

PENGARUH PERUBAHAN IKLIM TERHADAP OPTIMASI KETERSEDIAAN AIR DI DAERAH IRIGASI GOLEK KECAMATAN PAKISAJI KABUPATEN MALANG DENGAN MEMPERGUNAKAN PROGRAM LINIER

Rudi Serang

E- mail: rudiserang@ymail.com

Abstrak: Perubahan iklim global berpengaruh terhadap temperatur suhu, kelembaban relatif, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, curah hujan dan debit sungai. Tingginya intensitas curah hujan setelah terjadinya perubahan iklim berdampak terhadap fluktuasi debit sungai pada musim hujan dan kemarau. Bencana banjir dan kekeringan merupakan peristiwa alam yang semakin sering di jumpai saat ini. Areal jaringan irigasi golek kanan mempunyai luas baku sawah 117 Ha yang terdiri dari 4 petak tersier yaitu tersier karangduren 5 Ha, tersier sutojayan 100 Ha, tersier pakisaji 10 Ha dan tersier glanggang 2 Ha oleh karenanya untuk menghadapi dampak ekstrim tersebut diperlukan perencanaan pengelolaan irigasi yang sistematis agar mendatangkan keuntungan khususnya bagi petani.

Metodologi yang digunakan dalam analisis optimalisasi ketersediaan air di daerah irigasi Golek kanandengan menggunakan Simplex Linier Programming maka akan diperoleh luas tanam (A), debit air (Q) dan keuntunganmaksimal hasil pertanian.

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan iklim di daerah Irigasi golek kanan pada tahun 2001 yang ditandai dengan pergeseran musim hujan dan kemarau serta meningkatnya jumlah curah hujan tahunan. Peningkatan jumlah curah hujan ini berdampak terhadap perubahan ketersediaan volume air di intake bendung sebelum terjadinya perubahan iklim, volume air yang tersedia di intake pada

(Musim Tanam) $MTI = 706.000 \text{ m}^3$, $MTII = 686000 \text{ m}^3$ dan $MTIII = 764000 \text{ m}^3$. Sedangkan hasil studi juga menunjukan bahwa sesudah terjadinya perubahan iklim volume air yang tersedia pada $MTI = 1420000 \text{ m}^3$, $MTII = 690000 \text{ m}^3$ dan $MTIII = 570000 \text{ m}^3$. Volume air dari hasil optimasi terhadap eksisting pola tata tanam yang terdapat di daerah Irigasi Golek kanan baik sebelum dan sesudah perubahan iklim masih mencukupi kebutuhan air untuk setiap musim tanam dan selisih keuntungan Rp 98,525,000.00 per tahun yg diperoleh dari hasil roduksi pertanian. Dengan demikian pola pemberian air di daerah irigasi ini masih dapat dipertahankan.

Kata Kunci: Perubahan Iklim, Optimasi Ketersediaan Air, Program Linier.

Abstract: Global climate change affects to temperature, relative humidity, solar radiation length, wind speed, rainfall and river discharge. Due to climate change the high of rainfall intensity impact on river discharge fluctuations in the wet and dry season. Floods and droughts as a natural event are more often occurred at this time. Golek kanan Irrigation area has a 117 hectares command area consisting of the four tertiary those are 5 hectares Karangduren tertiary, 100 hectares Sutojayan tertiary, 10 hectares Pakisaji tertiary and 2 hectares Glanggang tertiary, therefore to deal with that extreme impact, required a systematically irrigation management plans in order to be still profitable, especially for farmers.

The methodology used in the analysis of irrigation water availability optimization at Golek kanan command area using the Simplex Linear Programming that will be obtained cropping area (A), discharge (Q) and maximum benefit of agricultural production.

Based on the analysis results indicate that has occurred the climate change on Golek kanan command area in 2001 that is marked by a shifted in the rainy and dry seasons and increased the amount of annual rainfall. Increasing the amount of rainfall has an impact on the volume availability of water intake changes, before the climate change, the volume availability of water in the intake (cropping season) are $MTI = 706000 \text{ m}^3$, $MTII = 686000 \text{ m}^3$ and $MTIII = 764000 \text{ m}^3$. While from the study result also showed that after the occurrence of climate change, volume of water available in the intake are $MTI = 1420000 \text{ m}^3$, $MTII = 690000 \text{ m}^3$ and $MTIII = 570000 \text{ m}^3$. Volume of water availability from the optimization of the existing cropping pattern at Golek kanan both before and after climate change is still sufficient to water requirement for every cropping season and the difference in profit is 98.525.000 rupiahs per year which is obtained from agricultural production.

Keywords: Climate Change, Water Availability, Linear Programming.

