

**STUDI OPTIMASI IRIGASI PADA DAERAH IRIGASI SEGARAN
MENGUNAKAN SIMULASI STOKASTIK MODEL RANDOM
SEARCH**

**JURNAL ILMIAH
TEKNIK PENGAIRAN
KONSENTRASI PEMANFAATAN DAN PENDAYAGUNAAN
SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**CHIKAL MAYRASARUF PRATAMA
NIM. 125060400111006**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI OPTIMASI IRIGASI PADA DAERAH IRIGASI SEGARAN
MENGUNAKAN SIMULASI STOKASTIK MODEL *RANDOM SEARCH***

JURNAL

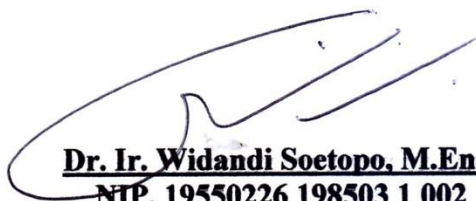
**KONSENTRASI PEMANFAATAN DAN PENDAYAGUNAAN
SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST.)

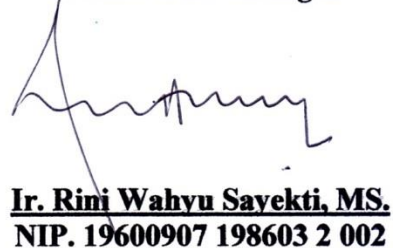


**CHIKAL MAYRASARUF PRATAMA
NIM. 125060400111006 - 64**

Dosen Pembimbing I


Dr. Ir. Widandi Soetopo, M.Eng.
NIP. 19550226 198503 1 002

Dosen Pembimbing II


Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS.
NIP. 19600907 198603 2 002

Studi Optimasi Irigasi pada Daerah Irigasi Segaran Menggunakan Simulasi Stokastik Model *Random Search*

Chikal Mayrasaruf Pratama¹, Widandi Soetopo², Rini Wahyu Sayekti²

¹Mahasiswa Program Sarjana Teknik Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Teknik Pengairan Universitas Brawijaya-Malang, Jawa Timur, Indonesia

Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145 Indonesia

e-mail : chikal.may@gmail.com

ABSTRAK

Daerah irigasi Segaran yang memiliki luas areal baku sawah 260 Ha dan berada pada Daerah Irigasi Kadalpang, dimana pada tahun 2015 terdapat defisit ketersediaan air irigasi. Maka dari itu, usaha pengelolaan sumber daya air di Daerah Irigasi Segaran diarahkan untuk pengoptimalan debit air irigasi untuk mendapatkan keuntungan yang maksimal.

Studi ini membahas optimasi pemberian air pada lokasi studi. Analisa optimasi menggunakan metode optimasi dengan cara simulasi stokastik model *Random Search* yaitu dengan menggunakan metode *solver*. Selain pola tata tanam eksisting, direncanakan pula tiga alternatif pola tata tanam irigasi baru. Neraca air digunakan untuk membandingkan kebutuhan air irigasi setiap pola tata tanam dengan ketersediaan air yang ada. Sebagai pembanding, untuk analisa debit andalan digunakan dua kondisi yaitu dengan debit sungai Brantas dan debit *intake* eksisting.

Hasil dari proses optimasi dengan program *solver* untuk tiap kondisi ketersediaan air diperoleh bahwa pola tata tanam alternatif 3 yang menggunakan debit andalan dari sungai Brantas dan pada tiap petaknya terdapat tanaman jagung merupakan yang terbaik dimana keuntungan tiap kondisi berkisar Rp. 13.852.059.000,- sampai Rp. 18.469.940.000,-.

Kata kunci: Irigasi, Neraca air, Optimasi, Keuntungan.

ABSTRACT

Segaran irrigation area which has a total area of 260 hectares of fields and located in Kadalpang Irrigation Area, in 2015 there is a deficit of irrigation water availability. Therefore, the effort of water resources management in Segaran Irrigation Area is directed to optimize irrigation water discharge to get maximum profit.

This study discusses the optimization of water distribution in the sites. Optimization analysis using optimization method by stratified model simulation of *Random Search* model using *solver* method. In addition to existing planting patterns, three alternatives to the new irrigation system are planned. Water balance is used to compare irrigation water needs of each planting pattern with available water availability. As a comparison, for the analysis of the mainstay discharge used two conditions, that is discharge of Brantas river flow and discharge of existing intake.

The result of the optimization process with the *solver* program for each condition of the availability of water obtained that the third alternative planting system which uses the mainstay discharge from the Brantas river and in each plot there have corn fields where the profit of each condition around Rp. 13,852,059,000, - up to Rp. 18.469.940.000, -.

Keywords: *Irrigation, Water balance, Optimization, Benefit.*

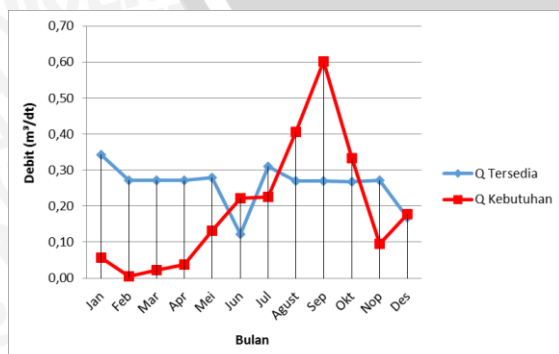
1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber kehidupan bagi makhluk hidup di bumi. Air yang ada di bumi ini berasal dari siklus hidrologi yang dikenal dengan hujan. Hujan yang turun ke bumi mengisi rongga-rongga tanah sampai pada titik jenuh. Air tersebut dikenal dengan sebutan air tanah. Sedangkan hujan yang hanya melimpas saja di permukaan akan mengalir menuju arus sungai sehingga debit air di sungai semakin meningkat. Air tanah dan air di aliran sungai ini yang nantinya dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan, salah satunya untuk kebutuhan di sektor pertanian..

