihat pada 4 tabel di atas.

Penyelesaian Program Linier

Perumusan model program linier menggunakan debit dan luas lahan sebagai fungsi kendala serta data produksi dan ekonomi digunakan dalam penentuan fungsi tujuan.

Software yang digunakan dalam analisa optimasi irigasi ini adalah *Microsoft Excel dengan Extention Solver*.

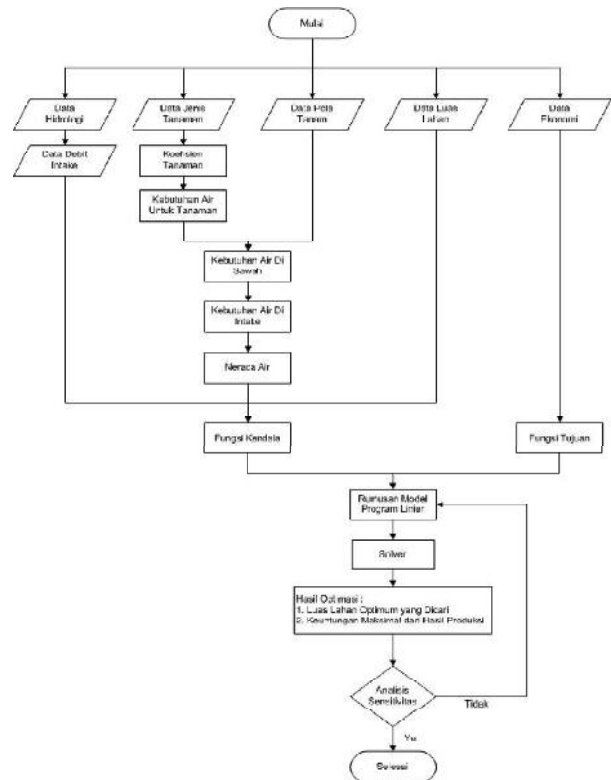


Diagram Alir Optimasi Program Linier dan Analisis Sensitivitas

Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dihitung dengan bantuan solver. Laporan analisis sensitivitas dianalisa terhadap variabel: (1) Harga untuk padi dan palawija; (2) Luas lahan irigasi; (3) Debit yang tersedia.

Pembahasan tentang hasil analisis sensitivitas terbagi dua yaitu perubahan koefisien fungsi tujuan/objektif dan perubahan pada komponen sebelah kanan kontrain/kapasitas sumber (nilai sebelah kanan) adalah sebagai berikut (Hasanbasri, 2011): (1) Perubahan koefisien fungsi tujuan. Apabila telah dilakukan analisa sensitivitas terhadap harga padi/ha, maka harga tersebut akan sensitif terhadap luas lahan yang merupakan solusi optimal pada *final value*. Dimana harga padi dan palawija akan naik dan turun pada range/batasnya sehingga solusi optimal tidak berubah. Apabila harga tersebut keluar dari batas atas atau bawah maka solusi optimalnya berubah; (2) Perubahan pada komponen sebelah kanan kontrain/kapasitas sumber (nilai sebelah kanan): (a) Luas lahan dipengaruhi atau sensitif terhadap *shadow price*. *Shadow price* adalah perubahan fungsi objektif akibat perubahan komponen sebelah kanan. Apabila lahan masih berada pada batas/rangennya maka nilainya

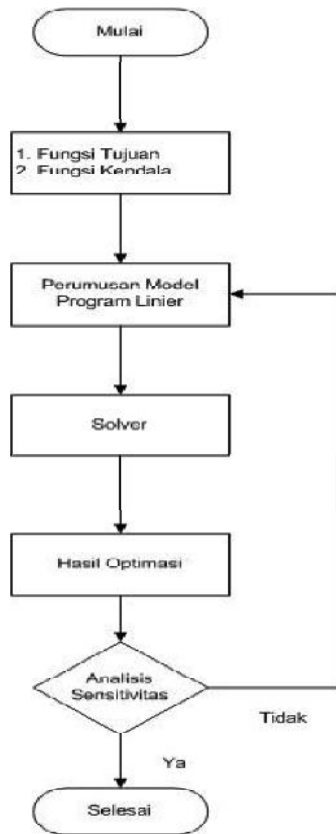


Diagram Alir penyelesaian penelitian.

tidak berubah. Apabila keluar dari batas tersebut maka harganya pasti akan berubah; (b) Volume air yang tersedia pada musim tanam akan sensitif terhadap luas lahan dan memiliki nilai antara batas atas dan batas bawah. Apabila melampaui nilai tersebut nilai luas lahan akan berubah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Areal Irigasi Di Kosinggolan

Luas Areal irigasi Kosinggolan yang dibagi menurut ruas saluran pada tabel berikut ini.