Konferensi Tingkat Tinggi di Rio de Janeiro, Brasil pada tahun 1992 mengenai perubahan iklim global telah memberikan lebih banyak pengaruh di dunia. Perubahan iklim adalah fenomena global, mengalami peningkatan sebagai akibat dari aktivitas manusia seperti penggunaan bahan bakar fosil dan perubahan dalam pemanfaatan lahan. Salah satu perubahan iklim global adalah meningkatnya frekuensi dan intensitas iklim yang ekstrim seperti badai, banjir, dan kekeringan. Beberapa riset yang dilakukan sebelum ini menunjukkan banyaknya indikator dalam perubahan iklim seperti meningkatnya permukaan air laut, banjir, kekeringan, beberapa permasalahan sumberdaya dan permasalahan dalam pengembangan sumberdaya air.

Golek kanan adalah salah satu Daerah Irigasi di desa Karangduren Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang mempunyai luas baku sawah 117 Ha terdiri dari:

1. Tersier Golek Kanan Karangduren = 5 Ha
2. Tersier Golek Kanan Sutojayan = 100 Ha
3. Tersier Golek Kanan Pakisaji = 10 Ha
4. Tersier Golek kanan Glanggang = 2 Ha

Keterbatasan sumberdaya air permukaan khususnya di musim kemarau semakin mendorong adanya kebutuhan untuk mendapatkan kapasitas dan operasional yang optimum. Perubahan iklim global juga mempengaruhi intensitas panen, sehingga sangatlah dibutuhkan untuk membandingkan alokasi penggunaan air seefisien mungkin dan untuk mendapatkan gambaran sebelum dan sesudah perubahan iklim global.

Untuk mencapai target tersebut diatas, perlu adanya pembuatan sebuah model optimasi dan analisa optimasi yang akan memberikan informasi dalam mengalokasikan air untuk memenuhi tiap-tiap fungsi tujuan akibat pengaruh perubahan iklim.

Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas dapat diidentifikasi bahwa pengaruh perubahan iklim di daerah irigasi golek kanan disebabkan karena:

1. Telah terjadi pergeseran musim hujan dan pola tata tanam berdampak pada perubahan iklim.
2. Petani mulai mengeluhkan dampak pada perubahan iklim karena berkurangnya pasokan air pada musim tanam tertentu terutama di daerah hilir.

3. Rendahnya informasi dan pengetahuan petani tentang perubahan iklim sehingga masyarakat masih mempertahankan pola tata tanam yang lama.

Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang ada serta mengacu pada penelitian ini maka diambil batasan masalah. Batasan masalah tersebut meliputi:

1. Studi penelitian terletak di Daerah Irigasi Golek kanan.
2. Perhitungan kebutuhan air irigasi berdasarkan Metode PU (Perencanaan umum)
3. Data curah hujan dianalisis sedemikian agar dapat diketahui pergeseran curah hujan yang terjadi pada perubahan iklim.
4. Analisis Neraca Air, membandingkan ketersediaan air (debit andalan) yang tersedia untuk kebutuhan air pada Daerah Irigasi Golek kanan.
5. Tata tanam yang digunakan dalam periode 10 harian.
6. Perubahan iklim yang dimaksudkan adalah berhubungan dengan karakteristik hujan.
7. Optimasi mempergunakan Program Linier pada sistem jaringan Irigasi Golek kanan yang di analisis berdasarkan pergeseran musim sebelum dan sesudah perubahan iklim.
8. Tidak membahas tentang pemeliharaan sarana di Daerah Irigasi Golek Kanan.
9. Tidak membahas pengaruh perubahan iklim di Daerah Irigasi Golek kiri.

Rumusan Masalah

Berdasarkan Identifikasi masalah dan batasan masalah seperti diuraikan diatas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah telah terjadi perubahan iklim di Daerah Irigasi Golek Kanan?
2. Bagaimana pengaruh perubahan iklim terhadap ketersediaan air di Daerah Irigasi Golek kanan?
3. Bagaimana pengaruh perubahan iklim terhadap pemberian air di Daerah Irigasi Golek kanan?
4. Bagaimana perbandingan hasil produksi pertanian sebelum dan sesudah terjadinya perubahan iklim di Daerah Irigasi Golek kanan?

Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui apakah telah terjadi perubahan iklim di Daerah Irigasi Golek kanan.

2. Untuk mengetahui pengaruh perubahan iklim terhadap ketersediaan air pada masing-masing pola tanam di Daerah Irigasi Golek kanan tersebut.
3. Untuk mengetahui pengaruh perubahan iklim terhadap pemberian air di Daerah Irigasi Golek kanan.
4. Untuk mengetahui dampak keuntungan dan kerugian dari hasil produksi pertanian setelah terjadinya perubahan iklim di Daerah Irigasi Golek kanan.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemerintah daerah khususnya Pemerintah Daerah Kabupaten Malang mengetahui bahwa telah terjadi perubahan iklim di daerahnya yang bisa berdampak pada penurunan penghasilan petani dan perubahan pola tanam.
2. Dengan adanya informasi ini, instansi terkait segera melakukan langkah-langkah strategis dalam mengantisipasi dampak dari perubahan iklim.