Pemanfaatan sumber daya air untuk kebutuhan di sektor pertanian pada akhir-akhir ini dirasa semakin bertambah besar. Hal ini disebabkan oleh semakin cepatnya pertumbuhan penduduk serta berkembangnya aktifitas masyarakat sehingga hasil produksi pertanian dituntut untuk terus bertambah besar pula.

Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan perencanaan pemanfaatan air secara optimal dengan cara pembagian air serta perencanaan pola tata tanam yang ideal sesuai dengan ketersediaan air yang ada sehingga didapatkan keuntungan yang maksimum dari persediaan air yang ada sesuai dengan fungsinya dalam memenuhi kebutuhan di sektor pertanian atau lebih tepatnya di lokasi studi.

Daerah Irigasi Segaran memiliki luas baku 260 Ha yang berada di dalam Daerah Irigasi Kadalpang.



Gambar 1. Neraca Air Eksisting D.I. Segaran Tahun 2015

Berdasarkan Gambar 1 di atas diketahui bahwa D.I. Segaran pada kondisi eksistingnya tidak dapat memenuhi kebutuhannya sendiri selama periode tanam tersebut.

Studi ini akan menerapkan optimasi dengan cara mensimulasikan objek studi sehingga diperoleh alternatif-alternatif pola pembagian air untuk kondisi tata tanam yang bermacam-macam. Sehingga dapat ditentukan alternatif yang paling optimal. Proses dalam analisis pengerjaan studi ini menggunakan simulasi stokastik model *random search* dengan bantuan *software* computer dari *Ms.Excel* berupa *solver*. Simulasi stokastik model *random search* yang digunakan memiliki kelebihan yaitu bahwa model ini bersifat fleksibel sehingga mudah untuk menyesuaikan dengan kondisi daripada problem-problem pada tingkat kerumitan yang tinggi.

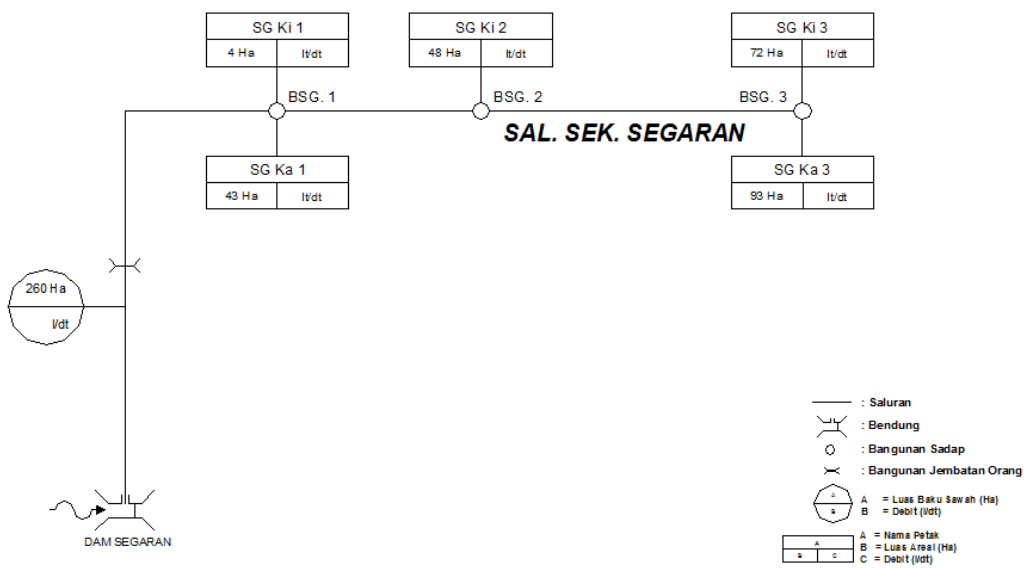
Tujuan dari studi ini adalah mengoptimalkan penggunaan air untuk D.I. Segaran sehingga wilayah D.I. Segaran dapat menghasilkan keuntungan yang maksimal, meskipun dengan kondisi yang terbatas.