Data Saluran primer, Sekunder dan Muka

No	Nama Saluran Irigasi	Ruas Saluran Irigasi	Luas Area (Ha)	Keterangan
1	Saluran Primer Dumoga I	BDKn.1 - BKSn.10	223.59	
2	Saluran Primer Dumoga II	BDKn.13 - BKSn.34	1.226.28	
3	Saluran Primer Dumoga III	BDKn.34 - BKSn.44	453.72	
4	Saluran Sekunder Kosinggolan	BKSu.1 - BKSu.4	203.00	
5	Saluran Sekunder Wangsa Baru	BWb.1 - BWb.4	224.55	
6	Saluran Sekunder Tapanan	BDKn.23 - BTaT.1	223.25	
7	Saluran Sekunder Sibiyang	RSn.1 - RSn.11	879.23	
8	Saluran Muka BDKn.24	BDKn.24 - EDKn.24 Kr.Te	91.00	
9	Saluran Muka BDKn.25	BDKn.25 - EDKn.25 Kr.Te	47.00	
10	Saluran Muka BDKn.27	BDKn.27 - EDKn.27 Kr.Te	126.00	
11	Saluran Muka BDKn.28	BDKn.28 - EDKn.28 Kr.Te	94.00	
12	Saluran Muka BDKn.31	BDKn.31 - EDKn.31 Kr.Te	91.00	
	Total		3.865.00	

Sumber: Kantor Pengamat Pengairan Dumoga

Pola Tata Tanam Global

Berdasarkan RTTG dilokasi studi jenis tanaman yang ditanam pada areal DI Kosinggolan untuk setiap musim tanam: (1) Musim Hujan, MT I: Padi-Palawija; (2) Musim kemarau I, MT II: Palawija-Padi; (3) Musim Kemarau II, MT III: Padi-Palawija.

Perhitungan pola tanam menggunakan metode Kriteria Perencanaan PU.

Ketersediaan Debit

Ketersediaan debit yang ada di sungai Kosinggolan dapat seluruhnya dipakai sebagai debit ketersediaan untuk irigasi Kosinggolan karena kebutuhan air pada bagian hilir belum dialokasikan untuk kebutuhan yang lain.

Ketersediaan debit dihitung berdasarkan probabilitas debit andalan menurut rumus *Weibull*. Sebagai faktor kendala pada optimasi maka di hitung volume ketersediaan air setiap musim tanam. Pada tabel berikut ditampilkan hasil perhitungan ketersediaan air untuk tahun kering (97%), tahun rendah (75%), tahun normal (51%) dan tahun cukup (26%)

Data Debit Intake Bendung dan Suplesi Uuan-Kuaik serta Moosi (Tahun 2002–2012)

Bulan	Periode	Tahun										
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Januari	1	3,645	3,250	4,120	3,505	4,200	4,404	2,466	2,313	1,700	3,130	1,500
	2	3,242	3,115	3,900	3,130	3,320	4,404	2,300	2,174	1,700	3,130	1,500
Februari	1	3,225	3,600	3,350	2,810	3,120	3,230	3,229	2,129	2,108	2,636	1,300
	2	3,220	3,495	3,150	2,310	3,310	3,230	3,229	2,296	2,108	2,636	1,300
Maret	1	3,676	2,850	2,410	3,665	3,310	3,241	3,659	2,945	2,423	2,110	2,424
	2	3,675	2,450	1,460	3,165	3,320	3,241	3,659	2,945	2,423	2,110	2,424
April	1	4,215	3,860	4,020	2,154	3,370	4,539	4,211	3,217	3,180	4,065	2,326
	2	4,598	4,150	3,760	2,700	3,110	3,612	4,598	4,055	3,180	3,159	3,160
Mei	1	3,645	3,642	3,900	3,210	3,310	1,111	1,388	3,642	2,406	3,019	2,307
	2	3,641	3,641	3,200	3,500	3,710	1,145	1,000	3,642	2,406	3,019	2,307
Juni	1	4,110	4,285	2,670	2,965	2,710	3,008	1,351	4,161	2,110	2,090	2,111
	2	4,120	4,132	4,070	4,235	2,140	3,611	3,069	4,161	2,110	2,090	2,111
Juli	1	3,780	3,574	3,730	3,175	3	3,215	3,977	3,751	3,036	3,554	3,336
	2	3,692	3,275	4,030	4,290	1,780	3,362	3,214	3,977	3,159	3,554	3,160
Agustus	1	4,015	3,275	4,030	4,225	2,270	1,685	1,472	4,317	3,279	1,177	3,279
	2	4,475	3,279	2,630	3,365	2,130	3,500	1,472	4,316	3,280	1,177	3,279
September	1	3,470	2,080	2,390	2,975	3,110	3,590	3,490	3,716	2,890	2,513	2,260
	2	3,825	2,075	2,190	2,690	2,310	3,490	3,820	3,662	2,890	3,513	2,260
Oktober	1	3,175	2,545	2,650	1,965	2,365	4,216	3,176	2,655	2,364	1,700	1,316
	2	3,180	2,504	2,620	1,765	2,220	3,492	3,176	2,650	2,364	1,700	1,316
November	1	3,345	3,745	3,270	2,290	2,175	3,732	3,334	2,220	2,177	2,103	1,577
	2	3,550	3,752	3,030	2,190	2,350	3,732	3,554	2,227	2,177	2,103	1,598
Desember	1	4,655	4,750	4,460	3,790	3,310	4,189	1,651	3,658	2,158	2,425	1,339
	2	4,650	4,769	3,750	4,605	4,310	4,189	1,651	3,664	2,154	2,319	1,339
Total Debit (m3/sel)		95,290	80,083	80,490	74,774	73,169	121,458	101,471	82,937	60,890	30,617	53,382
Rata-rata		3,175	3,387	3,351	3,111	3,041	5,082	4,228	3,154	2,517	2,525	2,332

