

STUDI OPTIMASI DISTRIBUSI AIR DAERAH IRIGASI SONOSARI KABUPATEN MALANG DENGAN PROGRAM LINIER

Muhammad Syahridha Firdaus, Eko Noerhayati

Progam Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
Jalan MT. Haryono 193 Malang
Ridhasaint89@gmail.com

ABSTRAKSI

Semakin meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia menimbulkan berbagai permasalahan diantaranya semakin kompleknya permasalahan ketersediaan air untuk pemenuhan kebutuhan air. Dengan adanya permasalahan tersebut maka diperlukan penanganan atau pengelolaan yang baik akan ketersediaan air tersebut. Optimasi penggunaan air irigasi dimaksudkan sebagai pengaturan debit air di beberapa daerah sehingga pada waktu tertentu didapat manfaat yang sebesar – besarnya. Manfaat dalam hal ini yaitu berupa hasil produksi pertanian yang dihasilkan dengan adanya air irigasi tersebut. Data yang digunakan dalam studi ini adalah data curah hujan, klimatologi, debit, luas lahan dan data ekonomi yang diambil dari Daerah Irigasi Sonosari. Tujuan utama yang ingin diperoleh dari studi ini adalah berapa besar keuntungan maksimal yang dapat diperoleh berdasar luas lahan yang dapat ditanami dengan memanfaatkan ketersediaan debit yang ada. Keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan metode optimasi program linier yang di tunjang oleh fasilitas *solver* yang ada pada *microsoft excel* adalah Rp. 21.986.000.000,- untuk musim tanam I, Rp. 21.986.000.000,- untuk musim tanam II dan Rp. 18.431.816.639,- untuk musim tanam III.

Kata Kunci : Daerah Irigasi Sonosari, Optimasi, Program linier

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Semakin meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia menimbulkan berbagai permasalahan diantaranya semakin kompleknya permasalahan ketersediaan air untuk pemenuhan kebutuhan air. Dengan adanya permasalahan tersebut maka diperlukan penanganan atau pengelolaan yang baik akan ketersediaan air tersebut.

Optimasi penggunaan air irigasi dimaksudkan sebagai pengaturan debit air di beberapa daerah sehingga pada waktu tertentu didapat manfaat yang sebesar – besarnya. Manfaat dalam hal ini yaitu berupa hasil produksi pertanian yang dihasilkan dengan adanya air irigasi tersebut.

Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka secara garis besar dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Perlunya diketahui debit andalan yang ada pada Bendung Sonosari agar pola tanam dapat disesuaikan dengan debit yang tersedia.
2. Perlunya diketahui kebutuhan air irigasi yang diperlukan untuk masing – masing jenis tanaman.
3. Perlu adanya pengaturan bukaan pintu yang sesuai dengan pola tanam sehingga debit yang masuk sesuai dengan kebutuhan air tanaman.

Batasan Masalah

Untuk menghindari studi yang terlalu luas serta untuk mempermudah penyelesaian masalah sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

1. Perhitungan linier diselesaikan dengan menggunakan fasilitas solver yang terdapat pada *MICROSOFT EXCEL*.
2. Tidak merencanakan kembali saluran irigasi yang ada.
3. Tidak membahas desain konstruksi.
4. Tidak membahas kerugian yang disebabkan serangan hama, penyakit pada tanaman, banjir maupun faktor alam lainnya.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari studi ini adalah:

1. Berapa debit andalan yang ada pada Bendung Sonosari?
2. Berapa kebutuhan air irigasi yang diperlukan untuk masing-masing jenis tanaman yang dibudidayakan berdasar pola tanam masyarakat?
3. Berapa luas tanaman dan keuntungan maksimal yang didapat dari hasil optimasi?
4. Berapa besar tinggi bukaan pintu pada jaringan irigasi sesuai pola tanam?

Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari studi ini adalah :

1. Untuk mengetahui debit andalan yang ada pada Bendung Sonosari.
2. Untuk mengetahui kebutuhan air irigasi yang diperlukan untuk masing – masing jenis tanaman.
3. Untuk mengetahui luas tanaman dan keuntungan maksimal dari hasil optimasi.
4. Untuk mengetahui besar tinggi bukaan pintu pada jaringan irigasi yang sesuai pola tanam.

Manfaat dari studi ini adalah untuk memberikan kontribusi pemikiran bagi instansi terkait dan sebagai pedoman Daerah Irigasi Sonosari.

Lingkup Pembahasan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut di atas, maka dapat disimpulkan lingkup pembahasan dalam studi ini adalah:

1. Analisa hidrologi
2. Analisa luas lahan
3. Analisa ekonomi
4. Analisa Tinggi Bukaan Pintu

TINJAUAN PUSTAKA

Pengelolaan Sumber Daya Air Regional

Pertumbuhan sumber daya air dalam rangka pemenuhan kebutuhan air mempunyai laju yang sangat cepat seiring dengan cepatnya laju pertumbuhan di segala bidang. Kenyataan menunjukkan bahwa pertumbuhan pemanfaatan tersebut tidak saja mengarah pada pemanfaatan fungsi sosial, namun juga pemanfaatan untuk pemenuhan fungsi ekonomi. Dengan demikian keterpaduan di dalam pengelolaan sumberdaya air perlu dilakukan dan hal ini memerlukan dukungan ketersediaan perangkat keras maupun lunak.