2. METODOLOGI PENELITIAN

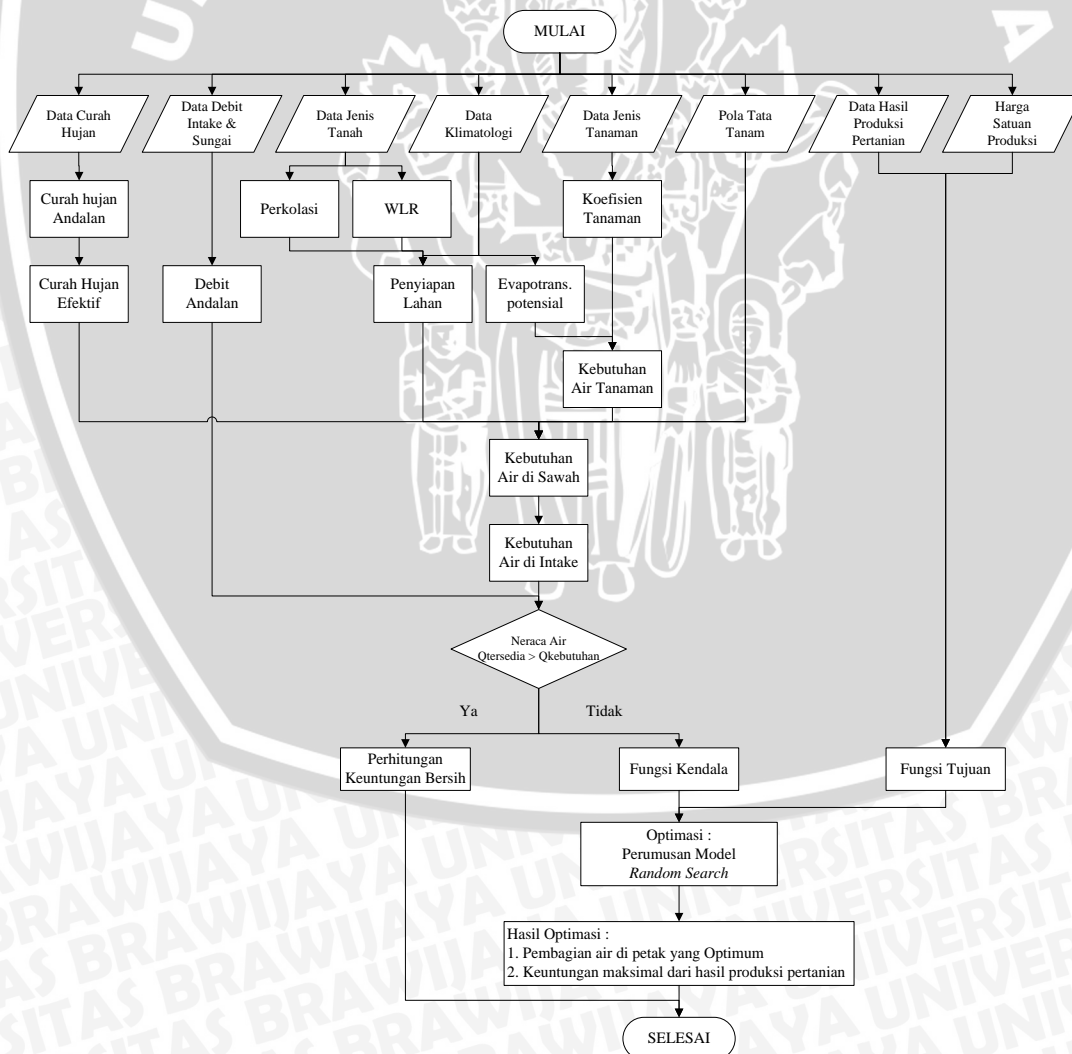
Daerah studi yang akan dikaji adalah Daerah Irigasi Segaran yang terletak di Kecamatan Pakisaji, Kabupaten Malang, dengan luas baku sawah 260 Ha dan merupakan bagian dari Daerah Irigasi Kadalpang.

Batas administrasi bendung Segaran pada sebelah utara adalah desa Lowokdoro, sebelah selatan adalah desa Karangduren, sebelah timur adalah desa Bumiayu, dan sebelah barat adalah desa Kebonagung. Sedangkan untuk petak D.I Segaran tersebar di dua desa yaitu desa Kendalpayak dan desa Karangduren.

Pada lokasi studi terdapat bangunan irigasi dan petak-petak tersier yang ada pada D.I. Segaran yang tersaji di skema jaringan irigasi pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Jaringan Irigasi D.I Segaran
Sumber : UPTD Pengairan Malang, 2016



Gambar 3. Diagram Alir Pengerjaan Studi

Berdasarkan gambar 3 langkah-langkah dalam pengerjaan studi adalah sebagai berikut :

a. Pengumpulan data-data

Pengumpulan data-data meliputi data debit sungai Brantas (2006-2015), data debit di intake eksisting (2006-2015), data curah hujan (2006-2015), data klimatologi (2006-2015), data jenis tanah di D.I Segaran, data jenis tanaman di D.I Segaran, pola tata tanam di D.I Segaran, data luas lahan di D.I Segaran, data hasil produksi pertanian di D.I Segaran, dan data harga satuan produksi di D.I Segaran.

b. Uji konsistensi data curah hujan

Data curah hujan dari stasiun-stasiun hujan dianalisa keakuratan dan hubungan ketiganya melalui uji konsistensi data dengan metode uji kurva massa ganda. Data curah hujan yang digunakan merupakan data dari stasiun hujan terdekat dengan D.I Segaran yaitu stasiun hujan Sukun, Bululawang, dan Tangkilsari

c. Perhitungan curah hujan andalan dan curah hujan efektif

Dalam menghitung curah hujan andalan digunakan metode *Harza Engineering Crop International* dimana dari 10 kejadian, curah hujan yang direncanakan akan terlampaui sebanyak 8 kali.

$$R_{80} = \frac{n}{5} + 1$$

dimana :

n = Banyaknya tahun pengamatan curah hujan

R_{80} = Curah hujan andalan dengan probabilitas 80% (mm)

Hasil dari curah hujan andalan digunakan untuk menghitung curah hujan efektif, dimana perhitungan curah hujan efektif tiap tanaman berbeda-beda.

$$R_{eff} = R_{80} \times 70\% \text{ (Tanaman Padi)}$$

$$R_{eff} = R_{80} \times 50\% \text{ (Tanaman Palawija)}$$

$$R_{eff} = R_{80} \times 60\% \text{ (Tanaman Tebu)}$$

dimana :

$$R_{eff} = \text{Curah hujan efektif (mm)}$$

Untuk perhitungan curah hujan efektif tanaman palawija, curah hujan efektif rata-rata bulanannya dikaitkan dengan evapotranspirasi potensial rata-rata bulanan dan curah hujan rata-rata bulanan.

d. Perhitungan debit andalan

Dalam menghitung debit andalan digunakan dua kondisi yaitu debit andalan dari debit *intake* bendung Segaran digunakan untuk perencanaan eksisting dan alternatif 1, kemudian debit andalan dari debit sungai Brantas digunakan untuk perencanaan alternatif 2 dan alternatif 3.