Debit dan Volume Ketersediaan air

Alternatif	Tahun Kering (m ³ x 10 ⁶)	Tahun Rendah (m ³ x 10 ⁶)	Tahun Normal (m ³ x 10 ⁶)	Tahun Cukup (m ³ x 10 ⁶)	
1	MT I	33.903	34.520	38.595	50.567
	MT II	22.752	29.510	30.987	39.106
	MT III	29.802	26.680	34.733	34.645
2	MT I	33.662	29.913	32.854	37.489
	MT II	25.593	34.113	35.173	51.796
	MT III	27.201	25.684	36.288	35.032
3	MT I	34.402	29.840	33.165	42.732
	MT II	24.233	35.670	33.268	47.820
	MT III	29.822	23.668	37.882	33.766

Sumber : hasil perhitungan

Kebutuhan Debit

Kebutuhan air irigasi di daerah irigasi Kosingolan dihitung berdasarkan penyusunan pola tanam yang dibagi menjadi tiga alternatif yaitu alternatif 1 (MT I mulai april), alternatif 2 (MT I mulai dari februari) dan alternatif 3 (MT I mulai dari maret). Kebutuhan air irigasi di pintu intake menjadi dasar perhitungan kebutuhan air seperti pada tabel di bawah ini.

Debit dan Volume Kebutuhan air

Alternatif	Tahun Kering		Tahun Rendah		Tahun Normal		Tahun Cukup		
	Padi (m ³ /ha)	Palawija (m ³ /ha)	Padi (m ³ /ha)	Palawija (m ³ /ha)	Padi (m ³ /ha)	Palawija (m ³ /ha)	Padi (m ³ /ha)	Palawija (m ³ /ha)	
1	MT I	9,339.98	685.47	5,836.42	685.47	3,836.85	685.47	2,824.46	685.47
	MT II	18,165.72	7,719.58	13,287.16	7,719.58	16,021.03	7,719.58	9,340.72	7,719.58
	MT III	6,064.96	6,99.82	7,734.12	6,499.82	3,670.95	6,499.82	5,553.64	6,499.82
2	MT I	4,958.56	63.41	7,442.11	1,173.30	3,425.59	1,411.29	6,088.39	1,411.29
	MT II	8,576.52	3,521.01	11,625.30	4,164.73	11,998.91	4,238.52	5,565.45	4,238.52
	MT III	8,088.60	5,024.15	5,841.92	4,529.21	7,854.49	3,646.43	1,902.35	3,646.43
3	MT I	4,742.08	20.32	7,296.41	1,223.94	5,263.56	1,223.94	4,995.30	1,223.94
	MT II	12,919.83	6,061.18	12,117.52	7,061.39	14,932.06	7,061.39	9,400.91	7,061.39
	MT III	5,521.10	2,175.14	5,205.2	2,504.01	4,601.41	2,504.01	3,023.45	2,504.01

Sumber : hasil perhitungan

Data ekonomi dalam Formula Sasaran

Hasil optimasi membutuhkan data ekonomi pertanian yaitu data manfaat bersih per hektar tanaman padi dan palawija untuk setiap periode tanam seperti pada tabel berikut ini.

Manfaat Bersih Tanaman per hektar Daerah Irigasi Kosingolan untuk 3 (tiga) Musim Tanam

Periode Tanam	Tanaman	Produksi Ton/ha	Harga Rp/tan	Total Harga Rp/ha	Biaya Produksi Rp/ha	Manfaat Irigasi Rp/ha
		[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
MT I	Padi	3	7,500,000	22,500,000	15,410,000	7,090,000
	Palawija	7	3,000,000	21,000,000	14,880,000	6,120,000
MT II	Padi	3.2	7,500,000	24,000,000	15,410,000	8,590,000
	Palawija	6.5	3,000,000	19,500,000	14,880,000	4,620,000
MT III	Padi	2.66	7,500,000	19,950,000	15,410,000	4,540,000
	Palawija	6.5	3,000,000	19,500,000	14,880,000	4,620,000

Sumber : hasil perhitungan

Hasil Optimasi

Hasil optimasi berdasarkan penyelesaian menggunakan solver adalah sebagai berikut.

Optimasi Tahun Kering

Hasil Tahun Kering alternatif 1: (1) MT I luas tanaman padi 100% (3.865 ha), namun hanya bisa diairi 3611 ha, sisanya 254 ha untuk tanaman palawija. Dengan keuntungan Rp. 27.156.760.952; (2) MT II luas tanaman padi dan palawija 0% sampai 100% (3.865 ha), namun padi hanya bisa diairi 90% yaitu 1088 ha, sisanya 387 ha untuk tanaman palawija. Dengan keuntungan Rp. 11.133.750.357; (3) MT III luas tanaman palawija 100% (3865 ha bisa diairi 3865 ha dengan keuntungan Rp. 17.856.300.000.