Irigasi

Irigasi merupakan salah satu aspek yang menonjol dalam aspek-aspek pengembangan wilayah sungai. Jadi sebagai aspek yang penting, irigasi memegang peranan yang cukup besar bagi keberhasilan pertanian di negara kita. Irigasi pada hakekatnya adalah upaya pemberian air kepada tanaman dalam bentuk lengas tanah sebanyak keperluan untuk tumbuh dan berkembang.

Analisa Curah Hujan

Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data adalah uji kesesuaian data curah hujan pada suatu stasiun hujan. Jika data tidak konsisten diakibatkan oleh berubahnya atau terganggunya lingkungan di sekitar tempat penakar hujan dipasang, maka seolah-olah terjadi penyimpangan terhadap trend semula. Terganggunya lingkungan antara lain disebabkan penakar hujan terlindung oleh pohon, terletak berdekatan dengan gedung tinggi, pemindahan letak penakar hujan dan sebagainya (Soemarto C.D, 1999:14).

Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat dipergunakan oleh tanaman untuk pertumbuhannya. Apabila curah hujan yang jatuh intensitasnya rendah, maka air akan habis menguap dan tidak bisa dipergunakan untuk pertumbuhan tanaman. Jadi curah hujan efektif ini merupakan sebagian dari curah hujan yang jatuh pada suatu daerah pada kurun waktu tertentu.

Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah gabungan dari proses penguapan air bebas (evaporasi) dan penguapan air melalui tanaman (transpirasi) (Suhardjono, 1994:11). Evapotranspirasi merupakan faktor dasar untuk menentukan kebutuhan

air dalam rencana irigasi dan merupakan proses yang penting dalam siklus hidrologi.

Debit Andalan

Dalam studi ini perhitungan debit andalan dilakukan dengan metode tahun dasar (*Basic Year*). Peluang kejadian dihitung dengan rumus probabilitas dari persamaan *Weibull*. Tahun dasar yang dipakai dalam studi ini adalah tahun yang data debitnya mempunyai keandalan 80 % (Q_{80}) artinya resiko yang akan dihadapi karena terjadi debit lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% sebanyak pengamatan.

Pola Tanam

Pola tanam adalah susunan rencana penanaman sebagai jenis tanaman selama satu tahun yang umumnya di Indonesia dikelompokkan ke dalam tiga jenis tanaman yaitu padi, tebu, dan palawija. Umumnya pola tanam mengikuti debit andalan yang tersedia untuk mendapatkan luas tanam yang seluas-luasnya.

Program Linier

Program Linier adalah suatu teknik perencanaan yang bersifat analitis yang analisis-analisisnya memakai model matematika dengan tujuan mendapatkan beberapa kombinasi alternatif pemecahan masalah.

Solver pada Microsoft Excell

Solver adalah fasilitas didalam program *Microsoft Excell* pada *Windows*. Digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi. *Solver* digunakan untuk mencari solusi maksimum maupun minimum suatu permasalahan yang kita hadapi

Tahap-tahap dalam penggunaan program *solver* yaitu :

1. Tentukan nilai target atau tujuan.
2. Tentukan nilai kendala.
3. Masuk program *Microsoft Excell*.
4. Buat lembar kerja pada *Microsoft Excell*.
5. Pilih *range*.

6. Beri perintah *insert, name, create*.
7. Tandai kotak cek *left coloum*.
8. Pilih *ok*.
9. Nilai $X_1, X_2, \dots, X_n$ diberi nilai terkaan coba-coba.
10. Tulis rumus tujuan dan kendala.
11. Beri perintah *tools, Solver*, kotak dialog tampil.
12. Isikan *range target*.
13. Pilih kotak *teks by changing cells*, masuk *range* yang akan diubah.
14. Masukkan nilai kendala, dengan memilih *add*, kotak dialog akan tampil dan akhiri dengan *ok*.
15. Pilih *Solver* (tekan *enter*).
16. Setelah melakukan perhitungan sejenak, *Microsoft Excell* akan menampilkan kotak dialog *Solver result* yang memberi tahu bahwa solusi telah ditemukan.
17. Pilih *ok*, selesai (nilai pada X_1, X_2 dan nilai tujuan akan berubah yang merupakan nilai solusi)

METODOLOGI PENELITIAN

Deskripsi Daerah Studi

Daerah lokasi studi adalah Daerah Irigasi Sonosari yang secara administrasi terletak di Kabupaten Malang. Daerah Irigasi Sonosari memanfaatkan pengambilan air irigasi dari Sungai Metro dan dialirkan melalui saluran primer dan sekunder sepanjang 12.000 m

Data – Data yang diperlukan

Data – data yang diperlukan untuk perhitungan dalam studi ini adalah sebagai berikut:

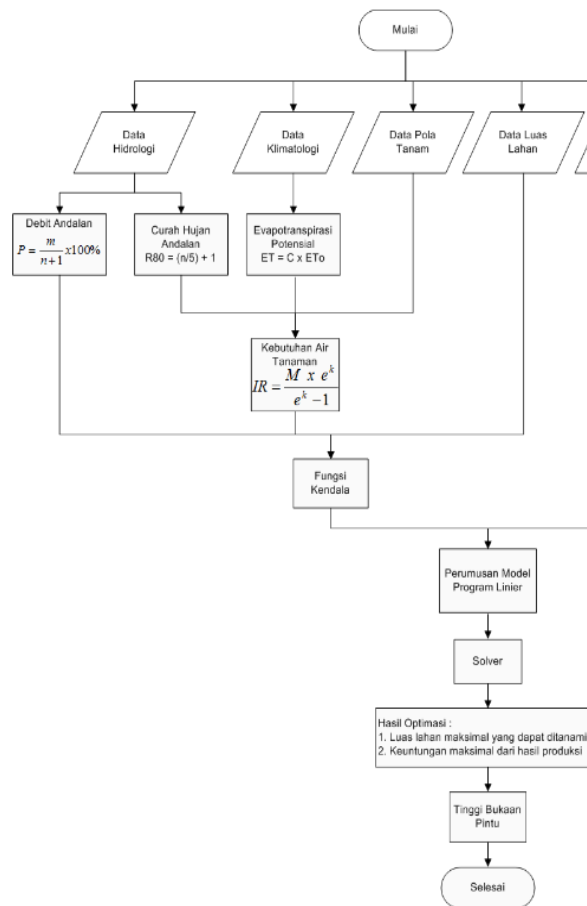
1. Data debit
Data debit diperoleh dari UPTD Sumber Daya Air dan Irigasi Kepanjen. Data debit yang digunakan adalah data debit rerata 10 harian selama 10 tahun. Data tersebut digunakan untuk menghitung debit andalan dan menghitung volume air yang tersedia pada Daerah Irigasi Sonosari.
2. Data irigasi
Data irigasi meliputi luas baku sawah, jenis tanaman, dan pola tata tanam

yang umum dipakai pada Daerah Irigasi Sonosari. Data ini diperoleh dari UPTD Sumber Daya Air dan Irigasi Kepanjen.

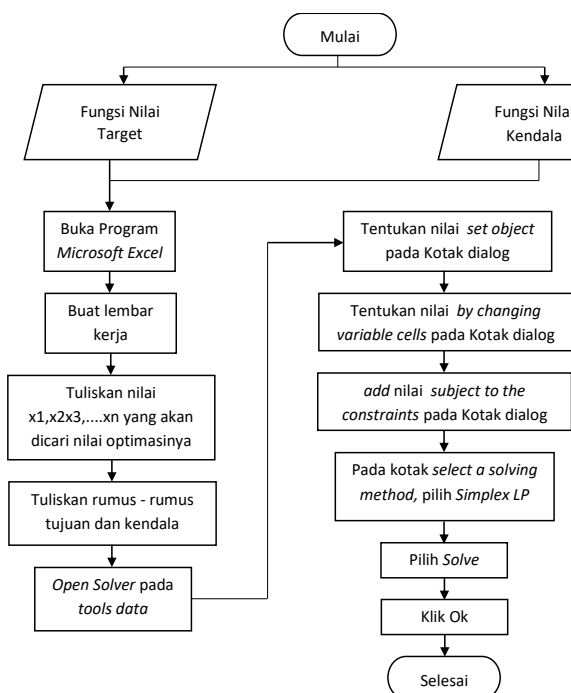
3. Data curah hujan
Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan yang diperoleh dari 3 stasiun hujan yaitu Stasiun Kepanjen, Sukun dan Pohgajih selama 10 tahun. Data tersebut digunakan untuk mendapatkan curah hujan efektif pada tanaman padi, palawija dan tebu.
4. Data klimatologi
Data klimatologi diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Karangploso. Data yang dipakai adalah data suhu, data kelembapan relatif, data kecepatan angin dan data kecerahan matahari. Data tersebut digunakan untuk menghitung besarnya evapotranspirasi potensial.
5. Data jenis tanah
Data jenis tanah digunakan untuk menentukan nilai perkolasi. Berdasarkan data yang didapat, jenis tanah untuk daerah Kecamatan Pakisaji khususnya Daerah Irigasi Sonosari mempunyai tekstur *Sandy Loam*. Maka nilai perkolasi ditentukan sebesar 3 mm/hari. Data ini diperoleh dari Dinas Pengairan Kabupaten Malang.
6. Data ekonomi
Data ekonomi yang dibutuhkan adalah data hasil produksi padi, palawija, dan tebu dalam rupiah per ha. Data ini diperoleh dari Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten Malang.