TINJAUAN PUSTAKA

Perubahan Iklim

Perubahan iklim terutama disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi CO₂ dan GRK lainnya. Meningkatnya konsentrasi CO₂ dan GRK lainnya tersebut diketahui merupakan akibat dari sejumlah aktivitas antropogenik, tetapi terutama akibat dari pembakaran bahan bakar fosil dalam produksi energi dan kegiatan alih guna lahan. Semakin tinggi kebutuhan untuk meningkatkan kualitas hidup, semakin besar pula aktivitas industri, pembalakan hutan, pertanian, rumah tangga, dan aktivitas lain yang melepaskan GRK.

Perubahan iklim dipengaruhi oleh faktor-faktor yang naiknya frekuensi dan intensitas kejadian cuaca yang ekstrim seperti banjir, badai, kekeringan dan naiknya muka air laut.

Model Optimasi

Dalam hal yang dimaksud dengan model optimasi adalah penyusunan model suatu sistem yang sesuai dengan keadaan nyata, yang nantinya dapat dirubah ke dalam model matematis dengan pemisahan elemen-elemen pokok agar suatu penyelesaian yang sesuai dengan sasaran atau tujuan pengambilan keputusan dapat tercapai.

Fungsi optimasi ini adalah untuk mendapatkan perbedaan ketersediaan air akibat pengaruh perubahan iklim serta besarnya nilai manfaat atau keuntungan pada setiap musim tanam.

Fungsi kendala dalam suatu analisa optimasi terhadap sumber daya air yang akan di analisa harus dalam keadaan terbatas seperti besarnya debit dan luas lahan untuk musim tanam.

Optimasi dengan Program Linier

Optimasi adalah suatu rancangan dalam pemecahan model-model perencanaan dengan mendasarkan pada fungsi matematika yang membatasi. Yang termasuk dalam teknik optimasi berkendala antara lain: (*Montarcih dan Soetopo, 2009*).

Model Program Linier

Pada dasarnya model program linier memiliki 3 unsur penting yaitu:

1. Variabel Putusan
Adalah variabel yang akan dicari dan memberi nilai yang paling baik bagi tujuan yang hendak dicapai.
2. Fungsi Tujuan
Adalah fungsi matematika yang harus dimaksimumkan atau diminimumkan, dan mencerminkan tujuan yang hendak dicapai.
3. Fungsi Kendala
Adalah fungsi matematika yang menjadi kendala bagi usaha untuk memaksimumkan atau meminimumkan fungsi tujuan, mewakili kendala yang harus dicapai.

Fasilitas Solver Pada Microsoft Excel

Solver adalah fasilitas didalam program *Microsoft Excel* pada *Windows*. *Solver* digunakan untuk mencari solusi maksimum maupun minimum suatu permasalahan yang kita hadapi.

Kondisi Daerah Studi

Jaringan Irigasi Golek Kanan yang terletak di Desa Karangduren, Kecamatan Pakisaji, Kabupaten Malang. Kabupaten Malang adalah salah satu Kabupaten di Indonesia yang terletak di Propinsi Jawa Timur dan merupakan Kabupaten yang terluas wilayahnya dari 37 Kabupaten/Kotamadya yang ada di Jawa Timur.

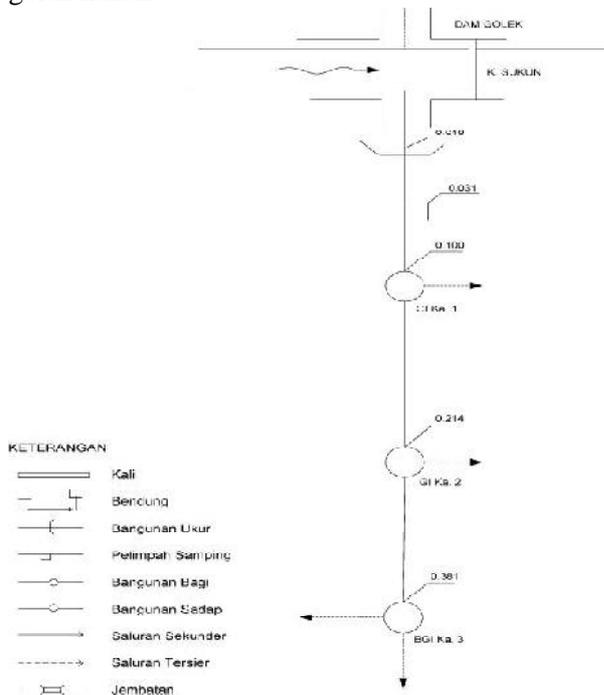
Jaringan Irigasi Golek Kanan merupakan jaringan irigasi kabupaten sehingga pengelolaan ada pada Dinas Pengairan Kabupaten Malang. Dengan luas total Daerah Irigasi yang dilayani sebesar 117 Ha. Jaringan Irigasi Golek Kanan terdiri dari tiga saluran sekunder dan empat saluran tersier. Yaitu saluran sekunder Golek, saluran tersier Karang Duren, saluran tersier Sutojayan, saluran tersier Pakisaji dan saluran Glanggang.