Hasil Tahun Kering alternatif 2: (1) MT 1 luas tanaman padi 100% (3.865 ha), bisa diairi seluruhnya dengan keuntungan Rp. 27.402.850; (2) MT II luas tanaman padi dan palawija 0% sampai 100% (3.865 ha), namun padi hanya bisa diairi 2371 ha, sisanya 1494 ha untuk tanaman palawija. Dengan keuntungan Rp. 27.267.767.522; (3) MT III luas tanaman padi 100% (3865 ha) namun hanya bisa diairi 3490 ha dengan keuntungan Rp. 15.844.960.846.

Hasil Tahun Kering alternatif 3: (1) MT I luas tanaman padi 100% (3.865 ha), dan diairi seluruhnya 3865 ha, dengan keuntungan Rp. 27.402.850.000; (2) MT II luas tanaman padi dan palawija 0% sampai 100% (3.865 ha), namun padi hanya bisa diairi 188 ha, sisanya 3747 ha untuk tanaman palawija. Dengan keuntungan Rp. 18.322.926.322; (3) MT III hasilnya sama dengan Alternatif 1 tahun Kering.

Optimasi Tahun Rendah

Hasil Tahun Rendah alternatif 1: (1) MT I luas tanaman padi 100% (3.865 ha), dan diairi seluruhnya 3865 ha, dengan keuntungan Rp. 27.402.850.000; (2) MT II luas tanaman padi 100% (3.865 ha), namun hanya bisa diairi 2221 ha. Dengan keuntungan Rp. 19.077.830.575; (3) MT III hasilnya sama dengan Alternatif 3 tahun Kering.

Hasil Tahun Rendah alternatif 2: (1) MT I luas tanaman padi 100% (3.865 ha), dan diairi seluruhnya 3865 ha, dengan keuntungan Rp. 27.402.850.000; (2) MT II luas tanaman padi dan palawija 0% sampai 100% (3.865 ha), namun padi hanya bisa diairi 2415 ha, sisanya 1450 ha untuk tanaman palawija. Dengan keuntungan Rp. 27.443.506.594; (3) MT III hasilnya sama dengan Alternatif 1 tahun Rendah.

Hasil Tahun Rendah alternatif 3: (1) MT I luas tanaman padi 100% (3.865 ha), dan diairi seluruhnya 3865 ha, dengan keuntungan Rp. 27.402.850.000; (2)

MT II luas tanaman padi 100% (3.865 ha), namun hanya bisa diairi 2894 ha. Dengan keuntungan Rp. 24.860.638.723; (3) MT III hasilnya sama dengan Alternatif 1 tahun Rendah.

Optimasi Tahun Normal

Hasil Tahun Normal alternatif 1: (1) MT I luas tanaman padi 100% (3.865 ha), dan diairi seluruhnya 3865 ha, dengan keuntungan Rp. 27.402.850.000; (2) MT II luas tanaman padi dan palawija 0% sampai 100% (3.865 ha), namun padi hanya bisa diairi 139 ha, dan alokasi 3726 ha untuk tanaman palawija. Dengan keuntungan Rp. 18.406.838.115; (3) MT III hasilnya sama dengan Alternatif 3 tahun Rendah.

Hasil Tahun Normal alternatif 2: (1) MT I luas tanaman padi 100% (3.865 ha), dan diairi seluruhnya 3865 ha, dengan keuntungan Rp. 27.402.850.000; (2) MT II luas tanaman padi dan palawija 0% sampai 100% (3.865 ha), ternyata 100% yang seharusnya 3865 ha hanya bisa diairi 2421 ha dan sisanya 1444 ha untuk tanaman palawija. Dengan keuntungan Rp. 27.469.544.151; (3) MT III hasilnya sama dengan Alternatif 1 tahun Normal.

Hasil Tahun Normal alternatif 3: (1) MT I luas tanaman padi 100% (3.865 ha), dan diairi seluruhnya 3865 ha, dengan keuntungan Rp. 27.402.850.000; (2) MT II luas tanaman padi dan palawija 0% sampai 100% (3.865 ha), ternyata 100% yang seharusnya 3865 ha hanya bisa diairi 759 ha dan sisanya 3106 ha untuk tanaman palawija. Dengan keuntungan Rp. 20.870.641.698; (3) MT III hasilnya sama dengan Alternatif 1 tahun Normal.

Optimasi Tahun Cukup

Hasil optimasi Tahun Cukup alternatif 1, 2 dan 3 sama dengan analisa: (1) MT I luas tanaman padi 100% (3.865 ha), dan diairi seluruhnya 3865 ha, dengan keuntungan Rp. 27.402.850.000; (2) MT II luas tanaman padi 100% (3865 ha) terairi semua dengan keuntungan Rp. 33.200.350.000; (3) MT III hasilnya sama dengan Alternatif 1 tahun Normal.