Tahapan Analisa

Tahapan Analisa penelitian dapat dilihat pada bagan alir gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Bagan alir penelitian



Gambar 2. Program solver pada microsoft excel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan Andalan

Perhitungan curah hujan andalan dan curah hujan efektif menggunakan metode *basic year* dengan curah hujan andalan 80% (R_{80}) dan curah hujan andalan 50% (R_{50}). Hasil perhitungan curah hujan andalan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan Curah Hujan Andalan

Data Hujan			Rangking Data			Keterangan
No	Tahun	CH (mm)	No	Tahun	CH (mm)	
1	2005	71,56	1	2014	53,69	
2	2006	59,35	2	2009	57,04	
3	2007	81,58	3	2011	58,41	R_{80}
4	2008	69,80	4	2006	59,35	
5	2009	57,04	5	2012	67,00	
6	2010	109,84	6	2008	69,80	R_{50}
7	2011	58,41	7	2005	71,56	
8	2012	67,00	8	2007	81,58	
9	2013	84,31	9	2013	84,31	
10	2014	53,69	10	2010	109,84	

Sumber : Hasil Perhitungan

Curah hujan efektif

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang dibutuhkan tanaman untuk proses pertumbuhannya. Curah hujan efektif dapat dihitung berdasarkan curah hujan andalan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Curah Hujan Efektif

No	Bulan	Periode	Σ Hari	Curah Hujan Efektif			
				R80 (mm)	R50 (mm)	Re-Padi (mm/hari)	Re-Palawija (mm/hari)
	1	2	3	4	5	6	7
1	Januari	I	10	113,00	67,00	79,10	7,91
		II	10	46,33	42,33	32,43	4,23
		III	11	173,67	167,00	121,57	11,05
2	Februari	I	10	99,67	165,67	69,77	6,98
		II	10	69,33	41,67	48,53	4,85
		III	8	21,00	154,67	14,70	1,84
3	Maret	I	10	104,33	194,00	73,03	7,30
		II	10	36,67	181,33	25,67	2,57
		III	11	87,67	333,33	61,37	5,58
4	April	I	10	166,00	114,33	116,20	11,62
		II	10	112,67	69,33	78,87	7,89
		III	10	76,67	2,67	53,67	5,37
5	Mei	I	10	101,00	92,67	70,70	7,07
		II	10	76,00	6,00	53,20	5,32
		III	11	27,67	18,00	19,37	1,76
6	Juni	I	10	27,33	3,33	19,13	1,91
		II	10	0,00	30,33	0,00	0,00
		III	10	10,00	0,00	7,00	0,70
7	Juli	I	10	0,00	0,00	0,00	0,00
		II	10	0,00	0,00	0,00	0,00
		III	11	0,00	0,00	0,00	0,00
8	Agustus	I	10	0,00	1,33	0,00	0,13
		II	10	0,00	0,00	0,00	0,00
		III	11	0,00	0,00	0,00	0,00
9	September	I	10	0,00	22,33	0,00	0,00
		II	10	1,00	0,00	0,70	0,07
		III	10	0,00	0,00	0,00	0,00
10	Oktober	I	10	0,00	41,33	0,00	0,00
		II	10	11,33	52,00	7,93	0,79
		III	11	48,00	83,33	33,60	3,05
11	November	I	10	150,33	152,67	105,23	10,52
		II	10	100,67	131,67	70,47	7,05
		III	10	68,00	96,00	47,60	4,76
12	Desember	I	10	63,67	93,33	44,57	4,46
		II	10	110,33	79,33	77,23	7,72
		III	11	200,33	75,67	140,23	12,75

Sumber : Hasil Perhitungan

Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi potensial di analisa menggunakan metode penman modifikasi dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Evapotranspirasi potensial

Uraian	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
ET = C x Eto*	mm/hari	5,990	5,944	5,261	4,031	4,038	4,472
		Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
		5,442	6,562	7,818	7,842	5,950	4,285

Sumber : Hasil Perhitungan

Kebutuhan Air untuk Pengolahan Lahan

Kebutuhan air dalam pengolahan lahan diperlukan untuk mendukung terciptanya kondisi tanah yang cukup lembab, guna proses persemiannya tanaman.

Perhitungan kebutuhan air dalam pengolahan lahan pada penelitian ini dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini, yaitu menggunakan contoh perhitungan bulan januari :

$$\begin{aligned}
 1. \quad E_{to} &= 1,10 \times ET \\
 &= 1,10 \times 5,99 \\
 &= 6,59 \text{ mm/hr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad M &= E_{to} + P \\
 &= 6,59 + 3 \\
 &= 9,59 \text{ mm/hr}
 \end{aligned}$$

3. Jangka waktu proses pengolahan lahan (T) selama 31 hari

$$\begin{aligned}
 4. \quad k &= (M \times T)/S \\
 &= (9,59 \times 31)/250 \\
 &= 1,19
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5. \quad IR &= \frac{M \times e^k}{e^k - 1} \\
 &= \frac{9,59 \times e^{1,19}}{e^{1,19} - 1} \\
 &= 13,79 \text{ mm/hr}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kebutuhan air untuk pegolahan lahan pada bulan berikutnya dapat dilihat pada tabel 4 :

Tabel 4. Kebutuhan Air untuk Pengolahan Lahan

Uraian	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
$IR = \frac{M \cdot e^k}{(e^k - 1)}$	mm/hari	13,787	14,531	13,240	12,596	12,350	12,911
		Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
		13,376	14,225	15,437	15,228	13,997	12,527