Data debit diperoleh dari pengukuran debit 10 harian selama 10 tahun, dengan menggunakan metode *Basic Year* dapat dihitung debit andalan untuk irigasi sebesar 97% (tahun kering), 75% (tahun rendah), 51% (tahun normal), dan 26% (tahun basah) (Sosrodarsono, 1976 : 204).

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

dimana :

P = Probabilitas (%)

m = Nomor urut data debit

n = Jumlah data debit

e. Perhitungan kebutuhan air irigasi

Sebelum menghitung kebutuhan irigasi, dilakukan pengolahan data klimatologi sehubungan dengan penyiapan lahan menggunakan metode Van de Goor dan Zijlstra dan untuk menghitung evapotranspirasi potensial menggunakan metode *Pennman* Modifikasi.

$$Etc = c \times Et_0^*$$

Dimana :

Et_0^* = Evapotranspirasi (mm/hari)

c = Angka koreksi *Pennman*

Etc = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

Kemudian dilakukan perhitungan kebutuhan air irigasi menggunakan metode *Water Balance* tanpa WLR.

$$NFR = Cu + PL + P - R_{eff}$$

dimana:

NFR = Kebutuhan air bersih di sawah (mm/hari)

PL = Kebutuhan air untuk penyiapan lahan (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari)

R_{eff} = Curah hujan efektif (mm/hari)

Cu = Kebutuhan air tanaman (mm/hari)

Rumus kebutuhan air irigasi untuk tanaman padi dan palawija :

$$DR_{padi} = \frac{NFR}{eff} \quad \& \quad DR_{palawija} = \frac{ET - R_{eff}}{eff}$$

dimana:

DR = Kebutuhan air irigasi (mm/hari)

Eff = Efisiensi irigasi

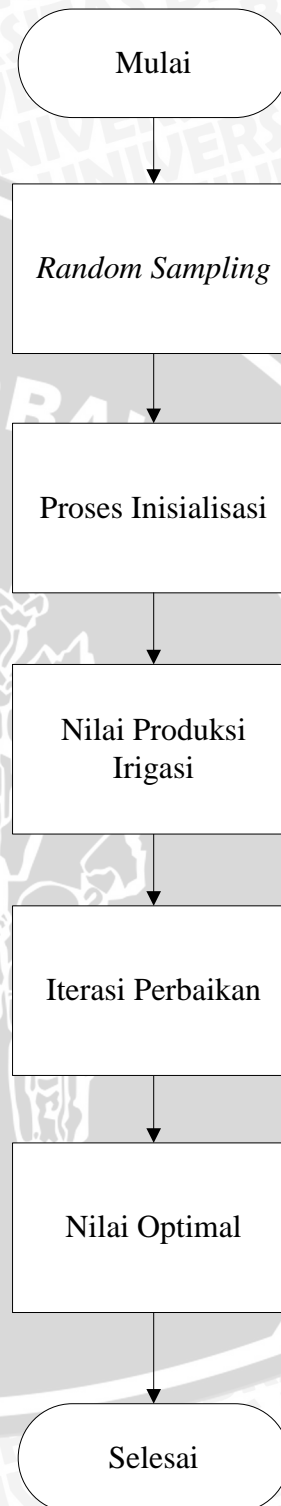
f. Analisa neraca air

Analisa neraca air digunakan untuk menentukan apakah debit yang tersedia dapat mencukupi debit yang dibutuhkan di irigasi, dengan cara membandingkan debit yang tersedia dengan debit yang dibutuhkan.

g. Perhitungan optimasi.

Perhitungan optimasi pemberian air irigasi menggunakan simulasi stokastik model *Random Search*. Simulasi merupakan suatu prosedur yang cepat untuk mengevaluasi kinerja yang diharapkan dari suatu sistem. Dan model *Random Search* sendiri merupakan salah satu prosedur simulasi stokastik yang dapat digunakan untuk berbagai tujuan optimasi.

Alur perhitungan optimasi dengan simulasi stokastik model *Random Search* tersaji pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Simulasi Stokastik Model *Random Search*



Ada tiga macam variabel dalam merumuskan masalah optimasi dengan simulasi stokastik, yaitu:

- **Variabel Putusan**
Dalam studi ini variabel putusan yang diambil adalah faktor pembagian air masing-masing petak dalam satu periode.
- **Fungsi Tujuan**
Dalam studi ini fungsi tujuan yang akan dicapai yaitu memaksimalkan nilai keuntungan dari hasil produksi pertanian.
- **Fungsi Kendala**
Bentuk fungsi kendala ini berupa ketersediaan air untuk memenuhi kebutuhan air irigasi yang ada.

Setelah dilakukan simulasi diperoleh nilai pembagian air optimal untuk setiap kondisi. Sehingga dapat dilakukan perhitungan nilai produksi relatif dengan menggunakan rumus sinus perkalian.

$$Yr_i = \left[\sin(\{[(AWR_i - a \sin(AWR_i \cdot 2\pi))] \times [1 - b \sin(AWR_i \cdot \pi)]^c\}^d \cdot \frac{\pi}{2}) \right]^e$$

dimana:

- a = 0,12824
- b = 0,31559
- c = 1,67754
- d = 0,12412
- e = 1,20000

Kelima koefisien tersebut merupakan hasil pertimbangan berdasarkan kondisi perencanaan tanaman dan berlaku untuk perencanaan irigasi 10 harian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Perhitungan Debit Andalan

Dalam menghitung debit andalan digunakan dua kondisi yaitu dengan debit sungai Brantas dan debit intake bendung Segaran. Pada debit dari sungai Brantas yang sudah diandalkan selanjutnya akan dijatahkan untuk intake bendung Segaran.