Gambar 1. di bawah ini menunjukkan peta lokasi penelitian



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

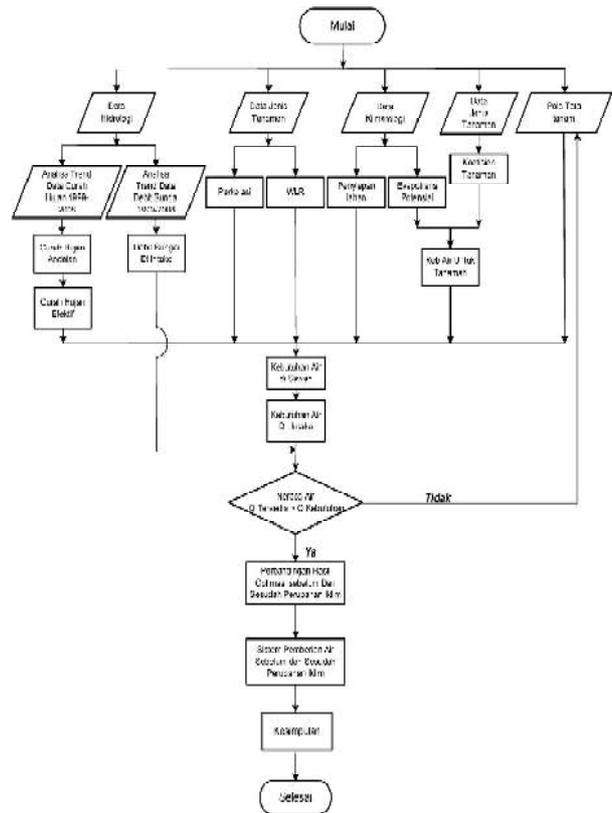
Gambar 2 menunjukkan skema jaringan irigasi golek kanan



Gambar 2. Skema Jaringan Irigasi Golek Kanan

Metode Penelitian

Metode penelitian dalam kajian ini adalah penelitian deskriptif yang merupakan penelitian kasus dan penelitian lapangan (*case study and field research*). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pola tata tanam yang telah dilaksanakan di daerah irigasi golek Kanan dan berdasarkan data yang akan dikumpulkan pada saat sebelum dan sesudah perubahan iklim, kemudian disusun rekomendasi pola tata tanam. Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang digunakan maka dapat dilihat pada gambar 3. bagan alir penelitian di bawah ini:



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN HASIL OPTIMASI SEBELUM PERUBAHAN IKLIM

Hasil perhitungan curah hujan rerata tahunan 1999–2008 berdasarkan trend perubahan iklim di 3 stasiun pada Tabel 1 dibawah ini.

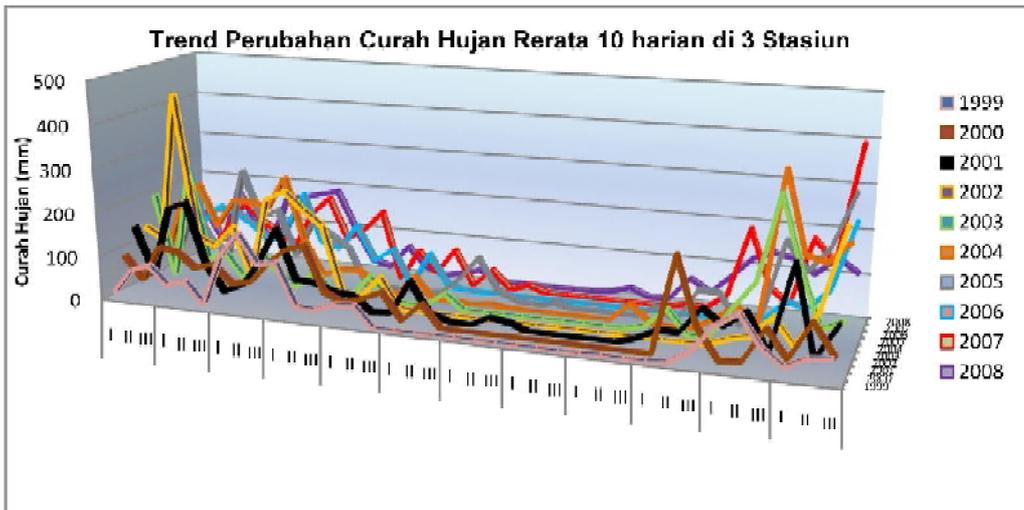
Dari data curah hujan total rerata di 3 stasiun yaitu Sukun, Wangir dan Kepanjen untuk tahun 1999–2008 kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan trend curah hujan total rerata sebesar 2198,12 mm/th seperti terlihat pada Tabel 2 dan Grafik 2 di bawah ini.