Analisa Sensitivitas

Laporan sensitivitas menganalisa tentang perubahan/sensitivitas hasil optimasi linier terhadap harga padi dan palawija, luas lahan irigasi dan besarnya debit yang tersedia. Analisis sensitivitas dihitung dengan bantuan *solver*.

Tampilan Microsoft Excel untuk Sensitivitas

Tampilan Laporan Analisis Sensitivitas

Sensitivitas Tahun Kering

Pembahasan hasil analisis sensitivitas

Tahun Kering Alternatif 1 MT 2

Apabila telah ditentukan harga padi/ha sesuai dengan hasil optimasi, maka harga tersebut akan sensitif terhadap perubahan luas lahan yang merupakan solusi optimal. Jika harga hasil padi per ha adalah Rp. 8.590.000 (Rp. 8.590.000–Rp. 0) s/d Rp. 10.871.795 (Rp. 8.590.000 + Rp. 2.281.795) maka solusi optimal tidak berubah. Namun apabila harga telah berada diluar batas, maka luas lahan berubah.

Sama halnya dengan palawija. Apabila harga palawija berada diantara Rp. 3.650.345 (Rp. 4.620.000–Rp. 969.655) s/d Rp. 4.620.000 (Rp. 4.620.000 + Rp. 0) maka solusi optimal tidak berubah. Namun apabila harga telah berada diluar batas maka luas lahan 2947 ha akan berubah.

Luas lahan sensitif terhadap harga koefisien fungsi objektif yang merupakan perubahan akibat kontrain sebelah kanan. Apabila luas lahan berada di antara 2947. ha (3865–918) s/d 3865 ha, maka harganya tidak berubah, tapi apabila berada diluar batas/range maka harganya akan berubah.

Volume air yang tersedia pada MT 2 akan sensitif pada nilai 0 s/d 29.836.159 (22.752.576 + 7.083.583). Apabila melampaui nilai tersebut maka akan berpengaruh terhadap luas lahan.

Untuk Tahun Kering Alternatif 2 dan 3 dapat lihat pada tabel berikut ini.

Rekapitulasi Analisis Sensitivitas Hasil Optimasi Tahun Kering Alternatif 2 dan 3 Alternatif 2

Perubahan Fungsi tujuan/ Objektif	Nilai Awal	Kenaikan Max	Nilai Max	Penurunan Max	Nilai Min	Solusi Optimal (ha)	
						Padi	Palawija
Harga Padi (per ha)	8.690.000	2.863.467	11.253.467	3.970.000	4.620.000	2,371	1,494
Harga Palawija (per ha)	4.620.000	3.970.000	8.590.000	1.093.460	3.626.540		
Perubahan Komponen Sebelah Kanan / konstrain						Shadow price (Rp)	
Luas lahan	3,865	3,404	7,269	881	2,984	1,855,021	
Debit	25.593,408	7,664,840	33,148,248	11,984,722	13,608,686		

Sumber : Hasil Perhitungan

Sensitivitas Tahun Rendah

Pembahasan hasil analisis sensitivitas

Tahun Rendah Alternatif 1 MT 2

Apabila telah ditentukan harga padi/ha sesuai dengan hasil optimasi, maka harga tersebut akan sensitif terhadap perubahan luas lahan yang merupakan solusi optimal. Jika harga hasil padi per ha adalah Rp. 7.952.081 (Rp. 8.590.000–637.919) s/d Rp. 8.590.000 (Rp. 8.590.000 + Rp. 0) maka solusi optimal tidak berubah. Namun apabila harga telah berada diluar batas maka luas lahan 2221 ha akan berubah.

Sama halnya dengan palawija. Apabila harga palawija berada diantara Rp. 4.620.000 (Rp. 4.620.000–Rp. 0) s/d Rp.4.990.618 (Rp. 4.620.000 + Rp. 370.618) maka solusi optimal tidak berubah. Namun apabila harga telah berada di luar batas maka luas lahan akan berubah.

Luas lahan sensitif terhadap harga koefisien fungsi objektif yang merupakan perubahan akibat konstrain sebelah kanan. Apabila luas lahan berada di antara 2221 ha (3865– 1644) s/d 3865 ha (3865 + 0) ha. Maka harganya tidak berubah, tapi apabila berada diluar batas/range maka harganya akan berubah. Untuk Alternatif 2 dan 3 seperti pada tabel berikut ini.