Faktor penjatahan awal mula diperoleh berdasarkan data historis nilai debit intake dan limpasan yang tercatat di bendung

Kadalpang lalu menggunakan faktor luas dari bendung Segaran didapat berapa penjatahan air yang masuk ke bendung Segaran. Sehingga diperoleh faktor penjatahan 22,57%.

Tabel 1. Debit Penjatahan Bendung Segaran

Bulan	Periode	Q Intake B. Kadalpang (m³/dt)				Faktor Penjatahan	Q Intake B. Segaran (m³/dt)			
		Q97%	Q75%	Q51%	Q26%		Q97%	Q75%	Q51%	Q26%
Jan	1	0,221	1,622	1,424	2,243	22,57%	0,050	0,366	0,322	0,506
	2	0,406	0,057	2,130	1,794		0,092	0,013	0,481	0,405
	3	1,584	1,422	2,102	2,448		0,358	0,321	0,474	0,552
Feb	1	0,241	1,702	2,053	1,949	22,57%	0,054	0,384	0,463	0,440
	2	0,413	1,875	1,783	1,794		0,093	0,423	0,403	0,405
	3	0,344	2,048	2,121	1,304		0,078	0,462	0,479	0,294
Mar	1	0,448	1,166	1,783	1,794	22,57%	0,101	0,263	0,403	0,405
	2	0,448	1,462	1,132	1,794		0,101	0,330	0,256	0,405
	3	0,410	1,629	1,024	2,284		0,093	0,368	0,231	0,516
Apr	1	0,315	1,356	1,024	2,063	22,57%	0,071	0,306	0,231	0,466
	2	0,327	1,702	1,024	2,693		0,074	0,384	0,231	0,608
	3	0,354	1,055	0,706	2,448		0,080	0,238	0,159	0,553
Mei	1	1,190	2,895	3,945	10,376	22,57%	0,269	0,653	0,890	2,342
	2	0,713	1,475	3,945	9,336		0,161	0,333	0,890	2,107
	3	0,576	3,871	3,945	6,212		0,130	0,874	0,890	1,402
Jun	1	0,576	1,371	3,945	3,985	22,57%	0,130	0,309	0,890	0,899
	2	0,483	0,892	1,687	2,243		0,109	0,201	0,381	0,506
	3	0,483	0,317	1,687	1,569		0,109	0,071	0,381	0,354
Jul	1	0,483	0,218	0,533	1,726	22,57%	0,109	0,049	0,120	0,390
	2	0,601	0,192	0,533	1,726		0,136	0,043	0,120	0,390
	3	0,601	0,192	0,507	1,726		0,136	0,043	0,114	0,390
Agust	1	0,483	0,507	0,547	1,374	22,57%	0,109	0,114	0,123	0,310
	2	0,601	0,507	0,547	1,374		0,136	0,114	0,123	0,310
	3	0,601	0,499	0,547	0,927		0,136	0,113	0,123	0,209
Sep	1	0,696	0,567	0,633	1,073	22,57%	0,157	0,128	0,143	0,242
	2	0,585	0,567	0,633	1,073		0,132	0,128	0,143	0,242
	3	0,644	0,438	0,633	0,729		0,145	0,099	0,143	0,165
Okt	1	0,412	0,587	0,633	0,803	22,57%	0,093	0,133	0,143	0,181
	2	0,432	0,587	0,633	0,929		0,097	0,133	0,143	0,210
	3	0,432	0,587	0,633	1,308		0,097	0,133	0,143	0,295
Nop	1	1,073	0,587	0,587	8,003	22,57%	0,242	0,133	0,132	1,806
	2	1,073	0,217	0,807	8,003		0,242	0,049	0,182	1,806
	3	1,073	0,284	4,568	7,079		0,242	0,064	1,031	1,598
Des	1	1,813	6,263	1,715	8,003	22,57%	0,409	1,413	0,387	1,806
	2	1,998	4,427	1,073	7,325		0,451	0,999	0,242	1,653
	3	1,578	8,094	4,923	8,007		0,356	1,827	1,111	1,807

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

b. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

Perhitungan kebutuhan air irigasi menggunakan metode *Water Balance* tanpa WLR.

Berikut contoh perhitungan kebutuhan air irigasi perencanaan eksisting pada petak SG Ki 1 bulan Januari periode I.

$$\begin{aligned} NFR_{Padi} &= CU_{Padi} + PL + P - R_{eff} Padi \\ &= 0,958 + 11,725 + 0,333 - 8,610 \\ &= 0,510 \text{ lt/dt/ha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DR_{Padi} &= NFR_{Padi} / Eff \\ &= 0,510 / 0,600 \\ &= 0,850 \text{ lt/dt/ha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DR_{Total} &= (DR_{Padi}/1000) \times \text{luas baku sawah} \\ &= (0,850/1000) \times 4 \end{aligned}$$

$$= 0,0034 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$DR_{\text{Segaran}} = \sum DR \text{ semua petak} \\ = 0,044 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dibawah ini adalah perencanaan tanam untuk studi ini.