Fungsi Tujuan

Tujuan optimasi ini adalah untuk mendapatkan perbedaan ketersediaan air akibat pengaruh perubahan iklim dan besarnya nilai manfaat atau keuntungan pada setiap musim tanam. Namun karena kondisi yang dievaluasi adalah kondisi existing maka keuntungan yang diperoleh tetap. Tetapi jika ingin dikembangkan areal lahan sesuai dengan debit sisa maka keuntungannya tentu berbeda dan pada Tabel 3 besar nilai manfaat dari masing-masing jenis tanam di bawah ini.

Tabel 1. Menunjukkan Data Curah Hujan di 3 Stasiun Sukun, Wagir dan Kepanjen Tahun 1999-2008

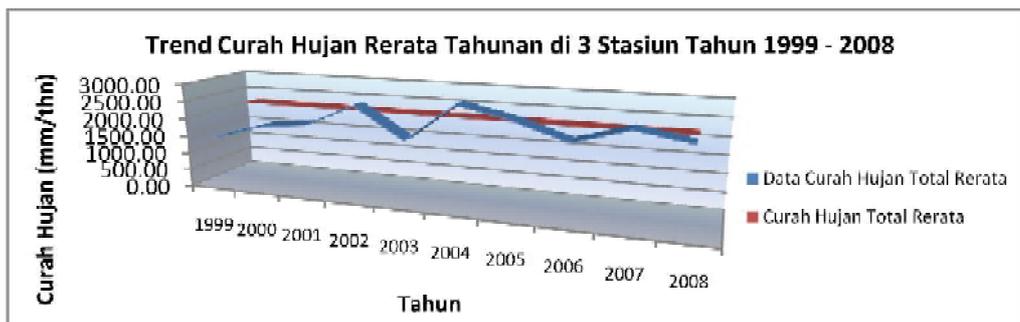
Bulan	Periode	Tahun										Rata-rata
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Januari	I	16	67,7	143,3	132,7	167,0	17,2	75,3	210,0	11,3	103,7	102,62
	II	72,7	30,0	36,2	130,0	13,3	177,2	148,0	124,0	28,0	32,2	72,62
	III	67,0	116,7	185,7	149,3	352,0	219,5	75,0	145,3	31,7	164,7	174,70
Februari	I	115,0	108,3	212,3	121,7	55,0	155,0	63,3	131,7	110,7	61,3	100,73
	II	92,0	77,0	71,0	192,7	72,7	122,7	292,0	128,0	192,7	48,0	108,22
	III	11,0	85,0	13,3	152,7	23,7	130,0	130,0	70,7	61,7	156,0	52,20
Maret	I	124,3	89,7	32,0	44,7	81,7	160,2	164,7	139,3	61,3	153,0	100,30
	II	180,7	57,7	92,3	226,0	48,3	226,2	20,5	124,7	122,3	174,3	142,80
	III	132,0	164,3	173,3	267,0	11,3	110,0	141,5	20,5	170,7	166,2	135,27
April	I	129,7	141,0	59,2	303,7	63,0	31,7	117,0	72,0	83,0	97,7	95,37
	II	34,3	184,3	57,7	176,7	5,3	81,3	86,3	121,3	111,7	26,0	83,30
	III	37,7	64,7	41,0	35,3	3,0	53,7	1,7	51,7	107,3	13,0	43,23
Mei	I	44,7	98,0	98,0	22,0	55,0	33,7	4,0	82,7	0,7	65,3	56,37
	II	113,3	181,3	4,7	70,7	1,7	0,1	0,0	0,0	64,7	21,0	26,27
	III	0,0	0,0	8,3	0,3	0,0	52,8	0,0	76,7	25,0	3,3	24,25
Juni	I	0,0	0,7	85,2	0,0	0,7	0,7	5,0	11,0	81,7	12,0	21,30
	II	0,0	71,3	16,7	0,0	35,3	4,7	61,0	0,0	1,0	25,0	17,80
	III	0,0	0,0	3,7	0,0	0,3	0,0	67,3	0,0	43,7	0,0	14,50
Juli	I	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	58,3	0,0	0,0	0,0	3,30
	II	0,0	0,0	23,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	4,22
	III	0,0	0,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	1,70
Agustus	I	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	1,03
	II	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,33
	III	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0	0,0	7,2	0,92
September	I	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,7	3,87
	II	2,7	0,0	0,0	0,7	0,0	42,7	0,0	0,0	0,0	2,3	4,63
	III	0,0	0,0	12,7	0,0	12,7	2,7	28,0	0,0	0,0	7,7	8,87
Oktober	I	0,7	1,7	27,3	0,0	25,7	0,7	0,0	11,0	0,0	57,0	15,70
	II	5,3	278,7	98,0	0,0	0,0	22,0	79,3	0,0	7,3	22,3	22,42
	III	38,3	68,7	98,3	1,7	4,3	28,3	72,7	0,0	42,3	71,7	46,33
November	I	83,3	4,3	63,7	18,3	23,7	53,3	0,3	17,3	187,3	17,3	65,26
	II	123,3	7,7	98,0	50,3	152,7	27,3	58,7	11,7	68,7	154,3	87,27
	III	57,7	131,7	15,0	71,0	226,3	166,3	203,3	55,7	35,7	126,0	124,77
Desember	I	24,3	24,3	211,0	30,0	168,7	188,0	138,7	46,0	182,7	66,0	110,27
	II	47,7	108,7	14,0	28,0	47,7	170,0	125,7	22,0	157,3	105,00	
	III	51,7	78,7	82,0	282,3	62,7	222,7	216,7	213,7	401,3	106,1	102,53
Rata-rata		39,65	91,33	92,99	72,24	49,00	78,70	70,33	98,22	70,18	83,90	61,27
Max		180,67	218,67	212,33	448,33	353,30	383,33	314,67	341,00	401,23	181,17	181,23
Min		0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33