Sumber : Hasil Perhitungan

Pergantian Lapisan Air

Penggantian lapisan air dapat dilakukan satu kali, yaitu pada saat tanaman berumur satu bulan setelah pemindahan tanaman, atau setelah transplantasi tanaman. Tinggi lapisan air yang direncanakan adalah sebesar 50 mm selama 30 hari. Perhitungan penggantian lapisan genangan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 WLR &= 50 \text{ mm} / 30 \text{ hr} \\
 &= 1,667 \text{ mm/hr}
 \end{aligned}$$

Efisiensi Irigasi

Efisiensi irigasi adalah perbandingan antara jumlah air irigasi yang diperlukan tanaman dengan jumlah air yang sampai ke petak sawah atau areal persawahan. Nilai efisiensi irigasi dapat dilihat pada tabel 5:

Tabel 5. Efisiensi Irigasi

Jaringan	Efisiensi Irigasi (%)
Primer	90
Skunder	90
Tersier	80
Total EI	65

(Sumber : Anonim, 1997 : IV-22)

Debit Andalan

Dalam perhitungan debit andalan digunakan metode tahun dasar perencanaan (*basic year*).

Contoh perhitungan untuk tahun pertama :

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

- Tahun ke 8

Diketahui :

$$m = 8, \quad n = 10$$

$$P = \frac{8}{10+1} \times 100\% = 72,727\%$$

- Tahun ke 9

Diketahui :

$$m = 9, \quad n = 10$$

$$P = \frac{9}{10+1} \times 100\% = 81,818\%$$

Hasil perhitungan debit andalan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Probabilitas Debit Andalan 80%

Bulan	Periode	Q Th 2005	Q Th 2009	Q Andalan
Januari	I	0,985	0,895	0,913
	II	1,020	0,893	0,918
	III	0,930	0,893	0,900
Februari	I	0,920	0,893	0,898
	II	0,900	0,896	0,897
	III	0,900	0,896	0,897
Maret	I	0,925	0,896	0,902
	II	0,910	0,826	0,843
	III	0,850	0,934	0,917
April	I	0,850	1,056	1,015
	II	0,970	1,046	1,031
	III	0,985	1,031	1,022
Mei	I	1,050	1,031	1,035
	II	0,910	1,031	1,007
	III	1,100	1,046	1,057
Juni	I	0,955	1,170	1,127
	II	0,955	1,170	1,127
	III	1,190	1,215	1,210
Juli	I	1,123	1,020	1,041
	II	1,090	1,020	1,034
	III	1,010	1,120	1,098
Agustus	I	1,010	1,200	1,162
	II	1,100	0,847	0,898
	III	1,100	0,847	0,898
September	I	1,100	0,847	0,898
	II	1,100	0,962	0,990
	III	1,020	0,962	0,974
Oktober	I	0,879	0,887	0,885
	II	1,020	0,887	0,914
	III	1,020	0,847	0,882
November	I	1,020	1,020	1,020
	II	1,020	1,150	1,124
	III	1,025	1,150	1,125
Desember	I	1,040	1,320	1,264
	II	1,110	1,115	1,114
	III	1,110	1,150	1,142

Sumber : Hasil Perhitungan

Rekapitulasi Kebutuhan Air Irigasi

Dari pola tata tanam eksisting yang sudah dianalisa kebutuhan air irigasinya,

didapatkan volume kebutuhan air irigasi untuk tiap – tiap musim tanam. Hasil rekapitulasi dari analisa perhitungan kebutuhan air dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7. Kebutuhan Air Irigasi

Musim Tanam	Volume Air (M ³ /Ha)		
	Padi	Palawija	Tebu
I	5934,906	0,000	453,899
II	7978,984	1785,158	5004,452
III	16513,348	6022,141	7251,730

Sumber : Hasil Perhitungan

Analisa Model Matematika

Model matematika pada program linier ini dibuat sesuai dengan fungsi sasaran yang ingin dicapai. Perumusan dalam analisa optimasi terdiri atas :

1. Fungsi sasaran

Fungsi sasaran adalah persamaan yang berisi variabel bebas yang akan dioptimumkan. Bentuk fungsinya sebagai berikut :

$$Z = \sum_{n=1}^n C_n X_n$$

Dengan :

Z = Fungsi tujuan (keuntungan maksimum hasil pertanian) (Rp)

C_n = Keuntungan / manfaat bersih irigasi sawah (Rp/Ha)

X_n = Variabel sasaran irigasi (luas areal irigasi) (Ha)

Perumusan fungsi sasaran dalam tiap-tiap periode dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 8. Model Fungsi Sasaran

Fungsi Tujuan Musim Tanam I
$Z = 27482500 \left(\sum_{n=1}^{12} X_n \right) + 11805000 \left(\sum_{n=37}^{12} X_n \right) + 21253250 \left(\sum_{n=73}^{12} X_n \right)$
Fungsi Tujuan Musim Tanam II
$Z = 27482500 \left(\sum_{n=13}^{12} X_n \right) + 11805000 \left(\sum_{n=49}^{12} X_n \right) + 21253250 \left(\sum_{n=85}^{12} X_n \right)$
Fungsi Tujuan Musim Tanam III
$Z = 27482500 \left(\sum_{n=25}^{12} X_n \right) + 11805000 \left(\sum_{n=61}^{12} X_n \right) + 21253250 \left(\sum_{n=97}^{12} X_n \right)$