Tabel 2. Perencanaan Tanam

Kondisi	Musim	Padi	Palawija	Tebu	Awal tanam
Eksisting	MH	212	0	48	Januari
	MK 1	210	2	48	
	MK 2	212	0	48	
Alternatif 1	MH	212	0	48	Desember
	MK 1	210	2	48	
	MK 2	212	0	48	
Alternatif 2	MH	212	0	48	Januari
	MK 1	208	4	48	
	MK 2	208	4	48	
Alternatif 3	MH	212	0	48	Desember
	MK 1	207	5	48	
	MK 2	207	5	48	

Sumber : Hasil Analisa, 2016

Tabel 3. Nilai Kebutuhan Air Irigasi

Bulan	Periode	Q Kebutuhan (m ³ /dt)			
		Eksisting	Alt 1	Alt 2	Alt 3
Jan	I	0.044	0.000	0.226	0.000
	II	0.126	0.024	0.000	0.000
	III	0.000	0.000	0.000	0.000
Feb	I	0.015	0.000	0.000	0.000
	II	0.000	0.000	0.011	0.006
	III	0.000	0.000	0.000	0.000
Mar	I	0.017	0.070	0.000	0.000
	II	0.043	0.110	0.000	0.000
	III	0.006	0.086	0.000	0.024
Apr	I	0.000	0.061	0.155	0.195
	II	0.024	0.049	0.049	0.006
	III	0.091	0.035	0.040	0.000
Mei	I	0.324	0.152	0.429	0.154
	II	0.067	0.017	0.312	0.160
	III	0.005	0.000	0.272	0.233
Jun	I	0.209	0.155	0.211	0.221
	II	0.203	0.214	0.209	0.217
	III	0.255	0.341	0.133	0.120
Jul	I	0.262	0.494	0.215	0.213
	II	0.255	0.446	0.210	0.238
	III	0.158	0.341	0.187	0.273
Agust	I	0.303	0.500	0.276	0.325
	II	0.394	0.445	0.273	0.189
	III	0.519	0.393	0.510	0.266
Sep	I	0.788	0.420	0.559	0.306
	II	0.519	0.259	0.437	0.311
	III	0.497	0.310	0.265	0.251
Okt	I	0.402	0.308	0.202	0.196
	II	0.353	0.367	0.025	0.029
	III	0.242	0.392	0.001	0.015

Nop	I	0.233	0.453	0.040	0.049
	II	0.052	0.242	0.125	0.275
	III	0.000	0.063	0.007	0.094
Des	I	0.064	0.232	0.000	0.074
	II	0.398	0.343	0.035	0.175
	III	0.073	0.015	0.000	0.000

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Nilai Produksi

Nilai produksi dihitung berdasarkan data produksi ekonomi untuk tiap-tiap tanaman. Hasil perhitungan nilai produksi berupa keuntungan hasil produksi daerah irigasi untuk setiap musim tanam. Perlu diketahui bahwa nilai produksi pada bagian ini merupakan nilai maksimal pada kondisi panen 100% secara keseluruhan daerah irigasi, sehingga dapat turun ketika terjadi kondisi kekurangan air pada tiap-tiap petaknya.

Tabel 4. Produksi Hasil Panen 100%

Kondisi	Nilai Produksi 100% (Juta. Rp)		
	MH	MK 1	MK 2
Eksisting	5783,890	5752,935	7283,074
Alternatif 1	5783,890	5752,935	7283,074
Alternatif 2	5783,890	5721,980	7221,164
Alternatif 3	5783,890	5706,503	7205,687

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Optimasi

Berikut merupakan contoh optimasi menggunakan simulasi stokastik model *Random Search* pada simulasi eksisting tahun kering musim kemarau 1 yang mengalami defisit :

- melakukan pembangkitan bilangan acak untuk mendapatkan faktor pembagian air ke tiap petak

Tabel 5. Faktor Pembagian Air tiap Petak Musim Kemarau 1 (MK 1)

Faktor Pembagian Air tiap Petak				
SG Ki 1	SG Ka 1	SG Ki 2	SG Ki 3	SG Ka 3
0,04075	0,1523	0,35812	0,00134	0,44749
0,03649	0,21037	0,32159	0,00066	0,43089
0,03515	0,21791	0,31669	0,00031	0,42994
0,03311	0,27877	0,29415	0,00111	0,39286
0,03310	0,31906	0,29167	0,00031	0,35586
0,03351	0,30397	0,30054	0,00041	0,36156
0,02832	0,22608	0,28269	0,00067	0,46224
0,02878	0,29071	0,27491	0,00196	0,40365
0,03023	0,28208	0,28663	0,00047	0,40059
0,03427	0,29782	0,30900	0,00019	0,35873

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

- b. melakukan proses inialisasi; dimana faktor pembagian air di tiap petak yang didapatkan sebelumnya akan dikalikan dengan debit penjatahan di bendung Segaran, sehingga didapat nilai pembagian air yang masuk di petak.

Tabel 6. Hasil Pembagian Air di tiap Petak Musim Kemarau 1 (MK 1)

BULAN		Q tersedia	Q Masuk	Q Keb	Banyak	Q Masuk	Q Keb	Banyak
		Intake	SG ki 1	SG ki 1	tercukupi	SG ka 1	SG ka 1	tercukupi
		(m³/dt)	(m³/dt)	(m³/dt)	(%)	(m³/dt)	(m³/dt)	(%)
Mei	I	0,15	0,006	0,009	69,64	0,023	0,029	77,65
	II	0,15	0,150	0,004	100	0,146	0,000	100
	III	0,099	0,099	0,000	100	0,099	0,000	100
Juni	I	0,072	0,003	0,005	58	0,015	0,023	66,7
	II	0,072	0,003	0,004	61,01	0,016	0,024	66,54
	III	0,045	0,001	0,004	35,59	0,013	0,037	34,29
Juli	I	0,031	0,001	0,004	24,68	0,010	0,039	25,67
	II	0,039	0,001	0,004	33,21	0,012	0,038	31,39
	III	0,062	0,002	0,003	69,42	0,014	0,021	67,3
Agustus	I	0,081	0,002	0,004	54,02	0,024	0,049	48,35
	II	0,081	0,002	0,006	38,86	0,023	0,064	35,58
	III	0,081	0,003	0,009	29,3	0,024	0,082	29,42
BULAN		Q tersedia	Q Masuk	Q Keb	Banyak	Q Masuk	Q Keb	Banyak
		Intake	SG ki 2	SG ki 2	tercukupi	SG ki 3	SG ki 3	tercukupi
		(m³/dt)	(m³/dt)	(m³/dt)	(%)	(m³/dt)	(m³/dt)	(%)
Mei	I	0,15	0,054	0,105	51	0,000	0,049	0,41
	II	0,15	0,146	0,053	100	0,093	0,000	100
	III	0,099	0,099	0,004	100	0,094	0,000	100
Juni	I	0,072	0,023	0,054	42,6	0,000	0,038	0,13
	II	0,072	0,023	0,050	45,81	0,000	0,039	0,06
	III	0,045	0,013	0,050	26,35	0,000	0,061	0,08
Juli	I	0,031	0,009	0,050	18,12	0,000	0,065	0,02
	II	0,039	0,012	0,047	24,83	0,000	0,063	0,03
	III	0,062	0,018	0,030	57,73	0,000	0,035	0,12
Agustus	I	0,081	0,022	0,052	43,01	0,000	0,082	0,19
	II	0,081	0,023	0,076	30,7	0,000	0,108	0,04
	III	0,081	0,025	0,114	22,01	0,000	0,137	0,01