Grafik 1. Menunjukkan Trend Perubahan Curah Hujan Rerata 10 Harian di 3 Stasiun Hujan Sukun, Wagir dan Kepanjen Tahun 1999–2008.

Tabel 2. Menunjukkan Data Curah Hujan Rerata Tahunan di 3 Stasiun Tahun 1999–2008

1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1429,0	1848,0	2004,7	2625,7	1793,3	2835,2	2531,5	2096,0	2526,3	2291,5



Grafik 2. Menunjukkan Trend Curah Hujan Rerata Tahunan di 3 Stasiun Tahun 1999–2008

Fungsi Kendala

Dalam suatu analisa optimasi, sumber daya yang akan dianalisa harus dalam keadaan terbatas. Keterbatasan sumber daya tersebut dinamakan sebagai syarat ikatan atau kendala. Fungsi kendala ini merupakan persamaan yang membatasi kegunaan utama dan bentuk fungsi kendala ini adalah besar debit dan luas lahan.

a. **Kendala Luas Lahan**

Kendala luas tanam ini diambil berdasarkan kondisi existing sehingga berlaku untuk analisis sebelum dan sesudah perubahan iklim. Adapun kendala pada setiap musim tanam.

b. **Kendala Debit**

Kendala debit yang dihadapi sebelum perubahan iklim

Daerah Irigasi	Musim Tanam	Jenis Tanam	Luas Tanam (Ha)
Daerah Irigasi Golek	I	Padi	104,00
		Palawija	3,00
		Tebu	10,00
	II	Padi	99,00
		Palawija	8,00
		Tebu	10,00
	III	Padi	90,00
		Palawija	17,00
		Tebu	10,00

Keuntungan per tahun sebagai berikut:

Daerah Irigasi	Musim Tanam	Keuntungan/Manfaat PPT Eksisting (Rp)
Daerah Irigasi Golek	I	1,506,322,500,00
	II	1,471,155,000,00
	III	1,407,797,500,00
Keuntungan petahun		4,385,255,000,00

Sumber: Hasil Perhitungan

1. Volume air yang tersedia sebelum perubahan iklim adalah sebagai berikut:

No	Debit andalan D.I. Golek Kanan	Vol. Air dari Q andalan (m ³)		
		Musim Tanam		
		I	II	III
1	Debit Air Musim Kering (Q andalan 80%)	706000,00	686000,00	764000,00

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Kebutuhan air irigasi jenis tanam pada setiap musim tanam sebelum perubahan iklim adalah sebagai berikut:

No	Pola Tanam D.I Golek Kanan	Musim Tanam	Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /ha)		
			Padi	Palawija	Tebu
1	PTT Eksisting	I	604,80	0,00	0,00
		II	1022,11	369,79	343,01
		III	908,06	127,87	253,15

Sumber: Hasil Perhitungan

Luas lahan yang dapat ditanami adalah sebagai berikut:

Analisa optimasi yang dilakukan adalah dengan kondisi debit yang tersedia yang merupakan fungsi kendala antara lain:

1. **Debit air musim kering (Q andalan 80%)**

Untuk masing-masing kondisi debit tersebut dilakukan analisis optimasi dengan masing-masing pola tata tanam untuk mendapatkan sasaran atau keuntungan maksimum.

2. **Optimasi Benefit**

Untuk merumuskan model matematika dengan simbol-simbol matematis dengan menggunakan

pola tata tanam yang ada maka perlu dibuat satu komponen model berikut ini:

Berikut ini adalah luas lahan Eksisting di daerah irigasi golek kanan sebelum dioptimasi.