Rekapitulasi Analisis Sensitivitas Hasil Optimasi Tahun Rendah Alternatif 2 dan 3 Alternatif 2

Perubahan Fungsi tujuan/ Objektif	Nilai Awal	Kenaikan Max	Nilai Max	Penurunan Max	Nilai Min	Solusi Optimal (ha)	
						Padi	Palawija
Harga Padi (per ha)	8.690.000	4,306,142	12,896,142	3,970,000	4,620,000	2,415	1,450
Harga Palawija (per ha)	4.620.000	3,970,000	8,590,000	1,642,661	3,077,339		
Perubahan Komponen Sebelah Kanan / konstrain						Shadow price (Rp)	
Luas lahan	3,865	4,326	8,191	931	2,934	2,403,822	
Debit	34,113,312	10,818,481	44,931,793	18,016,647	16,096,665		

Alternatif 3

Perubahan Fungsi tujuan/ Objektif	Nilai Awal	Kenaikan Max	Nilai Max	Penurunan Max	Nilai Min	Solusi Optimal (ha)	
						Padi	Palawija
Harga Padi (per ha)	8.690.000	-	8,590,000	661,970	7,928,030	2,894	
Harga Palawija (per ha)	4.620.000	385,758	5,005,758	-	4,620,000		
Perubahan Komponen Sebelah Kanan / konstrain						Shadow price (Rp)	
Luas lahan	3,865	-	3,865	971	2,894	-	
Debit	35,069,760	11,764,447	46,834,207	35,069,760	-		

Sumber : Hasil Perhitungan

Volume air yang tersedia pada MT 2 akan sensitif pada nilai 0 m3 (29.509.920–29.509.920) s/d 51.354.879 (29.509.920 + 21.844.959). Apabila melampaui nilai tersebut maka akan berpengaruh terhadap luas lahan.

Untuk Tahun Rendah Alternatif 2 dan 3 dapat lihat pada tabel 11 di bawah ini.

Sensitivitas Tahun Normal

Pembahasan hasil analisis sensitivitas

Tahun Normal Alternatif 1 MT 2

Apabila telah ditentukan harga padi/ha sesuai dengan hasil optimasi, maka harga tersebut akan sensitif terhadap perubahan luas lahan yang merupakan solusi optimal. Jika harga hasil padi per ha adalah Rp. 4.620.000 (Rp. 8.590.000–3.970.000) s/d Rp. 9.588.243 (Rp. 8.590.000 + Rp. 998.243) maka solusi optimal tidak berubah. Namun apabila harga telah berada di luar batas maka luas lahan 139 ha akan berubah.

Sama halnya dengan palawija. Apabila harga palawija berada di antara Rp. 4.139.007 (Rp. 4.620.000–Rp. 480.993) s/d Rp.8.590.000 (Rp. 4.620.000 + Rp. 3.970.000) maka solusi optimal tidak berubah. Namun apabila harga telah berada di luar batas maka luas lahan 3726 ha akan berubah.

Luas lahan sensitif terhadap harga koefisien fungsi objektif yang merupakan perubahan akibat konstrain sebelah kanan. Apabila luas lahan berada

diantara 1934 ha (3865–1931) ha s/d 4014 ha (3865 + 149) ha. Maka harganya tidak berubah, tapi apabila berada diluar batas/range maka harga nya akan berubah.

Volume air yang tersedia pada MT 2 akan sensitif pada nilai 29.836.159 m³ (30.987.360–1.151.201) s/d 61.921.285 m³ (30.987.360 + 30.993.925). Apabila melampaui nilai tersebut maka akan berpengaruh terhadap luas lahan.

Volume air yang tersedia pada MT 2 akan sensitif pada nilai 16.381.876 (5.173.440–18.791.564) s/d 46.375.777 m³ (35.173.440 +11.202.337). Apabila melampaui nilai tersebut maka akan berpengaruh terhadap luas lahan. Untuk Alternatif 2 dan 3 dilihat pada tabel.

Rekapitulasi Analisis Sensitivitas Hasil Optimasi Tahun Normal Alternatif 2 dan 3

Alternatif 2

Perubahan Fungsi tujuan/ Objektif	Nilai Awal	Kenaikan Max	Nilai Max	Penurunan Max	Nilai Min	Solusi Optimal (ha)	
						Padi	Palawija
Harga Padi (per ha)	8,590,000	4,488,849	13,078,849	3,970,000	4,620,000	2,421	1,444
Harga Palawija (per ha)	4,620,000	3,970,000	8,590,000	1,585,650	3,034,350		
Perubahan Komponen Sebelah Kanan / konstrain						Shadow price (Rp)	
Luas lahan	3,865	5,726	9,591	3,865	-	2,451,691	
Debit	35,173,440	11,202,337	46,375,777	18,791,564	16,381,876		

Alternatif 3

Perubahan Fungsi tujuan/ Objektif	Nilai Awal	Kenaikan Max	Nilai Max	Penurunan Max	Nilai Mn	Solusi Optimal (ha)	
						Padi	Palawija
Harga Padi (per ha)	8,590,000	1,179,475	9,769,475	3,970,000	4,620,000	759	3,106
Harga Palawija (per ha)	4,620,000	3,970,000	8,590,000	557,776	4,062,224		
Perubahan Komponen Sebelah Kanan / konstrain						Shadow price (Rp)	
Luas lahan	3,865	846	4,711	1,637	2,228	1,058,200	
Debit	33,268,320	24,444,078	57,712,398	5,976,038	27,292,282		

Sumber : Hasil Perhitungan

Sensitivitas Tahun Cukup

Pembahasan hasil analisis sensitivitas

Tahun Cukup Alternatif 1 MT 2

Apabila telah ditentukan harga padi/ha sesuai dengan hasil optimasi, maka harga tersebut akan sensitif terhadap perubahan luas lahan yang merupakan solusi optimal. Jika harga hasil padi per ha adalah Rp. 4.620.000 (Rp. 8.590.000–3.970.000) s/d Rp. 8.590.000 (Rp. 8.590.000 + Rp. 0) maka solusi optimal tidak berubah. Namun apabila harga telah berada diluar batas maka luas lahan 3865 ha akan berubah.