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

- c. Mencari nilai fungsi produksi irigasi dengan menggunakan persamaan sinus perkalian memakai fasilitas *solver*.

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}
 Awr_i &= \frac{\text{Pemberian air relatif}}{\% \text{ lahan terairi}} \\
 &= \frac{100}{69,6} \\
 &= 1,437
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Yr_i &= \left[\text{Sin}(\{(AWr_i - a \text{Sin}(AWR_i \cdot 2\pi)) \times \right. \\
 &\quad \left. [1 - b \text{Sin}(AWR_i \cdot \pi)]^c\}^d \cdot \frac{\pi}{2}) \right]^e \\
 &= \left[\text{Sin}(\{(0,696 - a \text{Sin}(0,696 \cdot 2\pi)) \times \right. \\
 &\quad \left. [1 - b \text{Sin}(0,696 \cdot \pi)]^c\}^d \cdot \frac{\pi}{2}) \right]^e \\
 &= 0,990
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Yr &= Yr_1 \times Yr_2 \times Yr_3 \times \dots \times Yr_{12} \\
 &= 0,609
 \end{aligned}$$

Tabel 7. Nilai Produksi Eksisting MK 1

SG Ki 1				SG Ka 1			
Awri	Yri	Yr	Produksi [Juta. Rp]	Awri	Yri	Yr	Produksi [Juta. Rp]
MUSIM KEMARAU 1				MUSIM KEMARAU 1			
0,696	0,990			0,777	0,995		
1,000	1,000			1,000	1,000		
1,000	1,000			1,000	1,000		
0,580	0,978			0,667	0,987		
0,610	0,981			0,665	0,987		
0,356	0,934	0,609	109	0,343	0,930	0,605	1,049
0,247	0,894			0,257	0,898		
0,332	0,927			0,314	0,921		
0,694	0,990			0,673	0,988		
0,540	0,972			0,484	0,963		
0,389	0,943			0,356	0,934		
0,293	0,913			0,294	0,914		
SG Ki 2				SG Ki 3			
Awri	Yri	Yr	Produksi [Juta. Rp]	Awri	Yri	Yr	Produksi [Juta. Rp]
MUSIM KEMARAU 1				MUSIM KEMARAU 1			
0,510	0,968			0,004	0,545		
1,000	1,000			1,000	1,000		
1,000	1,000			1,000	1,000		
0,426	0,952			0,001	0,470		
0,458	0,958	0,459	1,310	0,001	0,423	0,000	830
0,264	0,901			0,001	0,440		
0,181	0,858			0,000	0,364		
0,248	0,894			0,000	0,385		
0,577	0,977			0,001	0,465		
0,430	0,953			0,002	0,494		
0,307	0,918			0,000	0,401		
0,220	0,880			0,000	0,330		
SG Ka 3							
Awri	Yri	Yr	Produksi [Juta. Rp]				
MUSIM KEMARAU 1							
0,510	0,968						
1,000	1,000						
1,000	1,000						
0,346	0,931						
0,359	0,935						
0,171	0,851	0,306	2,455				
0,105	0,799						
0,138	0,827						
0,415	0,949						
0,280	0,908						
0,232	0,886						
0,164	0,847						

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Selanjutnya dapat dihitung nilai produksi riil untuk tiap petak pada musim kemarau 1.

Contoh perhitungan produksi riil pada petak SG Ki 1 :

$$\begin{aligned} \text{Produksi Riil} &= Yr \times \text{Produksi } 100\% \\ &= 0,609 \times \text{Rp. } 109.000.000,- \\ &= \text{Rp. } 66.425.000,- \end{aligned}$$

Tabel 8. Hasil Keuntungan Eksisting MK 1

Musim	Petak	Yr	Prod.100% [Juta. Rp]	Prod.riil [Juta. Rp]
MK 1	SG Ki 1	0,609	109	66
	SG Ka 1	0,605	1049	635
	SG Ki 2	0,459	1310	601
	SG Ki 3	0,000	830	0
	SG Ka 3	0,306	2455	753
Jumlah				2055

Sumber : Hasil Perhitungan, 2016

Rekapitulasi Hasil Perhitungan

Intensitas Tanam

Nilai intensitas tanaman dinyatakan dalam persen untuk setiap musim tanam selama satu tahun.

Nilai intensitas tanam untuk kondisi tahun kering ($Q_{97\%}$) adalah 176,17% untuk eksisting, 154,44% untuk alternatif 1, 232,84% untuk alternatif 2 dan 258,08% untuk alternatif 3.