Berdasarkan hasil analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa setelah di optimasi di daerah irigasi golek kanan dapat menghasilkan keuntungan yang maksimal dengan menggunakan program linier. Dan pada bab berikutnya yang akhirnya akan dibandingkan dengan hasil optimasi sesudah perubahan iklim.

Tabel 3. Menunjukkan Rekapitulasi Hasil Optimalisasi Sebelum Perubahan Iklim

	Musim Tanam	Jenis Tanaman	Luas Lahan	Debit Andalan	Debit Terpakai	Debit Sisa	Keuntungan (Rp)
Daerah Irigasi Golek Kanan	Musim Tanam I	Padi	104,00	700000	62800,20	643100,80	1.506.322.500,00
		Palawija	3,00				
		Tebu	10,00				
	Musim Tanam II	Padi	99,00	680000	107577,60	678422,60	1.471.135.000,00
		Palawija	3,00				
		Tebu	10,00				
	Musim Tanam III	Padi	90,00	784000	88431,10	877888,90	1.497.797.500,00
		Palawija	8,00				
		Tebu	10,00				

Sumber: Hasil Perhitungan

HASIL OPTIMASI SESUDAH PERUBAHAN IKLIM

- Volume air yang tersedia sesudah perubahan iklim adalah sebagai berikut:

No	Debit andalan D.I. Golek Kanan	Vol. Air dari Q andalan (m ³)		
		Musim Tanam		
		I	II	III
1	Debit Air Musim Kering (Q andalan 80%)	1420000,00	690000,00	570000,00

Sumber: Hasil Perhitungan

- Kebutuhan air irigasi jenis tanam pada setiap musim tanam sesudah perubahan iklim adalah sebagai berikut:

No	Pola Tanam D.I Golek Kanan	Musim Tanam	Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /ha)		
			Padi	Palawija	Tebu
1	PTT Eksisting	I	659,23	0,00	0,00
		II	1018,66	213,41	343,01
		III	980,64	235,01	303,28

Sumber: Hasil Perhitungan

Luas lahan yang dapat ditanami adalah sebagai berikut:

Daerah Irigasi	Musim Tanam	Jenis Tanaman	Luas Tanam (Ha)
Daerah Irigasi Golek	I	Padi	104,00
		Palawija	3,00
		Tebu	10,00
	II	Padi	104,00
		Palawija	3,00
		Tebu	10,00
	III	Padi	99,00
		Palawija	8,00
		Tebu	10,00

Keuntungan per tahun sebagai berikut:

Daerah Irigasi	Musim Tanam	Keuntungan/Manfaat PPT Eksisting (Rp)
Daerah Irigasi Golek	I	1.506.322.500,00
	II	1.506.322.500,00
	III	1.471.135.000,00
Keuntungan petahun		1.483.780.900,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Diperoleh keuntungan sebesar per musim tanam

Berdasarkan hasil analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa setelah di optimasi di daerah irigasi golek kanan dapat menghasilkan keuntungan dengan menggunakan program linier.

Pada Tabel 4 di bawah ini menunjukkan rekapitulasi hasil optimalisasi sesudah perubahan iklim.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisis yang dilakukan pada kondisi sebelum dan sesudah perubahan iklim dengan menggunakan program linier, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Perubahan iklim telah terjadi pada di daerah Irigasi golek kanan pada tahun 2001 yang ditandai dengan pergeseran musim hujan dan kemarau serta meningkatnya jumlah curah hujan tahunan seperti yang ditunjukkan dari data curah hujan pada 3 stasiun yakni stasiun Sukun, Wagir dan Kepanjen.
- Berdasarkan data hasil dari optimasi menunjukkan ketersediaan volume air di intake bendung sebelum terjadinya perubahan iklim pada (Musim Tanam) MT I, MT II dan MT III masing-masing;

Tabel 4. Menunjukkan Rekapitulasi Hasil Optimasi Sesudah Perubahan Iklim

	Musim Tanam	Jenis Tanaman	Luas Lahan	Debit Andalan	Debit Terpakai	Debit Sisa	Keuntungan (Rp)
Daerah Irigasi Golek Kanan	Musim Tanam I	Padi	104,00				
		Palawija	3,00	1420000	686569.92	1361440.08	1.506.322.500,00
		Tebu	10,00				
	Musim Tanam II	Padi	99,00				
		Palawija	8,00	690000	110010.95	679889.05	1.506.322.500,00
		Tebu	10,00				
	Musim Tanam III	Padi	90,00				
		Palawija	17,00	570000	101988.04	468011.96	1.471.135.000,00
		Tebu	10,00				

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5. Menunjukkan Perbandingan Hasil Optimasi Sebelum dan Sesudah Perubahan Iklim