Sama halnya dengan palawija. Apabila harga palawija berada diantara Rp. 4.620.000 (Rp. 4.620.000–Rp. 0) s/d Rp.8.590.000 (Rp. 4.620.000 + Rp. 3.970.000) maka solusi optimal tidak berubah. Na-

mun apabila harga telah berada diluar batas maka luas lahan akan berubah.

Luas lahan sensitif terhadap harga koefisien fungsi objektif yang merupakan perubahan akibat kontrain sebelah kanan. Apabila luas lahan berada di antara 0 ha (3865–3865) s/d 4187 ha (3865 + 322) ha. Apabila berada di luar range tersebut hasil lahan tidak akan optimal.

Volume air yang tersedia pada MT 2 akan sensitif pada nilai 36.101.894 m³ (39.105.504–3.003.610) s/d 39.105.504 (39.105.504 + 0). Apabila melampaui nilai tersebut maka akan berpengaruh terhadap luas lahan. Untuk Alternatif 2 dan 3 hasilnya sama Alternatif 1.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

Besarnya kebutuhan dan ketersediaan air irigasi untuk pola tanam eksisting dan tiga pola tanam Alternatif disajikan dalam tabel-tabel sebagai berikut.

kebutuhan Air Daerah irigasi Kosinggolan

No.	Kondisi Kehandalan	Periode Tanam						Ket
		MT.I		MT.II		MT.III		
		Ltr/det/ha	M ³ /det	Ltr/det/ha	M ³ /det	Ltr/det/ha	M ³ /det	
1	Tahun Kering	3.626	4958.50	6.618	8576.93	6.241	8088.34	Padi
	Pola Tanam Alternatif 1,2,& 3	0.049	63.50	2.717	3521.23	3.877	5024.59	Palawija
2	Tahun Rendah	5.742	7442.11	8.970	11625.30	4.508	5841.92	Padi
	Pola Tanam Alternatif 1,2,& 3	0.905	1173.30	3.214	4194.72	3.495	4529.21	Palawija
3	Tahun Normal	2.643	3425.59	9.258	11998.91	6.061	7854.49	Padi
	Pola Tanam Alternatif 1,2,& 3	1.089	1411.29	9.258	11998.91	2.814	3646.43	Palawija
4	Tahun Cukup	4.698	6086.39	4.294	5565.46	1.468	1802.36	Padi
	Pola Tanam Alternatif 1,2,& 3	1.089	1411.29	3.270	4258.52	2.514	3646.43	Palawija
5	Eksisting tahun 2012/ 2013	14.747	19112.11	22.164	28724.54	15.251	19765.30	Padi
		5.432	7039.87	11.082	14362.27	11.438	14823.65	Palawija

Sumber : Hasil Perhitungan

ketersediaan Air Daerah Irigasi Kosinggolan

No.	Kondisi Kehandalan	Periode Tanam			Ket
		MT.I	MT.II	MT.III	
		M ³ /det	M ³ /det	M ³ /det	
1	Tahun Kering	33.903,360	25.593,408	29.822,256	
	Pola Tanam Alternatif 1,2,& 3				
2	Tahun Rendah	34.520,256	35.069,760	25.684,128	
	Pola Tanam Alternatif 1,2,& 3				
3	Tahun Normal	38.594,860	35.173,440	37.662,080	
	Pola Tanam Alternatif 1,2,& 3				
4	Tahun Cukup	50.567,328	51.795,936	35.032,176	
	Pola Tanam Alternatif 1,2,& 3				
5	Eksisting tahun 2012/ 2013	22.070,880	28.750,464	20.032,272	

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil optimasi program linier dengan menggunakan fasilitas solver untuk masing-ma-

sing kondisi pada alternatif pola tanam 1, 2 dan 3 akan dijelaskan pada tabel berikut ini.