Sumber : Hasil Perhitungan

2. Fungsi Kendala

Fungsi Kendala adalah persamaan yang membatasi kegunaan utama. Fungsi kendala dalam studi ini dapat dilihat pada tabel 9 dan 10 :

Tabel 9. Fungsi kendala volume air irigasi

Musim Tanam	Fungsi Kendala Volume Air
I	K1 = $(5934,906 \times X1) + (0,000 \times X37) + (453,899 \times X73) \leq 0,5184 \times 10^6$
	K2 = $(5934,906 \times X2) + (0,000 \times X38) + (453,899 \times X74) \leq 2,1341 \times 10^6$
	K3 = $(5934,906 \times X3) + (0,000 \times X39) + (453,899 \times X75) \leq 0,4035 \times 10^6$
	K4 = $(5934,906 \times X4) + (0,000 \times X40) + (453,899 \times X76) \leq 3,2244 \times 10^6$
	K5 = $(5934,906 \times X5) + (0,000 \times X41) + (453,899 \times X77) \leq 0,4596 \times 10^6$
	K6 = $(5934,906 \times X6) + (0,000 \times X42) + (453,899 \times X78) \leq 0,2316 \times 10^6$
	K7 = $(5934,906 \times X7) + (0,000 \times X43) + (453,899 \times X79) \leq 0,4493 \times 10^6$
	K8 = $(5934,906 \times X8) + (0,000 \times X44) + (453,899 \times X80) \leq 0,4285 \times 10^6$
	K9 = $(5934,906 \times X9) + (0,000 \times X45) + (453,899 \times X81) \leq 0,4596 \times 10^6$
	K10 = $(5934,906 \times X10) + (0,000 \times X46) + (453,899 \times X82) \leq 0,4977 \times 10^6$
	K11 = $(5934,906 \times X11) + (0,000 \times X47) + (453,899 \times X83) \leq 0,2825 \times 10^6$
	K12 = $(5934,906 \times X12) + (0,000 \times X48) + (453,899 \times X84) \leq 0,2497 \times 10^6$
	K13 = $\left(5934,906 \times \sum_{n=1}^{12} X_n\right) + \left(0,000 \times \sum_{n=7}^{12} X_n\right) + \left(453,899 \times \sum_{n=7}^{12} X_n\right) \leq 10,206 \times 10^6$
II	K14 = $(7978,984 \times X13) + (1785,158 \times X49) + (5004,452 \times X85) \leq 0,4674 \times 10^6$
	K15 = $(7978,984 \times X14) + (1785,158 \times X50) + (5004,452 \times X86) \leq 2,1237 \times 10^6$
	K16 = $(7978,984 \times X15) + (1785,158 \times X51) + (5004,452 \times X87) \leq 0,4009 \times 10^6$
	K17 = $(7978,984 \times X16) + (1785,158 \times X52) + (5004,452 \times X88) \leq 3,2685 \times 10^6$
	K18 = $(7978,984 \times X17) + (1785,158 \times X53) + (5004,452 \times X89) \leq 0,4242 \times 10^6$
	K19 = $(7978,984 \times X18) + (1785,158 \times X54) + (5004,452 \times X90) \leq 0,2333 \times 10^6$
	K20 = $(7978,984 \times X19) + (1785,158 \times X55) + (5004,452 \times X91) \leq 0,4432 \times 10^6$
	K21 = $(7978,984 \times X20) + (1785,158 \times X56) + (5004,452 \times X92) \leq 0,4303 \times 10^6$
	K22 = $(7978,984 \times X21) + (1785,158 \times X57) + (5004,452 \times X93) \leq 0,4458 \times 10^6$
	K23 = $(7978,984 \times X22) + (1785,158 \times X58) + (5004,452 \times X94) \leq 0,4510 \times 10^6$
	K24 = $(7978,984 \times X23) + (1785,158 \times X59) + (5004,452 \times X95) \leq 0,2627 \times 10^6$
	K25 = $(7978,984 \times X24) + (1785,158 \times X60) + (5004,452 \times X96) \leq 0,2177 \times 10^6$
	K26 = $\left(7978,984 \times \sum_{n=13}^{24} X_n\right) + \left(1785,158 \times \sum_{n=49}^{60} X_n\right) + \left(5004,452 \times \sum_{n=85}^{96} X_n\right) \leq 10,906 \times 10^6$
III	K27 = $(16513,348 \times X25) + (6022,141 \times X61) + (7251,730 \times X97) \leq 0,4059 \times 10^6$
	K28 = $(16513,348 \times X26) + (6022,141 \times X62) + (7251,730 \times X98) \leq 1,8092 \times 10^6$
	K29 = $(16513,348 \times X27) + (6022,141 \times X63) + (7251,730 \times X99) \leq 0,3784 \times 10^6$
	K30 = $(16513,348 \times X28) + (6022,141 \times X64) + (7251,730 \times X100) \leq 2,6767 \times 10^6$
	K31 = $(16513,348 \times X29) + (6022,141 \times X65) + (7251,730 \times X101) \leq 0,3352 \times 10^6$
	K32 = $(16513,348 \times X30) + (6022,141 \times X66) + (7251,730 \times X102) \leq 0,2212 \times 10^6$
	K33 = $(16513,348 \times X31) + (6022,141 \times X67) + (7251,730 \times X103) \leq 0,3923 \times 10^6$
	K34 = $(16513,348 \times X32) + (6022,141 \times X68) + (7251,730 \times X104) \leq 0,3819 \times 10^6$
	K35 = $(16513,348 \times X33) + (6022,141 \times X69) + (7251,730 \times X105) \leq 0,4182 \times 10^6$
	K36 = $(16513,348 \times X34) + (6022,141 \times X70) + (7251,730 \times X106) \leq 0,4242 \times 10^6$
	K37 = $(16513,348 \times X35) + (6022,141 \times X71) + (7251,730 \times X107) \leq 0,2480 \times 10^6$
	K38 = $(16513,348 \times X36) + (6022,141 \times X72) + (7251,730 \times X108) \leq 0,2341 \times 10^6$
	K39 = $\left(16513,348 \times \sum_{n=25}^{36} X_n\right) + \left(6022,141 \times \sum_{n=61}^{72} X_n\right) + \left(7251,730 \times \sum_{n=97}^{108} X_n\right) \leq 10,146 \times 10^6$