Nilai intensitas tanam untuk kondisi tahun rendah ($Q_{75\%}$) adalah 240,77% untuk eksisting, 232,23% untuk alternatif 1, 231,95% untuk alternatif 2 dan 230,57% untuk alternatif 3.

Nilai intensitas tanam untuk kondisi tahun normal ($Q_{51\%}$) adalah 242,01% untuk eksisting, 228,52% untuk alternatif 1, 260,77% untuk alternatif 2 dan 269,83% untuk alternatif 3.

Nilai intensitas tanam untuk kondisi tahun basah ($Q_{26\%}$) adalah 259,71% untuk eksisting, 261,02% untuk alternatif 1, 286,56% untuk alternatif 2 dan 297,38% untuk alternatif 3.

Keuntungan Hasil Produksi

Nilai keuntungan hasil pertanian dinyatakan dalam rupiah selama satu tahun.

Nilai keuntungan untuk kondisi tahun kering ($Q_{97\%}$) adalah Rp. 9.936.821.000,- untuk eksisting, Rp. 9.159.348.000,- untuk alternatif 1, Rp. 14.535.856.000,- untuk alternatif 2 dan Rp. 15.881.444.000,- untuk alternatif 3.

Nilai keuntungan untuk kondisi tahun rendah ($Q_{75\%}$) adalah Rp. 14.817.829.000,- untuk eksisting, Rp. 14.477.194.000,- untuk alternatif 1, Rp. 14.170.309.000,- untuk alternatif 2 dan Rp. 13.852.059.000,- untuk alternatif 3.

Nilai keuntungan untuk kondisi tahun normal ($Q_{51\%}$) adalah Rp. 14.929.301.000,- untuk eksisting, Rp. 14.569.318.000,- untuk alternatif 1, Rp. 16.026.871.000,- untuk alternatif 2 dan Rp. 16.563.193.000,- untuk alternatif 3.

Nilai keuntungan untuk kondisi tahun basah ($Q_{26\%}$) adalah Rp. 16.064.409.000,- untuk eksisting, Rp. 16.571.915.000,- untuk alternatif 1, Rp. 17.816.454.000,- untuk alternatif 2 dan Rp. 18.469.940.000,- untuk alternatif 3.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari perhitungan dan analisa yang telah dilakukan adalah:

1. Nilai kebutuhan air irigasi setelah dilakukan perhitungan untuk setiap kondisi perencanaan diperoleh hasil sebagai berikut.

$$\text{Eksisting} : Q_{\max} 0,788 \text{ m}^3/\text{det} \text{ dan } Q_{\text{rerata}} 0,193 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Alternatif 1} : Q_{\max} 0,500 \text{ m}^3/\text{det} \text{ dan } Q_{\text{rerata}} 0,204 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Alternatif 2} : Q_{\max} 0,559 \text{ m}^3/\text{det} \text{ dan } Q_{\text{rerata}} 0,150 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$\text{Alternatif 3} : Q_{\max} 0,325 \text{ m}^3/\text{det} \text{ dan } Q_{\text{rerata}} 0,128 \text{ m}^3/\text{det}$$

2. Berdasarkan hasil simulasi stokastik model *random search* yang telah dilakukan, diperoleh tingkat intensitas tanam terbaik untuk kondisi tahun kering ($Q_{97\%}$) pada alternatif 3 sebesar 258,08%. Untuk kondisi tahun rendah ($Q_{75\%}$) pada eksisting sebesar 240,77%. Untuk kondisi tahun normal

($Q_{51\%}$) pada alternatif 3 sebesar 269,83%. Dan untuk kondisi tahun basah ($Q_{26\%}$) pada alternatif 3 sebesar 297,38%.

- Keuntungan paling maksimum dari seluruh perencanaan yang ada terdapat saat kondisi tahun basah ($Q_{26\%}$) perencanaan alternatif 3 yaitu sebesar Rp 18.469.940.000,- yang memiliki *surplus* sebesar Rp 2.405.531.000,- apabila dibandingkan dengan keuntungan pada kondisi eksisting yang sebesar Rp 16.064.409.000,-. Sedangkan untuk kondisi kering ($Q_{97\%}$) perencanaan alternatif 3 yang paling menguntungkan dibanding perencanaan lain sebesar Rp. 15.881.444.000,-, untuk kondisi tahun rendah ($Q_{75\%}$) perencanaan eksisting yang paling menguntungkan dibanding perencanaan lain sebesar Rp. 14.817.829.000,-, dan untuk kondisi tahun normal ($Q_{51\%}$) perencanaan alternatif yang paling menguntungkan dibanding perencanaan lain sebesar Rp. 16.563.193.000,-

Saran

- Dilihat dari keuntungan dan prosentase luas lahan yang optimal, debit *inflow* yang berasal dari debit andalan di sungai Brantas lebih baik. Diharapkan pihak Dinas Pengairan Kabupaten Malang dapat berkoordinasi dengan pihak Balai Wilayah Sungai Bango-Gedangan mengenai pengaliran air di *intake* Bendung Kadalpang.
- Diharapkan ada studi lanjutan dari penelitian irigasi simulasi stokastik model *Random Search* ini, dikarenakan model ini lebih banyak dipakai pada waduk

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 1986. *Kriteria Perencanaan Irigasi Bagian Jaringan Irigasi (KP-01)*. Direktorat Jenderal Pengairan, Pekerjaan Umum.

Limantara, LM dan Soetopo, W. 2010. *Manajemen Sumber Daya Air*. Bandung : Lubuk Agung

Soetopo, Widandi. 2012. *Model-Model Simulasi Stokastik untuk Sistem Sumberdaya Air*. Malang : CV Citra Malang

Soewarno.1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1*. Bandung : Penerbit "NOVA"

Sosrodarsono, S dan Takeda, K. 1976. *Hidrologi untuk pengairan*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