	Musim Tanam	Jenis Tanaman	Luas Lahan Sebelum Perubahan Iklim	Luas Lahan Sesudah Perubahan Iklim	Debit Andalan Sebelum Perubahan Iklim	Debit Andalan Sesudah Perubahan Iklim	Debit Terpakai Sebelum Perubahan Iklim	Debit Terpakai Sesudah Perubahan Iklim	Debit Sisa Sebelum Perubahan Iklim	Debit Sisa Sesudah Perubahan Iklim	Keuntungan Sebelum Perubahan Iklim	Keuntungan Sesudah Perubahan Iklim
Daerah Irigasi Golek Kanan	Musim Tanam I	Padi	104,00	104,00	708000	1420000	62899.20	686569.92	643100.80	1351440.08	1.506.322.500,00	1.506.322.500,00
		Palawija	3,00	3,00								
		Tebu	10,00	10,00								
	Musim Tanam II	Padi	99,00	104,00	686000	690000	107577.50	110010.95	579422.50	579889.05	1.471.135.000,00	1.506.322.500,00
		Palawija	8,00	3,00								
		Tebu	10,00	10,00								
	Musim Tanam III	Padi	90,00	99,00	764000	570000	86431.10	101988.04	677568.90	468011.96	1.407.797.500,00	1.471.135.000,00
		Palawija	17,00	8,00								
		Tebu	10,00	10,00								

Sumber: Hasil Perhitungan

706.000 m³, 686.000 m³ dan 764.000 m³ sedangkan setelah terjadinya perubahan iklim volume air yang tersedia pada MT I, MT II dan MT III masing-masing sebagai berikut; 1420000 m³, 690000 m³, dan 570000 m³. Dari hasil analisa ini menunjukkan ketersediaan volume air sebelum terjadinya perubahan cuaca lebih kecil dibandingkan dengan ketersediaan air sesudah terjadinya perubahan iklim.

- Volume air hasil optimasi terhadap eksisting pola tata tanam yang terdapat di daerah Irigasi Golek kanan baik sebelum dan sesudah perubahan iklim masih mencukupi kebutuhan air untuk setiap musim tanam. Dengan demikian pola pemberian air di daerah irigasi ini masih dapat dipertahankan.
- Selisih keuntungan dari hasil optimasi sebelum dan sesudah perubahan iklim pada musim tanam I, II dan III semua lahan pertanian dapat ditanami padi, palawija dan tebu maka keuntungan yang diperoleh Rp 4,483,780,000.00–Rp 4,385,255,000.00 = Rp98,525,000.00

Saran

Dengan memperhatikan hasil analisis yang di peroleh serta mempertimbangkan beberapa keterbatasan maka disampaikan saran:

- Untuk mendapatkan hasil optimasi yang lebih mendekati kondisi sebenarnya dilapangan sebaiknya penunjang dengan data-data yang lebih panjang dan lengkap agar dalam analisis per-

ubahan iklim dapat lebih detail lagi oleh peneliti berikutnya.

- Pemerintah Kabupaten Malang khususnya Dinas Pengairan yang terkait dengan penyediaan data-data perubahan iklim harus secara konsisten dan terus menerus memantau operubahan iklim yang terjadi dan mensosialisasikan kepada petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi (Kriteria Perencanaan 01)*. Bandung: CV Galang Persada.
- Anonim. 1995. *Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Edisi-II*. Direktorat Jenderal Pengairan: Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1997. *Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Edisi-IV*. Direktorat Jenderal Pengairan: Departemen Pekerjaan Umum.
- Armi, S. dkk. 2008. *Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ketinggian Muka Laut Di Wilayah Banjarmasin*. Jurnal Ekonomi Lingkungan Vol.12/No.2/2008.
- Asri, M., dan Hidayat. 1984. *Linear Programming*. Yogyakarta: BPFE.
- Bukti Pemanasan Global tanggal akses 1 Maret 2010. [www.drn.go.id/download/Paparan-PemanasanGlobal\(Paulus\).pdf](http://www.drn.go.id/download/Paparan-PemanasanGlobal(Paulus).pdf)
- <http://www.solver.com/pricemenu.html>.
- Montarcih, L. 2009. *Hidrologi Teknik Sumber Daya Air - I*. Malang: CV Citra.
- Montarcih, L. & Soetopo, W. 2009. *Pengantar Manajemen Teknik Sumber Daya Air*. Malang: CV Citra.

- Prabowo, S.H. 2008. *Studi Optimasi Pemanfaatan Air Irigasi pada Daerah Irigasi Kedungkandang Kabupaten Malang*. Skripsi: Universitas Brawijaya Malang.
- Pemanasan dan perubahan cuaca tanggal akses 1 Maret 2010. www.ofmjpgic.org/globalwarming/pdf/indonesian.pdf
- Subarkah, I. 1980. *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Suhardjono. 1994. *Kebutuhan Air Tanaman*. Malang: Institut Teknologi Nasional.
- Sekilas Perubahan cuaca atau climate.html. akses Desember 2008 <http://www.atayaya.net>.
- Soemarto, C.D. 1986. *Hidrologi Teknik Edisi 1*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Sosrodarsono, S., dan Takeda, K. 1978. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.