Tabel 10.Fungsi kendala luas tanam

Keterangan	Fungsi Kendala Luas Tanam
Musim Tanam I	K40 => $X1+X37+X73 \leq 45$ Ha
	K41 => $X2+X38+X74 \leq 192$ Ha
	K42 => $X3+X39+X75 \leq 33$ Ha
	K43 => $X4+X40+X76 \leq 287$ Ha
	K44 => $X5+X41+X77 \leq 35$ Ha
	K45 => $X6+X42+X78 \leq 19$ Ha
	K46 => $X7+X43+X79 \leq 36$ Ha
	K47 => $X8+X44+X80 \leq 34$ Ha
	K48 => $X9+X45+X81 \leq 36$ Ha
	K49 => $X10+X46+X82 \leq 42$ Ha
	K50 => $X11+X47+X83 \leq 23$ Ha
	K51 => $X12+X48+X84 \leq 18$ Ha
Musim Tanam II	K52 => $X13+X49+X85 \leq 45$ Ha
	K53 => $X14+X50+X86 \leq 192$ Ha
	K54 => $X15+X51+X87 \leq 33$ Ha
	K55 => $X16+X52+X88 \leq 287$ Ha
	K56 => $X17+X53+X89 \leq 35$ Ha
	K57 => $X18+X54+X90 \leq 19$ Ha
	K58 => $X19+X55+X91 \leq 36$ Ha
	K59 => $X20+X56+X92 \leq 34$ Ha
	K60 => $X21+X57+X93 \leq 36$ Ha
	K61 => $X22+X58+X94 \leq 42$ Ha
	K62 => $X23+X59+X95 \leq 23$ Ha
	K63 => $X24+X60+X96 \leq 18$ Ha
Musim Tanam III	K64 => $X25+X61+X97 \leq 45$ Ha
	K65 => $X26+X62+X98 \leq 192$ Ha
	K66 => $X27+X63+X99 \leq 33$ Ha
	K67 => $X28+X64+X100 \leq 287$ Ha
	K68 => $X29+X65+X101 \leq 35$ Ha
	K69 => $X30+X66+X102 \leq 19$ Ha
	K70 => $X31+X67+X103 \leq 36$ Ha
	K71 => $X32+X68+X104 \leq 34$ Ha
	K72 => $X33+X69+X105 \leq 36$ Ha
	K73 => $X34+X70+X106 \leq 42$ Ha
	K74 => $X35+X71+X107 \leq 23$ Ha
	K75 => $X36+X72+X108 \leq 18$ Ha

Hasil Optimasi

Dari hasil optimasi yang dilakukan dilakukan pada pola tanam eksisting didapatkan hasil berupa luas lahan optimum yang dapat ditanami dan keuntungan maksimum. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 11dan 12 sebagai berikut :

Tabel 11. Luas Lahan yang DapatDitanami (sebelum dan sesudah optimasi)

Musim Tanam	Jenis Tanaman	Luas Tanam (ha)	
		Sebelum Optimasi (ha)	Sesudah Optimasi (ha)
I	Padi	733	800
	Palawija	0	0
	Tebu	67	0
	Total Luas	800	800
II	Padi	549	800
	Palawija	181	0
	Tebu	70	0
	Total Luas	800	800
III	Padi	381	229
	Palawija	353	0
	Tebu	66	571
	Total Luas	800	800

Sumber : Data dan Hasil Perhitungan

Tabel 12. Manfaat HasilProduksi (sebelum dan sesudah optimasi)

Musim Tanam	Keuntungan	
	PTT Eksisting Sebelum Optimasi	PTT Eksisting Sesudah Optimasi
	(Rp)	(Rp)
I	Rp 21.568.640.250	Rp 21.986.000.000
II	Rp 18.712.325.000	Rp 21.986.000.000
III	Rp 16.040.712.000	Rp 18.431.816.639
Keuntungan	Rp 56.321.677.250	Rp 62.403.816.639