Hasil Optimasi dengan Program Linier

No.	Kondisi Kehandalan	Periode Tanam			Ket
		MT.I			
		Padi (ha)	Palawija (ha)	Keuntungan (Rp)	
1	Tahun Kering Alternatif I, II & III	3865	0	27.402.850,000	
2	Tahun Rendah Alternatif I, II & III	3865	0	27.402.850,000	
3	Tahun Normal Alternatif I, II & III	3865	0	27.402.850,000	
4	Tahun Cukup Alternatif I, II & III	3865	0	27.402.850,000	
5	Kondisi Eksisting	1155	0	8.187.611,040	
No.	Kondisi Kehandalan	Periode Tanam			Ket
		MT.II			
		Padi (ha)	Palawija (ha)	Keuntungan (Rp)	
1	Tahun Kering Alternatif I, II & III	2371	1494	27.267.767,522	
2	Tahun Rendah Alternatif I, II & III	2415	1450	27.443.506,594	
3	Tahun Normal Alternatif I, II & III	2421	1444	27.469.544,151	
4	Tahun Cukup Alternatif I, II & III	3865	0	33.200.350,000	
5	Kondisi Eksisting	0	1536,72	7.099.675,149	
No.	Kondisi Kehandalan	Periode Tanam			Ket
		MT.III			
		Padi (ha)	Palawija (ha)	Keuntungan (Rp)	
1	Tahun Kering Alternatif I, II & III	0	3865	17.856.300,000	
2	Tahun Rendah Alternatif I, II & III	2996	367	15.365.501,494	
3	Tahun Normal Alternatif I, II & III	0	3865	17.856.300,000	
4	Tahun Cukup Alternatif I, II & III	0	3865	17.856.300,000	
5	Kondisi Eksisting	1117	0	5.069.582,322	

Sumber: Hasil Perhitungan

Analisis Sensitivitas dilakukan pada semua alternatif dan dapat disimpulkan sebagai berikut.

Kondisi Tahun Kering Alternatif 1, 2, dan 3 adalah sebagai berikut: (1) harga padi sensitif antara Rp. 4.620.000 s/d Rp. 11.253.467 sedangkan palawija antara Rp. 3.520.892 s/d Rp. 8.590.000; (2) Luas lahan sensitif pada kondisi kering 1876 s/d 7269 ha; (3) Volume air yang tersedia sensitif pada nilai kondisi kering 13.608.686 m³ s/d 49.935.147 m³

Kondisi Tahun Rendah Alternatif 1, 2, dan 3 adalah sebagai berikut: (1) harga padi sensitif antara Rp. 4.620.000 s/d Rp. 12.896.142 sedangkan palawija antara Rp. 3.077.339 s/d Rp. 8.590.000; (2) Luas lahan sensitif pada kondisi kering 2221 s/d 8191 ha; (3) Volume air yang tersedia sensitif pada nilai kondisi kering 16.096.665 m³ s/d 44.931.793 m³

Kondisi Tahun Normal Alternatif 1, 2, dan 3 adalah sebagai berikut: (1) harga padi sensitif antara Rp. 4.620.000 s/d Rp. 9.769.475 sedangkan palawija antara Rp. 3.034.000 s/d Rp. 8.590.000; (2) Luas lahan sensitif pada kondisi kering 1934 s/d 8299 ha; (3) Volume air yang tersedia sensitif pada nilai kondisi kering 16.381.876 m³ s/d 61.921.285 m³

Kondisi Tahun Cukup Alternatif 1, 2, dan 3 adalah sebagai berikut: (1) harga padi sensitif antara Rp. 4.620.000 s/d Rp. 8.590.000 sedangkan palawija antara Rp. 4.620.000 s/d Rp. 8.590.000; (2) Luas lahan sensitif pada kondisi kering 0 s/d 9307 ha; (3) Volume air yang tersedia sensitif pada nilai kondisi kering 36.344.508 m³ s/d 47.819.808 m³

Pola tanam yang paling optimal dan ideal untuk diterapkan di daerah Irigasi Kosinggolan adalah **pola tanaman alternatif 2** yang dimulai musim tanam (MT. I) pada bulan Februari. Karena alternatif 2 memberikan **keuntungan terbesar (Rp) serta kebutuhan air terkecil** dibandingkan dengan alternatif 1 dan 2.

Untuk Analisa Sensitivitas, **pola tanam Alternatif 2** dalam **musim tanam (MT. II)** memberikan nilai yang signifikan baik kenaikan maupun penurunan harga padi, palawija, luas lahan serta debit yang tersedia serta distribusi luas tanaman padi dan palawija, dibandingkan dengan MT. I dan MT. III.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1986. *Standar Perencanaan Irigasi (KP-01)*. Direktorat Jenderal Pengairan: Departemen Pekerjaan Umum.
- Huda, N. M. 2012. *Kajian Sistem Pemberian Air Irigasi sebagai Dasar Penyusunan Jadwal Rotasi pada Daerah Irigasi Tumpang Kabupaten Malang*. Tesis tidak dipublikasikan. Universitas Brawijaya Malang.
- Montarich, L. 2008. *Pengaruh Perubahan Cuaca Terhadap Optimasi Irigasi Dengan Program Linier (Studi Kasus D.I. Pamotan)*. Malang: CV.Citra
- Montarich, L., dan Soetopo, W. 2009. *Pengantar Manajemen Teknik Sumber Daya Air*. Malang: CV. Citra
- Montarich, L.L. 2011. Optimization of Improvement and Management on Sumber Brantas Watershed, East Java, Indonesia. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*.
- Rispiningtati. 2008. *Model Optimasi Linier Teknik Sumberdaya Air*. Tirta Media. Malang.
- Suhardjono. 1994. *Kebutuhan Air Tanaman*. Institut Teknologi Nasional. Malang.
- Hasanbasri, Mursyid 2011. *Analisis Sensitivitas pada Linier Programing*. www.manajemenoperasional.com (diunduh pada Mei 2013).