Sumber : Hasil Perhitungan

Tinggi Buka an Pintu

Besarnya tinggi bukaan pintu tergantung pada besarnya volume air yang dibutuhkan tanaman dalam satu musim tanam, dan hasil perhitungan besarnya tinggi bukaan pintu untuk tiap – tiap musim tanam dapat dilihat pada tabel 13, 14 dan 15 berikut ini :

Tabel 13. Tinggi Bukaam Pintu Musim Tanam I

Nama Saluran	h (m)
SS 1	0,25
SS 2	0,302
SS 3	0,136
SS 4	0,402
SS 5	0,165
SS 6	0,13
SS 7	0,116
SS 8	0,159
SS 9	0,146
SS 10	0,189
SS 11	0,121
SS12	0,1

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 14. Tinggi Bukaam Pintu Musim Tanam II

Nama Saluran	h (m)
SS 1	0,316
SS 2	0,373
SS 3	0,165
SS 4	0,502
SS 5	0,206
SS 6	0,164
SS 7	0,141
SS 8	0,2
SS 9	0,179
SS 10	0,234
SS 11	0,153
SS12	0,127

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 15. Tinggi Bukaam Pintu Musim Tanam III

Nama Saluran	h (m)
SS 1	0,345
SS 2	0,422
SS 3	0,219
SS 4	0,564
SS 5	0,234
SS 6	0,212
SS 7	0,174
SS 8	0,261
SS 9	0,232
SS 10	0,282
SS 11	0,189
SS12	0,183

Sumber : Hasil Perhitungan

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil studi yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan, yaitu :

1. Besarnya luas tanam dan keuntungan yang diperoleh pada kondisi eksisting setelah optimasi adalah
 - Musim tanam I :
Luas tanaman padi 800 ha
Luas tanaman palawija 0 ha
Luas tanaman tebu 0 ha
Dengan keuntungan sebesar Rp.21.986.000.000.-
 - Musim tanam II :
Luas tanaman padi 800 ha
Luas tanaman palawija 0 ha
Luas tanaman tebu 0 ha
Dengan keuntungan sebesar Rp.21.986.000.000,-
 - Musim tanam III:
Luas tanaman padi 229 ha
Luas tanaman palawija 0 ha
Luas tanaman tebu 571 ha
Dengan keuntungan sebesar Rp. 18.431.816.639,-
2. Besarnya debit andalan yang tersedia di Daerah Irigasi Sonosari memenuhi kebutuhan air tanaman.

Saran

1. Penyuluhan kepada para petani tentang pola tata tanam yang sesuai dengan ketersediaan debit dan manfaat dari optimasi ini sangatlah diperlukan, agar para petani dapat menyadari pentingnya pola tata tanam yang telah di rencanakan / dioptimaskan demi mendapatkan keuntungan yang maksimal.
2. Pengaturan tinggi bukaan pintu yang sesuai dengan pola tanam sangatlah diperlukan, agar debit air yang masuk sesuai dengan kebutuhan air tanaman.
3. Hasil keluaran metode program linier sebaiknya dibandingkan dengan optimasi menggunakan metode lainnya sehingga dapat diketahui selisih hasil keluaran dari masing-masing metode.
4. Untuk penerapan di lapangan hendaknya memperhitungkan kerugian yang disebabkan oleh serangan hama, penyakit pada tanaman, banjir maupun faktor alam lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1986. **Standar Perencanaan Irigasi (Kriteria Perencanaan.01)**. Bandung: CV Galang Persada.
- Anonim. 1995. **Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi**. Direktorat Jendral Pengairan: Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1997. **Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi**. Direktorat Jendral Pengairan : Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 2000. **Java Irrigation Improvement and Water Resources Manajement Project Irrigation Development and Turnover Component**. Indonesia: Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 2010. **Standar Perencanaan Irigasi (Kriteria Perencanaan.03)**. Direktorat Jendral Sumber Daya Air : Departemen Pekerjaan Umum.
- Hernadi, Ranto. 2010. **Studi Optimasi Pemanfaatan Air Irigasi Pada Daerah Irigasi Kali Metro Hilir Kabupaten Malang Menggunakan Program Linier**. Malang.
- Montarcih, Lily. 2007. **Optimasi Distribusi Air Irigasi Dengan Program Dinamik (Studi Kasus Daerah Irigasi Molek)**. Malang : CV. Asrori.
- Montarcih, Lily. 2010. **Hidrologi Praktis**. Bandung : Lubuk Agung.
- Nurwidiyanti, Indiyah Ayu. 2006. **Studi Optimasi Distribusi Air Daerah Irigasi Mrican Lintas Batas Kabupaten Kediri, Kabupaten Nganjuk dan Kabupaten Jombang Dengan Program Linier**. Malang.
- Soemarto, C.D. 1999. **Hidrologi Teknik**. Jakarta : Erlangga.
- Sosrodarsono,S dan Takeda, K. 2003. **Hidrologi untuk Pengairan**. Jakarta: RT. Pradnya Paramita.
- Subarkah, Iman. 1980. **Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air**. Bandung: Idea Dharma.
- Suhardjono. 1994. **Kebutuhan Air Tanaman**. Malang: Institut Teknologi Nasional.